

(옆면)

(앞면)

RS-2021  
-IP321080

축종별  
사료 내  
영양소  
수준이  
가축의  
생산성,  
소화율,  
분뇨 및  
악취발생  
에  
미치는  
영향  
연구

2024

농림식품기술기획평가원  
농림축산식품부

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( ) 발간등록번호( O )  
2025축산현안대응산업화기술개발사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004586-01

# 축종별 사료 내 영양소 수준이 가축의 생산성, 소화율, 분뇨 및 악취발생에 미치는 영향 연구

2024.06.07.

주관연구기관 / 서울대학교  
공동연구기관 / 건국대학교  
공동연구기관 / 충남대학교

농림축산식품부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

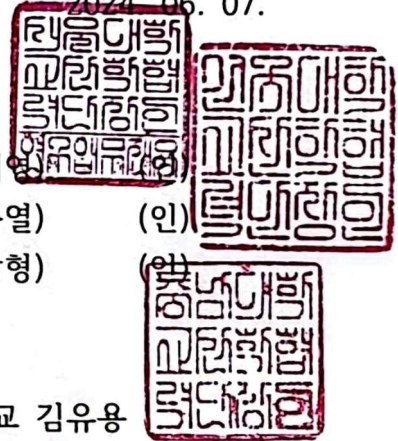
## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “축종별 사료 내 영양소 수준이 가축의 생산성, 소화율, 분뇨 및 악취 발생에 미치는 영향 연구”(개발기간 : 2021. 04. 01 ~ 2023. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 06. 07.

주관연구기관명 : 서울대학교 산학협력단장 (김재영)  
공동연구기관명 : 건국대학교 산학협력단장 (운동열) (인)  
공동연구기관명 : 충남대학교 산학협력단장 (임남형) (인)



주관연구책임자 : 서울대학교 김유용  
공동연구책임자 : 건국대학교 이경우  
공동연구책임자 : 충남대학교 서성원

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서						보안등급		
						일반[ <input checked="" type="checkbox"/> ], 보안[ <input type="checkbox"/> ]		
중앙행정기관명	농림축산식품부			사업명	사업명			
전문기관명 (해당 시 작성)	농림식품기술기획평가원			내역사업명 (해당 시 작성)	2025축산현대응산 업화기술개발			
공고번호	농축 2021-32호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)				
				연구개발과제번호	321080-3			
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0606	70%	LB0605	20%	LB0608	10%	
	농림식품과학기술분 류	AB0201	70%	AB0299	20%	AB0203	10%	
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	국문							
	영문							
연구개발과제명	국문	축종별 사료내 영양소 수준이 가축의 생산성, 소화율, 분뇨 및 악취발생에 미치는 영향 연구						
	영문	Investigation of dietary nutrients on productivity, nutrient digestibility, excreta emission and odor generation by livestock						
주관연구개발기관	기관명	서울대학교 산학협력단		사업자등록번호		119-82-03684		
	주소	(08826) 서울특별시 관악구 관악로1 서울대학교 연구공 원 942동 5층 운영본부		법인등록번호		114371-0009224		
연구책임자	성명	김유용		직위		교수		
	연락처 직장전화 전자우편			휴대전화				
연구개발기간	전체	2021. 04. 01 - 2023. 12. 31( 2년 9개월)						
	단계 (해당 시 작성)	1단계	2021. 04. 01 - 2022. 12. 31( 1년 9개월)					
	2단계	2023. 01. 01 - 2023. 12. 31( 1년 개월)						
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원 연구개발 비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금		합계		연구개발비 외 지원금
		현금	현물	지방자치단 체	기타( )	현금	현물	
총계	1,686,000					1,686,000	1,686,000	
1단계	1년차	460,000				460,000	460,000	
	2년차	613,000				613,000	613,000	
2단계	1년차	613,000				613,000	613,000	
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편		비고	
							역할	기관유형
공동연구개발기관	건국대학교	이경우	부교수				공동연구	대학
	충남대학교	서성원	교수				공동연구	대학
연구개발담당자 실무담당자	성명	김홍준		직위		박사과정		
	연락처 직장전화 전자우편			휴대전화				

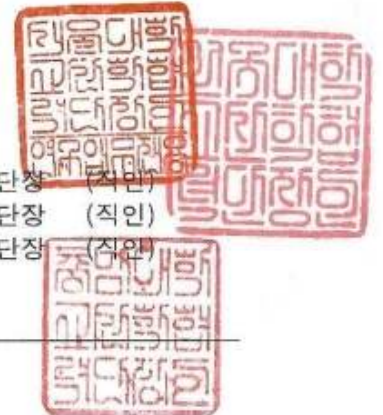
이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2024년 2월 15일

연구책임자: 김유용

주관연구개발기관의 장: 서울대학교 산학협력단장 (직인)  
 공동연구개발기관의 장: 건국대학교 산학협력단장 (직인)  
 공동연구개발기관의 장: 충남대학교 산학협력단장 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하



## < 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명		2025축산현안대응산업화기술개발				총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	
내역사업명 (해당 시 작성)		가축생산효율성증진				연구개발과제번호 321080-3	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB0606	70%	LB0605	20%	LB0608	10%
	농림식품 과학기술분류	AB0201	70%	AB0299	20%	AB0203	10%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명		축종별 사료내 영양소 수준이 가축의 생산성, 소화율, 분뇨 및 악취발생에 미치는 영향 연구					
전체 연구개발기간		2021. 04. 01 - 2023. 12. 31 (2년 9개월)					
총 연구개발비		총 1,686,000천원 (정부지원연구개발비: 1,686,000천원)					
연구개발단계		기초[ <input checked="" type="checkbox"/> ] 응용[ <input type="checkbox"/> ] 개발[ <input type="checkbox"/> ] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ <input type="checkbox"/> ]		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"> <li>○ 축종별·사육단계별 조단백질 및 인 함량에 따른 생산성 검증</li> <li>○ 축종별·사육단계별 조단백질 및 인 함량에 따른 영양소 소화율, 분뇨 및 악취발생량 검증</li> <li>○ 축종별·사육단계별 합성아미노산, 미생물제 등 첨가에 따른 생산성, 소화율, 분뇨 및 악취 발생량 검증</li> <li>○ 축종별·사육단계별 조단백질, 인 등 영양소 적정 수준 제시</li> </ul>					
	전체 내용	<p>*연구개발내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축종별·사육단계별 일당증체량, 일당 사료 섭취량, 사료 효율 등 생산성 지표 분석</li> <li>○ 축종별·사육단계별 에너지 소화율, 질소 소화율, 분뇨 질소 함량 및 배설량 등 검증</li> <li>○ 암모니아, 황화수소, 아민류, 페놀류 등 분뇨 내 악취 발생을 유발하는 물질 발생량 검증</li> </ul> <p>*활용계획 및 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 양돈 사료 내 조단백질 등 적정 영양소 함량을 제시하여, 분뇨 배출 및 악취 저감을 통해 환경오염을 최소화하고 생산비 절감 등 친환경 양돈산업 기반 마련</li> <li>○ 가금의 성장단계별 사료 내 질소 및 인 절감과 환경오염을 방지할 수 있는 영양소 요구량 설정으로 친환경 가금 사양표준의 기초자료로 활용</li> <li>○ 한우 비육 후기 사료 내 조단백질 함량 조절을 통한 분뇨 배출 및 악취 저감을 통해 최적의 사료 내 조단백질 함량을 제안하여생산비 절감, 정책 제안 및 친환경적인</li> </ul>					

			<p>사육 환경 기반 마련</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농축대학원, 마이스터과정, 사료회사 등에서 축종별 분뇨 악취 발생량 감소와 질소 및 인 배출 감소로 인해 나타나는 연구 결과자료 홍보를 통해 축산농가들에게 교육 및 지도에 활용</li> <li>○ 축종별 성장단계별 사료 내 적정 영양소 함량 제시에 따른 논문, 특허, 제품화 등의 실용화</li> </ul>
	1단계 (해당 시 작성)	목표	
		내용	
	2단계 (해당 시 작성)	목표	
내용			

연구개발성과	축종별 사육단계별 사료 내 조단백질 등 영양소의 적정 수준을 제시하여 축산 농가에 적용하여 분뇨 및 악취 발생량 저감효과 기대
--------	--

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	축종별 사육단계별 사료 내 조단백질 등 영양소의 적정 수준을 제시하여 축산 농가에 적용하여 분뇨 및 악취 발생량 저감효과 기대
---------------------	--

연구개발성과의 비공개여부 및 사유	
--------------------	--

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
7												

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)	조단백질	인	돼지	닭	한우
---------------	------	---	----	---	----

영문핵심어 (5개 이내)	crude protein	phosphorus	swine	chicken	hanwoo
---------------	---------------	------------	-------	---------	--------

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 종질지(80g/m<sup>2</sup>)]

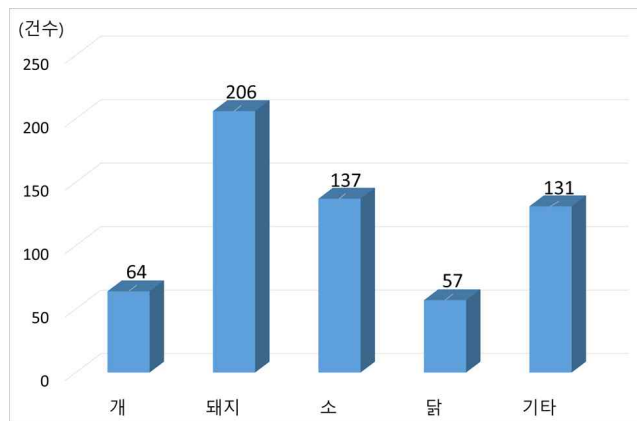
## < 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 .....	5
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 .....	17
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 .....	205
4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 .....	215
5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 .....	215
6. 별첨 자료 .....	217
- 자체평가의견서	
- 연구성과 활용계획서	

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1) 연구개발과제의 필요성

- 가축 분뇨 내 과도한 양분의 과잉으로 인해 토양생태계 오염, 토양 산성화 등과 더불어 심각한 수자원 오염 발생 문제가 대두되고 있음.
- 돼지 분뇨를 통해 배출되는 질소와 인은 하천 등으로 흘러들어 환경오염을 초래하며 가축들의 방귀와 트림, 분뇨를 통해 배출되는 메탄가스는 온실가스의 주요 원인이 됨.
- 2016년 기준 국내에서 발생하는 악취관련 민원 (24,748건) 중 축산 관련 민원이 약 26%(6,398건)로 조사대상 업종 중 가장 높은 비중을 차지하고 있음.
  - 2017년 기준 축산 악취 민원 중 돼지 악취는 206건으로 가장 많았으며, 그 다음은 한우가 137건이었음.



(농림축산식품부, 2018)

그림 1. 축종별 축산 악취 민원 발생 현황

- 매년 양돈장 악취로 인한 민원 발생이 증가하고 있는데, 2014년 악취 민원은 306건에 불과했지만 악취관리지역 지정 계획을 시행한 2018년에는 1,500건에 달했으며 2019년에는 1,898건으로 집계됨.
- 지속적으로 발생하는 악취 관련 민원에 대하여 2016년 농림축산식품부는 가축 성장단계에 맞는 단백질 함량 급여 및 단백질 과다 급여 예방을 위해 양돈용 배합사료 내 조단백질 함량을 최대 23% 이하로 조정하는 행정규칙을 개정함.
- 강원 홍천지역의 일부 주민들이 ‘가축사육제한구역’ 강화 요구 등의 조례개정을 요구하는 주민청원을 홍천군에 제출하는 것에 홍천군 축산단체협의회는 이 ‘가축사육제한구역’ 강화 주민청원 반대 건의서를 제출하며 마을 주민들과 관내 축산농가들 사이에 갈등이 심화됨.
- 축산 악취에 의한 민원의 증가는 축산업에 대한 부정적인 인식을 증가시키기 때문에 이를 저감하기 위한 기술 개발이 반드시 필요함.
- 악취 물질의 근원은 가축으로부터 배출된 분뇨이며, 분뇨의 양과 성분은 사료 내 영양소 조성과 이용성 등에 크게 영향을 받음.
- 가축 분뇨에 포함되어 있는 소화되지 않은 영양소들은 미생물에 의해 발효되면서 악취 물질을 생성함.

- 따라서 악취 저감을 위해 사료 내 영양소 함량을 조절하거나, 사료 내 영양소 이용성을 향상시키는 등의 방법들이 개발되어져 왔음.
- 단위가축인 돼지와 닭에서의 악취는 주로 사육 시설과 분뇨의 저장 및 처리 과정에서 발생하였으며, 육계의 경우에는 깔짚을 외부로 반출할 때 특히 많은 악취가 발생함.
- 반추가축(한육우 및 젃소)에서는 분뇨로 배출된 소화되지 않은 사료 영양소가 미생물 분해로 발생한 여러 유기 화합물에 의해 악취가 발생함.
- 반추가축은 사육시설 보다는 우사 내 분뇨 제거 및 퇴비장에서 가장 많은 악취가 발생하였음 (환경부, 2004).
- 가축분뇨의 발생량은 전체 하·폐수 대비 0.6%에 불과하지만, 녹조나 부영양화의 원인물질인 질소, 인의 농도가 월등히 높아 하천에 미치는 오염부하량이 25.8%에 달하는 것으로 추정됨 (전라북도 보건환경연구원, 2010).
- 이 중 돼지 분뇨는 전체 가축 분뇨 발생량의 약 41%를 차지하고 있으며, 닭은 약 15%, 한육우와 젃소는 각각 약 33%와 11%를 차지함.
- 가축분뇨의 배출원단위 (표1)는 가축이 두(수)당 배설하는 분뇨의 양으로써, 2008년 개정고시되어 가축분뇨 발생량 산정, 가축분뇨 처리시설 및 저장시설 설치용량 결정 등 참고자료로 활용하고 있음

표 1. 축종별 분뇨 및 세정수 발생량 (kg/두/일, 닭 g/수/일)

구분		한우	젃소	돼지	산란계	육계
표준체중		350	450	60	1.7	1.3
분뇨배출량	분	8	19.2	0.87	124.7	85.5
	뇨	5.7	10.9	1.74	0	0
	계	13.7	30.1	2.61	12.7	85.5
세정수		0	7.6	2.49	0	0

(환경부 수생태보전과-867, 2008)

- 축산 악취를 저감하기 위해서는 가축 분뇨 및 분뇨 내 악취 발생 물질의 배출을 줄여야 하는데 가축 분뇨의 악취 물질의 주성분으로는 휘발성 지방산, p-크레졸, 인돌, 스카톨 등이 있으며, 국내 지정 악취에는 일부 휘발성 지방산만 포함됨.
- 가축 분뇨 및 분뇨 내 악취 발생 물질의 배출을 줄이기 위해서는 가축에게 급여되는 양분, 특히 사료내 조단백질 함량을 감소시켜야 함.
- 가축에게 급여되는 사료에서부터 배설되는 분뇨와 분뇨를 처리하는 과정까지 포함하는 양분과 악취의 종합적이고 체계적인 관리가 필요함.
- 축종별 사육단계별 사료 내 질소, 인 등 영양소 요구량이 제시되고 있으나, 가축의 생산성에 기초한 권장량으로, 분뇨발생량을 고려치 않고 있으며 배합사료 내 영양소 함량도 권장량 이상으로 배합하고 있음.
- 분에 포함된 질소 (N), 인산 (P), 칼륨 (K) 등 양분의 함량 (표2)은 축종에 따라 차이가 있으며, 사료 양분에서 가장 많은 비중을 차지하는 질소와 인 등 양분 배출량을 감소시키기 위한 노력과 더불어, 정확한 사육단계별 질소와 인의 섭취량 산정이 필요로 함.



표 2. 가축분뇨의 비료(양분)성분(%)

구분		수분	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg
한우	분	81.0	0.50	0.60	0.18	0.26	0.11
	뇨	95.7	0.68	0.07	0.60	0.03	0.03
젖소	분	85.0	0.33	0.49	0.20	1.56	0.69
	뇨	93.9	1.02	0.27	1.03	-	-
돼지	분	70.5	0.96	0.83	0.42	1.00	0.26
	뇨	97.4	0.80	0.09	0.53	-	-
닭	분	76.7	1.39	0.62	0.68	1.97	0.09
	뇨	76.3	1.19	0.29	0.50	0.78	0.03

(국립축산과학원, 2008)

- 사료 내 질소, 인의 함량을 낮춰 분뇨 내 질소, 인의 함량을 줄이는 연구가 진행되고 있으며 (Kebreab et al., 2010), 가축의 생산성에 영향을 미치지 않고 분뇨 배출량 및 악취를 저감할 수 있는 저단백질 사료에 대한 개발이 필요함.
  - 1998년 일본사양표준에 의하면 저단백질 사료에 부족한 아미노산을 첨가하여 돼지에게 급여할 경우 아미노산 균형은 개선되며 발육이나 육질은 저하되지 않고, 분뇨의 양과 총 질소 배출량은 30~45% 감소한다고 함.
  - 국립축산과학원의 고단백질 사료가 가축 성장에 미치는 영향 분석에 의하면 사육단계별 단백질 함량과 가축의 일당증체량은 큰 차이가 없는 것으로 나타남.
  - 사육단계별 적정량을 넘는 단백질이 가축에게 공급되면 체내에 흡수돼 생육에 도움을 주기보다는 체내에 축적되지 못하고 분뇨 냄새 물질인 페놀류, 인돌류와 이성체지방산 등이 증가하며 악취를 유발함 (표3).
- 단백질 권장수준보다 농가 관행 사료급여 시 페놀류 16%, 인돌류 55%가 증가함 (표3).

표 3. 육성돈 사료의 단백질 수준별 슬러리의 냄새물질 농도 비교

구분	단백질 수준(%)		
	저단백(15%)	권장(17.5%)	관행(20%)
페놀류	23.74(100)	23.67(100)	27.47(116)
인돌류	2.69(101)	2.66(100)	4.13(155)
이성체지방산	129(84)	154(100)	280(182)

(2013, 국립축산과학원)

- 단위 가축 사료는 식물성 곡류와 박류를 주원료로 생산되는데, 이러한 원료들은 글루칸, 만난, 자일란, 펙틴 등의 비전분성 다당류(NSP)의 함량이 높아 소화 이용성이 떨어짐.
- 효소제나 생균제와 같은 사료첨가제 사용으로 가축의 장내 균총 개선을 통해 사료 내 NSP의 이용성을 증가시킬 수 있으며, 더불어 분뇨 배출량 및 악취 저감 또한 기대할 수 있음 (Tactacan et al., 2016; Lan et al., 2017).

## 1-2. 연구개발 대상의 국내·외 현황

### 가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

#### ○ 기술현황

- 사료에 결정형 아미노산을 첨가하여 사료의 조단백질을 낮추는 저단백 사료의 효과가 입증되며 결정 아미노산의 효과에 대한 관심이 급증하고 있는데, 저단백 사료에 첨가되는 결정형 아미노산은 돼지 사료 내 조단백질을 줄여줄 뿐만 아니라 질소 배출량을 줄이고 소화기관의 기능을 향상시킴.
- 월간 피그엔포크에 발간된 자료에 의하면 라이신과 기타 아미노산 함량이 돼지의 요구량에 맞도록 설계된 고단백 사료와, 같은 양의 라이신이 공급되도록 설계되었지만 CP 함량은 육성돈에서는 20%에서 16%로, 비육돈에서는 16%에서 12%로 낮추도록 설계된 저단백질을 공급하였을 때 육성과 비육기 사료는 CP 수준을 4% 낮춰도 돼지의 생산성에 지장을 주지 않았음.
- 조단백질 함량을 2.5% 감소시킨 사료에 합성 아미노산을 첨가하였을 경우 질소 배출량이 21%까지 감소하는데, 질소배출량의 감소는 환기와 냉난방에 드는 비용을 절감시키고 계사내에서 발생하는 암모니아 가스 발생량을 감소시키며 마지막으로 가축의 건강을 증진시킨다고 함.

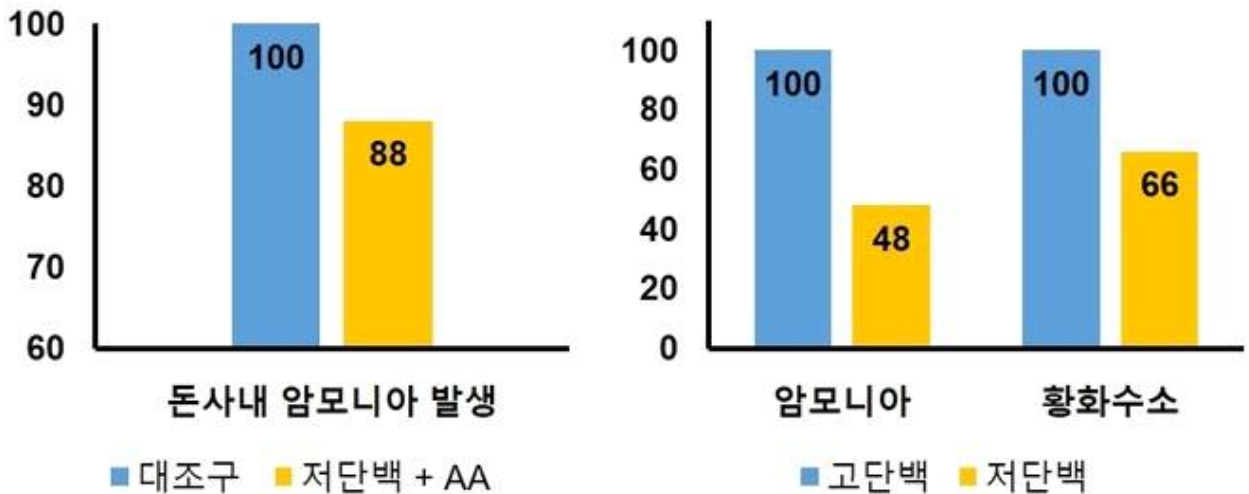


그림 2. 저단백 설계를 통한 암모니아 가스 발생량 저감 결과 (Kendall, 1998; Sutton, 2002)

#### ○ 시장현황

- 농촌이 발전하며 점점 도시화가 진행되고 축산 농가 주변에 민가가 많아지며 마을 주민들과 축산농가 사이에 악취로 인한 갈등이 빈번해지고 있는데, 이에 정부는 ‘가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률’, ‘가축분뇨의 자원화 및 이용 촉진에 대한 규칙’, ‘악취방지법’ 등 악취의 주요 원인인 가축분뇨와 악취배출시설에 대한 관리 규정을 엄격히 규제하고 있음.

표 4. 안성시 축산 냄새민원 발생 및 처리현황(건수)

구분	축종별 냄새민원 발생현황					처리현황			
	계	소	돼지	닭 오리	개	계	고발	과태료	계도
2015년	160	50	73	19	18	160	6	6	148
2016년	208	84	98	23	3	208	23	1	184
2017년	288	107	132	20	29	288	20	21	247
2018년	246	92	127	14	13	246	15	5	226
2019년	309	145	123	31	10	309	11	9	289
2020년	219	97	108	12	2	219	9	7	203

(2020.10월 기준)

- 경기도 축산의 15% 이상을 차지하고 있는 경기도 최대 규모의 축산지역인 안성시 또한 축산악취로 인한 민원 문제가 빈번하게 발생하고 있는데, 2020년 6월21일 안성시청 앞에서는 안성시 가축사육의 제한에 관한 조례에 근거해 허가된 축사 신축에 강력 반발하는 안성시 미양면 후평리 주민들의 시위가 벌어졌지만 안성시는 아직까지는 축산에 대한 절대적인 규제보다는 서로 이해하고 상생하며 발전할 수 있는 방법을 모색 중임 (표 4).

- 축산분야 온실가스 배출량은 18년 9.41백만톤 CO<sub>2</sub>eq로 농업분야의 44%에 육박함. 이에 축산환경자원과에서 사료분야 온실가스 감축을 위한 정책으로 21년1월20일부터 축종별 사육단계별 조단백질 표시 함량 기준 강화를 통해 필요 이상의 고단백질 급여를 제한하고 저단백질 사료 공급 체계로 전환하기로 함.

○ 경쟁기관현황

- 복합 미생물, 각종 효소, 유기산, 유기태 미네랄, 항균물질, 생리 활성 물질, 미지성장 인자(UGF) 등으로 구성된 복합 생균 효소제를 이용하여 미생물과 각종 분해효소가 유기적으로 작용하여 악취를 저감시킴
- 유카추출물은 유카 뿌리를 추출하여 얻어지는 암갈색의 액체로, 악취를 억제하는 기능과 돼지의 발육을 개선하는 효과가 있는데 분뇨 저장조에 살포하는 방법과 양돈에게 56~113ppm 첨가하여 분변 중의 유레아제 활성을 억제하는 방법 두 가지가 있음.
- 펄엑스 골드와 같이 NSP를 이용할 수 있는 다종의 NSP 효소가 다량 함유되어있는 사료 첨가제를 이용할 경우 돼지가 이용할 수 없는 미소화 영양소를 분해하여 돈사 내 악취를 일으키는 물질을 해결하고 총 돈분량을 감소시켜 돈사 내 악취 발생을 억제시킴.



그림 3. 펄엑스 골드의 악취 제거 메커니즘

- 케이테크전해(주) 이하 KTCC에 의해 개발 및 보급 중인 워터락은 물과 차아염소산(HCIO)을 전기분해해 살균 및 소독효과로 널리 알려진 차아염소산수를 생성하는 장치로, 경기도 여주시 천서리에 소재한 양돈농장 대암농장에서 사용 후 수치를 측정한 결과 농장 입구에서의 수치는 '0', 농장 외부에서는 '0.39', 나머지 돈사내부 및 정화조, 돈분장 또한 전보다 낮은 수치를 기록해 농장주는 소독 효과와 함께 뛰어난 악취제거 효과에 크게 만족한다고 함.



그림 4. 차아염소산수 생성장치 워터락(Waterlox)

○ 지식재산권현황

- 아이피드에서 출시된 아연절감 사료 '아이징크'는 사료 내 높은 단백질 함량으로 인하여 발생하는 미소화 단백질이 장내에서 유해균의 먹이로 이용되는 것을 막기 위하여 저단백질 설계를 통해 회장 내 대장균 수를 감소시킴.



그림 5. 아이징크의 회장 내 대장균 수 감소 효과 (아이피드 연구소, 2020)

○ 표준화현황

- 전남도농업기술원 축산연구소가 습도가 높은 여름을 대비하여 축산냄새 저감 관리 요령을 제시하였는데, 20%였던 단백질 함량을 15%로 줄이는 저단백질 사료 사용 및 사료와 물을 3:1로 하는 습식 사료 그리고 풀 사료 첨가 및 발효사료 급여 등의 사료 관리를 통해 냄새 농도를 20~50%까지 줄일 수 있다고 함.
- 2016년 농림축산식품부는 가축 성장 단계에 맞는 단백질 함량 급여 및 단백질 과다로 인한 분뇨 냄새 등 환경 개선을 위한 목적으로 양돈용 배합사료 내 조단백 함량을 23% 이하로 조정함 (표 5).
- 국내 양돈용 배합사료내 조단백질 수준의 최대 허용치가 너무 높게 책정되어 있으므로

양돈선진국들인 EU에 비하면 약 3~4%나 높게 책정되어 있는 실정이며, 과도한 조단백질은 체내에서 소화되지 못하고 분뇨로 배출되어 악취발생의 주요 원인물질이 됨.

표 5. 양돈용 배합사료 내 영양소 함량 기준

번호	이름	체중	등록성분				
			최소량 (%)	최대량 (%)			
1	포유자돈	이유 전	조지방	<b>CP, 23% Max</b>	조희분		
2	이유돈 전기	BW 7kg~11kg		<b>CP, 21% Max</b>			
3	이유돈 후기	BW 11kg~25kg		<b>CP, 20% Max</b>			
4	육성돈 전기	BW 25kg~45kg		<b>CP, 19% Max</b>			
5	육성돈 후기	BW 45kg~65kg		<b>CP, 18% Max</b>			
6	비육돈 전기	BW 65kg~85kg		<b>CP, 17% Max</b>		조섬유	
7	비육돈 후기	BW 85kg~출하		<b>CP, 16% Max</b>			
8	번식돈, 웅돈	BW 25kg~수태지		라이신		<b>CP, 14% Max</b>	인
9	후보돈	BW 25kg~ 임신 이전				<b>CP, 16% Max</b>	
10	임신 모돈	임신기				<b>CP, 16% Max</b>	
11	포유 모돈	포유기				<b>CP, 20% Max</b>	

(농림축산식품부, 2016)

- 『한국가금사양표준』은 2002년에 제정되어 닭의 사육단계별 영양소 요구량을 제시함. 1, 2차 개정은 2007년과 2012년에 완료되었으며 2017년에 3차 개정을 마무리하였음. 3차 개정판은 한국의 고온다습한 환경에 적합한 사양표준을 도출하고자 하는 시도가 있었으나, 생산성에 기초한 영양소 요구량이며 환경오염에 대한 고려사항은 없었음.
- 산란계의 조단백질 또는 아미노산 요구량 연구는 꾸준히 진행되고 있음. 산란전기 조단백질 함량을 19%에서 16%로 낮춰도 난중, 산란을 등 산란 생산성에는 차이가 없었음 (추 등., 2013).
- 산란후기 사료 내 조단백질 함량을 16%에서 14%로 낮춰도 산란생산성에는 차이가 없었음이 국내에서도 검증됨 (계란자조금관리위원회, 2015).

#### 나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

##### ○ 기술현황

- 일본축산환경기술연구소에서 제시한 아미노산 첨가 저단백질 사료의 급여가 증체량, 뇨의 양, 질소 배출량에 미치는 영향에 대해 실험한 자료에 의하면 약 35kg의 비육돈에게 표준적인 CP 16.4%인 사료를 대조구, CP 10.9%인 사료에 라이신, 트레오닌, 메티오닌, 트립토판을 요구량의 120% 이상 되도록 첨가한 사료를 처리구 사료로 급여하였을 때, 대조구의 뇨와 분의 배설량을 100% 기준으로 하였을 때 처리구는 뇨 67%, 분 108%로 뇨의 양이 33% 감소하고 질소 배출량은 처리구에서 뇨는 50%, 분은 82%로 감소함.
- 미국 Wattagnet에 기재된 기사에 의하면 사료내 저단백질과 도체 품질 사이의 긍정적인 상관관계가 있다고 보고하였고, 뒷다리 근육 내 지방의 함량과 등심의 부위가 늘어나며 등지방 두께가 감소하는 등의 특징이 나타남.

## ○ 시장현황

- 일본의 경우 농림성 조사에 의하면 아미노산을 첨가하여 질소 배출량을 최소화시켜주는 저단백질 사료와 같은 환경에 긍정적인 사료가 시판사료의 20%를 차지하고 있음.
- 2020년 7월 1일부터 중국 내 사료 생산에서 항생제 사용이 금지되면서 축산업계에서는 돼지, 닭 등을 사육 시 아미노산에 의존할 수 밖에 없는 상황이 발생하며 라이신, 메티오닌, 트레오닌 외에도 트립토판, 발린, 아지닌, 아이소류신 등과 같은 아미노산에 대한 수요가 크게 팽창함.
- 아프리카돼지열병(ASF)으로 급감했던 중국 돼지사육두수가 가파른 회복세에 진입하며 사료생산량이 급증하며 중국 양돈사료 생산량과 전체 사료 생산량은 올해 7월부터 작년 동기 대비 증감률이 각각 +30% 이상, +15% 이상의 성장세를 보여주고 있는데, 양돈사료에 주로 첨가되는 라이신, 트립토판, 발린 등과 같은 합성아미노산에 대한 수요 또한 증가하고 있음.
- 최근 유럽 내에서 암모니아, 미세 먼지, 축산 악취 등의 문제가 대두되고 있고 특히 암모니아는 농업계 발생량 중 98%를 차지하며 심각한 문제로 간주되고 있음.
- 최근 유럽 내에서 암모니아, 미세 먼지, 축산 악취 등의 문제가 대두되고 있고 특히 암모니아는 농업계 발생량 중 98%를 차지하며 심각한 문제로 간주되고 있음.
- 국내에서는 2007년부터 양돈사료내 단백질 함량을 EU와 비슷하게 저감시키고, 합성아미노산으로 사료를 배합한 “경제사료”가 소개되어 연간 약 60,000톤이 시판되고 있으나 여전히 양돈조합 중심으로 판매가 이루어지고 있고, 일반 사료회사들의 관심이 낮은 상황임.

## ○ 경쟁기관현황

- 암모니아는 축산악취를 유발하기도 하지만 주변 생태계에도 큰 영향을 미치기 때문에 독일은 현재 이를 관리하기 위해 많은 노력을 기울이고 있는데, 축산에서 적용한 공기정화시설 장비는 바이오필터 형태, 스크러버 형태, 복합 (바이오 필터+스크러버)형태 등이 있음.
- 독일농장의 질소저감 부문에서 사용하는 방식은 원심고액분리기 -> UF (한외여과)막처리->RO (역삼투) 막처리를 이용하여 가축분뇨를 처리하는데, 고액분리를 통해 고상물은 퇴비처리를 하고 액상물은 연계처리를 통해 처리함.
- 고액분리단계에서 30%가 분리되고 나머지 70%의 액상물이 넘어가면서 처리되는데 분리된 고상물의 대부분에는 인이 많이 포함되어있어서 RO로 처리한 후 농축된 물에는 질소 관련 물질과 칼륨성 물질들이 대량 잔존함. 그리고 24시간 가동할 경우 8000톤에서 1만2000톤이 처리됨.

○ 지식재산권현황

- Nature's Match® Complete Sow Oval은 네슬레 퓨리나에서 출시된 Nature's Match 시리즈 중 하나로 큰 펠렛 형태의 사료로 14%의 단백질을 함유하고 있으며 다른 곡물과 배합할 필요가 없다는 특징을 갖고 있다. 이 사료는 임신돈과 (거세 안한)수태지 그리고 방목하여 기르는 돼지에게는 적합하지만 포유돈에게 급여하는 것은 추천하지 않음.

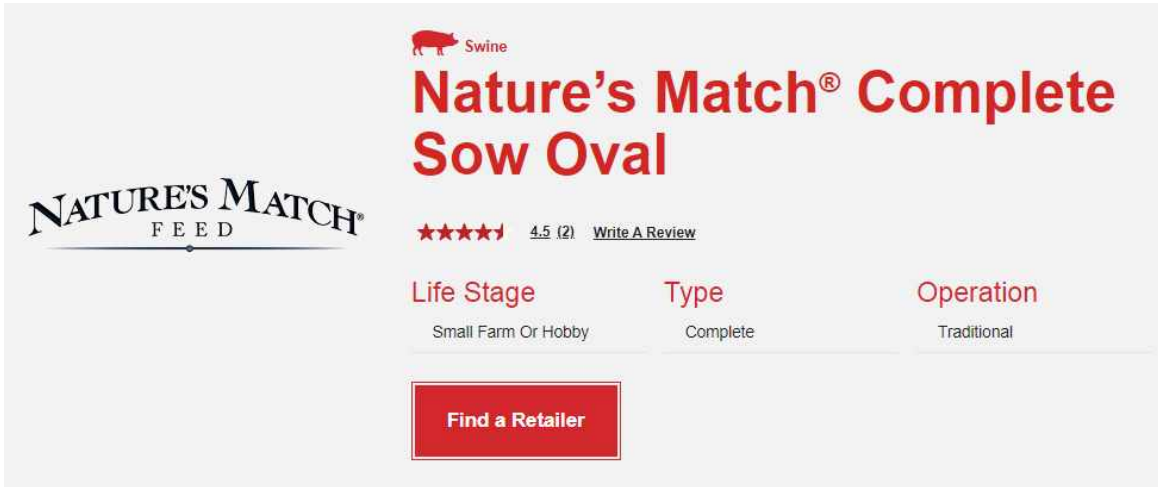


그림 6. 퓨리나에서 출시된 저단백 사료

○ 표준화현황

- 미국의 양돈 사양표준 (NRC, National Research Council)은 약 10년을 주기로 각 축종별로 정기적으로 개정, 발행하고 있는 것으로 세계의 최신연구 결과를 바탕으로 돼지의 영양소 요구량을 결정하는데, 이들이 제시했던 돼지의 성장 단계별 영양소 요구량에서 조단백질 (CP, crude protein)이 삭제되고 질소 총 요구량 (total nitrogen requirement)으로 대체됨.
- 산란계 사육단계별 사료 내 영양소 권장량은 국가별, 사양표준별, 육종회사별 차이가 발생하고 있음 (표 6).
- 산란계 사료 내 단백질 함량을 1% 낮추면 분 내 질소 함량은 6.4% 감소하며 (그림 7), 질소섭취량 1g을 낮추면 분 내 질소 배설량은 0.59g 감소됨 (그림 8, Summers, 1993).
- 사료 내 조단백질 함량을 1% 감소하면 암모니아 발생량은 8~10% 감소하는 것으로 보고됨 (Bregendahl & Roberts, 2007).
- 사료 내 인분해 효소인 phytase를 첨가하면 산란계의 분뇨 배설량, 그리고 질소와 인의 배설량이 감소하는 것으로 보고함 (Ahma et al., 2012).

표 6. 국가별 사양표준별 조단백질 및 인 권장량

시기	인 권장량(%)	조단백질 권장량(%)	출처
산란 초기	0.48	20	Hy-Line
	0.45	20	Poultry Hub Australia
	0.40	18	NRC(1994)
	0.48	19.8	Brazil
산란 중기	0.45	17.5	Hy-Line
	0.42	15.5	Poultry Hub Australia
	0.30	15	NRC(1994)
	0.40	17.5	Brazil
산란 후기	0.43	16.5	Hy-Line
	0.40	16.5	Poultry Hub Australia
	0.32	17	NRC(1994)
	0.35	16	Brazil

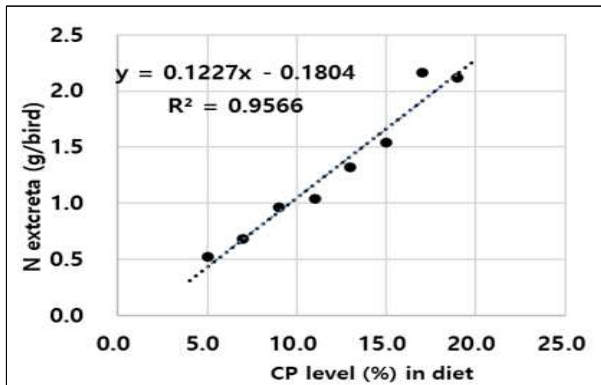


그림 7. 사료 단백질 함량과 분 질소 배출량 상관성

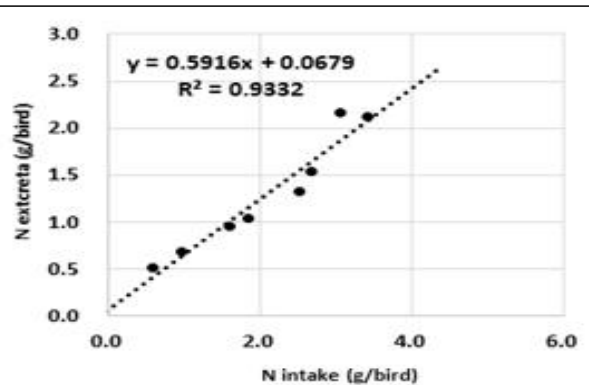


그림 8. 질소 섭취량과 분 질소 배출량 상관성

1-3. 선행연구 내용 및 결과

- 사료 내 조단백질 함량과 발린의 첨가가 자돈 및 육성비육돈에게 미치는 영향에 대한 연구를 수행함.

표 7. 사료 내 조단백질 함량과 발린의 첨가가 자돈 및 육성비육돈의 성장성적에 미치는 영향

Criteria	Treatments					SEM <sup>1</sup>	P-value <sup>2</sup>	
	HP	MHP	MLP	LP	LPV-		Lin.	Quad
<b>Body weight, kg</b>								
Initial	7.86	7.86	7.86	7.86	7.86	0.231	-	-
2 week	9.57	9.61	9.76	9.76	10.33	0.317	0.44	0.81
6 week	19.46	19.26	19.11	18.49	18.85	0.550	0.34	0.66
10 week	37.44 <sup>a</sup>	37.23 <sup>ab</sup>	37.94 <sup>a</sup>	34.32 <sup>b</sup>	34.19 <sup>b</sup>	0.887	0.06	0.08
14 week	57.85 <sup>A</sup>	57.90 <sup>A</sup>	57.63 <sup>A</sup>	53.97 <sup>AB</sup>	49.52 <sup>B</sup>	1.201	0.04	0.17
18 week	78.63	78.66	79.62	76.89	72.75	1.369	0.45	0.48
22 week	102.49 <sup>A</sup>	103.88 <sup>A</sup>	105.10 <sup>A</sup>	102.38 <sup>A</sup>	96.02 <sup>B</sup>	1.322	0.97	0.21

<sup>1</sup> Standard error of means.

<sup>2</sup> LPV- was excluded in orthogonal polynomial analysis.

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

A,B Means with different superscripts in the same row significantly differ(P<0.01).



- 자돈 및 육성비육돈 사료 내 조단백질을 NRC 2012수준까지 감소하여도 부정적인 영향이 없었고, 발린을 보충하는 것이 생산성에 긍정적인 영향이 있었음 (김유용 등, 2018)

○ 국내 산란계 분 내 질소량 추정 연구를 수행함

- Top-down 방식: 산란계 수당 1일 1.57~1.80 g 질소(N) 배출 추정
- Bottom-up 방식: 산란계 수당 1일 1.53 g 질소(N) 배출 추정

Bottom up approach	Layer	Pre-layer	Top-down approach	2014	2015	2016
Body weight at 0 or 17 weeks, kg	1.35	0.04	Layer feed production, 1000 tonnes/year	2154	2389	2459
Body weight at 17 or 72 weeks, kg	2.0	1.35	N content in layer diet, %	2.35	2.35	2.35
Number of eggs	282.0	-	Number of layers, millions head	57.0	60.0	59.0
Mean egg weight, g	60	-	Egg production, 1000/day	40292	42704	42521
Egg yield, kg per bird	16.92	-	Egg production, 1000/year	14,706,580	15,586,960	15,520,165
Feed intake, kg per bird	37.9	5.6	Egg production, kg (60 g/egg)	882,394,800	935,217,600	931,209,900
N content eggs, g per kg	18.5	-	Egg production, 1000 ton	882.4	935.2	931.2
N content liveweight, g/kg	28.5	28.5	Final weight, kg	2	2	2
N content of feed, g per kg	23.50	25.60	Liveweight gain, 1000 tonnes/year	37.05	39	38.35
FCR, kg/kg	2.24	-	FCR	2.44	2.55	2.64
Total feed N consumed, kg per bird	0.891	0.143	N content in egg, %	1.92	1.92	1.92
Amount of N retained, kg per bird	0.332	0.037	N content in layer, %	2.85	2.85	2.85
N excretion, kg per bird	0.56	0.11	N in total feed intake, ton/year	50.6	56.1	57.8
Laying period, days	385	119	N in total carcasses, ton/year	1.1	1.1	1.1
Cycle factor	0.95	3.0	N in total eggs, ton/year	16.9	18.0	17.9
N excretion, kg/bird/year	0.53	0.32	N excretion, 1000 tonnes/year	32.6	37.1	38.8
<b>N excretion, g/day/bird</b>	<b>1.53</b>	<b>0.89</b>	N excretion ratio, %	64.4	66.0	67.2
			<b>N excretion, g/day/head</b>	<b>1.57</b>	<b>1.69</b>	<b>1.80</b>

○ 산란후기 조단백질 및 메티오닌 수준에 따른 산란 생산성 연구를 통하여 산란계 사료내 조단백질 함량이 초과 급여되고 있어서, 단백질 수준을 14%까지 내려도 될 것을 권장함(표 6).

- 조단백질 함량을 16%에서 14%로 낮춰도 생산성에 영향을 미치지 않음
- 메티오닌 함량을 0.40%에서 0.34%로 낮춰도 생산성에 영향을 미치지 않음

표 8. 산란후기 사료 내 조단백질 및 메티오닌 첨가에 따른 산란율에 미치는 효과

조단백질, %	메티오닌, %	4주	8주	12주	16주	전 구간
14	0.34	79.2	78.4	71.5	67.29	73.31
	0.40	78.3	76.9	73.7	67.63	73.40
15	0.34	76.3	75.3	66.0	63.25	69.44
	0.40	76.9	78.2	74.8	63.90	72.58
16	0.34	79.0	78.4	71.7	66.27	72.45
	0.40	77.7	76.1	68.9	64.78	71.00
<b>Pooled SEM</b>		2.741	2.383	2.275	2.543	2.198
<b>P value</b>						
<b>CP</b>		0.640	0.937	0.539	0.334	0.563
<b>Met</b>		0.769	0.876	0.153	0.938	0.745
<b>CP*Met</b>		0.911	0.518	0.053	0.908	0.586

○ 사료 조단백질 수준에 따른 한우 거세 육성우의 사양 성적 비교 연구

- 한우 육성우 배합사료의 조단백질 함량이 건물 중 19.5% 또는 22.2%였을 때, 섭취량, 성장률, 사료 효율 및 혈액 성분에는 차이가 없고, 고단백질 처리구에서 분뇨 질소 배출량이 많았음.

표 9. 한우 거세 육성우의 배합사료 단백질 함량에 따른 영양소 섭취량, 성장률 및 질소 배출량

Items <sup>x</sup>	Treatment <sup>z</sup>		SEM	P-value
	CON	HCP		
Initial BW (kg)	256	256	4.7	0.91
Final BW (kg)	342	345	5.3	0.73
ADG (g/day)	950	988	27.3	0.34
DMI (g/day)				
Concentrate	3.50	3.50	0.027	0.89
Forage	2.81	2.78	0.087	0.80
Total	6.31	6.29	0.107	0.86
CPI (kg/day)				
Concentrate	683	779	5.6	<0.01
Forage	211	208	6.6	0.79
Total	894	987	10.9	<0.01
Nitrogen intake (kg/d)	5,585.9	6,169.17	68.30.068	<0.01
Nitrogen excretion (kg/d) <sup>§</sup>				
Urine	22682.27	25052.51	27.70.027	<0.01
Fecal	19671.97	21722.17	24.00.024	<0.01
Total	42464.25	46894.69	51.90.052	<0.01
Retained nitrogen (kg/d)	13391.34	14801.48	16.50.016	<0.01
ADG/RN (g/g)	0.71	0.67	0.02	0.12
Nitrogen excretion/ADG (g/g)	4.56	4.80	0.129	0.20
FCR	6.78	6.42	0.192	0.20

<sup>z</sup>CON: Ccontrol diet contained 195 g/kg of CP, HCP: Hhigher crude protein diet contained 222 g/kg of CP

<sup>x</sup>BW: bBody weight, ADG: Aaverage daily gain, DMI: Ddry matter intake, CPI: Ccrude protein intake, MPI: Mmetabolizable protein intake, MPfeed: metabolizable proteinMP from feed, MPbact: metabolizable protein MP from ruminal bacteria, MEI: Mmetabolizable energy intake, FCR: Ffeed conversion ratio -: DMI (kg) / ADG (kg)

<sup>§</sup>Urine excretion = 6.80+0.405×nitrogen intake, Fecal excretion = 0.506+0.352×nitrogen intake, Total excretion = 15.1+0.828×nitrogen intake (Reed et al., 2015)

○ 사료 조단백질 수준에 따른 한우 비육우의 사양 성적 및 도체 성적 비교 연구

- 한우 비육우에서 TMR의 조단백질 함량이 건물 중 15.6% 또는 17.3%였을 때, 섭취량, 성장률, 사료 효율 및 혈액 성장에는 차이가 없고, 고단백질 처리구에서 등지방 두께의 감소로 인한 육량지수의 개선이 있었음. 그러나 고단백질 처리구에서 분뇨 질소의 배출량이 많음.

표 10. 한우 비육우의 사료 단백질 함량에 따른 영양소 섭취량, 성장률 및 도체 성적

Item <sup>z</sup>	Diet <sup>z</sup>		SEM	Cow	Gender		SEM	Diet	P-value	
	Control	HCP			Heifer	Steer			Gender	Interaction
BW (kg)										
Initial BW	628.5	616.4	14.89	662.9 <sup>a</sup>	555.2 <sup>b</sup>	649.3 <sup>a</sup>	21.9	0.57	<0.01	0.64
Final BW	679.7	669.6	15.50	701.4 <sup>a</sup>	622.5 <sup>b</sup>	700.0 <sup>a</sup>	22.8	0.65	0.02	0.85
ADG (g/d)	538.5	558.5	50.65	406.2 <sup>b</sup>	705.3 <sup>a</sup>	534.0 <sup>ab</sup>	89.3	0.78	0.02	0.41
DMI (kg/d)	9.1	8.5	0.28	8.9 <sup>a</sup>	10.1 <sup>a</sup>	7.4 <sup>b</sup>	0.5	0.17	<0.01	0.47
CPI (kg/d)	1.4	1.5	0.05	1.5 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	1.2 <sup>b</sup>	0.11	0.38	<0.01	0.50
MEI (Mcal/d)	2.3	2.3	0.09	2.4	2.5	2.0	0.16	0.70	0.01	0.40
FCR	1.8	1.9	0.29	2.6	1.5	1.6	0.5	0.87	0.04	0.70
Carcass weight, kg	432.7	421.3	8.70	424.9	421.5	434.5	12.79	0.36	0.70	0.97
Marbling score	61.6	57.4	4.98	58.2	54.3	66.0	7.33	0.55	0.45	0.93
Meat color	5.00	4.93	0.103	5.06	4.83	5.00	0.151	0.61	0.45	0.45
Fat color	3.07	3.16	0.132	3.22	3.00	3.13	0.194	0.66	0.60	0.81
Quality grade	2.26	2.45	0.221	2.44	2.50	2.13	0.325	0.54	0.59	0.88
Back fat, mm	21.9	17.0	1.49	22.4 <sup>a</sup>	23.5 <sup>a</sup>	12.5 <sup>b</sup>	2.19	0.03	<0.01	0.79
Rib eye area, cm <sup>2</sup>	95.8	96.3	2.40	95.3	98.2	94.6	3.53	0.90	0.73	0.16
Yield score <sup>c</sup>	59.7	63.3	0.97	59.6 <sup>b</sup>	59.3 <sup>b</sup>	65.5 <sup>a</sup>	1.42	0.01	<0.01	0.69
Yield grade <sup>c</sup>	2.67	2.37	0.156	2.89 <sup>a</sup>	2.67 <sup>ab</sup>	2.00 <sup>b</sup>	0.230	0.19	<0.01	0.55

<sup>z</sup>BW: body weight, ADG: average daily gain, DMI: dry matter intake, CPI: crude protein intake, MEI: metabolizable energy intake, FCR: feed conversion ratio, Quality grade: numerical conversion of quality grades (1, 2, 3, 4, and 5 correspond to the 1++, 1+, 1, 2, and 3 grades, respectively), Yield grade: numerical conversion of yield grades (1, 2, and 3 correspond to the A, B, and C grades, respectively))

<sup>z</sup>Control: containing 156 g/kg DM of CP, HCP:high level of crude protein, containing 173 g/kg DM of CP

<sup>c</sup>Yield score = 68.184 - 0.625×backfat + 0.130×rib eye area - 0.024×carcass weight + 3.23; A grade: > 67.20, B grade: 63.30 ~ 67.20, C grade: < 63.30

<sup>a, b</sup> Means that do not significantly differ with common superscripts within treatments (P < 0.05)

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

주관연구기관 (서울대학교) :

<1차년도, 2021년>

### ○ 실험 1. 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 자돈의 생산성에 미치는 영향을 규명

#### 1) 연구목표

분뇨 및 악취발생량을 저감하기 위해서는 자돈사료 내 조단백질의 수준별 첨가에 따른 이용성을 규명할 필요가 있음. 따라서 조단백질의 수준별 첨가에 따른 성장능력을 규명하여 자돈의 생산성에 미치는 영향을 규명. 2단계 phase feeding program으로 실험.

#### 2) 연구방법

##### a) 실험동물

- 자돈 240두를 공시하여 6처리 5반복, 돈방당 8두씩, randomized complete block (RCB) design으로 배치

##### b) 실험설계

구분	자돈전기	자돈후기
처리 1	CP 16%	CP 15%
처리 2	CP 17%	CP 16%
처리 3	CP 18%	CP 17%
처리 4	CP 19%	CP 18%
처리 5	CP 20%	CP 19%
처리 6	CP 21%	CP 20%

#### 3) 분석항목

- 체중, 일당증체량, 일당평균사료섭취량, 사료효율 등 생산성 조사
- 체중 측정 시 혈액을 채취하여 자돈의 생리 변화를 관찰
- 사료 및 분뇨 내 일반 성분 분석을 통해 영양소 소화율, 질소배출량 조사
- 분 500g과 요 400g을 혼합하여 35°C에서 72시간 발효를 진행한 뒤, gas detector를 이용하여 암모니아, 황화수소 등 악취물질 배출량을 조사

4) 실험결과

표 11. 이유자돈 전기 실험 사료 배합비 (0-3주)

Items	Treatments <sup>1</sup>					
	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20	CP21
<b>Ingredient, %</b>						
Extruding corn	63.05	60.45	57.84	55.30	52.67	50.11
SBM	2.44	5.25	8.07	10.90	13.70	16.53
Soy oil	1.07	1.12	1.18	1.21	1.26	1.30
Whey powder	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Lactose	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Fish meal	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Blood plasma	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Fermented SBM	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
L-Lysine Sulfate, 55%	0.98	0.84	0.70	0.56	0.43	0.29
DL-Methionine, 98%	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.07
L-Threonine, 98.5%	0.23	0.19	0.14	0.09	0.05	0.00
L-Tryptophan, 99%	0.08	0.07	0.05	0.03	0.02	0.00
MCP	1.05	1.00	0.95	0.88	0.85	0.79
Limestone	1.15	1.15	1.15	1.13	1.13	1.11
Vit. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Zinc oxide	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>2</sup></b>						
ME, kcal/kg	3400.00	3400.00	3400.00	3400.00	3400.00	3400.00
CP, %	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00
SID Lysine, %	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
SID Methionine, %	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
SID Threonine, %	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
SID Tryptophan, %	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
Ca, %	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Total P, %	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

<sup>1</sup> Treatment: CP16: corn-soybean meal(SBM) based diet (CP 16%/CP 15%), CP17: corn-soybean meal based diet (CP 17%/CP 16%), CP18: corn-soybean meal based diet (CP 18%/CP 17%), CP19: corn-soybean meal based diet (CP 19%/CP 18%), CP20: corn-soybean meal based diet (CP 20%/CP 19%), CP21: corn-soybean meal based diet (CP 21%/CP 20%)

<sup>2</sup> Calculated value.

표 12. 이유자돈 후기 실험 사료 배합비 (4-6주)

Items	Treatments <sup>1</sup>					
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20
<b>Ingredient, %</b>						
Extruding corn	72.71	70.13	67.57	64.96	62.36	59.79
SBM	3.18	6.00	8.82	11.65	14.48	17.30
Soy oil	0.35	0.40	0.43	0.48	0.53	0.57
Whey powder	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Lactose	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Fish meal	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Fermented SBM	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
L-Lysine Sulfate, 55%	0.97	0.83	0.70	0.56	0.41	0.28
DL-Methionine, 98%	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06	0.04
L-Threonine, 98.5%	0.23	0.19	0.14	0.09	0.05	0.00
L-Tryptophan, 99%	0.09	0.07	0.05	0.04	0.02	0.00
MCP	1.10	1.03	0.95	0.92	0.85	0.80
Limestone	0.95	0.95	0.95	0.93	0.94	0.92
Vit. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Zinc oxide	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>2</sup></b>						
ME, kcal/kg	3350.00	3350.00	3350.00	3350.00	3350.00	3350.00
CP, %	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
SID Lysine, %	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
SID Methionine, %	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
SID Threonine, %	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
SID Tryptophan, %	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
Ca, %	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Total P, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

<sup>1</sup> Treatment: CP16: corn-soybean meal(SBM) based diet (CP 16%/CP 15%), CP17: corn-soybean meal based diet (CP 17%/CP 16%), CP18: corn-soybean meal based diet (CP 18%/CP 17%), CP19: corn-soybean meal based diet (CP 19%/CP 18%), CP20: corn-soybean meal based diet (CP 20%/CP 19%), CP21: corn-soybean meal based diet (CP 21%/CP 20%)

<sup>2</sup> Calculated value.

표 13. 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 이유자돈의 성장성적에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value
	A	B	C	D	E	F		
<b>Body weight, kg</b>								
Initial	-----8.30-----						-	-
3 week	14.80 <sup>a</sup>	14.51 <sup>a</sup>	14.12 <sup>ab</sup>	14.52 <sup>a</sup>	14.33 <sup>ab</sup>	13.54 <sup>b</sup>	0.323	<0.01
6 week	26.62 <sup>a</sup>	26.33 <sup>a</sup>	25.96 <sup>a</sup>	25.96 <sup>a</sup>	25.52 <sup>ab</sup>	23.88 <sup>b</sup>	0.397	<0.01
<b>ADG, g</b>								
0-3 week	309.52 <sup>a</sup>	295.24 <sup>a</sup>	279.25 <sup>ab</sup>	297.09 <sup>a</sup>	286.04 <sup>ab</sup>	247.74 <sup>b</sup>	9.004	<0.01
3-6 week	563.07	562.69	566.25	545.00	532.80	487.82	10.760	0.18
0-6 week	436.30 <sup>a</sup>	428.96 <sup>a</sup>	421.65 <sup>a</sup>	420.05 <sup>a</sup>	409.42 <sup>ab</sup>	367.91 <sup>b</sup>	7.621	0.03
<b>ADFI, g</b>								
0-3 week	638.73 <sup>a</sup>	582.86 <sup>ab</sup>	554.16 <sup>b</sup>	568.73 <sup>b</sup>	562.41 <sup>b</sup>	517.43 <sup>b</sup>	14.589	<0.01
3-6 week	882.00	924.28	919.67	871.28	888.86	907.09	10.931	0.12
0-6 week	785.36	778.57	761.91	745.01	750.63	737.26	8.875	0.06
<b>G:F ratio</b>								
0-3 week	0.484	0.502	0.504	0.521	0.510	0.476	0.007	0.42
3-6 week	0.641 <sup>a</sup>	0.611 <sup>a</sup>	0.618 <sup>a</sup>	0.625 <sup>a</sup>	0.602 <sup>ab</sup>	0.541 <sup>b</sup>	0.606	<0.01
0-6 week	0.557 <sup>a</sup>	0.552 <sup>a</sup>	0.554 <sup>a</sup>	0.563 <sup>a</sup>	0.547 <sup>a</sup>	0.499 <sup>b</sup>	0.545	<0.01

<sup>1</sup> A=16-15%, B= 17-16%, C= 18-17%, D= 19-18%, E= 20-19%, F= 21-20% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 2 phases)

<sup>2</sup> Standard error of means

<sup>a,b</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different (p<0.05)

· 성장성적 (Growth performance)

이유자돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 이유자돈의 성장성적에 미치는 영향을 표13에 나타내었다. 이유전기 3주, 이유후기 3주 총 6주 동안 이유자돈 사료 내 조단백질을 수준별로 급여하였을 때 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율에 있어서 유의적인 차이가 나타났다 (p<0.05). 이유전기 자돈 체중에서 F 처리구에 비해 조단백질 수준이 낮은 다른 처리구가 유의적으로 더 높게 나타났다 (p<0.01). 또한, 이유후기 자돈 체중에서도 F 처리구에 비해 조단백질 수준이 낮은 처리구가 유의적으로 더 높게 나타났다 (p<0.01). 이유전기 일당증체량에서는 F 처리구에 비해 조단백질 수준이 낮은 처리구가 유의적으로 더 높게 나타났다 (p<0.01). 이유후기 3주 동안 일당증체량에서는 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 전체기간 일당증체량에서는 F 처리구가 가장 낮게 나타났다 (p=0.03). 이유전기 일당사료섭취량에서는 A, B 처리구가 유의적으로 높게 나타났다 (p<0.01). 이유전기 사료효율에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 이유후기와 전체기간 사료효율에서는 F 처리구가 유의적으로 가장 낮게 나타났다 (p<0.01).

표 14. 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 이유자돈의 혈액성상에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value
	A	B	C	D	E	F		
<b>BUN, mg/dL</b>								
Initial			5.67				-	-
3 week	2.60 <sup>d</sup>	4.60 <sup>cd</sup>	6.20 <sup>bc</sup>	7.80 <sup>b</sup>	8.40 <sup>ab</sup>	10.60 <sup>a</sup>	0.589	<0.01
6 week	3.20 <sup>c</sup>	6.40 <sup>b</sup>	5.00 <sup>bc</sup>	6.80 <sup>b</sup>	9.80 <sup>a</sup>	9.00 <sup>a</sup>	0.510	<0.01
<b>Creatinine, mg/dL</b>								
Initial			0.94				-	-
3 week	0.74	0.71	0.69	0.77	0.62	0.72	0.023	0.61
6 week	0.93	0.96	1.05	0.91	0.90	0.87	0.024	0.33
<b>Glucose, mg/dL</b>								
Initial			107.50				-	-
3 week	89.83	96.40	90.80	89.40	81.20	91.40	2.056	0.42
6 week	97.40	78.20	92.80	81.80	86.80	80.60	2.748	0.23
<b>Total protein, g/dL</b>								
Initial			5.00				-	-
3 week	4.64	4.46	4.76	4.40	4.88	4.60	0.090	0.73
6 week	5.22	5.36	4.86	4.88	5.44	5.38	0.097	0.36
<b>Triglyceride, mg/dL</b>								
Initial			39.50				-	-
3 week	40.60	30.80	45.80	48.60	45.80	40.80	2.740	0.46
6 week	41.40	66.00	35.20	53.80	55.00	59.40	2.682	0.26
<b>Insulin, mU/L</b>								
Initial			3.05				-	-
3 week	4.31	2.80	3.19	4.24	6.52	3.30	0.378	0.36
6 week	8.60	2.71	3.72	3.01	5.85	4.86	0.734	0.13
<b>IGF-1, ng/mL</b>								
Initial			10.48				-	-
3 week	11.57	9.85	11.64	10.72	12.39	12.59	0.839	0.78
6 week	7.08	8.40	8.53	7.27	9.78	7.84	0.415	0.75
<b>Free fatty acid, <math>\mu</math>Eq/L</b>								
Initial			256.67				-	-
3 week	52.80	50.80	118.80	188.00	149.60	114.00	23.129	0.56
6 week	85.80	396.20	59.40	274.60	585.40	482.80	55.506	0.26

<sup>1</sup> A=16-15%, B= 17-16%, C= 18-17%, D= 19-18%, E= 20-19%, F= 21-20% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 2 phases)

<sup>2</sup> Standard error of means

<sup>a,b</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different ( $p < 0.05$ )

· 혈액성상 (Blood profiles)

이유자돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 이유자돈의 혈액성상에 미치는 영향을 표14에 나타내었다. 이유전기 및 이유후기 기간동안 혈액 내 크레아티닌, 글루코스, 총단백질, 중성지방, 인슐린, IGF-1 및 유리지방산 농도에서 각 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 하지만, 이유전기 기간동안 이유자돈 혈액 내 요소질소 농도에서 F 처리구가 유의적으로 가장 높고 A 처리구가 유의적으로 가장 낮게 나타났고 (p<0.01). 또한 이유후기 기간동안 이유자돈 혈액 내 요소질소 농도에서 E, F 처리구가 유의적으로 가장 높게 나타났고 A 처리구가 유의적으로 가장 낮게 나타났고 (p<0.01).

표 15. 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 이유자돈의 설사율에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value
	A	B	C	D	E	F		
<b>Diarrhea score<sup>2</sup>, %</b>								
0-3 week	1.41 <sup>d</sup>	1.58 <sup>d</sup>	2.12 <sup>c</sup>	2.48 <sup>b</sup>	2.62 <sup>b</sup>	3.23 <sup>a</sup>	0.121	<0.01
4-6 week	1.10 <sup>d</sup>	1.20 <sup>cd</sup>	1.34 <sup>bc</sup>	1.38 <sup>abc</sup>	1.44 <sup>ab</sup>	1.56 <sup>a</sup>	0.036	<0.01
0-6 week	1.25 <sup>d</sup>	1.39 <sup>d</sup>	1.73 <sup>c</sup>	1.93 <sup>b</sup>	2.03 <sup>b</sup>	2.39 <sup>a</sup>	0.075	<0.01

<sup>1</sup> A=16-15%, B= 17-16%, C= 18-17%, D= 19-18%, E= 20-19%, F= 21-20% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 2 phases)

<sup>2</sup> Standard error of means

<sup>a,b</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different (p<0.05)

· 설사 빈도 (Incidence of diarrhea)

이유자돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 이유자돈의 설사 빈도에 미치는 영향을 표15에 나타내었다. 이유전기, 이유후기 및 전체기간 동안 설사 발생에서 각 처리구 간 고도의 유의적인 차이가 나타났다 (p<0.01). 이유전기 기간 동안 설사 발생에서 F 처리구가 유의적으로 가장 높고 A 처리구가 유의적으로 가장 낮게 나타났다 (p<0.01). 또한 이유후기 및 전체기간 동안 설사 발생에서 F 처리구가 유의적으로 가장 높고 A 처리구가 유의적으로 가장 낮게 나타났다 (p<0.01).

표 16. 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 이유자돈의 악취발생에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value
	A	B	C	D	E	F		
<b>Hydrogen sulfide, ppm</b>								
Phase I	1.75 <sup>c</sup>	2.00 <sup>b</sup>	2.00 <sup>b</sup>	2.25 <sup>a</sup>	2.00 <sup>b</sup>	2.25 <sup>a</sup>	0.041	<0.01
Phase II	1.50 <sup>c</sup>	1.83 <sup>b</sup>	1.83 <sup>b</sup>	2.33 <sup>a</sup>	2.33 <sup>a</sup>	2.33 <sup>a</sup>	0.079	<0.01
<b>Ammonia, ppm</b>								
Phase I	5.36 <sup>e</sup>	5.36 <sup>e</sup>	6.45 <sup>d</sup>	6.91 <sup>c</sup>	7.64 <sup>b</sup>	8.64 <sup>a</sup>	0.286	<0.01
Phase II	5.27 <sup>f</sup>	5.36 <sup>f</sup>	6.36 <sup>d</sup>	6.91 <sup>c</sup>	7.55 <sup>b</sup>	8.18 <sup>a</sup>	0.259	<0.01
<b>Amines, ppm</b>								
Phase I	50.91 <sup>f</sup>	51.82 <sup>e</sup>	53.64 <sup>d</sup>	70.91 <sup>c</sup>	77.27 <sup>b</sup>	81.82 <sup>a</sup>	3.080	<0.01
Phase II	45.45 <sup>e</sup>	47.27 <sup>d</sup>	51.82 <sup>c</sup>	76.36 <sup>b</sup>	77.00 <sup>a</sup>	77.27 <sup>a</sup>	3.511	<0.01

<sup>1</sup> A=16-15%, B= 17-16%, C= 18-17%, D= 19-18%, E= 20-19%, F= 21-20% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 2 phases)

<sup>2</sup> Standard error of means

<sup>a,b</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different (p<0.05)

· 악취발생 (Odor generation)

이유자돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 이유자돈의 악취발생에 미치는 영향을 표16에 나타내었다. 이유전기 및 이유후기 기간동안 황화수소, 암모니아 및 아민 발생에서 각 처리구 간 고도의 유의적인 차이가 나타났다 (p<0.01). 이유전기 기간동안 황화수소, 암모니아 및 아민 발생에서 F 처리구가 유의적으로 가장 높고 A 처리구가 유의적으로 가장 낮게 나타났다 (p<0.01). 또한 이유 후기 기간 동안에도 황화수소, 암모니아 및 아민 발생에서 F 처리구가 유의적으로 가장 높고 A 처리구가 유의적으로 가장 낮게 나타났다 (p<0.01).



○ 실험 2. 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 이유전기자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

1) 연구목표

분뇨 및 악취발생량을 저감하기 위해서는 자돈사료 내 조단백질의 수준별 첨가에 따른 영양소 이용성을 규명하여 사료 내 적정 조단백질 함량을 판단함.

2) 연구방법

- 총 18두의 삼원교잡종 9.0kg 내외의 이유자돈을 선발하여 6처리 3반복으로 공시
- 대사틀에 이유자돈을 1두씩 수용한 후, 사육시설과 사료에 적응할 수 있도록 5일간 예비실험 기간을 갖는다.
- 사료 및 물 급여는 08:00, 17:00에 1일 2회 급여하는 것으로 한다.
- 예비실험을 마치고, 본 실험에 들어갈 때에는 사료에 chromic oxide (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)을 첨가하여 08:00에 급여한다. 본 실험은 5일 동안 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 냉동보관 후 일반성분을 분석하여 장내 소화율을 계산한다.

3) 분석항목

- 영양소 소화율(이용률)을 계산하기 위해 사료, 분, 뇨에 들어있는 영양성분 분석
- 분 및 뇨로 배출되는 악취물질 (NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S 등)의 농도를 측정

4) 실험결과

표 17. 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 이유전기자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20	CP21		Lin.	Quad.
<b>Nutrient digestibility, %</b>									
Dry matter	94.20	94.30	95.24	95.04	94.48	94.18	0.301	0.97	0.31
Crude protein	93.47	93.14	93.52	93.80	93.00	92.07	0.407	0.46	0.47
Crude ash	84.54	84.82	84.71	84.29	84.49	82.74	0.894	0.64	0.71
Crude fat	82.40	80.68	80.50	80.10	80.05	81.33	1.019	0.76	0.57
<b>Nitrogen retention<sup>3</sup>, g/d</b>									
N intake	4.86	7.89	5.34	5.70	5.84	6.03	-	-	-
Fecal N	0.30	0.33	0.48	0.49	0.53	0.53	0.029	<0.01	0.21
Urinary N	1.21	1.17	1.40	1.67	1.85	2.05	0.114	<0.01	0.64
N retention <sup>3</sup>	3.35	3.39	3.45	3.53	3.46	3.44	0.079	0.70	0.71

<sup>1</sup> Standard error of mean.

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

<sup>3</sup> N retention=N intake - Fecal N - Urinary N

· 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

이유자돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 이유전기자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향을

표17에 나타내었다. 이유전기 기간동안 사료 내 조단백질을 수준별로 급여하였을 때, 건물, 조단백질, 조회분, 조지방에서의 영양소 소화율에 있어서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. ( $p>0.05$ ). 이유전기 기간동안 조단백질의 수준이 증가함에 따라 분변과 오줌 내 질소 함유량이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다 (Linear,  $p<0.01$ ). N retention은 유의차가 나타나지 않았다 ( $p>0.05$ ). **이유전기자돈 사료 내 조단백질 수준을 21%에서 16%로 저감하였을 때 분뇨 내 질소배출량이 41.47% 감소하는 것으로 나타남.**

### ○ 실험 3. 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 이유후기자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

#### 1) 연구목표

분뇨 및 악취발생량을 저감하기 위해서는 자돈사료 내 조단백질의 수준별 첨가에 따른 영양소 이용성을 규명하여 사료 내 적정 조단백질 함량을 판단함.

#### 2) 연구방법

- 총 18두의 삼원교잡종 9.0kg 내외의 이유자돈을 선발하여 6처리 3반복으로 공시
- 대사틀에 이유자돈을 1두씩 수용한 후, 사육시설과 사료에 적응할 수 있도록 5일간 예비실험 기간을 갖는다.
- 사료 및 물 급여는 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 5일 동안 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 냉동보관 후 일반성분을 분석하여 장내 소화율을 계산한다.

#### 3) 분석항목

- 영양소 소화율(이용률)을 계산하기 위해 사료, 분, 뇨에 들어있는 영양성분 분석
- 분 및 뇨로 배출되는 악취물질 ( $NH_3$ ,  $H_2S$  등)의 농도를 측정

4) 실험결과

표 18. 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 이유후기자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20		Lin.	Quad.
<b>Nutrient digestibility, %</b>									
Dry matter	93.40	92.77	92.53	92.19	90.46	90.47	0.397	0.01	0.73
Crude protein	91.10	87.98	88.44	88.68	87.45	87.37	0.524	0.08	0.48
Crude ash	80.14	76.66	78.07	75.50	73.90	75.37	1.210	0.22	0.68
Crude fat	82.59	79.28	79.24	79.16	78.43	74.94	1.379	0.21	0.92
<b>Nitrogen retention, g/d</b>									
N intake	5.00	5.10	5.47	5.82	6.02	6.27	-	-	-
Fecal N	0.44	0.37	0.39	0.46	0.50	0.31	0.032	<0.01	0.60
Urinary N	1.12	1.53	1.58	1.64	1.89	1.98	0.090	<0.01	0.54
N retention <sup>3</sup>	3.45	3.19	3.50	3.72	3.62	3.98	0.091	0.25	0.61

<sup>1</sup> Standard error of means.

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

<sup>3</sup> N retention=N intake - Fecal N - Urinary N

· 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

이유자돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 이유후기 자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향을 표18에 나타내었다. 이유후기 기간동안 사료 내 조단백질을 수준별로 급여하였을 때, 건물에서 영양소 소화율이 조단백질의 수준이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다 (Linear, p=0.01), 이유후기 기간동안 사료 내 조단백질을 수준별로 급여하였을 때 조단백질, 조회분, 조지방에서의 영양소 소화율에 있어서 유의차는 나타나지 않았다 (p>0.05). 이유후기 기간동안 조단백질의 수준이 증가함에 따라 분과 오줌 내 질소 함유량이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다 (Linear, p<0.01). N retention은 유의차가 나타나지 않았다 (p>0.05). **이유 후기자돈 사료 내 조단백질 수준을 20%에서 15%로 저감하였을 때 분뇨 내 질소배출량이 31.88% 감소하는 것으로 나타남.**

○ 실험 4. 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 임신돈의 번식성적 및 포유능력에 미치는 영향

1) 연구목표

분뇨 및 악취발생량을 저감하기 위해서는 임신돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가에 따른 이용성을 규명할 필요가 있음. 따라서 조단백질의 수준별 첨가에 따른 이용성을 규명하여 임신돈의 생산성 및 악취 발생량에 미치는 영향을 규명

2) 연구방법

a) 실험동물

- F1 경산돈 60두를 선발하여 6처리 10반복 반복당 1두씩, CRD로 배치

b) 실험설계

구분	임신기
처리 1	CP 11%
처리 2	CP 12%
처리 3	CP 13%

처리 4	CP 14%
처리 5	CP 15%
처리 6	CP 16%

### 3) 분석항목

- 임신 0일령, 35일령, 70일령 및 90일령에 체중 및 등지방 두께를 측정
- 분만직후 및 포유 1, 3주령에 체중 및 등지방 두께를 측정
- 체중 측정 시 혈액을 채취하여 모돈의 생리 변화를 관찰
- Portable ultrasound를 이용하여 body mass protein을 측정하고, 체중, 등지방으로 계산한 수치와 비교
- 분만직후 초유 및 포유 1, 3주령에 돈유를 채취하여 유성분 분석
- 분 500g과 요 400g을 혼합하여 35°C에서 72시간 발효를 진행한 뒤, gas detector를 이용하여 암모니아, 황화수소 등 악취물질 배출량을 조사
- 포유자돈의 성장능력 평가

### 4) 실험결과

표 19. 임신돈 실험 사료 배합비

Items	Treatments <sup>1</sup>					
	CP11	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16
<b>Ingredients, %</b>						
Corn	77.93	75.06	72.22	69.38	66.48	63.60
SBM	7.58	10.62	13.66	16.66	19.73	22.79
Wheat bran	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Beet pulp	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Tallow	1.97	2.08	2.18	2.28	2.40	2.51
L-Lysine Sulfate, 55%	0.71	0.57	0.43	0.29	0.14	0.00
L-Methionine, 90%	0.08	0.07	0.05	0.04	0.02	0.00
L-Threonine, 98.5%	0.24	0.19	0.14	0.10	0.05	0.00
L-Tryptophan, 99%	0.09	0.07	0.05	0.04	0.02	0.00
MCP	1.46	1.41	1.35	1.30	1.25	1.20
Limestone	1.29	1.28	1.27	1.26	1.26	1.25
Vit. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Choline chloride-50	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>2</sup></b>						
ME, kcal/kg	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00
CP, %	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
Lysine, %	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
Methionine, %	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Threonine, %	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Tryptophan, %	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Ca, %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Total P, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

<sup>1</sup> Treatment: CP16: corn-soybean meal(SBM) based diet (CP 16%/CP 15%), CP17: corn-soybean meal based diet (CP 17%/CP 16%), CP18: corn-soybean meal based diet (CP 18%/CP 17%), CP19: corn-soybean meal based diet (CP 19%/CP 18%), CP20: corn-soybean meal based diet (CP 20%/CP 19%), CP21: corn-soybean meal based diet (CP 21%/CP 20%)

<sup>2</sup> Calculated value.

표 20. 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 임신돈의 생리적 반응에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP11	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16		Lin.	Quad.
No. of sows	10	10	10	10	10	10			
<b>Body weight, kg</b>									
At mating	219.13	225.50	206.93	226.53	219.81	214.25	3.532	0.77	0.88
35th day	229.10	234.60	215.29	233.84	228.75	232.40	3.200	0.79	0.87
70th day	234.00	240.70	218.10	238.07	238.50	233.19	3.141	0.84	0.89
110th day	241.96	245.14	235.36	244.29	245.99	235.13	2.792	0.83	0.82
Change(110-0d)	22.84	19.64	28.43	17.76	23.20	22.80	2.248	0.99	0.99
<b>Backfat thickness, mm</b>									
At mating	20.00	18.80	20.07	20.64	18.69	16.08	0.620	0.14	0.16
35th day	19.75	21.40	18.86	21.14	19.13	16.75	0.639	0.15	0.21
70th day	21.63	21.80	20.57	21.36	19.19	17.83	0.614	0.05	0.41
110th day	21.75	21.60	21.29	22.79	20.25	18.17	0.558	0.08	0.14
Change(110-0d)	1.75	2.80	1.21	2.14	1.43	2.08	0.324	0.83	0.84

<sup>1</sup> Standard error of means

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

· 임신돈 생리적 반응 (Physiological response)

임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 임신돈의 생리적 반응에 미치는 영향을 표20에 나타내었다. 임신기 동안 사료 내 조단백질을 수준별로 급여하였을 때 체중에서의 유의차는 나타나지 않았다 ( $p>0.05$ ). 임신기 동안 사료 내 조단백질의 수준이 증가함에 따라 70일령과 110일령의 등지방 두께가 유의적으로 감소하는 경향을 보였다 (Linear,  $p=0.05$ ;  $p>0.05$ ).

표 21. 임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유돈의 생리적 반응에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP11	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16		Lin.	Quad.
No. of sows	10	10	10	10	10	10			
<b>Body weight, kg</b>									
24 hr postpartum	230.20	221.26	210.24	232.02	237.60	222.32	3.485	0.66	0.66
21st day of lactation	232.89	219.60	208.91	231.60	238.08	216.18	3.515	0.94	0.74
Changes (21-0d)	2.69	-1.66	-1.33	-0.42	0.48	-6.14	1.902	0.38	0.84
<b>Backfat thickness, mm</b>									
24 hr postpartum	19.83	19.88	20.57	20.83	18.67	17.60	0.659	0.32	0.29
21st day of lactation	20.06	19.88	17.43	19.42	19.08	17.40	0.526	0.23	0.94
Changes (21-0d)	0.22	0.00	-3.14	-1.42	0.42	-0.20	0.657	0.95	0.25
<b>ADFI, kg</b>	5.88	6.04	5.60	5.85	5.43	5.71	0.120	0.37	0.81
<b>WEI5, day</b>	2.31	3.60	3.00	3.70	3.00	3.50	0.208	0.28	0.35

<sup>1</sup> Standard error of means

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

· 포유돈 생리적 반응 (Physiological response)

임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유돈의 생리적 반응에 미치는 영향을 표21에 나타내었다. 임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유기 모돈의 체중, 등지방두께, 사료섭취량, 재귀발정일에서 유의차는 나타나지 않았다 ( $p>0.05$ ).

표 22. 임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유돈 번식성적에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP11	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16		Lin.	Quad.
No. of Sows	10	10	10	10	10	10			
<b>Reproductive performance, N</b>									
Total born/litter	11.67	11.75	13.29	12.33	11.67	13.00	0.393	0.52	0.79
No. of born alive	11.00	11.25	12.00	11.33	10.83	12.00	0.345	0.69	0.96
No. of stillbirths	0.67	0.50	1.29	1.33	0.50	1.00	0.174	0.62	0.54
After cross-foster	11.00	11.25	12.00	11.33	10.83	12.00	0.329	0.89	0.64
21st day of lactation	10.67	10.50	11.00	10.67	10.67	11.00	0.239	0.73	0.93
<b>Litter weight, kg</b>									
Total litter weight	14.22	17.14	15.63	16.33	15.54	17.95	0.544	0.21	0.98
litter birth weight	13.57	16.67	14.51	14.95	14.96	17.27	0.586	0.27	0.73
After cross-foster	13.57	16.67	14.51	14.95	14.96	17.27	0.586	0.27	0.73
21st day of lactation	59.39	66.35	68.94	63.45	62.38	66.89	1.897	0.63	0.55
Litter weight gain	45.82	49.68	54.43	48.50	47.42	49.62	1.575	0.85	0.40
<b>Piglet weight, kg</b>									
Piglet birth weight	1.38	1.49	1.21	1.41	1.51	1.41	0.042	0.65	0.62
After cross-foster	1.38	1.49	1.21	1.41	1.51	1.41	0.042	0.65	0.62
21st day of lactation	6.18	6.27	6.13	6.37	6.68	6.07	0.116	0.73	0.54
Piglet weight gain	4.80	4.79	4.93	4.96	5.17	4.66	0.094	0.82	0.33

<sup>1</sup> Standard error of means

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

· 포유돈 포유성적 및 포유자돈 성적 (Litter performance)

임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유돈 번식성적에 미치는 영향을 표22에 나타내었다. 임신기 동안 사료 내 조단백질을 수준별로 급여하였을 때, 번식 성적, 복당 체중, 자돈 체중에서의 유의차는 나타나지 않았다 ( $p>0.05$ ).

표 23. 임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 임신돈 혈액성상에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP11	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16		Lin.	Quad.
<b>Albumin, g/dL</b>									
Initial		-----	4.50	-----			-	-	-
35th day of gestation	4.65	4.70	4.93	4.60	4.68	4.85	0.071	0.70	0.99
70th day of gestation	4.85	4.83	5.03	4.70	4.75	4.98	0.075	0.96	0.72
110th day of gestation	4.95	4.50	5.00	4.65	4.73	5.08	0.097	0.64	0.31
<b>Creatinine, mg/dL</b>									
Initial		-----	1.59	-----			-	-	-
35th day of gestation	1.29 <sup>d</sup>	1.49 <sup>c</sup>	1.64 <sup>bc</sup>	1.69 <sup>b</sup>	1.77 <sup>ab</sup>	1.91 <sup>a</sup>	0.046	<0.01	0.24
70th day of gestation	1.31	1.40	1.49	1.52	1.62	1.66	0.050	0.03	0.85
110th day of gestation	1.31	1.37	1.39	1.54	1.57	1.66	0.045	<0.01	0.86
<b>Glucose, mg/dL</b>									
Initial		-----	61.33	-----			-	-	-
35th day of gestation	73.50	74.00	76.00	75.25	72.50	72.25	1.134	0.66	0.42
70th day of gestation	80.50	77.00	76.25	82.00	76.25	79.00	0.903	0.83	0.58
110th day of gestation	84.00	72.50	75.50	82.25	75.00	78.25	1.144	0.42	0.11
<b>Total protein, g/dL</b>									
Initial		-----	8.20	-----			-	-	-
35th day of gestation	7.33 <sup>c</sup>	7.68 <sup>bc</sup>	7.73 <sup>abc</sup>	7.70 <sup>bc</sup>	7.80 <sup>ab</sup>	8.18 <sup>a</sup>	0.077	<0.01	0.83
70th day of gestation	7.43 <sup>c</sup>	7.63 <sup>bc</sup>	7.85 <sup>abc</sup>	8.03 <sup>ab</sup>	8.10 <sup>ab</sup>	8.23 <sup>a</sup>	0.087	<0.01	0.56
110th day of gestation	6.93 <sup>c</sup>	7.43 <sup>bc</sup>	7.63 <sup>abc</sup>	7.98 <sup>ab</sup>	8.08 <sup>ab</sup>	8.33 <sup>a</sup>	0.135	<0.01	0.50
<b>Globulin, g/dL</b>									
Initial		-----	3.70	-----			-	-	-
35th day of gestation	2.68	3.48	2.80	3.20	3.03	2.88	0.112	0.98	0.28
70th day of gestation	2.58	3.40	2.60	3.33	3.35	2.88	0.127	0.40	0.24
110th day of gestation	2.68	2.93	2.43	3.43	3.35	2.90	0.130	0.19	0.52
<b>Urea, mg/dL</b>									
Initial		-----	19.57	-----			-	-	-
35th day of gestation	15.88 <sup>c</sup>	19.28 <sup>c</sup>	20.63 <sup>c</sup>	24.08 <sup>b</sup>	25.58 <sup>b</sup>	30.15 <sup>a</sup>	1.012	<0.01	0.42
70th day of gestation	15.48 <sup>c</sup>	18.73 <sup>c</sup>	18.25 <sup>c</sup>	24.63 <sup>b</sup>	26.88 <sup>ab</sup>	30.08 <sup>a</sup>	1.159	<0.01	0.31
110th day of gestation	14.90 <sup>d</sup>	18.28 <sup>c</sup>	20.28 <sup>c</sup>	23.80 <sup>b</sup>	25.10 <sup>b</sup>	30.95 <sup>a</sup>	1.135	<0.01	0.31
<b>BUN, mg/dL</b>									
Initial		-----	9.13	-----			-	-	-
35th day of gestation	6.90 <sup>e</sup>	8.15 <sup>de</sup>	9.63 <sup>cd</sup>	11.08 <sup>bc</sup>	12.03 <sup>b</sup>	14.33 <sup>a</sup>	0.549	<0.01	0.53
70th day of gestation	6.80 <sup>d</sup>	9.10 <sup>c</sup>	9.53 <sup>c</sup>	11.28 <sup>b</sup>	11.80 <sup>b</sup>	14.60 <sup>a</sup>	0.536	<0.01	0.51
110th day of gestation	6.65 <sup>d</sup>	8.90 <sup>c</sup>	9.53 <sup>c</sup>	12.05 <sup>b</sup>	11.90 <sup>b</sup>	15.03 <sup>a</sup>	0.603	<0.01	0.83

<sup>1</sup> Standard error of means

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

<sup>a,b</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different (p<0.05)

· 임신돈 혈액성상 (Blood profiles)

임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 임신돈 혈액성상에 미치는 영향을 표23에 나타내었다. 임신기 동안 임신돈 사료 내 조단백질 수준이 증가함에 따라 임신기 35일령, 70일령, 110일령에서의 크레아티닌 농도가 유의적으로 증가하였다 (Linear,  $p<0.05$ ). 또한, 임신돈 사료 내 조단백질 수준이 증가함에 따라 임신기 35일령, 70일령, 110일령에서의 총단백질, 요소, 혈액 내 요소질소의 농도가 유의적으로 증가하였다 (Linear,  $p<0.01$ ).

표 24. 임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유돈 혈액성상에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP11	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16		Lin.	Quad.
<b>Albumin, g/dL</b>									
24 hr postpartum	4.78	4.33	4.75	4.60	4.78	4.83	0.086	0.43	0.46
21st day of lactation	4.25	4.08	4.23	4.13	4.18	4.63	0.117	0.43	0.35
<b>Creatinine, mg/dL</b>									
24 hr postpartum	2.04	2.12	2.18	2.30	2.34	2.56	0.087	0.08	0.77
21st day of lactation	1.46	1.86	1.48	1.68	1.29	1.69	0.070	0.80	0.97
<b>Glucose, mg/dL</b>									
24 hr postpartum	90.00	89.75	90.25	89.25	93.00	94.00	1.900	0.51	0.69
21st day of lactation	78.50	85.50	86.25	77.25	75.25	87.25	2.197	0.93	0.78
<b>Total protein, g/dL</b>									
24 hr postpartum	6.70 <sup>b</sup>	6.85 <sup>b</sup>	7.18 <sup>b</sup>	7.33 <sup>ab</sup>	7.43 <sup>ab</sup>	8.00 <sup>a</sup>	0.128	<0.01	0.61
21st day of lactation	7.65	8.25	6.95	8.10	7.90	7.50	0.144	0.81	0.84
<b>Globulin, g/dL</b>									
24 hr postpartum	1.93	3.00	2.10	2.83	2.65	2.68	0.163	0.31	0.52
21st day of lactation	3.40	4.18	2.73	3.98	3.73	2.88	0.212	0.52	0.48
<b>Urea, mg/dL</b>									
24 hr postpartum	17.75	19.60	18.18	18.50	21.68	24.45	0.999	0.06	0.31
21st day of lactation	20.85 <sup>c</sup>	30.03 <sup>ab</sup>	23.55 <sup>bc</sup>	25.75 <sup>bc</sup>	34.48 <sup>ab</sup>	29.23 <sup>a</sup>	1.247	<0.01	0.60
<b>BUN, mg/dL</b>									
24 hr postpartum	8.30	8.58	8.65	9.15	10.13	11.40	0.466	0.04	0.42
21st day of lactation	9.73 <sup>c</sup>	14.03 <sup>ab</sup>	11.00 <sup>bc</sup>	12.03 <sup>bc</sup>	16.10 <sup>a</sup>	13.65 <sup>ab</sup>	0.582	<0.01	0.59

<sup>1</sup> Standard error of means

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

<sup>a,b</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different ( $p<0.05$ )

· 포유돈 혈액성상 (Blood profiles)

임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유돈 혈액성상에 미치는 영향을 표24에 나타내었다. 임신돈 사료 내 조단백질 수준이 증가함에 따라 분만 후 24시간 시점의 총단백질, 혈액 내 요소질소의 농도가 유의적으로 증가하였다 (Linear,  $p<0.05$ ). 분만 후 24시간 시점의 크레아티닌과 요소 농도는 증가하는 경향을 나타내었다 (Linear,  $p>0.05$ ). 또한, 조단백질 수준이 증가함에 따라 포유 21일차 요소와 혈액 내 요소질소의 농도가 유의적으로 증가하였다 (Linear,



p<0.01).

표 25. 임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유자돈 혈액성상에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP11	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16		Lin.	Quad.
<b>Albumin, g/dL</b>									
24 hr postpartum	1.20	1.10	1.25	1.00	1.23	1.10	0.038	0.63	0.84
21st day of lactation	3.23 <sup>c</sup>	3.33 <sup>bc</sup>	3.80 <sup>ab</sup>	3.65 <sup>abc</sup>	3.83 <sup>a</sup>	3.65 <sup>abc</sup>	0.076	0.02	0.10
<b>Creatinine, mg/dL</b>									
24 hr postpartum	0.34 <sup>e</sup>	0.53 <sup>d</sup>	0.64 <sup>c</sup>	0.73 <sup>c</sup>	0.84 <sup>b</sup>	0.96 <sup>a</sup>	0.044	<0.01	0.20
21st day of lactation	0.48	0.77	0.66	0.66	0.81	0.65	0.045	0.15	0.04
<b>Glucose, mg/dL</b>									
24 hr postpartum	107.75 <sup>b</sup>	146.25 <sup>a</sup>	111.25 <sup>b</sup>	88.00 <sup>b</sup>	105.00 <sup>b</sup>	92.00 <sup>b</sup>	5.793	0.03	0.65
21st day of lactation	119.00 <sup>b</sup>	124.25 <sup>b</sup>	126.00 <sup>b</sup>	127.25 <sup>b</sup>	126.75 <sup>a</sup>	119.25 <sup>b</sup>	2.486	0.12	0.05
<b>Total protein, g/dL</b>									
24 hr postpartum	4.95 <sup>b</sup>	5.48 <sup>ab</sup>	5.88 <sup>ab</sup>	6.05 <sup>ab</sup>	6.10 <sup>ab</sup>	6.65 <sup>a</sup>	0.194	0.01	0.76
21st day of lactation	4.75	4.65	4.95	4.73	5.08	4.55	0.074	0.75	0.03
<b>Globulin, g/dL</b>									
24 hr postpartum	4.90	3.93	5.40	4.88	4.83	3.85	0.208	0.45	0.18
21st day of lactation	1.53	1.33	1.15	1.48	1.25	0.90	0.080	0.07	0.58
<b>Urea, mg/dL</b>									
24 hr postpartum	24.50 <sup>b</sup>	24.73 <sup>b</sup>	28.25 <sup>ab</sup>	33.30 <sup>ab</sup>	33.78 <sup>ab</sup>	38.75 <sup>a</sup>	1.673	<0.01	0.72
21st day of lactation	12.98	11.88	12.35	13.93	12.73	10.15	0.628	0.47	0.35
<b>BUN, mg/dL</b>									
24 hr postpartum	9.10 <sup>e</sup>	10.95 <sup>d</sup>	13.28 <sup>c</sup>	15.40 <sup>b</sup>	16.95 <sup>b</sup>	19.78 <sup>a</sup>	0.782	<0.01	0.76
21st day of lactation	4.58	5.55	5.78	6.50	5.95	6.23	0.292	0.11	0.34

<sup>1</sup> Standard error of means

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

<sup>a,b</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different (p<0.05)

· 포유자돈 혈액성상 (Blood profiles)

임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유자돈 혈액성상에 미치는 영향을 표25에 나타내었다. 임신돈 사료 내 조단백질의 수준이 증가함에 따라 포유 21일차 시점의 알부민 농도가 유의적으로 증가하였다 (Linear, p=0.02). 또한, 임신기 동안 임신돈 사료 내 조단백질의 수준이 증가함에 따라 분만 24시간 시점의 크레아티닌, 총단백질, 요소, 혈액 내 요소질소 농도가 유의적으로 증가하였다 (Linear, p<0.05). 분만 24시간 시점의 글루코스 농도는 CP12 처리구가 유의적으로 높았다 (p=0.03).

표 26. 임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유돈 돈유성분에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP11	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16		Lin.	Quad.
<b>Fat</b>									
24 hr postpartum	7.34	4.73	6.89	5.35	5.68	4.46	0.487	0.21	0.97
21st day of lactation	6.90	5.90	4.79	4.41	4.40	4.65	0.164	0.05	0.72
<b>Protein</b>									
24 hr postpartum	8.74	8.80	9.08	10.30	10.35	11.87	0.673	0.16	0.70
21st day of lactation	4.41	4.40	4.58	4.65	4.79	5.01	0.074	<0.01	0.45
<b>Lactose</b>									
24 hr postpartum	3.88	3.49	3.69	3.90	3.80	3.25	0.143	0.53	0.57
21st day of lactation	5.71	5.82	5.72	5.96	5.86	6.12	0.059	0.05	0.58
<b>TS</b>									
24 hr postpartum	21.78	20.40	22.96	19.63	20.31	21.84	0.799	0.85	0.72
21st day of lactation	18.19	16.72	17.85	16.91	17.03	16.73	0.183	0.04	0.61
<b>SNF</b>									
24 hr postpartum	13.97	15.56	15.65	14.18	14.45	16.81	0.569	0.45	0.74
21st day of lactation	11.28	11.06	11.08	11.02	10.89	11.43	0.067	0.88	0.04
<b>Casein</b>									
24 hr postpartum	5.79	7.09	6.96	5.95	6.15	8.33	0.505	0.43	0.64
21st day of lactation	2.93	2.72	2.80	2.63	2.63	2.82	0.043	0.28	0.09

<sup>1</sup> Standard error of means

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

<sup>a,b</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different (p<0.05)

· 돈유 성분 (Milk composition)

임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유돈의 돈유성분에 미치는 영향을 표26에 나타내었다. 임신돈 사료 내 조단백질 수준이 증가함에 따라 포유기 동안 포유 21일 시점의 돈유 내 지방 농도가 감소하는 경향을 보였다 (Linear, p=0.05). 포유 21일차 돈유 내 단백질의 농도는 유의적으로 증가하였고 (Linear, p<0.01), 젖당 농도는 증가하는 경향을 보였다 (Linear, p=0.05). 포유 21일차 총고형분의 농도는 유의적으로 감소하였고 (Linear, p=0.04), 포유 21일차 무지유고형분의 농도는 CP15 처리구에서 가장 낮았다 (Quadratic, p=0.04).

표 27. 임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 임신기간 악취발생에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP11	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16		Lin.	Quad.
<b>Amines, ppm</b>									
35th day of gestation	11.50 <sup>c</sup>	19.50 <sup>c</sup>	64.00 <sup>b</sup>	91.00 <sup>a</sup>	100.00 <sup>a</sup>	100.00 <sup>a</sup>	8.888	<0.01	<0.01
70th day of gestation	14.00 <sup>b</sup>	27.50 <sup>b</sup>	98.00 <sup>a</sup>	94.00 <sup>a</sup>	100.00 <sup>a</sup>	100.00 <sup>a</sup>	8.896	<0.01	<0.01
110th day of gestation	16.50 <sup>b</sup>	21.10 <sup>b</sup>	96.00 <sup>a</sup>	100.00 <sup>a</sup>	100.00 <sup>a</sup>	100.00 <sup>a</sup>	9.182	<0.01	<0.01
<b>Ammonia, ppm</b>									
35th day of gestation	5.00 <sup>c</sup>	11.00 <sup>b</sup>	25.50 <sup>b</sup>	25.50 <sup>b</sup>	27.00 <sup>b</sup>	70.00 <sup>a</sup>	5.042	<0.01	<0.01
70th day of gestation	6.00 <sup>c</sup>	11.30 <sup>c</sup>	36.00 <sup>b</sup>	36.00 <sup>b</sup>	47.50 <sup>b</sup>	93.00 <sup>a</sup>	6.902	<0.01	<0.01

110th day of gestation	7.00 <sup>d</sup>	7.10 <sup>d</sup>	35.00 <sup>c</sup>	66.00 <sup>b</sup>	66.00 <sup>b</sup>	92.00 <sup>a</sup>	7.714	<0.01	<0.01
<b>Hydrogen sulfide, ppm</b>									
35th day of gestation	0.25 <sup>c</sup>	0.90 <sup>bc</sup>	2.40 <sup>b</sup>	3.10 <sup>b</sup>	5.00 <sup>b</sup>	19.00 <sup>a</sup>	1.552	<0.01	<0.01
70th day of gestation	0.34 <sup>c</sup>	2.40 <sup>bc</sup>	3.25 <sup>b</sup>	3.35 <sup>b</sup>	9.65 <sup>b</sup>	19.90 <sup>a</sup>	1.610	<0.01	<0.01
110th day of gestation	1.60 <sup>c</sup>	4.60 <sup>bc</sup>	5.00 <sup>b</sup>	7.50 <sup>b</sup>	12.50 <sup>b</sup>	30.70 <sup>a</sup>	2.354	<0.01	<0.01
<b>Mercaptan, ppm</b>									
35th day of gestation	0.10 <sup>c</sup>	0.20 <sup>c</sup>	3.00 <sup>b</sup>	3.25 <sup>ab</sup>	3.45 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>	0.405	<0.01	<0.01
70th day of gestation	0.20 <sup>c</sup>	1.70 <sup>c</sup>	4.60 <sup>b</sup>	4.10 <sup>b</sup>	5.60 <sup>b</sup>	10.30 <sup>a</sup>	0.775	<0.01	<0.01
110th day of gestation	0.50 <sup>d</sup>	4.30 <sup>c</sup>	5.00 <sup>c</sup>	4.20 <sup>c</sup>	10.00 <sup>b</sup>	23.00 <sup>a</sup>	1.777	<0.01	<0.01

<sup>1</sup> Standard error of means

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

<sup>a,b</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different (p<0.05)

#### · 악취발생 (Odor generation)

임신돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 임신기간 악취발생에 미치는 영향을 표27에 나타내었다. 임신돈 사료 내 조단백질의 첨가가 증가함에 따라 임신기 35일령, 70일령, 110일령의 아민, 암모니아, 황화수소 그리고 메르캡탄의 농도가 유의적으로 증가하였다. (Linear, p<0.01). CP14, CP15, CP16 처리구에서 임신 35일령 아민 농도가 유의적으로 높았으며 (Quadratic, p<0.01), CP13, CP14, CP15, CP16 처리구에서 임신 70일령과 110일령의 아민 농도가 유의적으로 높았다 (Quadratic, p<0.01). 또한, CP16 처리구에서 임신 35일령, 70일령, 110일령의 암모니아와 황화수소의 농도가 유의적으로 높게 나타났다 (Quadratic, p<0.01). CP15, CP16 처리구에서 임신 35일령의 메르캡탄의 농도가 유의적으로 높게 나타났으며 (Quadratic, p<0.01), CP16 처리구에서 임신 70일령, 110일령의 메르캡탄의 농도가 유의적으로 높았다 (Quadratic, p<0.01).

### <2차년도, 2022년>

#### ○ 연구개발 목표

- 육성비육돈 사료 내 조단백질을 수준별 첨가가 생산성 및 악취발생량에 미치는 영향 규명

#### ○ 실험 1. 여름철 사료내 조단백질의 수준별 첨가가 육성·비육돈의 생산성에 미치는 영향을 규명. 4 phase feeding program(육성전기/후기, 비육전기/후기)을 이용

##### 1) 연구목표

분뇨 및 악취발생량을 저감하기 위해서는 여름철 육성·비육돈사료 내 조단백질의 수준별 첨가에 따른 이용성을 규명할 필요가 있음. 따라서 조단백질의 수준별 첨가에 따른 이용성을 규명하여 육성비육돈의 생산성 및 영양소 소화율에 미치는 영향을 규명

##### 2) 연구방법

###### a) 실험동물

- 육성돈 210두를 공시하여 6처리 5반복, 돈방당 7두씩, randomized complete block

(RCB) design으로 배치

b) 실험설계

구분	육성전기	육성후기	비육전기	비육후기
A	CP 14%	CP 13%	CP 12%	CP 11%
B	CP 15%	CP 14%	CP 13%	CP 12%
C	CP 16%	CP 15%	CP 14%	CP 13%
D	CP 17%	CP 16%	CP 15%	CP 14%
E	CP 18%	CP 17%	CP 16%	CP 15%
F	CP 19%	CP 18%	CP 17%	CP 16%

3) 분석항목

- 체중, 일당증체량, 일당평균사료섭취량, 사료효율 등 생산성 조사
- 체중 측정 시 혈액을 채취하여 육성비육돈의 생리 변화를 관찰
- 사료 및 분뇨 내 일반 성분 분석을 통해 영양소 소화율, 질소배출량 조사
- 출하돈의 돈육의 일반성분 분석, 도체분석 및 육질평가
- 분 500g과 요 400g을 혼합하여 35°C에서 72시간 발효를 진행한 뒤, gas detector를 이용하여 암모니아, 황화수소 등 악취물질 배출량을 조사

4) 실험결과

표 28. 육성 전기 실험사료 배합비

Items	Treatments					
	CP14	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19
<b>Ingredients, %</b>						
Ground corn	74.84	71.83	68.83	65.82	62.81	59.81
Soybean meal	16.01	19.18	22.35	25.54	28.71	31.88
Wheat bran	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Tallow	1.40	1.51	1.61	1.72	1.83	1.93
L-Lysine-HCl, 50%	0.76	0.61	0.46	0.30	0.15	0.00
DL-Methionine, 99%	0.07	0.06	0.04	0.03	0.01	0.00
L-Threonine, 98.5%	0.23	0.18	0.14	0.09	0.05	0.00
L-Tryptophan, 99%	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00
Di-Calcium Phosphate	1.40	1.33	1.26	1.20	1.13	1.06
Limestone	0.71	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82
Vit. Mix <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix <sup>4</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>1</sup></b>						
Metabolizable energy, Kcal/kg	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00
Crude protein, %	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00
Calcium, %	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Total Phosphorous, %	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
<b>SID AA, %<sup>1</sup></b>						
Lysine	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Methionine	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Threonine	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
Tryptophan	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

<sup>1</sup> Calculated value.

표 29. 육성 후기 실험사료 배합비

Items	Treatments					
	CP13	CP14	CP15	CP16	CP17	CP18
<b>Ingredients, %</b>						
Ground corn	77.17	74.34	71.51	68.68	65.85	63.03
Soybean meal	14.13	17.13	20.13	23.12	26.12	29.12
Wheat bran	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Tallow	1.16	1.27	1.38	1.48	1.59	1.69
L-Lysine-HCl, 50%	0.76	0.61	0.46	0.30	0.15	0.00
DL-Methionine, 99%	0.07	0.06	0.04	0.03	0.01	0.00
L-Threonine, 98.5%	0.23	0.18	0.14	0.09	0.05	0.00
L-Tryptophan, 99%	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00
Di-Calcium Phosphate	1.27	1.20	1.14	1.07	1.01	0.94
Limestone	0.63	0.65	0.67	0.68	0.70	0.72
Vit. Mix <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix <sup>4</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>1</sup></b>						
Metabolizable energy, Kcal/kg	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00
Crude protein, %	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Calcium, %	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
Total Phosphorous, %	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
<b>SID AA, %<sup>1</sup></b>						
Lysine	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Methionine	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Threonine	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
Tryptophan	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21

<sup>1</sup> Calculated value.

표 30. 비육 전기 실험사료 배합비

Items	Treatments					
	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16	CP17
<b>Ingredients, %</b>						
Ground corn	80.49	77.66	74.83	71.99	69.16	66.33
Soybean meal	11.35	14.35	17.35	20.34	23.34	26.34
Wheat bran	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Tallow	0.89	1.00	1.11	1.21	1.32	1.43
L-Lysine-HCl, 50%	0.76	0.61	0.46	0.30	0.15	0.00
DL-Methionine, 99%	0.07	0.06	0.04	0.03	0.01	0.00
L-Threonine, 98.5%	0.23	0.18	0.14	0.09	0.05	0.00
L-Tryptophan, 99%	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00
Di-Calcium Phosphate	1.01	0.94	0.88	0.81	0.75	0.68
Limestone	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72
Vit. Mix <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix <sup>4</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>1</sup></b>						
Metabolizable energy, Kcal/kg	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00
Crude protein, %	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Calcium, %	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
Total Phosphorous, %	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
<b>SID AA, %<sup>1</sup></b>						
Lysine	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
Methionine	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
Threonine	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Tryptophan	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

<sup>1</sup> Calculated value.

표 31. 비육 후기 실험사료 배합비

Items	Treatments					
	CP11	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16
<b>Ingredients, %</b>						
Ground corn	83.68	80.85	78.02	75.19	72.36	69.53
Soybean meal	8.60	11.60	14.60	17.59	20.59	23.59
Wheat bran	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Tallow	0.66	0.76	0.87	0.98	1.09	1.19
L-Lysine-HCl, 50%	0.76	0.61	0.46	0.30	0.15	0.00
DL-Methionine, 99%	0.07	0.06	0.04	0.03	0.01	0.00
L-Threonine, 98.5%	0.23	0.18	0.14	0.09	0.05	0.00
L-Tryptophan, 99%	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00
Di-Calcium Phosphate	0.84	0.77	0.70	0.64	0.57	0.50
Limestone	0.58	0.60	0.62	0.65	0.67	0.69
Vit. Mix <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix <sup>4</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>1</sup></b>						
Metabolizable energy, Kcal/kg	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00
Crude protein, %	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
Calcium, %	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
Total Phosphorous, %	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
<b>SID AA, %<sup>1</sup></b>						
Lysine	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Methionine	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Threonine	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Tryptophan	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18

<sup>1</sup> Calculated value.



표 32. 여름철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 성장성적에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value <sup>3</sup>	
	A	B	C	D	E	F		Lin.	Quad.
<b>Body weight, kg</b>									
Initial	38.57	38.61	38.54	38.45	38.59	38.60	-	-	-
4 Wk	59.26	56.72	58.39	56.26	59.53	56.92	2.800	0.94	0.94
7 Wk	74.98	72.50	71.86	70.10	74.53	71.92	3.001	0.86	0.78
11 Wk	102.27	99.84	97.12	94.08	96.78	94.04	4.012	0.56	0.34
14 Wk	118.43	115.79	114.92	114.45	115.69	113.72	2.883	0.73	0.88
<b>ADG, g</b>									
0-4 wk	738.95	646.60	708.84	638.10	747.96	664.29	0.041	0.89	0.83
5-7 wk	780.99	728.53	641.50	658.73	714.29	714.06	0.024	0.51	0.18
8-11 wk	952.66	991.13	907.94	856.46	973.30	780.98	0.052	0.12	0.26
12-14 wk	781.41	760.00	848.11	944.49	706.73	843.86	0.022	0.40	0.04
0-14 wk	813.43	781.57	776.60	774.44	778.45	750.80	0.014	0.33	0.88
<b>ADFI, kg</b>									
0-4 wk	1.87	1.77	1.81	1.63	1.75	1.68	0.091	0.60	0.84
5-7 wk	2.65	2.49	2.61	2.32	2.61	2.51	0.102	0.23	0.96
8-11 wk	3.09	2.81	3.25	2.64	3.02	2.82	0.210	0.15	0.20
12-14 wk	2.89	2.86	3.20	3.25	2.90	3.19	0.041	0.16	0.25
0-14 wk	2.66	2.48	2.72	2.46	2.57	2.48	0.058	0.49	0.95
<b>G:F ratio</b>									
0-4 wk	0.39	0.36	0.39	0.38	0.42	0.39	0.006	0.19	0.85
5-7 wk	0.29	0.29	0.25	0.29	0.27	0.28	0.014	0.43	0.35
8-11 wk	0.30	0.31	0.28	0.30	0.32	0.27	0.018	0.25	0.87
12-14 wk	0.31	0.26	0.24	0.27	0.23	0.26	0.005	0.32	0.57
0-14 wk	0.31	0.31	0.29	0.31	0.31	0.31	0.004	0.57	0.41

<sup>1</sup> A=14-11%, B= 15-12%, C= 16-13%, D= 17-14%, E= 18-15%, F= 19-16% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 4 phases)

<sup>2</sup> Standard error of means

<sup>3</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

· 성장성적 (Growth performance)

여름철 육성비육돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 성장성적에 미치는 영향을 표32에 나타내었다. 육성전기 4주, 육성후기 3주, 비육전기 4주, 비육후기 2주 총 13주 동안 육성비육돈 사료 내 조단백질을 수준별로 급여하였을 때 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율에 있어서 유의차는 나타나지 않았다 ( $p>0.05$ ).

표 33. 여름철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 혈액 성상에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value <sup>3</sup>	
	A	B	C	D	E	F		Lin.	Quad.
<b>BUN, mg/dL</b>									
Initial		----- 6.00 -----					-	-	-
4 Wk	5.73	6.15	10.53	11.35	15.48	17.20	0.973	<0.01	0.57
7 Wk	6.90	7.40	11.30	11.90	12.17	15.29	0.826	<0.01	0.64
11 Wk	7.00	9.40	11.90	14.40	14.42	16.85	0.803	<0.01	0.35
14 Wk	8.93	9.10	12.25	14.27	15.17	16.27	0.705	<0.01	0.65
<b>Total protein, g/dL</b>									
Initial		----- 6.32 -----					-	-	-
4 Wk	6.65	6.40	6.75	6.85	6.65	6.72	0.056	0.28	0.64
7 Wk	6.92	6.77	6.85	6.70	6.70	6.85	0.063	0.60	0.44
11 Wk	6.85	6.82	7.07	6.70	6.87	7.10	0.053	0.34	0.41
14 Wk	6.95	6.77	7.12	7.02	7.02	7.12	0.053	0.18	0.98
<b>Glucose, mg/dL</b>									
Initial		----- 99.65 -----					-	-	-
4 Wk	87.25	86.00	87.00	93.00	94.50	87.00	1.034	0.10	0.15
7 Wk	79.75	77.32	78.00	82.50	80.00	81.50	0.891	0.24	0.69
11 Wk	88.77	90.00	87.32	87.25	92.00	90.00	0.880	0.52	0.51
14 Wk	82.00	84.50	82.00	82.50	78.00	83.75	0.692	0.42	0.55
<b>Creatinine, mg/dL</b>									
Initial		----- 1.28 -----					-	-	-
4 Wk	1.04	1.23	1.12	1.00	1.19	1.01	0.025	0.38	0.14
7 Wk	1.29	1.20	1.27	1.31	1.35	1.16	0.034	0.80	0.47
11 Wk	1.11	1.24	1.21	1.18	1.23	1.17	0.023	0.60	0.26
14 Wk	1.35	1.35	1.22	1.29	1.28	1.29	0.025	0.40	0.40

<sup>1</sup> A=14-11%, B= 15-12%, C= 16-13%, D= 17-14%, E= 18-15%, F= 19-16% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 4 phases)

<sup>2</sup> Standard error of means

<sup>3</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

· 혈액성상 (Blood profiles)

여름철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 혈액성상에 미치는 영향을 표33에 나타내었다. 여름철 사료 내 조단백질 수준이 증가함에 따라 육성전기 4주, 육성후기 3주, 비육전기 4주, 비육후기 2주 총 13주 동안 혈액 내 요소질소의 농도가 유의차를 나타내며 증가하였다 (Linear, p<0.01).

표 34. 여름철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value <sup>3</sup>	
	A	B	C	D	E	F		Lin.	Quad.
<b>Nutrient digestibility, %</b>									
Dry matter	89.61	89.96	89.36	90.61	90.69	89.75	0.174	0.22	0.31
Crude protein	87.62	87.23	86.43	88.53	88.87	86.72	0.271	0.39	0.57
Crude ash	63.60	62.08	61.50	58.41	59.23	61.53	0.685	0.12	0.11
Crude fat	74.73	73.77	74.32	73.92	73.49	70.09	0.642	0.07	0.27
<b>N-retention, g/d</b>									
N-intake	19.94	21.70	22.86	23.44	24.89	27.06	0.471	-	-
N-feces	2.47	2.77	3.10	2.68	3.26	3.59	0.094	<0.01	0.41
N-urine	9.53	10.25	10.70	11.70	12.00	12.80	0.296	<0.01	0.95
N-retention <sup>4</sup>	7.94	8.67	9.06	9.04	9.63	10.67	0.261	<0.01	0.63

<sup>1</sup> A=14-11%, B=15-12%, C=16-13%, D=17-14%, E=18-15%, F=19-16% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 4 phases)

<sup>2</sup> Standard error of means

<sup>3</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

<sup>4</sup> N retention=N intake - Fecal N - Urinary N

· 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

여름철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향을 표34에 나타내었다. 사료 내 조단백질 첨가가 증가함에 따라 조지방의 소화율이 감소하는 경향을 나타내었다 (Linear, p=0.07). 사료 내 조단백질 첨가가 증가함에 따라 분뇨 내 질소 함유량 및, N-retention이 유의적으로 증가하였다 (Linear, p<0.01). **육성비육돈 사료 내 조단백질 수준을 19%에서 14%로 저감하였을 때 분뇨 내 질소배출량이 26.78% 감소하는 것으로 나타남.**

표 35. 여름철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 악취발생에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value <sup>3</sup>	
	A	B	C	D	E	F		Lin.	Quad.
<b>Odor emissions, ppm</b>									
Amines	24.66	30.33	37.00	45.00	56.66	66.33	3.638	<0.01	0.12
Ammonia	10.55	12.80	15.33	18.37	20.88	23.39	1.125	<0.01	0.88
Hydrogen sulfide	1.39	1.43	1.57	1.87	1.97	2.00	0.060	<0.01	0.36

<sup>1</sup> A=14-11%, B=15-12%, C=16-13%, D=17-14%, E=18-15%, F=19-16% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 4 phases)

<sup>2</sup> Standard error of means

<sup>3</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

· 악취 발생 (Odor emission)

여름철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 악취발생에 미치는 영향을 표35에 나타내었다. 사료 내 조단백질 첨가가 증가함에 따라 아민, 암모니아 그리고 황화수소의 농도가 유의차를 나타내며 증가하였다 (Linear, p<0.01).

표 36. 여름철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 도체 특성에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value <sup>3</sup>	
	A	B	C	D	E	F		Lin.	Quad.
<b>Proximate analysis</b>									
Moisture	68.74	74.29	68.31	71.14	66.91	69.57	0.711	0.21	0.57
Crude Protein	25.09	23.91	24.72	23.82	25.28	24.87	0.004	0.80	0.50
Crude fat	6.91	5.63	6.82	5.89	6.81	6.61	0.159	0.70	0.18
Crude Ash	0.71	0.70	0.57	0.50	0.73	0.39	0.060	0.19	0.86
<b>Physiochemical properties</b>									
Cooking loss	32.440	31.990	36.700	35.940	31.680	31.330	2.448	0.90	0.39
Shear force	31.470	34.720	32.350	27.460	33.140	30.010	0.842	0.30	0.98
WHC	62.380	67.600	63.430	65.490	62.440	67.800	0.978	0.50	0.81
TBARS	0.143	0.143	0.152	0.130	0.126	0.130	0.004	0.12	0.74

<sup>1</sup> A=14-11%, B= 15-12%, C= 16-13%, D= 17-14%, E= 18-15%, F= 19-16% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 4 phases)

<sup>2</sup> Standard error of means

<sup>3</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

· 도체 특성 (Carcass characteristics)

여름철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 도체 특성에 미치는 영향을 표36에 나타내었다. 사료 내 조단백질의 수준별 첨가는 도체 특성에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다 ( $p>0.05$ ).

표 37. 여름철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 육색 및 pH에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value <sup>3</sup>	
	A	B	C	D	E	F		Lin.	Quad.
<b>pH</b>									
0 hour	5.70	5.92	5.77	5.62	5.81	5.58	0.0798	0.58	0.52
3 hour	5.60	5.75	5.56	5.56	5.56	5.56	0.0430	0.36	1.00
6 hour	5.57	5.71	5.58	5.54	5.54	5.58	0.0396	0.96	0.52
9 hour	5.58	5.69	5.57	5.57	5.56	5.56	0.0328	0.85	0.34
12 hour	5.56	5.69	5.56	5.58	5.58	5.57	0.0362	0.73	0.57
24 hour	5.57	5.94	5.57	5.57	5.58	5.57	0.0525	0.36	0.48
<b>CIE value, L*</b>									
0 hour	34.51	33.58	39.94	35.32	35.98	38.44	1.7590	0.57	0.89
3 hour	35.63	30.30	38.89	41.38	40.41	36.73	1.0420	0.22	0.15
6 hour	44.54	41.29	42.64	42.50	44.79	41.93	1.2190	0.92	0.85
9 hour	39.00	39.54	37.71	39.10	45.00	40.60	1.4460	0.42	0.85
12 hour	34.44	38.23	38.46	39.84	44.00	33.06	1.3400	0.62	0.27
24 hour	38.37	39.20	40.11	42.14	38.19	38.69	1.3940	0.98	0.55
<b>CIE value, a*</b>									
0 hour	2.78	2.97	2.73	2.40	2.33	2.21	0.1780	0.20	0.84
3 hour	4.71	4.30	4.03	3.35	4.14	3.96	0.2550	0.39	0.38
6 hour	4.01	3.93	3.32	3.79	3.47	4.27	0.1440	0.89	0.10
9 hour	3.12	3.55	3.11	3.37	3.16	3.43	0.1340	0.82	0.96
12 hour	3.95	3.94	3.52	3.48	3.74	3.90	0.1630	0.81	0.39
24 hour	4.29	4.83	3.66	4.03	5.11	4.00	0.1470	0.71	0.74
<b>CIE value, b*</b>									
0 hour	9.00	8.67	6.78	7.58	8.19	7.97	0.3830	0.48	0.25
3 hour	9.04	9.19	8.75	8.23	7.56	9.59	0.2770	0.45	0.14
6 hour	9.36	8.97	8.85	8.32	7.96	9.41	0.2430	0.52	0.15

9 hour	9.45	9.95	8.97	9.11	8.82	9.66	0.2450	0.68	0.45
12 hour	9.91	9.55	7.75	9.68	9.48	8.74	0.2990	0.50	0.49
24 hour	12.60	9.50	9.29	9.20	10.01	9.42	0.2150	0.68	0.43

<sup>1</sup> A=14-11%, B= 15-12%, C= 16-13%, D= 17-14%, E= 18-15%, F= 19-16% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 4 phases)

<sup>2</sup> Standard error of means

<sup>3</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic)

· pH 및 육색 (pH and meat color)

여름철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 육색 및 pH에 미치는 영향을 표37에 나타내었다. 육성비육돈 사료 내 조단백질을 수준별로 급여하였을 때 pH 및 CIE 값에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다 ( $p>0.05$ ).

○ 실험 2. 겨울철 사료내 조단백질의 수준별 첨가가 육성비육돈의 생산성에 미치는 영향을 규명. 4 phase feeding program(육성전기/후기, 비육전기/후기)을 이용

1) 연구목표

겨울철에는 낮은 온도로 인해 육성·비육돈사료 내 단백질 수준을 높이는 경우가 많고, 분뇨발생량은 줄어들어 악취발생량이 증가하는 것이 현실임. 따라서 겨울철에 육성·비육돈사료 내 조단백질의 수준별 첨가에 따른 이용성을 규명하고, 사료내 영양소의 이용성과 분뇨내 악취발생량을 규명하여 여름철과 비교하여 분석하고자 함.

2) 연구방법

a) 실험동물

- 육성돈 210두를 공시하여 6처리 5반복, 돈방당 7두씩, randomized complete block (RCB) design으로 배치

b) 실험설계

구분	육성전기	육성후기	비육전기	비육후기
A	CP 14%	CP 13%	CP 12%	CP 11%
B	CP 15%	CP 14%	CP 13%	CP 12%
C	CP 16%	CP 15%	CP 14%	CP 13%
D	CP 17%	CP 16%	CP 15%	CP 14%
E	CP 18%	CP 17%	CP 16%	CP 15%
F	CP 19%	CP 18%	CP 17%	CP 16%

3) 분석항목

- 체중, 일당증체량, 일당평균사료섭취량, 사료효율 등 생산성 조사
- 체중 측정 시 혈액을 채취하여 육성비육돈의 생리 변화를 관찰
- 사료 및 분뇨 내 일반 성분 분석을 통해 영양소 소화율, 질소배출량 조사
- 출하돈의 돈육의 일반성분 분석, 도체분석 및 육질평가
- 분 500g과 요 400g을 혼합하여 35°C에서 72시간 발효를 진행한 뒤, gas detector를 이용하여 암모니아, 황화수소 등 악취물질 배출량을 조사

4) 실험결과

표 38. 육성전기 배합비

Items	Treatments					
	CP14	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19
<b>Ingredients, %</b>						
Ground corn	73.96	71.13	68.30	65.47	62.64	59.81
SBM	16.89	19.89	22.89	25.88	28.88	31.88
Wheat bran	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Tallow	1.40	1.51	1.61	1.72	1.83	1.93
L-Lysine-HCl, 50%	0.76	0.61	0.46	0.30	0.15	0.00
DL-Methionine, 99%	0.07	0.06	0.04	0.03	0.01	0.00
L-Threonine, 98.5%	0.23	0.18	0.14	0.09	0.05	0.00
L-Tryptophan, 99%	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00
DCP	1.40	1.33	1.26	1.20	1.13	1.06
Limestone	0.71	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82
Vit. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>1</sup></b>						
ME, kcal/kg	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00
CP, %	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00
Lysine, %	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
Methionine, %	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
Threonine, %	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
Tryptophan, %	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Ca, %	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Total P, %	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56

<sup>1</sup> Calculated value.

표 39. 육성후기 배합비

Items	Treatments					
	CP13	CP14	CP15	CP16	CP17	CP18
<b>Ingredients, %</b>						
Ground corn	77.17	74.34	71.51	68.68	65.85	63.03
SBM	14.13	17.13	20.13	23.12	26.12	29.12
Wheat bran	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Tallow	1.16	1.27	1.38	1.48	1.59	1.69
L-Lysine-HCl, 50%	0.76	0.61	0.46	0.30	0.15	0.00
DL-Methionine, 99%	0.07	0.06	0.04	0.03	0.01	0.00
L-Threonine, 98.5%	0.23	0.18	0.14	0.09	0.05	0.00
L-Tryptophan, 99%	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00
DCP	1.27	1.20	1.14	1.07	1.01	0.94
Limestone	0.63	0.65	0.67	0.68	0.70	0.72
Vit. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>1</sup></b>						
ME, kcal/kg	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00
CP, %	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Lysine, %	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Methionine, %	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Threonine, %	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
Tryptophan, %	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Ca, %	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
Total P, %	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52

<sup>1</sup> Calculated value.

표 40. 비육전기 배합비

Items	Treatments					
	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16	CP17
<b>Ingredients, %</b>						
Ground corn	80.49	77.66	74.83	71.99	69.1	66.33
SBM	11.35	14.35	17.35	20.34	23.34	26.34
Wheat bran	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Tallow	0.89	1.00	1.11	1.21	1.32	1.43
L-Lysine-HCl, 50%	0.76	0.61	0.46	0.30	0.15	0.00
DL-Methionine, 99%	0.07	0.06	0.04	0.03	0.01	0.00
L-Threonine, 98.5%	0.23	0.18	0.14	0.09	0.05	0.00
L-Tryptophan, 99%	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00
DCP	1.01	0.94	0.88	0.81	0.75	0.68
Limestone	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72
Vit. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>1</sup></b>						
ME, kcal/kg	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00
CP, %	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Lysine, %	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
Methionine, %	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
Threonine, %	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Tryptophan, %	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Ca, %	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
Total P, %	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47

<sup>1</sup> Calculated value.



표 41. 비육후기 배합비

Items	Treatments					
	CP11	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16
<b>Ingredients, %</b>						
Ground corn	83.68	80.85	78.02	75.19	72.36	69.53
SBM	8.60	11.60	14.60	17.59	20.59	23.59
Wheat bran	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Tallow	0.66	0.76	0.87	0.98	1.09	1.19
L-Lysine-HCl, 50%	0.76	0.61	0.46	0.30	0.15	0.00
DL-Methionine, 99%	0.07	0.06	0.04	0.03	0.01	0.00
L-Threonine, 98.5%	0.23	0.18	0.14	0.09	0.05	0.00
L-Tryptophan, 99%	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00
DCP	0.84	0.77	0.70	0.64	0.57	0.50
Limestone	0.58	0.60	0.62	0.65	0.67	0.69
Vit. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>1</sup></b>						
ME, kcal/kg	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00
CP, %	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
Lysine, %	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Methionine, %	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Threonine, %	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Tryptophan, %	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Ca, %	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
Total P, %	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43

<sup>1</sup> Calculated value.

표 42. 겨울철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈 성장성적에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value <sup>3</sup>	
	A	B	C	D	E	F		Lin.	Quad.
<b>Body weight, kg</b>									
Initial			----- 39.92 -----				-	-	-
4 week	61.46	60.61	60.15	61.42	59.72	59.58	1.001	0.63	0.95
7 week	81.37	80.84	78.63	82.85	80.16	79.04	1.203	0.72	0.87
11 week	110.91	110.64	107.28	112.18	108.04	107.55	1.168	0.44	0.88
13 week	117.79	115.75	115.43	114.67	114.47	114.60	0.351	<0.01	0.12
<b>ADG, g</b>									
0-4 week	769.40	741.40	721.80	767.40	706.40	702.40	13.326	0.17	0.88
4-7 week	975.89	991.07	947.86	1,048.53	965.46	954.96	24.298	0.88	0.62
7-11 week	1,111.59	1,064.28	1,042.65	1,070.59	1,018.33	1,018.23	21.221	0.22	0.82
11-13 week	964.44	1,168.89	973.86	801.11	986.77	953.33	47.612	0.44	0.76
0-13 week	926.83	903.43	898.64	889.64	887.26	889.14	4.185	<0.01	0.11
<b>ADFI, g</b>									
0-4 week	1,887.80	1,834.80	1,869.40	1,978.60	1,824.40	1,850.40	27.241	0.85	0.57
4-7 week	2,517.00	2,650.40	2,622.20	2,781.60	2,636.00	2,687.00	40.732	0.27	0.36
7-11 week	3,157.40	3,125.40	3,323.57	3,235.60	3,234.60	3,261.60	31.907	0.26	0.50
11-13 week	3,320.00	3,350.00	3,240.00	3,410.00	3,390.00	3,370.00	10.321	0.40	0.99
0-13 week	2,717.38	2,725.75	2,868.20	2,796.77	2,767.86	2,778.61	25.130	0.50	0.25
<b>G:F ratio</b>									
0-4 week	0.408	0.406	0.387	0.387	0.389	0.380	0.007	0.19	0.77
4-7 week	0.386	0.374	0.361	0.379	0.368	0.354	0.008	0.35	1.00
7-11 week	0.350	0.341	0.332	0.332	0.317	0.329	0.006	0.15	0.54
11-13 week	0.290	0.349	0.300	0.235	0.291	0.283	0.014	0.15	0.54
0-13 week	0.341	0.332	0.313	0.319	0.322	0.323	0.004	0.15	0.12

<sup>1</sup> A=14-11%, B=15-12%, C=16-13%, D=17-14%, E=18-15%, F=19-16% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 4 phases)

<sup>2</sup> Standard error of the mean.

<sup>3</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

· 성장성적 (Growth performance)

겨울철 육성비육돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 성장성적에 미치는 영향을 표42에 나타내었다. 육성전기 4주, 육성후기 3주, 비육전기 4주, 비육후기 2주 총 13주 동안 육성비육돈 사료 내 조단백질을 수준별로 급여하였을 때 체중 및 일당증체량 있어서 유의차가 나타났다. 실험전체 기간 체중에서 조단백질 수준이 감소함에 따라 체중이 유의차를 나타내며 증가했다 (Linear, p<0.01). 또한, 실험전체 기간 일당증체량에서 조단백질 수준이 감소함에 따라 일당증체량이 유의차를 나타내며 증가했다 (Linear, p<0.01).

표 43. 겨울철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈 혈액성상에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value <sup>3</sup>	
	A	B	C	D	E	F		Lin.	Quad.
<b>Albumin, g/dL</b>									
Initial			----- 2.84 -----				-	-	-
4 week	3.84	4.08	3.66	3.88	4.28	4.00	0.068	0.23	0.64
7 week	4.16	3.98	3.74	4.16	4.32	3.36	0.103	0.19	0.28
11 week	3.44	4.10	4.50	4.68	4.42	4.22	0.100	<0.01	<0.01
13 week	3.08	3.08	3.08	3.80	3.40	3.00	0.126	0.61	0.21
<b>Creatinine, mg/dL</b>									
Initial			----- 1.09 -----				-	-	-
4 week	0.80	0.90	0.91	0.93	0.96	1.02	0.029	0.03	0.93
7 week	1.01	1.06	1.11	1.12	1.16	1.17	0.029	0.07	0.71
11 week	1.19	1.28	1.29	1.35	1.36	1.38	0.051	0.22	0.75
13 week	0.81	0.88	0.97	1.02	1.03	1.08	0.029	<0.01	0.45
<b>Glucose, mg/dL</b>									
Initial			----- 104.43 -----				-	-	-
4 week	90.40	94.60	91.60	100.80	95.20	92.80	1.619	0.50	0.25
7 week	89.40	94.40	78.20	92.20	83.20	72.20	1.874	<0.01	0.11
11 week	81.80	89.00	96.00	83.60	85.40	86.60	1.788	0.98	0.20
13 week	99.25	97.50	85.50	97.75	90.00	91.00	1.554	0.08	0.33
<b>Total protein, g/dL</b>									
Initial			----- 6.60 -----				-	-	-
4 week	6.84	6.84	6.90	6.94	7.00	7.14	0.065	0.16	0.65
7 week	5.72	6.28	6.60	6.65	6.90	7.06	0.171	0.02	0.55
11 week	4.66	6.22	6.68	6.82	6.88	6.88	0.171	<0.01	0.11
13 week	5.65	5.68	6.10	6.23	6.65	7.10	0.153	<0.01	0.48
<b>Triglyceride, mg/dL</b>									
Initial			----- 56.14 -----				-	-	-
4 week	48.20	60.40	50.00	37.60	52.00	48.60	2.960	0.56	0.75
7 week	44.20	52.20	44.00	52.20	53.80	38.60	2.433	0.77	0.17
11 week	62.00	44.80	112.00	43.20	101.20	32.80	13.649	0.87	0.35
13 week	43.50	48.75	65.75	52.00	131.75	85.75	12.375	0.09	0.99
<b>Globulin, g/dL</b>									
Initial			----- 3.76 -----				-	-	-
4 week	3.06	2.92	3.18	2.96	2.86	2.94	0.066	0.49	0.83
7 week	2.49	2.62	2.54	2.74	2.74	2.36	0.116	0.97	0.43
11 week	1.22	2.12	2.38	2.14	2.46	2.46	0.102	<0.01	0.01
13 week	3.58	3.15	2.60	3.30	2.70	2.65	0.121	0.03	0.50
<b>Free fatty acid, µEq/L</b>									
Initial			----- 161.71 -----				-	-	-
4 week	263.00	326.60	383.80	155.20	221.20	544.40	45.233	0.33	0.18
7 week	55.50	70.80	449.66	270.60	176.60	409.00	35.995	<0.01	0.15
11 week	64.20	117.00	82.20	75.40	173.20	72.60	10.989	0.30	0.27
13 week	128.50	107.00	81.50	111.50	108.25	104.75	11.911	0.75	0.54
<b>BUN, mg/dL</b>									
Initial			----- 9.43 -----				-	-	-
4 week	9.68	9.82	11.08	13.14	13.76	16.54	0.634	<0.01	0.34
7 week	9.70	11.84	11.90	14.38	16.88	16.82	0.795	<0.01	0.94
11 week	10.54	11.40	12.80	13.26	15.02	17.10	0.534	<0.01	0.39
13 week	7.80	9.10	9.45	9.63	11.50	12.08	0.417	<0.01	0.76
<b>Urea, mg/dL</b>									
Initial			----- 20.17 -----				-	-	-
4 week	20.76	21.04	23.74	28.14	29.46	35.42	1.356	<0.01	0.34
7 week	20.78	25.34	25.48	30.78	36.16	36.02	1.703	<0.01	0.94
11 week	22.58	24.44	27.42	28.40	32.18	36.62	1.143	<0.01	0.39
13 week	16.70	19.50	20.20	20.63	24.63	25.85	0.892	<0.01	0.75

<sup>1</sup> A=14-11%, B=15-12%, C=16-13%, D=17-14%, E=18-15%, F=19-16% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 4 phases)

<sup>2</sup> Standard error of the mean.

<sup>3</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

· 혈액성상 (Blood profiles)

겨울철 육성비육돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 혈액성상에 미치는 영향을 표43에 나타내었다. 육성전기 4주, 육성후기 3주, 비육전기 4주, 비육후기 2주 총 13주 동

안 육성비육돈 사료 내 조단백질을 수준별로 급여하였을 때 알부민, 크레아티닌, 총단백질, 중성지방, 글로불린, 유리지방산, 혈액 내 요소질소 및 요소에 있어서 유의차가 나타났다. 육성비육기실험 전체기간 혈액 내 요소질소와 요소 농도에서 조단백질 수준이 증가함에 따라 혈액 내 요소질소와 요소가 유의차를 나타내며 증가했다 (Linear,  $p<0.01$ ). 또한, 비육후기 13주차 혈액 내 크레아티닌 농도에서 조단백질 수준이 증가함에 따라 크레아티닌 농도가 유의차를 나타내며 증가했다 (Linear,  $p<0.01$ ). 비육전기 11주차 및 비육후기 13주차 혈액 내 총단백질 농도에서 조단백질 수준이 증가함에 따라 총단백질의 농도가 유의차를 나타내며 증가했다 (Linear,  $p<0.01$ ).

표 44. 겨울철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈 육색에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value <sup>3</sup>	
	A	B	C	D	E	F		Lin.	Quad.
<b>Hunter value, L<sup>3</sup></b>									
0 hour	53.14	51.41	50.97	51.78	52.69	51.38	0.767	0.81	0.69
3 hour	52.11	54.10	52.03	50.72	52.63	51.47	0.646	0.53	0.99
6 hour	52.12	53.57	50.47	51.21	52.53	53.40	0.665	0.78	0.35
12 hour	54.98	50.47	53.79	51.70	51.10	53.08	0.712	0.51	0.31
24 hour	53.64	51.23	53.41	52.23	52.91	52.56	0.540	0.90	0.74
<b>Hunter value, a<sup>4</sup></b>									
0 hour	6.70	6.46	6.49	6.46	6.21	6.23	0.145	0.34	0.96
3 hour	6.70	6.31	6.33	6.34	6.57	6.33	0.063	0.41	0.27
6 hour	6.77	6.85	6.76	6.51	6.46	6.53	0.087	0.18	0.96
12 hour	6.67	6.85	6.65	6.54	6.23	6.42	0.280	0.61	0.96
24 hour	6.83	6.84	6.58	6.40	6.57	6.78	0.195	0.78	0.57
<b>Hunter value, b<sup>5</sup></b>									
0 hour	13.84	13.67	13.43	13.35	13.54	13.38	0.066	0.04	0.22
3 hour	13.53	13.69	13.57	13.82	13.59	13.77	0.072	0.46	0.86
6 hour	13.65	13.63	13.64	13.67	13.69	13.63	0.061	0.96	0.93
12 hour	13.36	13.56	13.42	13.66	13.91	13.59	0.148	0.47	0.78
24 hour	13.54	13.57	13.42	13.62	13.39	13.73	0.070	0.70	0.48

<sup>1</sup> A=14-11%, B=15-12%, C=16-13%, D=17-14%, E=18-15%, F=19-16% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 4 phases)

<sup>2</sup> Standard error of the mean.

<sup>3</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

<sup>4</sup> L - luminance or brightness (vary from black to white).

<sup>5</sup> a - red-green component (+a=red, -a=green).

<sup>6</sup> b - yellow-blue component (+b=yellow, -b=blue).

#### · 육색 (meat color)

겨울철 육성비육돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈 돈육의 육색에 미치는 영향을 표44에 나타내었다. 육성전기 4주, 육성후기 3주, 비육전기 4주, 비육후기 2주 총 13주 동안 육성비육돈 사료 내 조단백질을 수준별로 급여하였을 때 돈육의 명도, 적색도, 황색도에 있어서 유의차는 나타나지 않았다 ( $p>0.05$ ).

표 45. 겨울철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈 pH에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value <sup>3</sup>	
	A	B	C	D	E	F		Lin.	Quad.
<b>pH</b>									
0 hour	5.74	5.69	5.62	5.70	5.66	5.66	0.022	0.41	0.46
3 hour	5.71	5.46	5.60	5.44	5.60	5.51	0.026	0.10	0.08
6 hour	5.42	5.45	5.50	5.45	5.45	5.43	0.022	0.98	0.45
12 hour	5.55	5.46	5.55	5.51	5.49	5.45	0.017	0.21	0.64
24 hour	5.39	5.40	5.47	5.45	5.36	5.43	0.010	0.59	0.05

<sup>1</sup> A=14-11%, B=15-12%, C=16-13%, D=17-14%, E=18-15%, F=19-16% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 4 phases)

<sup>2</sup> Standard error of the mean.

<sup>3</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

· pH

겨울철 육성비육돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈 돈육의 pH에 미치는 영향을 표45에 나타내었다. 육성전기 4주, 육성후기 3주, 비육전기 4주, 비육후기 2주 총 13주 동안 육성비육돈 사료 내 조단백질을 수준별로 급여하였을 때 돈육의 pH에 있어서 유의차는 나타나지 않았다 ( $p>0.05$ ).

표 46. 겨울철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 도체 특성에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value <sup>3</sup>	
	A	B	C	D	E	F		Lin.	Quad.
<b>Proximate analysis, %</b>									
Moisture	73.99	73.83	73.97	73.37	77.35	72.90	0.508	0.65	0.57
Crude protein	22.18	21.45	20.19	21.83	22.64	22.08	0.307	0.44	0.19
Crude fat	4.76	4.86	3.85	5.20	3.01	4.69	0.302	0.46	0.63
Crude ash	0.44	0.52	0.44	0.44	0.52	0.59	0.043	0.37	0.45
<b>Physiochemical property</b>									
Cooking loss, %	30.160	31.950	32.170	31.950	32.370	32.350	0.346	0.11	0.30
Shear force	39.960	59.820	46.280	61.170	48.980	54.820	2.641	0.27	0.25
WHC, %	73.990	73.830	73.970	73.370	77.350	72.900	0.508	0.65	0.57
TBARS	0.165	0.151	0.129	0.111	0.124	0.126	0.006	0.01	0.08

<sup>1</sup> A=14-11%, B=15-12%, C=16-13%, D=17-14%, E=18-15%, F=19-16% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 4 phases)

<sup>2</sup> Standard error of the mean.

<sup>3</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

· 도체 특성 (Carcass characteristics)

겨울철 육성비육돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈 돈육의 이화학적 특성에 미치는 영향을 표46에 나타내었다. 육성전기 4주, 육성후기 3주, 비육전기 4주, 비육후기 2주 총 13주 동안 육성비육돈 사료 내 조단백질을 수준별로 급여하였을 때 이화학적 특성 중 TBARS, 즉 지질산패도에 있어서 유의차가 나타났다. 조단백질 수준이 증가함에 따라 TBARS가 유의적으로 감소하였다 (Linear,  $p<0.01$ ).

표 47. 겨울철 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 악취발생에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value <sup>3</sup>	
	CP14	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19		Lin.	Quad.
<b>Amines, ppm</b>									
0-4 week	3.24	6.41	37.57	47.07	68.57	87.14	7.557	<0.01	0.39
4-7 week	13.64	16.64	17.64	18.00	22.86	23.50	0.962	<0.01	0.78
7-11 week	10.06	12.11	18.55	25.51	38.97	49.64	3.495	<0.01	0.21
11-13 week	11.06	10.92	15.13	21.00	31.18	39.55	2.793	<0.01	0.37
<b>Ammonia, ppm</b>									
0-4 week	2.00	4.79	5.74	6.50	15.86	23.07	1.826	<0.01	0.10
4-7 week	10.41	10.57	10.71	20.00	20.71	30.07	0.206	<0.01	0.41
7-11 week	9.88	9.92	10.18	12.54	15.33	16.02	0.735	<0.01	0.23
11-13 week	10.75	10.69	11.34	14.11	14.56	18.93	1.168	<0.01	0.41
<b>Mercaptans, ppm</b>									
0-4 week	0.41	0.66	0.95	1.04	1.11	1.11	0.070	<0.01	0.26
4-7 week	0.69	0.75	0.97	1.10	1.24	2.20	0.181	0.02	0.25
7-11 week	0.33	0.41	0.39	0.95	1.02	1.24	0.132	<0.01	0.70
11-13 week	0.21	0.37	0.52	0.79	1.05	1.64	0.152	<0.01	0.34
<b>Hydrogen sulphide, ppm</b>									
0-4 week	0.00	0.84	1.06	1.71	1.79	2.14	0.176	<0.01	0.55
4-7 week	0.86	1.07	1.13	1.27	2.00	2.21	0.173	0.01	0.51
7-11 week	0.59	0.64	0.89	1.06	1.17	1.92	0.152	<0.01	0.33
11-13 week	0.68	0.59	0.92	1.11	1.82	2.51	0.222	<0.01	0.19

<sup>1</sup> A=14-11%, B=15-12%, C=16-13%, D=17-14%, E=18-15%, F=19-16% (Reduced CP level by 1% for every phase in each treatment group throughout all 4 phases)

<sup>2</sup> Standard error of the mean.

<sup>3</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

· 악취발생 (Odor emission)

겨울철 육성비육돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 육성비육돈의 악취발생에 미치는 영향을 표47에 나타내었다. 육성비육돈 사료 내 조단백질을 수준별로 첨가하였을 때 아민, 암모니아, 메르캡탄 및 황화수소의 농도가 육성전기, 육성후기, 비육전기, 비육후기 동안 유의차를 나타내며 증가하였다. 아민, 암모니아, 황화수소 및 메르캡탄의 농도가 조단백질 수준이 증가함에 따라 육성전기, 육성후기, 비육전기 및 비육후기 동안 유의적으로 증가하였다 (Linear, p<0.05).

○ 실험 3. 사료 내 최적의 조단백질 수준과 생균제의 수준별 첨가가 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

1) 연구목표

분뇨 및 악취발생량을 저감하기 위해서는 사양실험 결과를 바탕으로 육성돈사료 내 최적의 조단백질 수준에 생균제를 수준별 첨가하여 30kg 내외의 육성돈의 영양소 이용성을

구명, 사료 내 적정 조단백질수준을 판단함.

## 2) 연구방법

- 총 12두의 삼원교잡종 육성돈(30kg내외)을 선발하여 4처리 3반복으로 공시
- 대사틀에 35kg 내외의 육성돈을 1두씩 수용한 후, 사육시설과 사료에 적응할 수 있도록 5일간 예비실험기간을 갖는다.
- 사료 및 물 급여는 08:00, 17:00에 1일 2회 급여하는 것으로 한다.
- 예비실험을 마치고, 본 실험에 들어갈 때에는 사료에 chromic oxide (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)을 첨가하여 08:00에 급여한다. 본 실험은 5일동안 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 냉동보관 후 일반성분을 분석하여 장내 소율을 계산한다.

## 3) 분석항목

- 영양소 소화율 (이용률)을 계산하기 위해 사료, 분, 뇨에 들어있는 영양성분 분석
- 분 및 뇨로 배출되는 악취물질 (NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S 등)의 농도를 측정

## 4) 실험결과

표 48. 육성돈 사료 내 수준별 조단백질 및 생균제 첨가가 육성돈 전기 영양소 소화율에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value	
	CP14	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19		Lin.	Quad.
<b>Nutrient digestibility, %</b>									
Dry matter	84.61	83.24	83.74	85.33	85.05	83.71	0.438	0.80	0.78
Crude protein	75.50	74.42	76.93	79.70	79.49	79.08	0.879	0.07	0.71
Crude ash	65.73	40.80	62.14	56.59	60.47	45.82	3.012	0.38	0.75
Crude fat	67.75	72.90	75.08	76.99	66.53	63.38	1.741	0.23	0.02
<b>Nitrogen retention, g/d</b>									
N intake	8.62	9.16	10.32	11.19	11.88	12.36	0.331	<0.01	<0.01
Fecal N	2.11	2.34	2.38	2.27	2.44	2.59	0.080	0.13	0.95
Urinary N	0.28	0.38	0.45	0.49	0.71	0.95	0.081	<0.01	0.27
N retention <sup>3</sup>	6.23	6.44	7.49	8.43	8.73	8.82	1.010	0.60	0.35

<sup>1</sup> All treatments contain SynerZyme F (*Bacillus subtilis* 1X10<sup>8</sup> cfu/g, *Clostridium butyricum* 1X 10<sup>7</sup> cfu/g) 0.1%

<sup>2</sup> Standard error of mean.

<sup>3</sup> N retention=N intake - Fecal N - Urinary N

### · 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

육성돈 사료 내 수준별 조단백질 및 생균제 첨가가 육성돈 전기의 영양소 소화율에 미치는 영향을 표48에 나타내었다. 육성돈 사료 내 조단백질의 수준이 증가함에 따라 영양소 소화율에 있어서 조단백질의 소화율이 유의적으로 증가하는 경향을 보였고 (p=0.07), 질소섭취량과 요 내 질소량이 유의적으로 증가하였다 (p<0.01). **육성돈 전기 사료 내 조단백질 수준을 19%**

에서 14%로 저감하였을 때 분뇨 내 질소배출량이 32.49% 감소하는 것으로 나타남.

표 49. 육성돈 사료 내 수준별 조단백질 및 생균제 첨가가 육성돈 후기 영양소 소화율에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value	
	CP13	CP14	CP15	CP16	CP17	CP18		Lin.	Quad.
<b>Nutrient digestibility, %</b>									
Dry matter	91.69	90.43	90.23	91.32	91.50	91.36	0.279	0.66	0.30
Crude protein	85.70	86.87	85.46	88.73	89.42	90.90	0.585	<0.01	0.28
Crude ash	72.34	73.50	67.87	79.51	76.13	80.01	1.813	0.14	0.58
Crude fat	84.84	79.11	80.32	83.32	77.15	74.95	1.064	<0.01	0.52
<b>Nitrogen retention, g/d</b>									
N intake	14.98	17.28	16.20	19.09	19.58	24.51	0.746	<0.01	<0.01
Fecal N	2.14	2.27	2.35	2.15	2.07	2.23	0.060	0.79	0.72
Urinary N	0.48	0.52	0.56	0.59	0.57	0.81	0.036	0.02	0.27
N retention <sup>3</sup>	12.36	14.49	13.29	16.35	16.94	21.47	0.622	<0.01	0.37

<sup>1</sup> All treatments contain SynerZyme F (*Bacillus subtilis* 1X10<sup>8</sup> cfu/g, *Clostridium butyricum* 1X 10<sup>7</sup> cfu/g) 0.1%

<sup>2</sup> Standard error of mean.

<sup>3</sup> N retention=N intake - Fecal N - Urinary N

· 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

육성돈 사료 내 수준별 조단백질 및 생균제 첨가가 육성돈 후기의 영양소 소화율에 미치는 영향을 표49에 나타내었다. 육성돈 사료 내 조단백질의 첨가 수준이 증가함에 따라 영양소 소화율에 있어서 조단백질과 조지방의 소화율이 유의적으로 증가하였고 (p<0.01), 질소섭취량과 N-retention도 유의적으로 증가하였다 (p<0.01). 육성돈 후기 사료 내 조단백질 수준을 18%에서 13%로 저감하였을 때 분뇨 내 질소배출량이 13.82% 감소하는 것으로 나타남.

<3차년도, 2023년>

o 실험 1. 사료 내 최적의 조단백질 수준과 생균제의 수준별 첨가가 비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

1) 연구목표

분뇨 및 악취발생량을 저감하기 위해서는 사양실험 결과를 바탕으로 비육돈사료 내 최적의 조단백질 수준에 생균제를 수준별 첨가하여 60kg 내외의 비육돈의 영양소 이용성을 규명, 사료 내 적정 조단백질수준을 판단함.

2) 연구방법

- 총 12두의 삼원교잡종 비육돈(체중 60kg내외)을 선발하여 4처리 3반복으로 공시
- 대사틀에 60kg 내외의 비육돈을 1두씩 수용한 후, 사육시설과 사료에 적응할 수 있도록 5야간 예비실험기간을 갖는다.

나머지 실험방법 및 분석항목은 실험 7과 동일하게 수행한다.

3) 분석항목



- 영양소 소화율 (이용률)을 계산하기 위해 사료, 분, 뇨에 들어있는 영양성분 분석
- 분 및 뇨로 배출되는 악취물질 (NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S 등)의 농도를 측정

#### 4) 실험결과

표 50. 비육돈 사료 내 수준별 조단백질 및 생균제 첨가가 비육돈 전기 영양소 소화율에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value	
	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16	CP17		Lin.	Quad.
<b>Nutrient digestibility, %</b>									
Dry matter	92.13	91.23	91.31	92.47	92.09	92.00	0.253	0.59	0.72
Crude protein	86.22	86.45	86.87	88.64	89.85	89.79	0.484	<0.01	0.84
Crude ash	72.45	72.57	68.62	81.36	77.14	72.01	1.855	0.54	0.53
Crude fat	74.83	83.34	80.31	83.91	89.29	86.17	1.300	<0.01	0.21
<b>Nitrogen retention, g/d</b>									
N intake	17.03	18.19	18.58	20.79	22.38	23.82	0.585	<0.01	<0.01
Fecal N	2.35	2.47	2.44	2.36	2.27	2.43	0.061	0.86	0.98
Urinary N	0.58	0.63	0.67	0.70	0.69	0.98	0.043	0.02	0.26
N retention <sup>3</sup>	14.10	15.09	15.47	17.73	19.42	20.41	0.505	<0.01	0.86

<sup>1</sup> All treatments contain SynerZyme F (*Bacillus subtilis* 1X10<sup>8</sup> cfu/g, *Clostridium butyricum* 1X 10<sup>7</sup> cfu/g) 0.1%

<sup>2</sup> Standard error of mean.

<sup>3</sup> N retention=N intake - Fecal N - Urinary N

#### · 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

비육돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 비육돈 전기의 영양소 소화율에 미치는 영향을 표 50에 나타내었다. 비육돈 사료 내 조단백질의 수준이 증가함에 따라 조단백질과 조지방의 소화율이 유의적으로 증가하였다 (Linear, p<0.01). 또한 질소 섭취량과 N-retention도 유의적으로 증가하였다 (Linear, p<0.01). **비육돈 전기 사료 내 조단백질 수준을 17%에서 12%로 저감하였을 때 분뇨 내 질소배출량이 14.08% 감소하는 것으로 나타남.**

표 51. 비육돈 사료 내 수준별 조단백질 및 생균제 첨가가 비육돈 후기 영양소 소화율에 미치는 영향

Items	Treatments <sup>1</sup>						SEM <sup>2</sup>	p-value	
	CP11	CP12	CP13	CP14	CP15	CP16		Lin.	Quad.
<b>Nutrient digestibility, %</b>									
Dry matter	89.61	89.96	89.36	90.61	90.69	89.75	0.174	0.22	0.31
Crude protein	87.62	87.23	86.43	88.53	88.87	86.72	0.271	0.39	0.57
Crude ash	63.60	62.08	61.50	58.41	59.23	61.53	0.685	0.12	0.11
Crude fat	74.73	73.77	74.32	73.92	73.49	70.09	0.642	0.07	0.27
<b>N-retention, g/d</b>									
N-intake	19.94	21.70	22.86	23.44	24.89	27.06	0.471	-	-
N-feces	2.47	2.77	3.10	2.68	3.26	3.59	0.094	<0.01	0.41
N-urine	9.53	10.25	10.70	11.70	12.00	12.80	0.296	<0.01	0.95
N-retention <sup>3</sup>	7.94	8.67	9.06	9.04	9.63	10.67	0.261	<0.01	0.63

<sup>1</sup> All treatments contain SynerZyme F (*Bacillus subtilis* 1X10<sup>8</sup> cfu/g, *Clostridium butyricum* 1X 10<sup>7</sup> cfu/g) 0.1%

<sup>2</sup> Standard error of mean.

<sup>3</sup> N retention=N intake - Fecal N - Urinary N

#### · 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

비육돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 비육돈 후기 소화율에 미치는 영향을 표51에 나타

내었다. 비육돈 후기 사료 내 조단백질의 수준이 증가함에 따라 조지방 소화율이 감소하는 경향을 보였고 (Linear,  $p=0.07$ ), 분과 요 내 질소량과 N-retention이 유의적으로 증가하였다 (Linear,  $p<0.01$ ). 비육돈 후기 사료 내 조단백질 수준을 16%에서 11%로 저감하였을 때 분뇨 내 질소배출량이 26.78% 감소하는 것으로 나타남.

○ 실험 2. 여름철 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 포유능력, 포유자돈 성장 성적 및 악취 발생량에 미치는 영향을 규명

1) 연구목표

분뇨 및 악취발생량을 저감하기 위해서는 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가에 따른 이용성을 규명할 필요가 있음. 따라서 조단백질의 수준별 첨가에 따른 이용성을 규명하여 포유돈의 생산성 및 악취 발생량에 미치는 영향을 규명

2) 연구방법

a) 실험동물

- F1 경산돈 60두를 선발하여 6처리 10반복 반복당 1두씩, CRD로 배치

b) 실험설계

- 처리 1 - CP 15%
- 처리 2 - CP 16%
- 처리 3 - CP 17%
- 처리 4 - CP 18%
- 처리 5 - CP 19%
- 처리 6 - CP 20%

3) 분석항목

- 분만직후 및 포유 1, 3주령에 체중 및 등지방 두께를 측정
- 체중 측정 시 혈액을 채취하여 모돈의 생리 변화를 관찰
- 분만직후 초유 및 포유 1, 3주령에 돈유를 채취하여 유성분 분석
- 분 500g과 요 400g을 혼합하여 35°C에서 72시간 발효를 진행한 뒤, gas detector를 이용하여 암모니아, 황화수소 등 악취물질 배출량을 조사
- 포유자돈의 성장능력 평가

4) 실험결과

표 52. 여름철 포유돈 실험사료 배합비

Items	Treatments					
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20
<b>Ingredients, %</b>						
Corn	69.85	66.91	63.98	61.04	58.11	55.17
SBM	18.69	21.77	24.86	27.95	31.03	34.12
Wheat bran	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Tallow	2.11	2.22	2.34	2.46	2.57	2.69
L-Lysine Sulfate, 55%	0.70	0.56	0.42	0.28	0.14	0.00
L-Methionine, 90%	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00
Threonine, 98.5%	0.24	0.19	0.14	0.10	0.05	0.00
L-Tryptophan, 99%	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00

DCP	1.90	1.84	1.77	1.71	1.64	1.58
Limestone	0.66	0.68	0.69	0.71	0.72	0.74
Vit. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Choline chloride-50	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>1</sup></b>						
ME, kcal/kg	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00
CP, %	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
Lysine, %	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
Methionine, %	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Threonine, %	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
Tryptophan, %	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
Ca, %	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
Total P, %	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

<sup>1</sup> Calculated value.

표 53. 여름철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 생리적 반응에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20		Lin.	Quad.
<b>Body weight, kg</b>									
24 hr postpartum	241.24	231.15	246.06	236.74	244.33	237.78	3.704	0.87	0.89
21st day of lactation	237.44	230.81	235.43	226.93	242.45	232.83	3.463	0.96	0.72
Change(21-0d)	-3.80	-0.34	-10.63	-9.81	-1.88	-4.95	1.714	0.79	0.30
<b>Backfat thickness, mm</b>									
24 hr postpartum	21.13	18.25	20.07	22.71	22.25	21.25	0.946	0.45	0.99
21st day of lactation	20.69	17.13	17.43	19.43	20.44	20.38	0.809	0.54	0.28
Change(21-0d)	-0.44	-1.13	-2.64	-3.28	-1.81	-0.88	0.329	0.45	0.12
<b>ADFI, kg</b>	5.30	4.92	4.75	5.09	5.13	4.96	0.099	0.71	0.41

<sup>1</sup> Standard error of the mean.

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

· 포유돈 생리적 반응 (Physiological response)

여름철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 생리적 반응에 미치는 영향을 표 53에 나타내었다. 여름철 사료 내 조단백질을 수준별로 급여하였을 때 체중, 등지방두께, 사료 섭취량에서의 유의차는 나타나지 않았다 ( $p>0.05$ ).

표 54. 여름철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 번식성적에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20		Lin.	Quad.
<b>No. of piglets</b>									
Total born	12.13	12.50	11.29	12.86	12.50	12.00	0.361	0.90	0.91
born alive	11.13	11.00	10.14	11.43	11.75	11.25	0.325	0.53	0.70
After crossing-fostering	11.50	11.50	11.00	11.29	12.25	11.38	0.293	0.75	0.82

21th day of lactation	9.25	9.63	10.00	9.14	10.38	10.50	0.308	0.22	0.75
<b>Litter weight, kg</b>									
Total born	17.42	16.55	16.03	15.44	17.32	15.99	0.548	0.63	0.55
Litter birth weight	16.29	16.29	14.90	14.68	14.12	16.48	15.47	0.99	0.31
After crossing–fostering	16.80	16.80	15.39	15.84	14.11	17.04	15.63	0.80	0.40
21th day of lactation	52.82	45.40	52.07	51.77	53.40	55.88	1.746	0.27	0.45
Litter weight gain	34.77	30.00	36.23	37.66	36.36	40.25	1.678	0.16	0.72
<b>Piglets weight, kg</b>									
Piglet birth weight	1.47	1.34	1.44	1.25	1.40	1.41	0.033	0.64	0.22
After crossing–fostering	1.46	1.34	1.42	1.26	1.38	1.41	0.033	0.67	0.22
21th day of lactation	5.72	4.74	5.13	5.69	5.17	5.39	0.110	0.91	0.29
Piglets weight gain	4.26	3.40	3.71	4.43	3.79	3.98	0.106	0.79	0.48

<sup>1</sup> Standard error of means.

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

· 포유돈 포유성적 및 포유자돈 성적 (Litter performance)

여름철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 번식성적에 미치는 영향을 표54에 나타내었다. 조단백질의 수준별 첨가량에 따른 자돈의 두수, 복당 체중 그리고 자돈의 체중에 유의적 차이는 나타나지 않았다 ( $p>0.05$ ).

표 55. 여름철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 혈액 성상에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20		Lin.	Quad.
<b>Sow</b>									
<b>Total Cholesterol</b>									
24 hr postpartum			44.00				-	-	-
21st day of lactation	76.75	78.75	74.25	75.00	78.25	79.75	0.687	0.28	0.06
<b>Creatinine</b>									
24 hr postpartum			1.99				-	-	-
21st day of lactation	2.40	2.29	2.28	2.47	2.39	2.21	0.052	0.68	0.59
<b>Glucose</b>									
24 hr postpartum			58.00				-	-	-
21st day of lactation	65.75	71.00	56.75	62.67	59.75	65.75	2.126	0.53	0.32
<b>Total protein</b>									
24 hr postpartum			6.72				-	-	-
21st day of lactation	7.35	7.65	7.63	8.06	8.13	8.40	0.099	0.01	0.93
<b>Triglyceride</b>									
24 hr postpartum			27.83				-	-	-
21st day of lactation	44.50	34.33	29.75	26.00	29.75	32.75	2.590	0.17	0.10
<b>BUN</b>									
24 hr postpartum			10.80				-	-	-
21st day of lactation	13.58	15.07	15.45	18.68	19.30	22.93	0.929	0.01	0.49

<sup>1</sup> Standard error of means.

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

· 포유돈 혈액성상 (Blood profiles)

여름철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 혈액성상에 미치는 영향을 표55에 나타내었다. 여름철 사료 내 조단백질 수준이 증가함에 따라 포유 21일차 시점의 총단백질, 혈액 내 요소질소의 농도가 유의적으로 증가하였다 (Linear, p=0.01).

표 56. 여름철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유자돈 혈액 성상에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20		Lin.	Quad.
<b>Piglet</b>									
<b>Total Cholesterol</b>									
24 hr postpartum			-----	64.00	-----		-	-	-
21st day of lactation	170.75	211.75	172.50	146.00	175.75	194.75	8.924	0.94	0.41
<b>Creatinine</b>									
24 hr postpartum			-----	0.46	-----		-	-	-
21st day of lactation	0.61	0.64	0.89	0.46	0.89	0.87	0.062	0.21	0.73
<b>Glucose</b>									
24 hr postpartum			-----	93.67	-----		-	-	-
21st day of lactation	104.25	102.75	106.25	112.67	108.75	106.75	3.140	0.61	0.68
<b>Total protein</b>									
24 hr postpartum			-----	6.83	-----		-	-	-
21st day of lactation	4.48	4.48	4.60	4.62	4.68	5.00	0.080	0.06	0.47
<b>Triglyceride</b>									
24 hr postpartum			-----	118.83	-----		-	-	-
21st day of lactation	76.00	74.75	69.00	98.00	112.25	82.75	7.920	0.31	0.74
<b>BUN</b>									
24 hr postpartum			-----	13.28	-----		-	-	-
21st day of lactation	5.80	6.30	6.33	6.60	7.97	8.20	0.483	0.11	0.73

<sup>1</sup> Standard error of means.

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

· 포유자돈 혈액성상 (Blood profiles)

여름철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유자돈 혈액 성상에 미치는 영향을 표56에 나타내었다. 조단백질의 수준별 첨가량에 따른 포유자돈의 총콜레스테롤, 크레아티닌, 글루코스, 총단백질, 중성지방 그리고 혈액 내 요소질소에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다 (p>0.05). 조단백질의 첨가량에 증가함에 따라 포유자돈의 혈액 내 총단백질의 농도가 증가하는 경향을 나타내었다 (Linear, p=0.06).

표 57. 여름철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 돈유성분에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20		Lin.	Quad.
<b>Fat, %</b>									
Colostrum			-----	9.73	-----		-	-	-
21st day of lactation	6.57	5.76	6.31	5.81	6.28	6.00	0.203	0.74	0.63
<b>Protein, %</b>									
Colostrum			-----	6.39	-----		-	-	-
21st day of lactation	5.41	5.19	5.04	4.93	4.91	4.35	0.099	0.16	0.06
<b>Lactose, %</b>									
Colostrum			-----	4.71	-----		-	-	-

21st day of lactation	5.65	5.81	5.76	5.75	5.67	5.85	0.034	0.72	0.99
<b>Total solid, %</b>									
Colostrum			----- 21.98 -----				-	-	-
21st day of lactation	17.95	16.83	17.63	16.38	17.66	17.26	0.272	0.70	0.39
<b>Solid not fat, %</b>									
Colostrum			----- 12.34 -----				-	-	-
21st day of lactation	11.65	11.62	11.57	11.06	11.55	11.48	0.087	0.38	0.33
<b>Casein, %</b>									
Colostrum			----- 3.91 -----				-	-	-
21st day of lactation	3.38	3.10	3.06	2.66	3.12	2.96	0.065	0.03	0.07

<sup>1</sup> Standard error of means.

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

#### · 돈유성분 (Milk composition)

여름철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 돈유성분에 미치는 영향을 표57에 나타내었다. 여름철 사료 내 조단백질 수준이 증가함에 따라 포유 21일차의 카세인의 농도가 유의차를 나타내며 감소하였다 (Linear,  $p=0.03$ ). CP20 처리구에서 포유 21일차의 단백질 농도가 낮은 경향을 보였으며 (Quadratic,  $p=0.06$ ), CP18 처리구에서 포유 21일차의 카세인 농도가 낮은 경향을 보였다 (Quadratic,  $p=0.07$ ).

표 58. 여름철 포유돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유돈의 악취발생에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20		Lin.	Quad.
Amines	28.00	37.00	46.00	47.00	54.00	75.00	3.729	0.01	0.06
Ammonia	3.30	7.50	12.50	13.40	16.50	25.00	1.672	0.01	0.02
Mercaptans	5.63	7.29	10.50	13.50	17.50	21.00	1.331	0.01	0.04
Hydrogen sulfide	11.50	22.00	27.14	46.00	57.14	60.00	4.418	0.01	0.02

<sup>1</sup> Standard error of means.

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

#### · 악취발생 (Odor generation)

여름철 포유돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유돈의 악취발생에 미치는 영향을 표58에 나타내었다. 조단백질의 첨가가 증가함에 따라 아민, 암모니아, 메르캡탄 그리고 황화수소가 유의적으로 증가하였다 (Linear,  $p=0.01$ ). 또한, 조단백질의 첨가가 증가함에 따라 CP20 처리구의 암모니아, 메르캡탄 그리고 황화수소가 유의적으로 높았다 (Quadratic,  $p<0.04$ ).

### ○ 실험 3. 겨울철 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 포유능력, 포유자돈 성장 성적 및 악취 발생량에 미치는 영향을 규명

#### 1) 연구목표

분뇨 및 악취발생량을 저감하기 위해서는 포유모돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가에 따른 이용성을 규명할 필요가 있음. 따라서 조단백질의 수준별 첨가에 따른 이용성을 규명하여 포유돈의 생산성 및 악취발생량에 미치는 영향을 규명

#### 2) 연구방법

##### a) 실험동물

- F1 경산돈 60두를 선발하여 6처리 10반복 반복당 1두씩, CRD로 배치

b) 실험설계

- 처리 1 - CP 15%
- 처리 2 - CP 16%
- 처리 3 - CP 17%
- 처리 4 - CP 18%
- 처리 5 - CP 19%
- 처리 6 - CP 20%

3) 분석항목

- 분만 직후 및 포유 1, 3주령에 체중 및 등지방두께를 측정
- 체중 측정 시 혈액을 채취하여 모돈의 생리 변화를 관찰
- 분만 직후 초유 및 포유 1, 3주령에 돈유를 채취하여 유성분 분석
- 분 500g과 요 400g을 혼합하여 35°C에서 72시간 발효를 진행한 뒤, gas detector를 이용하여 암모니아, 황화수소 등 악취물질 배출량을 조사
- 포유자돈의 성장능력 평가

4) 실험결과

표 59. 겨울철 포유돈 실험사료 배합비

Items	Treatments					
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20
<b>Ingredients, %</b>						
Corn	70.48	67.66	64.85	62.03	59.21	56.40
SBM	18.24	21.21	24.19	27.16	30.14	33.11
Wheat bran	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Tallow	2.03	2.14	2.25	2.36	2.47	2.58
L-Lysine Sulfate, 55%	0.70	0.56	0.42	0.28	0.14	0.00
L-Methionine, 90%	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00
L-Threonine, 98.5%	0.24	0.19	0.14	0.10	0.05	0.00
L-Tryptophan, 99%	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00
MCP	1.90	1.84	1.77	1.71	1.64	1.58
Limestone	0.65	0.67	0.68	0.70	0.71	0.73
Vit. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Choline chloride-50	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>1</sup></b>						
ME, kcal/kg	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00	3300.00
CP, %	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
Lysine, %	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
Methionine, %	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Threonine, %	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
Tryptophan, %	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24

Ca, %	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
Total P, %	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

<sup>1</sup> Calculated value.

표 60. 겨울철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 생리적 반응에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20		Lin.	Quad.
<b>Body weight, kg</b>									
24 hr postpartum	201.90	201.50	196.70	211.70	189.40	194.30	7.245	0.71	0.81
21st day of lactation	191.80	189.86	193.90	222.80	207.60	194.70	7.439	0.55	0.46
Change(21-0d)	-10.10	-11.64	-2.80	11.10	18.20	0.40	6.408	0.27	0.56
<b>Backfat thickness, mm</b>									
24 hr postpartum	15.50	15.20	13.20	15.90	13.90	14.20	0.912	0.71	0.89
21st day of lactation	14.30	16.80	12.30	13.90	11.50	11.70	0.846	0.13	0.87
Change(21-0d)	-1.20	1.60	-0.90	-2.00	-2.40	-2.50	0.677	0.18	0.70
<b>ADFI, kg</b>	6.09	5.82	6.03	5.41	5.78	5.31	0.163	0.19	0.92

<sup>1</sup> Standard error of means.

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

· 포유돈 생리적 반응 (physiological response)

겨울철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 생리적 반응에 미치는 영향을 표60에 나타내었다. 겨울철 사료 내 조단백질을 수준별로 급여하였을 때 체중, 등지방두께, 사료섭취량에서의 유의차는 나타나지 않았다 ( $p>0.05$ ).

표 61. 겨울철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 번식성적에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20		Lin.	Quad.
<b>No. of piglets</b>									
Total born	10.40	9.80	14.80	12.00	12.40	12.80	0.560	0.12	0.26
born alive	10.00	9.60	13.80	11.60	11.80	12.60	0.493	0.07	0.34
After crossing-fostering	12.00	9.60	13.80	11.40	11.80	13.20	0.512	0.37	0.67
21 day of lactation	9.00	8.60	9.80	10.40	11.40	10.60	0.330	0.01	0.69
<b>Litter weight, kg</b>									
Total born	11.61	13.18	16.50	14.21	16.60	15.49	0.742	0.08	0.31
litter birth weight	11.22	13.18	15.63	13.83	15.84	15.37	0.710	0.07	0.39
After crossing-fostering	13.80	13.18	15.63	13.92	15.84	15.33	0.643	0.32	0.92
21 day of lactation	46.14	51.82	53.23	57.63	64.75	46.85	2.785	0.42	0.14
Litter weight gain	33.06	38.64	37.60	43.71	48.91	31.53	2.625	0.59	0.14
<b>Piglets weight, kg</b>									
Piglet birth weight	1.15	1.35	1.17	1.23	1.33	1.20	0.047	0.79	0.64
After crossing-fostering	1.15	1.35	1.17	1.25	1.33	1.19	0.047	0.82	0.57
21 day of lactation	5.25	5.93	5.43	5.56	5.72	4.33	0.227	0.28	0.15
Piglets weight gain	4.10	4.58	4.26	4.29	4.39	3.14	0.195	0.19	0.12

<sup>1</sup> Standard error of means.

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).



· 포유돈 포유성적 및 포유자돈 성적 (Litter performance)

겨울철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 번식성적에 미치는 영향을 표61에 나타내었다. 사료 내 조단백질 수준이 증가함에 따라 포유 21일차 자돈 두수가 유의적으로 증가하였다 (Linear, p=0.01). 사료 내 조단백질 수준이 증가함에 따라 실산자수, 복당 생시체 중에서 증가하는 경향을 보였다 (Linear, p=0.07; p=0.07). 또한, 복당 산자수에서도 증가하는 경향을 보였다 (Linear, p=0.08).

표 62. 겨울철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 혈액 성상에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20		Lin.	Quad.
<b>Sow</b>									
<b>Total Cholesterol</b>									
24 hr postpartum				73.88					
21st day of lactation	78.75	75.50	64.63	64.13	75.50	74.50	1.488	0.31	<0.01
<b>Creatinine</b>									
24 hr postpartum				2.34					
21st day of lactation	1.93	2.07	1.88	2.08	1.84	1.94	0.033	0.55	0.62
<b>Glucose</b>									
24 hr postpartum				63.61					
21st day of lactation	72.13	78.25	71.50	69.96	67.50	76.50	1.759	0.75	0.44
<b>Total protein</b>									
24 hr postpartum				7.92					
21st day of lactation	7.96	8.18	7.54	7.88	7.78	7.59	0.090	0.15	0.95
<b>Triglyceride</b>									
24 hr postpartum				32.85					
21st day of lactation	34.88	41.17	28.75	30.38	33.88	31.38	1.774	0.31	0.63
<b>BUN</b>									
24 hr postpartum				17.50					
21st day of lactation	11.65	14.55	13.23	15.66	17.39	18.29	0.613	<0.01	0.82

<sup>1</sup> Standard error of means.

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

· 포유돈 혈액성상 (Blood profiles)

겨울철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 혈액 성상에 미치는 영향을 표62에 나타내었다. CP18 처리구가 포유 21일차의 총콜레스테롤 농도에서 유의적으로 낮았다 (Quadratic, p<0.01). 사료 내 조단백질을 수준별로 첨가하였을 때 포유 21일차의 혈액 내 요소질소 농도가 유의적으로 증가하였다 (Linear, p<0.01).

표 63. 겨울철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유자돈 혈액 성상에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>		
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20		Lin.	Quad.	
<b>Piglet</b>										
<b>Total cholesterol</b>										
24 hr postpartum	----- 178.58 -----									
21st day of lactation	169.00	208.00	160.50	146.38	189.13	161.38	6.685	0.37	0.84	
<b>Creatinine</b>										
24 hr postpartum	----- 0.73 -----									
21st day of lactation	0.55	0.66	0.80	0.60	0.85	0.76	0.042	0.08	0.53	
<b>Glucose</b>										
24 hr postpartum	----- 106.90 -----									
21st day of lactation	111.63	113.50	116.13	119.96	126.75	113.00	2.314	0.30	0.25	
<b>Total protein</b>										
24 hr postpartum	----- 4.64 -----									
21st day of lactation	4.69	4.56	4.71	4.86	4.84	4.61	0.053	0.59	0.33	
<b>Triglyceride</b>										
24 hr postpartum	----- 85.46 -----									
21st day of lactation	90.00	75.00	92.00	105.25	119.50	73.38	6.502	0.63	0.25	
<b>BUN</b>										
24 hr postpartum	----- 6.87 -----									
21st day of lactation	6.39	5.93	5.79	7.23	6.28	6.28	0.255	0.73	0.87	

<sup>1</sup> Standard error of means.

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

· 포유자돈 혈액성상 (Blood profiles)

겨울철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유자돈의 혈액 성상에 미치는 영향을 표 63에 나타내었다. 사료 내 조단백질의 수준이 증가함에 따라 포유 21일차의 크레아티닌 농도가 증가하는 경향을 나타내었다 (Linear, p=0.08).

표 64. 겨울철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 돈유성분에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>		
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20		Lin.	Quad.	
<b>Fat, %</b>										
Colostrum	----- 5.74 -----									
21st day of lactation	6.74	5.78	6.54	5.94	6.26	5.78	0.122	0.08	0.80	
<b>Protein, %</b>										
Colostrum	----- 9.86 -----									
21st day of lactation	4.91	4.66	4.80	4.50	4.99	2.96	0.062	0.43	0.06	
<b>Lactose, %</b>										
Colostrum	----- 3.67 -----									
21st day of lactation	5.62	5.83	5.76	5.94	5.77	6.01	0.037	<0.01	0.72	
<b>Total solid, %</b>										
Colostrum	----- 21.15 -----									
21st day of lactation	18.80	16.78	17.74	16.65	17.35	17.00	0.156	0.09	0.21	
<b>Solid not fat, %</b>										
Colostrum	----- 15.10 -----									
21st day of lactation	11.46	11.34	11.33	11.04	11.22	11.46	0.051	0.49	0.02	
<b>Casein, %</b>										

Colostrum				----- 6.71 -----						
21st day of lactation	3.16	2.92	2.93	2.65	2.88	2.89	0.041	0.01	<0.05	

<sup>1</sup> Standard error of means.

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

· 돈유성분 (Milk composition)

겨울철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 돈유성분에 미치는 영향을 표64에 나타내었다. 사료 내 조단백질의 수준이 증가함에 따라 포유 21일차 젖당 농도가 유의적으로 증가하였으며 (Linear,  $p<0.01$ ), 카세인 농도는 유의적으로 감소하였다 (Linear,  $p=0.01$ ). 사료 내 조단백질의 수준이 증가함에 따라 포유 21일차 지방 농도가 감소하는 경향을 나타내었으며 (Linear,  $p=0.08$ ), 총고형물 농도 또한 감소하는 경향을 나타내었다 (Linear,  $p=0.09$ ).

표 65. 겨울철 포유돈 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유돈의 악취발생에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20		Lin.	Quad.
Amines	21.00	37.25	52.00	55.00	70.50	87.75	5.226	<0.01	<0.01
Ammonia	8.93	14.50	14.40	16.50	21.75	47.50	3.058	<0.01	<0.01
Mercaptans	13.50	8.40	4.29	8.85	7.14	15.25	0.904	<0.01	<0.01
Hydrogen sulfide	11.80	8.05	16.07	16.75	34.82	45.35	3.240	<0.01	<0.01

<sup>1</sup> Standard error of means.

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

· 악취발생 (Odor generation)

겨울철 포유돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 악취발생에 미치는 영향을 표65에 나타내었다. 사료 내 조단백질의 수준이 증가함에 따라 아민, 암모니아, 메르캡탄 및 황화수소가 유의적으로 증가하였다 (Linear,  $p<0.01$ ). CP15 처리구는 아민과 암모니아가 유의적으로 낮았으며 (Quadratic,  $p<0.01$ ), CP17 처리구는 메르캡탄이 유의적으로 낮았고 (Quadratic,  $p<0.01$ ), CP16 처리구는 황화수소가 유의적으로 낮았다 (Quadratic,  $p<0.01$ ).

○ 실험 4. 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 포유돈의 영양소 소화율에 미치는 영향을 규명

1) 연구목표

분뇨 및 악취발생량을 저감하기 위해서는 포유모돈 사료 내 조단백질의 수준별 첨가에 따른 영양소 이용률을 규명할 필요가 있음. 따라서 조단백질의 수준별 첨가에 따른 영양소 이용률을 규명하여 적절한 수준의 조단백질 수준을 규명

2) 연구방법

a) 실험동물

- F1 경산돈 6두를 선발하여 6처리 1반복 반복당 1두씩, 라틴 방각법 (Latin square design)으로 배치
- 모든 대사틀에 포유모돈을 1두씩 수용한 후, 사육시설과 사료에 적응할 수 있도록 5일간 예비실험기간을 갖는다.
- 사료 및 물 급여는 08:00, 17:00에 1일 2회 급여하는 것으로 한다.

- 예비실험을 마치고, 본 실험에 들어갈 때에는 사료에 chromic oxide (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)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 냉동보관 후 일반성분을 분석하여 장내 소율을 계산한다.

### 3) 분석항목

- 영양소 소화율 (이용률)을 계산하기 위해 사료, 분, 뇨에 들어있는 영양성분 분석
- 분 및 뇨로 배출되는 악취물질 (NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S 등)의 농도를 측정

### 4) 실험결과

표 66. 사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>	
	CP15	CP16	CP17	CP18	CP19	CP20		Lin.	Quad.
<b>Nutrient digestibility, %</b>									
Dry matter	86.84	87.18	83.38	87.07	87.88	87.43	0.108	0.02	0.45
Crude protein	84.86	84.16	84.84	85.19	85.03	85.01	0.200	0.28	0.12
Crude ash	22.61	23.60	23.24	23.15	23.19	23.27	0.242	0.72	0.64
Crude fat	71.73	71.90	74.65	73.54	77.18	71.94	0.515	0.07	0.09
<b>Nitrogen retention, g/d</b>									
N intake	297.28	312.41	334.60	351.05	370.73	396.39	8.380	<0.01	0.06
fecal N	67.40	66.53	66.92	69.08	63.54	67.36	0.551	0.46	0.98
Urinary N	5.04	5.69	5.95	6.03	6.41	6.58	0.146	0.03	0.39
N retention <sup>3</sup>	224.84	240.19	261.73	275.93	300.83	322.45	8.283	<0.01	0.12

<sup>1</sup> Standard error of means.

<sup>2</sup> Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

<sup>3</sup> N retention=N intake - Fecal N - Urinary N

#### · 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

사료 내 조단백질 수준별 첨가가 포유돈의 영양소 소화율에 미치는 영향을 표66에 나타내었다. 조단백질의 첨가량이 증가함에 따라 건물 소화율이 유의적으로 증가하였다 (Linear, p=0.02). 또한, 사료 내 조단백질의 첨가량이 증가함에 따라 질소 섭취량, 오줌 내 질소량, 그리고 N retention이 유의적으로 증가하였다 (Linear, p<0.05). **포유돈 사료 내 조단백질 수준을 20%에서 15%로 저감하였을 때 분뇨 내 질소배출량이 2.03% 감소하는 것으로 나타남.**

<실험 결과 정리>

구분	성장단계	체중 (kg)	실험 조단백질 수준 (%)	실험 결과	최적 조단백질 수준 (%)
돼지	이유전기	7-11	16-21	각 성장단계 별로 최저 수준까지 조단백질을 낮췄을 때 :	16
	이유후기	11-25	15-20		15
	육성전기	25-50	14-19		14
	육성후기	50-75	13-18		13
	비육전기	75-100	12-17		12
	비육후기	100-출하체중	11-16		11
	임신돈	-	11-16		11
	포유돈	-	15-20		15

○ 공동연구기관 (건국대학교)

<1차년도, 2021년>

○ 실험 1. 산란계 육성기 및 산란기 사료 내 조단백질 수준이 생산성에 미치는 영향

1) 연구목표

- 산란계 사육단계별 사료 내 조단백질의 함량수준에 따른 생산성과 악취 발생량에 미치는 영향을 검증하고 사료 내 조단백질의 적정 수준을 제시

2) 연구방법

a) 공시동물: 갈색 산란계 12주령 육성계 240수 (4처리 10반복, 6수/반복)를 공시

b) 실험 장소

- 충주 건국대학교 실습농장 산란계사

c) 실험설계 및 사양관리

- 12주령 Hy-Line Brown 육성계를 4처리 10반복 (반복당 6수), 케이지 (45cm×45cm×45cm) 한 칸에 2수를 배치하고 케이지 3칸을 반복으로 간주하였다. 옥수수-대두박 위주 사료에 고단백질 사료(High CP)(육성기 18.0%, 산란초기 19.0%, 산란중기 18.5%, 산란후기 18.0%, 산란말기 17%), 최저단백질 사료(Very Low CP)(육성기 12.0%, 산란초기 13.0%, 산란중기 12.5%, 산란후기 12.0%, 산란말기 11%)를 배합하였다. (표67 ~ 표72). 중간단백질 사료(Medium CP)와 저단백질 사료(Low CP)는 High CP 사료와 Very low CP 사료의 비율을 달리하여 배합하였다. 계사 내 온습도는 환기를 통하여 일정하게 유지하였다.

표 67. 실험 처리구 (처리구별 사육단계별 조단백질 함량)

구분	육성기	산란초기	산란중기	산란후기	산란말기
	----- % -----				
High CP, %	18.0	19.0	18.5	18.0	17.0
Medium CP, %	16.0	17.0	16.5	16.0	15.0
Low CP, %	14.0	15.0	14.5	14.0	13.0
Very low CP, %	12.0	13.0	12.5	12.0	11.0

표 68. 산란계 육성기 실험사료 성분 및 영양성분

Item	Dietary treatments			
	18%	16% <sup>1</sup>	14% <sup>1</sup>	12%
Ingredient, %				
Corn	67.64	70.25	72.85	75.45
Soybean meal	27.23	20.41	13.60	6.80
Tallow	1.02	0.68	0.34	-
Wheat middling	5.09	4.05	8.09	12.14
Limestone	1.55	1.61	1.67	1.73
Monocalcium phosphate	1.40	1.39	1.39	1.38
Vitamin premix <sup>2</sup>	0.20	0.20	0.20	0.20
Mineral premix <sup>3</sup>	0.25	0.25	0.25	0.25
L-lysine HCl, 78.4%	-	0.20	0.41	0.62
DL-methionine, 99%	0.10	0.13	0.17	0.20
L-threonine, 99%	-	0.09	0.19	0.28
Valine, 99%	-	0.11	0.23	0.35
Nutrient, %				
ME, kcal/kg	2850	2850	2850	2850
CP	18	16	14	12
Ca	0.90	0.90	0.90	0.90
Total P	0.73	0.72	0.71	0.70
Available P	0.45	0.45	0.45	0.45
Lys	0.94	0.98	1.02	1.07
Met	0.39	0.39	0.39	0.39
Thr	0.68	0.68	0.68	0.68
Val	0.86	0.86	0.86	0.86

<sup>1</sup> 15 and 17% CP diets were made by the proportional mixing of a 19 and 13% diet at the following ratios: 33.3 to 66.7; and 66.7 to 33.3.

<sup>2</sup> Vitamin premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin A, 36,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 6,000 IU; vitamin E, 160 mg; vitamin K, 10 mg; vitamin B<sub>1</sub>, 10 mg; vitamin B<sub>2</sub>, 40 mg; vitamin B<sub>6</sub>, 16 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 0.12 mg; Biotin, 0.40 mg; pan acid Ca, 100 mg; niacin, mg; Mn 100 mg.

<sup>3</sup> Mineral premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin E, 0.63 IU; Fe, 200 mg; Mn 100 mg; Zn, 31.25 mg; Cu, 75 mg; I, 0.63 mg; Se, 0.50 mg.

표 69. 산란계 산란초기 실험사료 성분 및 영양성분

Item	Dietary treatments			
	19%	17% <sup>1</sup>	15% <sup>1</sup>	13%
Ingredient, %				
Corn	49.96	55.09	60.21	65.32
Soybean meal	25.34	21.92	18.51	15.09
Tallow	5.50	5.09	4.68	4.27
Corn gluten meal	5.09	3.39	1.69	-
Sodium bicarbonate	0.45	0.51	0.57	0.63
NaCl	0.13	0.09	0.06	0.02
Limestone	11.18	11.20	11.23	11.25
Monocalcium phosphate	1.60	1.62	1.63	1.65
Vitamin premix <sup>2</sup>	0.20	0.20	0.20	0.20
Mineral premix <sup>3</sup>	0.25	0.25	0.25	0.25
L-lysine HCl, 78.4%	0.10	0.21	0.31	0.42
DL-methionine, 99%	0.10	0.14	0.18	0.22
L-threonine, 99%	-	0.08	0.16	0.24
Valine, 99%	-	0.11	0.22	0.33
Choline Chloride	0.10	0.10	0.10	0.10
Nutrient, %				
ME, kcal/kg	2800	2800	2800	2800
CP	19	17	15	13
Ca	4.29	4.29	4.29	4.29
Total P	0.79	0.78	0.77	0.76
Available P	0.50	0.50	0.50	0.50
Lys	1.00	1.00	1.00	1.00
Met	0.42	0.42	0.42	0.42
Thr	0.70	0.70	0.70	0.70
Val	0.90	0.90	0.90	0.90

<sup>1</sup> 15 and 17% CP diets were made by the proportional mixing of a 19 and 13% diet at the following ratios: 33.3 to 66.7; and 66.7 to 33.3.

<sup>2</sup> Vitamin premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin A, 36,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 6,000 IU; vitamin E, 160 mg; vitamin K, 10 mg; vitamin B<sub>1</sub>, 10 mg; vitamin B<sub>2</sub>, 40 mg; vitamin B<sub>6</sub>, 16 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 0.12 mg; Biotin, 0.40 mg; pan acid Ca, 100 mg; niacin, mg; Mn 100 mg.

<sup>3</sup> Mineral premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin E, 0.63 IU; Fe, 200 mg; Mn 100 mg; Zn, 31.25 mg; Cu, 75 mg; I, 0.63 mg; Se, 0.50 mg.

표 70. 산란계 산란중기 실험사료 성분 및 영양성분

Item	Dietary treatments			
	18.5%	16.5%	14.5%	12.5%
Ingredient, %				
Corn	54326	59.48	64.68	69.88
Soybean meal, 47% CP	19.71	16.16	13.55	9.88
Tallow	4.04	3.57	2.33	2.00
Corn gluten meal	8.00	6.33	2.80	1.00
Limestone	11.41	11.44	11.47	11.50
Monocalcium phosphate	1.63	1.64	1.64	1.64
Sodium bicarbonate	-	-	-	-
Sodium chloride	0.40	0.40	0.40	0.40
Choline chloride	0.05	0.05	0.05	0.05
Vitamin premix <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral premix <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
L-Lysine HCl, 56%	0.30	0.49	0.69	0.88
DL-Methionine, 99%	-	0.04	0.09	0.13
L-Threonine, 99%	-	0.08	0.17	0.25
L-Valine, 99%	-	0.11	0.22	0.33
Chemical composition				
Dry matter	89.13	88.97	88.80	88.63
AMEn, kcal/kg	2800	2800	2800	2800
Crude protein	18.5	16.5	14.5	12.5
Energy to protein ratio	151	170	193	224
Ether extract	6.21	5.83	.46	5.08
Ash	15.0	14.8	14.7	14.5
Calcium	4.40	4.40	4.40	4.40
Total phosphorus	0.72	0.71	0.69	0.68
Available phosphorus	0.50	0.50	0.50	0.50
Lysine	0.93	0.93	0.93	0.93
Methionine+Cystine	0.36	0.36	0.36	0.36
Theronine	0.67	0.67	0.67	0.67
Valine	0.87	0.87	0.87	0.87

<sup>1</sup> 15 and 17% CP diets were made by the proportional mixing of a 19 and 13% diet at the following ratios: 33.3 to 66.7; and 66.7 to 33.3.

<sup>2</sup> Vitamin premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin A, 36,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 6,000 IU; vitamin E, 160 mg; vitamin K, 10 mg; vitamin B<sub>1</sub>, 10 mg; vitamin B<sub>2</sub>, 40 mg; vitamin B<sub>6</sub>, 16 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 0.12 mg; Biotin, 0.40 mg; pan acid Ca, 100 mg; niacin, mg; Mn 100 mg.

<sup>3</sup> Mineral premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin E, 0.63 IU; Fe, 200 mg; Mn 100 mg; Zn, 31.25 mg; Cu, 75 mg; I, 0.63 mg; Se, 0.50 mg.



표 71. 산란계 산란후기 실험사료 성분 및 영양성분

Item	Dietary treatments			
	18%	16%	14%	12%
Ingredient, %				
Corn	56.47	61.04	65.60	70.16
Soybean meal, 47% CP	20.90	17.22	13.55	9.88
Tallow	3.00	2.67	2.33	2.00
Corn gluten meal	6.40	4.60	2.80	1.00
Limestone	10.62	10.65	10.67	10.70
Monocalcium phosphate	1.80	1.82	1.83	1.85
Sodium bicarbonate	0.18	0.19	0.19	0.20
Sodium chloride	0.25	0.24	0.23	0.22
Choline chloride	0.05	0.05	0.05	0.05
Vitamin premix <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral premix <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
L-Lysine HCl, 56%	0.03	0.23	0.42	0.62
DL-Methionine, 99%	0.10	0.15	0.19	0.24
L-Threonine, 99%	-	0.08	0.17	0.25
L-Valine, 99%	-	0.11	0.22	0.33
Chemical composition				
Dry matter	88.88	88.74	88.60	88.46
AMEn, kcal/kg	2750	2750	2750	2750
Crude protein	18.0	16.0	14.0	12.0
Energy to protein ratio	153	172	196	229
Ether extract	5.24	5.01	4.78	4.55
Ash	14.4	14.3	14.2	14.0
Calcium	4.20	4.20	4.20	4.20
Total phosphorus	0.75	0.75	0.75	0.75
Available phosphorus	0.40	0.40	0.40	0.40
Lysine	0.80	0.80	0.80	0.80
Methionine+Cystine	0.73	0.73	0.73	0.73
Theronine	0.66	0.66	0.66	0.66
Valine	0.86	0.86	0.86	0.86

<sup>1</sup> 15 and 17% CP diets were made by the proportional mixing of a 19 and 13% diet at the following ratios: 33.3 to 66.7; and 66.7 to 33.3.

<sup>2</sup> Vitamin premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin A, 36,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 6,000 IU; vitamin E, 160 mg; vitamin K, 10 mg; vitamin B<sub>1</sub>, 10 mg; vitamin B<sub>2</sub>, 40 mg; vitamin B<sub>6</sub>, 16 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 0.12 mg; Biotin, 0.40 mg; pan acid Ca, 100 mg; niacin, mg; Mn 100 mg.

<sup>3</sup> Mineral premix provided following nutrients per kg of diet: vitamen E, 0.63 IU; Fe, 200 mg; Mn 100 mg; Zn, 31.25 mg; Cu, 75 mg; I, 0.63 mg; Se, 0.50 mg.

표 72. 산란계 산란말기 실험사료 성분 및 영양성분

Item	Dietary treatments			
	17%	15%	13%	11%
Ingredient, %				
Corn	56.42	60.69	64.94	69.20
Soybean meal, 47% CP	21.37	17.63	13.90	10.17
Tallow	3.00	2.699	2.38	2.07
Corn gluten meal	5.14	3.42	1.71	-
Limestone	11.50	11.53	11.55	11.58
Monocalcium phosphate	1.80	1.82	1.83	1.85
Sodium bicarbonate	0.22	0.21	0.21	0.20
Sodium chloride	0.25	0.27	0.27	0.30
Choline chloride	0.05	0.05	0.05	0.05
Vitamin premix <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral premix <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
L-Lysine HCl, 56%	-	0.20	0.41	0.61
DL-Methionine, 99%	0.05	0.13	0.20	0.28
L-Threonine, 99%	-	0.09	0.17	0.26
L-Valine, 99%	-	0.11	0.21	0.32
Chemical composition				
Dry matter	88.64	88.53	88.42	88.31
AMEn, kcal/kg	2700	2700	2700	2700
Crude protein	17.0	15.0	13.0	11.0
Energy to protein ratio	162	183	212	250
Ether extract	5.12	4.89	4.66	4.43
Ash	15.6	15.5	15.3	15.2
Calcium	4.40	4.40	4.40	4.40
Total phosphorus	0.77	0.75	0.74	0.72
Available phosphorus	0.40	0.40	0.40	0.40
Lysine	0.79	0.79	0.79	0.79
Methionine+Cystine	0.64	0.64	0.64	0.64
Theronine	0.65	0.65	0.65	0.65
Valine	0.81	0.81	0.81	0.81

<sup>1</sup> 15 and 17% CP diets were made by the proportional mixing of a 19 and 13% diet at the following ratios: 33.3 to 66.7; and 66.7 to 33.3.

<sup>2</sup> Vitamin premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin A, 36,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 6,000 IU; vitamin E, 160 mg; vitamin K, 10 mg; vitamin B<sub>1</sub>, 10 mg; vitamin B<sub>2</sub>, 40 mg; vitamin B<sub>6</sub>, 16 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 0.12 mg; Biotin, 0.40 mg; pan acid Ca, 100 mg; niacin, mg; Mn 100 mg.

<sup>3</sup> Mineral premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin E, 0.63 IU; Fe, 200 mg; Mn 100 mg; Zn, 31.25 mg; Cu, 75 mg; I, 0.63 mg; Se, 0.50 mg.

### 3) 조사항목

- 육성계 생산성 : 사료섭취량, 체중, 사료요구율, 폐사율 등
- 산란계 생산성 : 사료섭취량, 산란율, 난중, 사료 요구율, 폐사율 등
- 내부 장기 분석 : 간, 신장, 난소, 난관, 소장 무게 측정 및 장 용모 길이 측정
- 혈액성분 분석: 콜레스테롤, 중성지방, 칼슘, 인 등 분석
- 계란품질 분석: Haugh unit, 난각강도, 난각두께, 난각색, 난황색 분석 등
- 스트레스 분석: 계란 난황 내 스트레스 호르몬인 corticosterone을 측정하여 사료 내 조단백질 수준에 따른 스트레스 분석

### 4) 샘플 채취

- 혈액 및 장기 샘플링: 육성기와 산란전기 종료 시에 처리구별 7반복, 반복당 1수를 선발하여 도계를 진행하였다. 이산화탄소로 안락사시킨 후, 심장에서 6ml의 혈액을 채취하였다. 혈액 채취 후, 간, 신장, 십이지장, 공장, 회장, 난관을 채취하여 무게를 측정하였으며 난소는 0.5cm 이상의 황색 난포의 개수를 측정하였다. 또한, 회장 1cm를 채취하여 10% 중성 포르말린에 고정하여 장 형태학적 분석에 사용하였다.

5) 육성기 연구 결과 (육성기, 13 ~ 18주)

○ 생산성 결과

- 조단백질의 수준별 첨가가 생산성에 미치는 영향을 표73에 나타내었다. 실험 개시 체중은 처리 간 차이가 없도록 배치하였다. 18주령 육성기 종료 체중은 통계적으로 처리 간 유의차가 나타나지 않았다. 증체량에서도 유의차가 발견되지 않았다. 이러한 결과는 육성기 사료 내 조단백질 수준이 육성기 체중 및 증체량에 미치는 영향이 미미하여 결과적으로 육성기의 생산성에 영향을 미치지 않았다. 하지만, 저단백질 12% 처리구에서 사료섭취량이 유의적으로 낮은 결과를 보여주었다 (quadratic effect;  $p < 0.05$ ). 저단백질 처리구에서 낮은 사료섭취량이 아미노산 불균형에 따른 것인지는 추가로 검토가 필요하다.

표 73. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 육성기 생산성에 미치는 영향

Item	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	<i>p</i> -value	
	18%	16%	14%	12%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Initial BW, kg/hen	1.22	1.21	1.29	1.23	0.02	0.299	0.267
Final BW, kg/hen	1.60	1.62	1.79	1.63	0.07	0.667	0.822
BWG <sup>3</sup> , g	0.79	0.80	0.76	0.77	0.31	0.606	0.967
ADFI, g/hen	68.78 <sup>a</sup>	68.47 <sup>ab</sup>	69.89 <sup>a</sup>	67.03 <sup>b</sup>	0.52	0.124	0.031

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ (<sup>a,b</sup> $p < 0.05$ , ANOVA/Tukey test).

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

<sup>3</sup> BWG, Body weight gain.

○ 장기 무게 측정 결과

- 조단백질 수준별 급여가 육성계 장기 무게에 미치는 영향을 표74에 나타내었다. 육성기 6주간 조단백질을 수준별로 급여하였을 때 복강지방에서 유의적인 차이가 났다 (linear effect;  $p = 0.0004$ , quadratic effect;  $p = 0.021$ ). 사료 내 조단백질 수준이 감소할수록 복강지방의 비율이 선형적으로 증가하는 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 저단백질 사료에서 에너지 : 조단백질 비율이 증가하였기 때문으로 판단되었다 (Moran et al., 1992). 복강지방을 제외한 간, 신장, 비장, 소장에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 또한, 번식계통 기관인 난소, 난관에서도 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 난소의 난황 개수도 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 이는 저단백질을 급여하였을 때 육성기의 성 성숙에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

표 74. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 육성기 장기 무게<sup>1</sup> 및 성 성숙에 미치는 영향

Item	Dietary treatment				SEM <sup>2</sup>	p-value	
	18%	16%	14%	12%		L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
Abdominal fat	2.18 <sup>b</sup>	2.20 <sup>b</sup>	2.36 <sup>b</sup>	3.15 <sup>a</sup>	0.13	0.0004	0.021
Liver	1.47	1.58	1.51	1.70	0.09	0.138	0.692
Kidney	0.60	0.59	0.55	0.57	0.03	0.284	0.485
Spleen	0.19	0.19	0.17	0.20	0.02	0.772	0.698
Duodenum	0.32	0.33	0.31	0.33	0.01	0.814	0.896
Jejunum	0.66	0.64	0.72	0.65	0.64	0.732	0.359
Ileum	0.51	0.48	0.49	0.46	0.46	0.080	0.791
B.Fabricius <sup>4</sup>	0.08	0.08	0.06	0.07	0.01	0.289	0.720
Ovary	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.637	0.823
Oviduct	0.08	0.07	0.07	0.07	0.15	0.233	0.332
Large yellow follicles	N.D <sup>5</sup>	1.14	0.42	1.29	0.58	0.235	0.807

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ (<sup>a,b</sup> $p < 0.05$ , ANOVA/Tukey test).

<sup>1</sup> Expressed as grams per 100 g body weight

<sup>2</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>3</sup> L = Linear; Q = quadratic.

<sup>4</sup> Bursa of Fabricius

<sup>5</sup> N.D = Not detected

○ 경골 특성 분석 결과

- 조단백질 수준에 따른 급여가 육성기 경골에 미치는 영향을 표 75에 나타내었다. 경골의 무게는 생체중 대비 경골의 무게를 나타내었다. 경골의 무게, 장경, 단경, 그리고 파각 강도에서 처리간의 유의적인 차이는 없었다 ( $p > 0.05$ ). 이러한 결과는 저단백 사료를 급여했을 때도 경골에 영향을 미치지 않았다는 것을 알 수 있다.

표 75. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 육성기 경골 특성에 미치는 영향

Item	Dietary treatment				SEM <sup>2</sup>	p-value	
	18%	16%	14%	12%		L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
Tibia <sup>1</sup> , g	0.61	0.60	0.63	0.61	0.35	0.740	0.526
Length, cm	8.83	8.92	9.08	8.83	0.83	0.708	0.080
Width, cm	0.91	0.88	0.92	0.89	0.88	0.758	0.990
Strength, kgf	22.99	22.65	22.80	23.27	1.56	0.891	0.814

<sup>1</sup> Expressed as grams 100g body weight

<sup>2</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>3</sup> L = Linear; Q = quadratic.

○ 혈액성상 분석 결과

- 조단백질 수준에 따른 급여가 혈액에 미치는 영향을 표 76에 나타내었다. 총 콜레스테롤에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. GOT, GPT, ALB, LDL, UA는 처리간 통계적 유의차가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 사료 내 단백질 함량이 감소할수록 TG는 선형적으로 증가하였으며 (linear effect;  $p = 0.006$ ) HDL은 선형적으로 감소하였다 (linear effect;  $p = 0.036$ ).

표 76. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 육성기 혈액성상에 미치는 영향

Item	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	18%	16%	14%	12%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
TCHO <sup>3</sup> (mg/dL)	111.75	106.20	109.60	117.00	3.59	0.333	0.128
TG (mg/dL)	13.83 <sup>b</sup>	17.00 <sup>ab</sup>	24.25 <sup>a</sup>	24.00 <sup>a</sup>	2.10	0.006	0.519
GOT (U/L)	163.60	156.80	166.80	158.50	5.37	0.836	0.898
GPT(U/L)	2.00	1.71	1.86	1.83	0.46	0.884	0.798
ALB (g/dL)	1.49	1.41	1.40	1.48	0.05	0.905	0.193
LDL cholesterol	25.73	22.95	36.60	28.20	3.84	0.301	0.560
HDL cholesterol	83.60 <sup>a</sup>	77.80 <sup>ab</sup>	72.71 <sup>ab</sup>	63.75 <sup>b</sup>	5.13	0.036	0.797
TP (g/dL)	4.10	4.06	3.97	4.03	0.13	0.650	0.726
UA (mg/dL)	3.37	3.20	2.75	2.67	0.35	0.131	0.905

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ (<sup>a,b</sup> $p < 0.05$ , ANOVA/Tukey test).

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

<sup>3</sup> TCHO = total cholesterol; TG = triglyceride; GOT = glutamic oxaloacetic transminase; GPT = glutamic pyruvic transminase; ALB = albumin; TP = total protein; UA = uric acid.

○ 회장 용모 분석 결과

- 육성기 사료 내 조단백질의 수준별 첨가가 회장 용모 발달에 미치는 영향을 표 77에 나타내었다. 용모의 길이, 용와 깊이, VH:CD 비율에는 단백질 수준에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 77. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 육성기 회장 용모 발달에 미치는 영향

Item	Protein levels, %				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	18	16	14	12		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Villus height (VH), $\mu\text{m}$	1,056	1,071	1,065	1,058	44	0.990	0.839
Crypt depth (CD), $\mu\text{m}$	160	161	161	162	6	0.824	0.999
VH:CD ratio	7.07	7.04	6.98	7.08	0.31	0.996	0.879

<sup>1</sup>SEM, standard error of means.

<sup>2</sup>L = linear, Q = quadratic

6) 산란초기 연구 결과 (산란초기, 29 ~ 32주)

○ 생산성 결과

- 조단백질 수준에 따른 급여가 산란초기 생산성에 미치는 영향은 표78에 나타내었다. 조단백질을 19%부터 13%까지 2%씩 낮추어 급여하였을 때 개시 및 종료 체중에 유의적인 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 난중은 단백질의 수준에 따라 선형적 및 곡선적으로 유의한 차이가 나타났다 (linear effect;  $p = 0.0002$ , quadratic effect;  $p = 0.030$ ). 산란율과 산란량, 오·파란의 비율에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 또한 산란 개시 일령과 산란 50% 도달 일령에 미치는 영향으로, 고단백질 처리구와 저단백질 처리구를 비교하였을 때, 산란 개시 일령과 산란율 50% 도달일령에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다 ( $p > 0.05$ ).

표78. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란초기 생산성에 미치는 영향

Item	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	19%	17%	15%	13%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Initial BW, kg/hen	1.60	1.62	1.79	1.63	0.07	0.667	0.822
Final BW, kg/hen	1.92	1.94	2.12	1.90	0.07	0.702	0.131
BWG <sup>3</sup> , g	0.57	0.67	0.66	0.62	0.63	0.614	0.296
ADFI, g/hen	98.92	98.46	99.38	99.18	0.93	0.684	0.899
Egg weight, g/egg	57.53 <sup>a</sup>	57.59 <sup>a</sup>	56.72 <sup>a</sup>	54.19 <sup>b</sup>	0.58	0.0002	0.030
Egg production, %	62.19	68.76	70.85	67.86	13.06	0.747	0.717
Egg mass, g/d	44.16	42.42	48.11	46.03	2.62	0.340	0.950
FCR <sup>4</sup> , g/g	2.53	2.44	2.43	2.48	0.05	0.600	0.284
Soft and broken eggs, %	0.65	0.94	1.55	1.30	0.31	0.133	0.426
Age of egg production							
First of egg production, day	140.70	139.90	140.20	142.50	2.15	0.558	0.476
50% of egg production, day	157.30	152.30	151.90	151.90	2.53	0.151	0.330

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

<sup>3</sup> BWG, Body weight gain.

<sup>4</sup> FCR, Feed conversion ratio

○ 계란 품질 분석 결과

- 조단백질 수준에 따른 급여가 계란 품질에 미치는 영향을 표79에 나타내었다. 난백 높기와 Haugh unit은 22주령에서 유의차가 없었지만, 26주령에서는 사료 내 단백질 수준이 낮아질수록 선형적으로 증가하였다 (Linear effect;  $p < 0.05$ ). 난각강도, 난각두께, 난각색은 사료 내 조단백질 수준에 따른 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 하지만, 난황색은 사료 내 조단백질 함량이 감소할수록 감소하는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p < 0.001$ ). 이러한 결과는 저단백 사료에서 xanthophyll 함량이 높은 옥수수글루텐 (corn gluten meal)의 함량이 감소하였기 때문이다.

표79. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란초기 계란품질에 미치는 영향

Item	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	19%	17%	15%	13%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Albumen height, mm							
22 week	7.64	8.30	7.74	8.67	0.41	0.182	0.746
26 week	8.16 <sup>b</sup>	8.23 <sup>b</sup>	8.56 <sup>ab</sup>	8.80 <sup>a</sup>	0.14	0.0017	0.554
Yolk color, RCF <sup>3</sup>							
22 week	6.19 <sup>a</sup>	5.76 <sup>b</sup>	5.31 <sup>c</sup>	4.91 <sup>d</sup>	0.08	< 0.001	0.872
26 week	5.64 <sup>a</sup>	5.50 <sup>a</sup>	5.30 <sup>b</sup>	4.39 <sup>c</sup>	0.05	< 0.001	< 0.001
Haugh unit							
22 week	87.22	90.78	87.38	93.59	2.26	0.141	0.566
26 week	90.06 <sup>b</sup>	90.30 <sup>b</sup>	91.71 <sup>b</sup>	95.23 <sup>a</sup>	0.75	< 0.001	0.057
Eggshell strength, kgf							
22 week	5.35	5.23	4.81	5.14	0.21	0.291	0.303
26 week	5.35	5.23	5.00	5.39	0.23	0.910	0.287
Eggshell thickness, mm							
22 week	0.38	0.37	0.39	0.40	0.009	0.247	0.306
26 week	0.41	0.38	0.38	0.39	0.009	0.378	0.053
Eggshell color <sup>4</sup>							
22 week	25.07	25.84	25.25	25.62	0.61	0.711	0.762
26 week	23.16	22.89	24.21	23.97	0.47	0.100	0.977

<sup>a,b,c,d</sup> Means within a row without a common superscript letter differ (<sup>a,b,c,d</sup> $P < 0.05$ , ANOVA/Tukey test).

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

<sup>3</sup> RCF, Roche yolk color fan

<sup>4</sup> Eggshell color fan

○ 산란초기 주별 산란율

- 산란율은 Hy-Line Brown(2019)에서 제시하는 평균 산란율과 조단백질 처리구별로 함께 제시하였다. Hy-Line Brown에서 제시하는 평균 산란율보다 모든 조단백질 처리구가 다소 낮은 산란율을 나타내었지만, 주령이 증가할수록 산란율이 증가하여, 23주령에는 산란피크에 도달하며 정상적인 산란율 곡선을 나타내었다(그림 9).

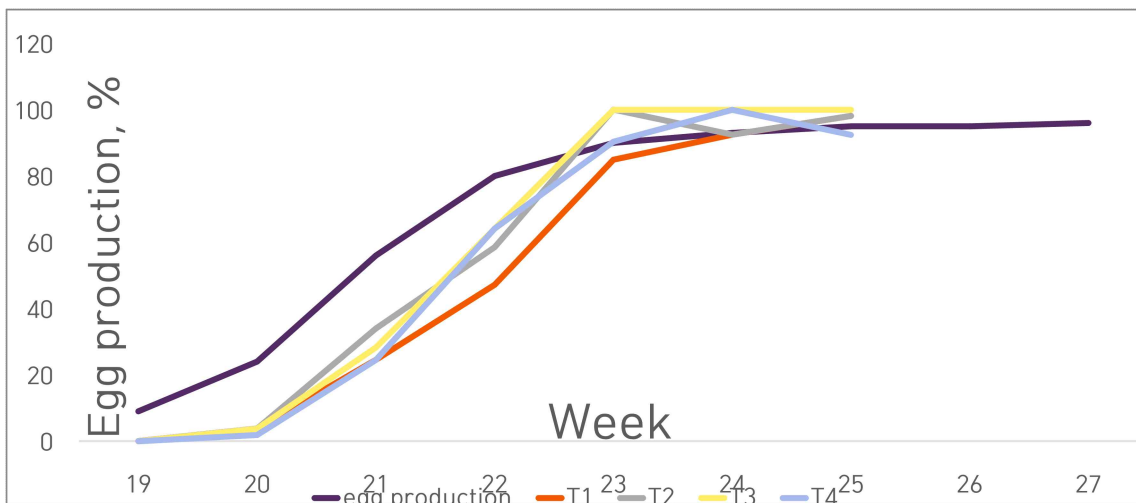


그림 9. 조단백질 처리구별 산란초기 산란율

7) 산란중기 연구 결과 (산란중기 33 ~ 45주)

○ 산란중기(33 ~ 45주령) 생산성

- 조단백질의 수준별 첨가가 생산성에 미치는 영향을 표80에 나타내었다. 산란 중기 동안 증체량과 사료 섭취량에 통계적으로 처리 간 유의차가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 하지만 산란 생산성에서 난중은 저단백질 처리로 갈수록 선형적으로 낮아지는 결과가 나타났고 (linear effect;  $p < 0.001$ ). 산란율은 직선적 및 곡선적으로 낮아지는 결과가 나타났다 (linear effect;  $p < 0.001$ , quadratic effect;  $p = 0.040$ ). 또한, 난중과 산란율이 낮아짐과 동시에 사료요구량 또한 직선적 및 곡선적으로 증가하였다 (linear effect;  $p < 0.001$ , quadratic effect;  $p = 0.002$ ).

표 80. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란중기 생산성에 미치는 영향

Item	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	18.5%	16.5%	14.5%	12.5%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Growth performance							
Initial body weight, kg/hen	1.92	1.94	2.12	1.90	0.07	0.702	0.131
Final body weight, kg/hen	1.98	2.05	2.05	2.00	0.04	0.800	0.167
Body weight gain, kg/hen	0.10	0.15	0.08	0.13	0.02	0.815	0.961
ADFI <sup>3</sup> , g/hen/d	119	121	120	121	0.03	0.551	0.452
Egg performance							
Egg weight, g	64.2	63.2	62.4	60.3	0.5	< 0.001	0.331
Egg production, %	90.6	91.3	89.2	84.3	1.4	0.002	0.048
Egg mass, g/day	57.46	57.74	55.83	51.78	1.05	< 0.001	0.040
Feed conversion ratio, g/g	1.91	1.93	2.01	2.23	0.03	< 0.001	0.002
Soft and broken egg, %	0.67	0.67	0.52	0.94	0.11	0.193	0.051

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

<sup>3</sup> ADFI, Average daily feed intake.

○ 계란 품질 분석 결과

- 산란중기에 사료 내 조단백질 수준에 따른 계란 품질 평가를 표 81에 나타내었다. 계란 품질 평가는 36, 40, 44주령에 진행하였다. 40주령에서 난각두께가 사료 내 조단백질 함량이 증가할수록 직선적으로 증가하였다 (linear effect;  $p = 0.001$ ). 또한, 난황색은 사료 내 조단백질 함량이 감소할수록 직선적으로 감소하는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p < 0.001$ ). 이러한 결과는 저단백 사료에서 xanthophyll 함량이 높은 옥수수글루텐 (corn gluten meal)의 함량이 감소와 관련하였기 때문이다.



표 81. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란중기 계란 품질에 미치는 영향

Item	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	18.5%	16.5%	14.5%	12.5%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Eggshell thickness, mm							
36 weeks	0.41	0.41	0.41	0.42	0.004	0.826	0.203
40 weeks	0.43	0.42	0.40	0.40	0.006	0.001	0.240
44 weeks	0.41	0.39	0.40	0.40	0.005	0.876	0.033
Eggshell strength, kgf							
36 weeks	5.01	4.98	4.98	4.98	0.12	0.864	0.908
40 weeks	5.46	5.41	5.32	5.28	0.18	0.442	0.972
44 weeks	5.52	5.46	5.47	5.60	0.11	0.612	0.418
Eggshell color, unit							
36 weeks	28.8	29.0	29.1	29.0	0.7	0.881	0.822
40 weeks	27.8	27.4	26.5	25.5	0.9	0.059	0.705
44 weeks	25.3	24.8	24.8	25.3	0.8	0.965	0.496
Haugh unit							
36 weeks	95.2	95.3	95.0	95.4	0.7	0.950	0.850
40 weeks	92.0	92.5	91.6	93.1	1.0	0.609	0.581
44 weeks	93.7	92.9	94.1	95.3	0.7	0.092	0.228
Yolk color							
36 weeks	8.16	8.16	7.69	7.69	0.07	< 0.001	0.987
40 weeks	8.53	8.41	8.35	8.32	0.08	< 0.001	< 0.001
44 weeks	8.63	8.58	8.31	8.42	0.09	0.028	0.364
Yolk corticosterone, pg/g							
36 weeks	69.7	64.7	66.3	65.2	5.1	0.622	0.753
40 weeks	55.6	55.4	65.2	59.8	4.9	0.343	0.625
44 weeks	162	162	163	154	14	0.740	0.764

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

8) 산란후기 연구결과 (산란후기 46 ~ 55주)

○ 생산성 결과

- 조단백질의 수준별 첨가가 생산성에 미치는 영향을 표82에 나타내었다. 산란 중기와 비교하였을 때 난중이 개선되었지만, 산란율이 급격하게 저하된 것을 볼 수 있다. 또한, 저단백질 처리로 갈수록 난중이 직선적 및 곡선적으로 감소하였다 (linear effect;  $p < 0.001$ , quadratic effect;  $p < 0.003$ ). 산란율이 감소함과 동시에 사료 요구율도 직선적 및 곡선적으로 증가하였다 (linear effect;  $p < 0.001$ , quadratic effect;  $p = 0.001$ ).

표 82. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란후기 생산성에 미치는 영향

Item	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	18%	16%	14%	12%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Growth performance							
Initial body weight, kg/hen	1.98	2.05	2.05	2.00	0.04	0.800	0.167
Final body weight, kg/hen	1.94	1.97	1.97	1.85	0.05	0.252	0.159
Body weight gain, kg/hen	- 0.04	- 0.08	- 0.08	- 0.15	0.03	0.042	0.690
ADFI <sup>3</sup> , g/hen/d	119	118	115	116	4	0.524	0.828
Egg performance							
Egg weight, g	62.8	63.8	62.9	62.2	0.7	0.428	0.255
Egg production, %	98.91	98.66	97.98	84.50	2.11	<0.001	0.003
Egg mass, g/day	63.50	62.35	61.14	50.95	1.31	<0.001	0.002
Feed conversion ratio, g/g	1.89	1.92	1.96	2.37	0.05	<0.001	0.001
Soft and broken egg, %	0.56	0.45	0.43	0.75	0.08	0.105	0.131

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

<sup>3</sup> ADFI, Average daily feed intake.

○ 계란 품질 분석 결과

- 산란후기에 사료 내 조단백질 수준에 따른 계란 품질 평가를 표 83에 나타내었다. 계란 품질 평가는 48, 50주령에 진행하였다. 48, 52주령에서 난각두께가 저단백질 처리로 갈수록 직선적으로 증가하였고 (linear effect;  $p < 0.001$ ), 난각 강도는 48주령에 직선적으로 증가하였으며 (linear effect;  $p < 0.027$ ), 난각색과 호우유닛 그리고 난황 내 코르티코스테론은 52주령에서 직선적으로 증가하였다 (linear effect;  $p < 0.001$ ). 사료 내 저단백질 함량이 증가할수록 난황색이 증가한 것은 산란중기와 동일하게 xanthophyll 함량이 높은 옥수수글루텐 (corn gluten meal)이 난황색을 증가시켰기 때문이다.

표 83. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란후기 계란품질에 미치는 영향

Item	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	<i>p</i> -value	
	18%	16%	14%	12%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Eggshell thickness, mm							
48 weeks	0.37	0.40	0.40	0.40	0.01	< 0.001	0.128
52 weeks	0.37	0.38	0.39	0.41	0.01	< 0.001	0.452
Eggshell strength, kgf							
48 weeks	4.91	5.00	5.18	5.35	0.15	0.027	0.778
52 weeks	4.86	4.76	4.58	4.87	0.13	0.430	0.674
Eggshell color, unit							
48 weeks	27.5	29.9	27.1	27.0	1.0	0.308	0.203
52 weeks	22.2	24.4	25.1	25.0	0.8	0.015	0.180
Haugh unit							
48 weeks	89.1	90.4	90.7	92.1	1.0	0.060	0.958
52 weeks	86.3	87.7	87.0	90.2	1.2	0.040	0.459
Yolk color							
48 weeks	8.59	8.26	7.60	7.04	0.08	< 0.001	0.085
52 weeks	8.59	8.24	7.42	6.96	0.09	< 0.001	0.573
Yolk corticosterone, pg/g							
48 weeks	73.7	101	51.6	94.4	17	0.872	0.658
52 weeks	165	232	226	279	15	< 0.001	0.641

1 SEM, standard errors of the means.

2 L = Linear; Q = quadratic.

9) 산란말기 연구결과 (산란말기 56 ~ 64주)

○ 생산성 결과

- 조단백질의 수준별 첨가가 생산성에 미치는 영향을 표84에 나타내었다. 산란 말기동안 사료섭취량에서 통계적으로 처리 간 유의차가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 산란 후기와 비교하였을 때 사료 내 단백질 첨가가 증가하면서 생체중이 감소하는 통계적인 유의차가 나타났다 (quadratic effect;  $p = 0.049$ ). 산란 후기와 비교하였을 때 전반적으로 산란율이 저하되었고, 저단백질 처리일수록 난중이 직선적으로 감소되었다 (linear effect;  $p = 0.033$ ). 이에 사료요구율도 직선적 및 곡선적으로 증가하는 결과가 나타났다 (linear effect;  $p < 0.001$ , quadratic effect;  $p < 0.001$ ).

표 84. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란말기 생산성에 미치는 영향

Item	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	17%	15%	13%	11%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Growth performance							
Initial body weight, kg/hen	1.94	1.97	1.97	1.85	0.05	0.252	0.159
Final body weight, kg/hen	1.88	1.97	1.96	1.85	0.05	0.647	0.049
Body weight gain, kg/hen	-0.06	-	-0.02	-	0.05	0.647	0.049
ADFI <sup>3</sup> , g/hen/d	120	121	117	115	3	0.783	0.144
Egg performance							
Egg weight, g	61.27	59.66	59.37	59.14	0.67	0.033	0.314
Egg production, %	93.42	95.27	92.61	84.69	1.52	<0.001	0.003
Egg mass, g/day	57.28	57.85	55.26	49.44	0.91	<0.001	0.001
Feed conversion ratio, g/g	2.10	2.03	2.12	2.34	0.04	<0.001	<0.001
Soft and broken egg, %	0.44	0.34	0.32	0.44	0.15	0.894	0.153

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

<sup>3</sup> ADFI, Average daily feed intake.

○ 계란 품질 분석 결과

- 산란 말기에 사료 내 조단백질 수준에 따른 계란 품질 평가를 표 85에 나타내었다. 계란 품질 평가는 56, 60, 64주령에 진행하였다. 60주령에서 난각두께가 저단백질 처리로 갈수록 직선적으로 증가하였고 (linear effect;  $p = 0.020$ ), 난각 강도는 56주령에 직선적으로 증가하였다 (linear effect;  $p < 0.020$ ). 호우유닛은 56, 60, 64주령에서 사료 내 조단백질 함량이 감소하면서 직선적으로 증가하는 결과가 나타났으며 (linear effect;  $p < 0.05$ ), 난황색은 사료 내 조단백질 함량이 감소하면서 감소되는 결과가 나타났다 (linear effect;  $p < 0.001$ ). 이러한 결과는 저단백질 수준에 의한 결과라기보다는 저단백 사료에서 xanthophyll 함량이 높은 옥수수글루텐 (corn gluten meal)의 함량이 감소하였기 때문이다.

표 85. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란말기 계란품질에 미치는 영향

Item	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	17%	15%	13%	11%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Eggshell thickness, mm							
56 weeks	0.39	0.39	0.40	0.39	0.01	0.823	0.906
60 weeks	0.38	0.38	0.39	0.40	0.005	0.020	0.240
64 weeks	0.39	0.38	0.38	0.39	0.01	0.957	0.478
Eggshell strength, kgf							
56 weeks	4.74	4.80	4.86	5.23	0.14	0.020	0.281
60 weeks	4.42	4.37	4.55	4.57	0.14	0.333	0.812
64 weeks	4.30	4.09	4.33	4.65	0.18	0.118	0.145
Eggshell color, unit							
56 weeks							
60 weeks	26.4	28.6	25.7	26.5	0.8	0.452	0.358
64 weeks	23.8	24.1	24.0	23.5	0.7	0.710	0.558
Haugh unit							
56 weeks	88.8	90.2	90.8	91.7	0.9	0.019	0.750
60 weeks	86.8	88.3	87.1	90.6	1.0	0.034	0.314
64 weeks	83.2	84.2	84.4	86.3	0.9	0.024	0.625
Yolk color							
56 weeks	7.94	7.71	6.73	6.12	0.09	<0.001	0.054
60 weeks	8.15	7.68	6.74	5.85	0.11	<0.001	0.057
64 weeks	7.44	7.08	6.08	5.62	0.13	<0.001	0.686
Yolk corticosterone, pg/g							
56 weeks	84.8	98.5	95.0	91.4	12.9	0.928	0.105
60 weeks	82.4	110.5	112.2	108.5	17.5	0.455	0.685
64 weeks	92.8	99.9	85.7	80.4	14.8	0.858	0.778

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

○ 체표면 온도 측정 결과

- 사료 내 조단백질 수준 급여에 따른 체표면 온도를 표86에 나타내었다. 머리, 가슴, 다리 총 3 부위를 측정하였는데, 가슴 부위에서 저단백질 처리일수록 수치적으로 온도가 증가하는 경향을 나타내었다 (linear effect;  $p = 0.115$ ).

표 86. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란말기 체표면 온도에 미치는 영향

Item, °C	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	17%	15%	13%	11%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Head	38.16	37.96	38.20	38.27	0.27	0.636	0.616
Chest	37.37	37.65	38.05	38.15	0.38	0.115	0.823
Leg	38.25	38.36	38.39	38.25	0.27	0.981	0.649

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

○ 장기 무게 측정 결과

- 조단백질 수준별 급여가 산란말기 장기 무게에 미치는 영향을 87에 나타내었다. 52주 동안 조단백질을 수준별로 급여하였을 때 육성기와 비슷하게 저단백질 처리일수록 복강지방이 수치적으로 높아지는 결과가 나타났다 (linear effect;  $p = 0.112$ ). 사료 내 조단백질 수준이 감소할수록 복강지방의 비율이 증가하는 것으로 조사되었다. 이러한 결과는 저단백질 사료에서 에너지 : 조단백질 비율이 증가하였기 때문으로 판단되었다 (Moran et al., 1992). 복강지방을 제외한 간, 신장, 비장, 소장에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다 ( $p > 0.01$ ). 하지만 번식계통 기관인 난소의 무게에서 저단백질 사료를 섭취한 처리구에서 곡선적으로 감소하였으며 (quadratic effect;  $p = 0.037$ ), 난관에서는

직선적으로 감소하였다 (linear effect;  $p = 0.047$ ). 난소의 황색난포는 통계적인 유의차가 나타나지 않았지만, 저단백 처리로 갈수록 낮아지는 경향을 나타내었다. 나노와 난관의 무게가 감소한 것은 52주동안 저단백질을 급여하였을 때 산란계의 번식계통에 영향을 미친 것으로 사료된다.

표 87. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란말기 장기 무게<sup>1</sup> 및 성 성숙에 미치는 영향

Item	Dietary treatment				SEM <sup>2</sup>	p-value	
	17%	15%	13%	11%		L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
Abdominal fat	2.91	3.08	3.64	3.81	0.44	0.112	0.998
Liver	1.79	2.00	2.13	1.95	0.10	0.185	0.059
Kidney	0.80	0.76	0.78	0.78	0.02	0.795	0.402
Spleen	0.11	0.12	0.10	0.10	0.02	0.461	0.653
Duodenum	0.37	0.34	0.42	0.41	0.03	0.179	0.807
Jejunum	0.48	0.50	0.55	0.51	0.05	0.493	0.585
Ileum	0.43	0.42	0.46	0.36	0.06	0.486	0.466
B.Fabricius <sup>4</sup>	0.08	0.07	0.05	0.06	0.03	0.641	0.762
Ovary	0.32	0.26	0.24	0.30	0.03	0.412	0.037
Oviduct	3.71	3.52	3.23	3.16	0.21	0.047	0.776
Large yellow follicles	4.71	4.57	4.71	4.00	0.27	0.115	0.307

<sup>1</sup> Expressed as grams per 100 g body weight

<sup>2</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>3</sup> L = Linear; Q = quadratic.

<sup>4</sup> Bursa of Fabricius

<sup>5</sup> N.D = Not detected

○ 경골 특성 분석 결과

- 조단백질 수준에 따른 급여가 산란말기 경골에 미치는 영향을 표 88에 나타내었다. 경골의 무게는 생체중 대비 경골의 무게를 측정하였다. 경골의 무게, 장경, 단경, 그리고 파각 강도에서 처리간의 유의적인 차이는 없었다 ( $p > 0.05$ ). 이러한 결과는 저단백질 사료로 급여했을 때도 경골에 부정적 영향을 미치지 않는다는 것으로 사료된다.

표 88. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란말기 경골<sup>1</sup>에 미치는 영향

Item	Dietary treatment				SEM <sup>2</sup>	p-value	
	17%	15%	13%	11%		L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
Fresh weight, g	0.71	0.67	0.64	0.67	0.02	0.196	0.150
Length, cm	12.2	12.1	12.3	12.2	0.1	0.907	0.998
Width, cm	0.76	0.75	0.74	0.73	0.01	0.213	0.948
Strength, kgf	14.5	16.8	13.2	16.8	1.2	0.548	0.566

<sup>1</sup> Expressed as grams 100g body weight

<sup>2</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>3</sup> L = Linear; Q = quadratic.

○ 혈액성상 분석 결과

- 조단백질 수준에 따른 급여가 혈액에 미치는 영향을 표89에 나타내었다. 총콜레스테롤에서 통계적인 유의차는 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). GOT, GPT, ALB는 처리 간 통계적 유의차가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 사료 내 단백질 함량이 감소할수록 HDL cholesterol은 직선 및 곡선적으로 증가하였고 (linear effect;  $p = 0.012$ , quadratic effect;  $p = 0.047$ ), UA는 직선적으로 감소하였다 (linear effect;  $p = 0.021$ ).

표 89. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란말기 혈액성상에 미치는 영향

Item	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	17%	15%	13%	11%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
TCHO <sup>3</sup> (mg/dL)	63.1	60.4	65.0	68.0	5.8	0.475	0.655
TG (mg/dL)	422	343	357	307	78	0.369	0.868
GOT (U/L)	203	356	226	144	64	0.296	0.080
GPT(U/L)	29.7	28.7	26.9	26.7	1.6	0.137	0.788
ALB (g/dL)	0.17	0.20	0.33	0.16	0.05	0.707	0.059
HDL cholesterol	18.6	16.3	19.6	23.4	1.5	0.012	0.047
TP (g/dL)	4.07	3.90	3.73	3.63	0.26	0.209	0.891
UA (mg/dL)	2.61	2.56	1.96	1.10	0.47	0.021	0.398

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

<sup>3</sup> TCHO = total cholesterol; TG = triglyceride; GOT = glutamic oxaloacetic transminase; GPT = glutamic pyruvic transminase; ALB = albumin; TP = total protein; UA = uric acid.

○ 산란기 전체 주별 산란율

- 산란율은 Hy-Line Brown (2019)에서 제시하는 평균 산란율과 조단백질 처리구별로 함께 제시하였다. 산란초기에는 Hy-Line Brown에서 제시하는 평균 산란율보다 모든 조단백질 처리구가 다소 낮은 산란율을 나타내었지만, 주령이 증가할수록 산란율이 증가하여, 23주령에는 산란피크에 도달하며 정상적인 산란율 곡선을 나타내었다 (그림 10). 38주에는 큰 한파가 오면서 산란율이 저하되었지만 39주부터 올라가며 정상적인 산란율 곡선을 나타내었다. 그림10에서도 알 수 있듯이 전반적으로 저단백 처리가 다른 처리에 비해서 산란율이 낮은 것으로 나타났다.

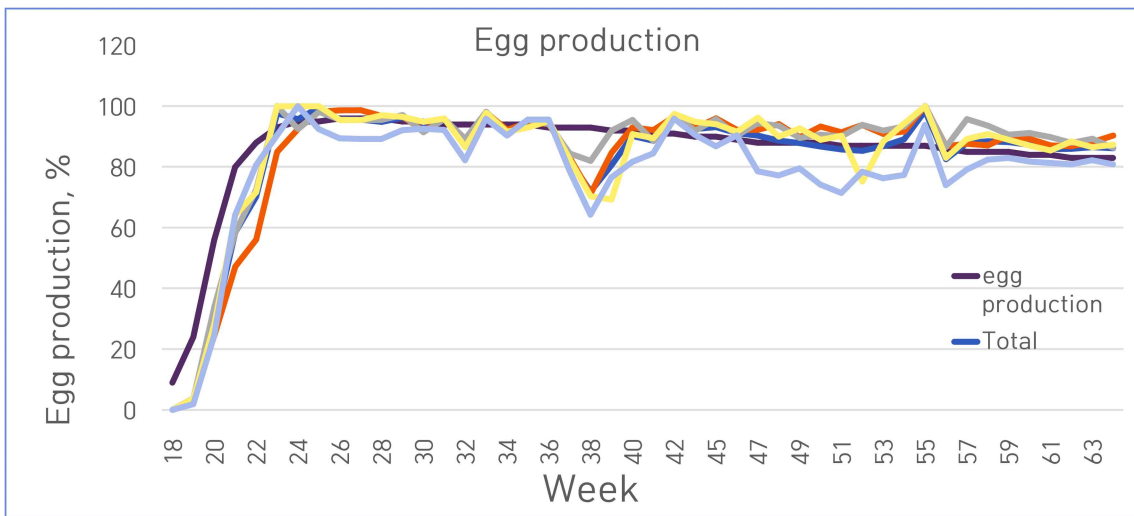


그림 10. 산란기 주별 산란율 (18-64주령)

○ 실험 2. 산란계 육성 및 산란 사료 내 조단백질의 수준이 영양소 소화율에 미치는 영향

1) 연구목표

- 산란계 육성 및 산란 사료 내 조단백질의 함량수준에 따른 영양소 이용성을 검증하고 사료 내 조단백질 적정 수준을 제시

2) 연구방법

a) 공시동물:

- 갈색 산란계 17주령 육성계 56수 (4처리 7반복 2수/반복)를 공시 (육성기)
- 갈색 산란계 31주령 산란계 56수 (4처리 7반복 2수/반복)를 공시 (산란초기)
- 갈색 산란계 44주령 산란계 56수 (4처리 7반복 2수/반복)를 공시 (산란중기)
- 갈색 산란계 54주령 산란계 56수 (4처리 7반복 2수/반복)를 공시 (산란후기)
- 갈색 산란계 63주령 산란계 56수 (4처리 7반복 2수/반복)를 공시 (산란말기)

b) 실험 장소

- 충주 건국대학교 실습농장 산란계사

c) 실험사료 및 사양관리

- 대사케이지에 육성계 및 산란계를 2수씩 수용한 후, 사육시설과 사료에 적용할 수 있도록 4일간 예비실험 기간을 갖는다.
- 사료 및 물 급여는 무제한 급여하는 것으로 한다.
- 본 실험은 3일 동안 실시하며, 기간동안의 사료 섭취량과 분의 양을 기록한다.
- 전분을 1일 4회에 걸쳐 채취하여 냉동 보관한다.
- 실험에 사용한 사료, 전분은 냉동보관 후 일반성분을 분석하여 영양소 소화율을 계산한다.

3) 조사항목

- 영양소 소화율: 건물 소화율, 질소 소화율 등 (전분채취법)
- 분뇨·악취 발생량: 분뇨량, 암모니아, 황화수소, 휘발성지방산 등 악취물질 배출량 조사
- 산란계 육성 및 산란기 분 발생량 조사

4) 샘플채취

- 악취측정: 각 사육기간 종료 일주일 전, 처리구 당 7반복, 반복당 2수를 대사케이지로 옮겨 3일간 적응 기간을 거친 후, 72시간 동안 사료섭취량 및 전분을 채취하였다. 또한, 적응 기간 중 얻은 분 중 150g을 샘플링하여 Gas Tec 기기를 사용해 암모니아, 황화수소 등 분변 내 악취측정을 수행하였다.





챔버, 전분채취



악취 측정

5) 육성기 연구 결과 (육성기, 13 ~ 18주)

○ 영양소 소화율 분석 결과

- 산란계의 육성기 소화율은 표90에 나타내었다. 건물 소화율은 사료 내 조단백 함량이 감소할수록 선형적으로 증가하였으며 (linear effect;  $p = 0.002$ ) 사료 내 조단백질 함량이 감소할수록 선형적 및 곡선적으로 증가하였으며, 조지방의 소화율은 저단백 처리구로 갈수록 선형적 및 곡선적으로 증가하는 경향이 나타났다. (linear effect;  $p < 0.001$ , quadratic effect;  $p = 0.032$ ).

표 90. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란계 육성기 영양소 소화율에 미치는 영향

Item, %	Protein levels <sup>1</sup> , %				SEM <sup>2</sup>	p-value	
	18/19	16/17	14/15	12/13		L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
Dry matter	70.7	73.1	76.1	75.6	1.1	0.002	0.199
Crude protein	49.2	53.7	58.0	57.0	4.6	0.191	0.553
Ether extracts	79.6	87.3	94.5	94.8	1.4	< 0.001	0.032
Crude ash	13.3	13.6	17.9	16.2	1.1	0.081	0.990

<sup>1</sup>Values which placed at the before and after the slash represent the protein levels in phase 1 and 2, respectively.

<sup>2</sup>SEM, standard error of means.

<sup>3</sup>L = linear, Q = quadratic.

○ 악취 측정 결과

- 산란계의 육성기 악취측정 결과는 표91에 나타내었다. 암모니아, 황화수소, 트라이메틸 아민의 발생량은 처리구간 유의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 이산화탄소의 발생량은 단백질 수준이 감소됨에 따라 선형적으로 감소하였다 (linear effect;  $p = 0.008$ ).

표 91. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란계 육성기 악취 배출에 미치는 영향

Item	Protein levels <sup>1</sup> , %				SEM <sup>2</sup>	p-value	
	18/19	16/17	14/15	12/13		L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
Carbon dioxide	970	930	700	620	95	0.008	0.836
Ammonia	16.3	15.3	21.0	20.3	2.1	0.142	0.967
Hydrogen sulfide	ND	ND	0.14	ND	-	-	-
Trimethylamine	27.6	47.2	36.0	35.6	6.5	0.668	0.146

Abbreviation: ND, not detected.

<sup>1</sup>Values which placed at the before and after the slash represent the protein levels in phase 1 and 2, respectively.

<sup>2</sup>SEM = standard error of means.

<sup>3</sup>L = linear, Q = quadratic.

○ VFA 측정 결과

- 산란계의 육성기 휘발성 지방산의 발생량은 표 92에 나타내었다. Acetate, Propionate, Butyrate, Total VFA의 발생량 모두 유의한 차이를 나타내지 않았지만 ( $p > 0.05$ ), Propionate의 발생량에서 처리구간의 곡선적으로 증가하는 경향이 나타났다 (quadratic effect;  $p = 0.054$ ).

표 92. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란계 육성기 VFA에 미치는 영향

Item	Protein levels <sup>1</sup> , %				SEM <sup>2</sup>	p-value	
	18/19	16/17	14/15	12/13		L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
Acetate	25.5	25.4	24.5	25.6	1.1	0.931	0.580
Propionate	2.12	1.68	1.80	2.32	0.24	0.474	0.054
Butyrate	2.10	2.81	2.62	1.86	0.60	0.739	0.236
Total VFA	29.7	29.8	28.9	29.8	1.4	0.324	0.779

Abbreviation: VFA, volatile fatty acid.

<sup>1</sup>Values which placed at the before and after the slash represent the protein levels in phase 1 and 2, respectively.

<sup>2</sup>SEM = standard error of means.

<sup>3</sup>L = linear, Q = quadratic.

5) 산란초기 연구 결과 (산란초기, 29 ~ 32주)

○ 영양소 소화율 분석 결과

- 산란계의 산란 초기 소화율은 표93에 나타내었다. 건물, 조단백질, 조지방의 소화율은 모두 단백질의 수준이 떨어짐에 따라 선형적으로 증가하였다 (linear effect;  $p < 0.001$ ). 그러나 조회분의 소화율은 사료 내 조단백질 함량이 감소할수록 선형적으로 감소하였다 (linear effect;  $p < 0.001$ ).

표 93. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란계 산란초기 영양소 소화율에 미치는 영향

Item, %	Protein levels <sup>1</sup> , %				SEM <sup>2</sup>	p-value	
	18/19	16/17	14/15	12/13		L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
Dry matter	71.1	71.6	74.9	76.5	0.9	< 0.001	0.526
Crude protein	48.8	44.7	57.2	58.8	2.0	< 0.001	0.183
Ether extracts	89.7	93.5	95.3	96.1	1.0	< 0.001	0.133
Crude ash	39.4	23.9	31.0	27.0	2.6	< 0.001	0.186

<sup>1</sup>Values which placed at the before and after the slash represent the protein levels in phase 1 and 2, respectively.

<sup>2</sup>SEM, standard error of means.

<sup>3</sup>L = linear, Q = quadratic.

○ 약취 측정 결과

- 산란계의 산란 초기 약취 발생량은 표94에 나타내었다. 약취 측정 결과 황화수소의 발생은 확인하지 못하였다. 그리고 이산화탄소, 암모니아, 트라이메틸 아민의 발생량은 유의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 94. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란계 산란초기 약취 배출에 미치는 영향

Item	Protein levels <sup>1</sup> , %				SEM <sup>2</sup>	p-value	
	18/19	16/17	14/15	12/13		L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
Carbon dioxide	364	336	323	316	27	0.244	0.711
Ammonia	4.67	3.40	5.30	3.50	0.68	0.677	0.731
Hydrogen sulfide	ND	ND	ND	ND	-	-	-
Trimethylamine	9.50	7.75	8.75	5.75	2.80	0.430	0.827

Abbreviation: ND, not detected.

<sup>1</sup>Values which placed at the before and after the slash represent the protein levels in phase 1 and 2, respectively.

<sup>2</sup>SEM = standard error of means.

<sup>3</sup>L = linear, Q = quadratic.

○ VFA 측정 결과

- 산란계의 산란 초기 휘발성 지방산의 발생량은 표95에 나타내었다. Acetate, Propionate, Butyrate, Total VFA 모두 유의한 차이를 나타내지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 95. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란계 산란초기 VFA에 미치는 영향

Item	Protein levels <sup>1</sup> , %				SEM <sup>2</sup>	p-value	
	18/19	16/17	14/15	12/13		L <sup>3</sup>	Q <sup>3</sup>
Acetate	29.0	27.4	32.6	28.8	2.51	0.681	0.658
Propionate	1.80	1.55	1.79	1.11	0.39	0.305	0.580
Butyrate	1.48	0.72	1.36	1.24	0.20	0.930	0.138
Total VFA	32.3	29.7	35.8	31.0	2.7	0.852	0.678

Abbreviation: VFA, volatile fatty acid.

<sup>1</sup>Values which placed at the before and after the slash represent the protein levels in phase 1 and 2, respectively.

<sup>2</sup>SEM = standard error of means.

<sup>3</sup>L = linear, Q = quadratic.

6) 산란중기 연구 결과 (산란중기 33 ~ 45주)

○ 영양소 소화율 분석 결과

- 소화율은 dry matter, crude protein, ether extract, ash를 측정하였다. 산란중기 소화율은 표96에 나타내었다. 저단백질 처리로 갈수록 건물과 조단백질의 소화율이 직선적으로 증가하였다 (linear effect;  $p < 0.05$ ). 그러나 조지방과 조회분의 소화율은 사료 내 조단백질 함량이 감소할수록 합성 아미노산은 소화율을 높이는 것으로 알려져 있다 (Chung and Baker., 1992). 이에 저단백 처리일수록 합성 아미노산의 첨가가 많아지므로 건물과 조단백질의 소화율이 증가한 것으로 사료된다.

표 96. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란계 산란중기 영양소 소화율에 미치는 영향

Item, %	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	18.5%	16.5%	14.5%	12.5%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
ADFI, g/hen/d	116.6	117.9	124.1	127.7	4.1	0.073	0.798
Total excretion, g/hen/d	91.28	91.84	93.49	95.83	7.50	0.669	0.911
Dry matter	71.10	71.20	73.56	73.05	0.71	0.016	0.658
Crude protein	32.92	35.55	41.05	42.12	1.70	< 0.001	0.686
Ether extract	89.82	89.42	89.61	85.56	0.90	0.008	0.085
Ash	32.19	29.43	27.33	21.37	2.00	0.001	0.431

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

<sup>3</sup> ADFI, Average daily feed intake.

○ 악취 측정 결과

- 사료 내 조단백질 수준 급여에 따른 악취 발생량을 표97에 나타내었다. 이산화탄소, 암모니아, 황화수소, 트라이메틸아민 함량은 처리 간 유의차가 발견되지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 97. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란계 산란중기 악취발생량에 미치는 영향

Item, ppm	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	18.5%	16.5%	14.5%	12.5%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Carbon dioxide	266	289	318	289	18	0.251	0.177
Ammonia	3.20	3.00	2.67	2.00	0.53	0.155	0.717
Hydrogen sulfide	0.15	0.20	0.22	0.16	0.04	0.670	0.355
Trimethylamine	0.70	0.50	0.65	0.20	0.16	0.134	0.541

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

○ VFA 측정 결과

- 조단백질 수준별 급여가 산란중기 분변 내 VFA에 미치는 영향을 표98에 나타내었다. 분변 내 VFA에서 어떠한 유의차도 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 98. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란계 산란중기 VFA에 미치는 영향

Item, mM	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	18.5%	16.5%	14.5%	12.5%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Acetate	13.57	12.86	14.31	15.35	1.08	0.172	0.424
Propionate	1.87	2.45	1.58	2.53	0.29	0.402	0.524
Butyrate	2.02	1.85	2.29	1.83	0.33	0.944	0.675
Total VFA	18.08	18.55	19.55	20.48	1.10	0.107	0.837

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

7) 산란후기 연구결과 (산란후기 46 ~ 55주)

○ 영양소 소화율 분석 결과

- 산란후기 소화율은 표99에 나타내었다. 저단백질 처리로 갈수록 dry matter, ash의 소화율은 직선적으로 증가하였다 (linear effect;  $p < 0.05$ ). 또한, crude protein의 소화율이 단백질의 수준이 감소됨에 따라 증가하는 경향을 나타내었다 (linear effect;  $p = 0.053$ ).

표 99. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란계 산란후기 영양소 소화율에 미치는 영향

Item, %	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	<i>p</i> -value	
	18%	16%	14%	12%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
ADFI, g/hen/d	99.22	96.80	100.93	99.21	2.53	0.721	0.891
Total excretion, g/hen/d	77.99	72.20	76.45	82.24	4.67	0.424	0.227
Dry matter	73.30	74.45	74.77	77.55	0.67	<0.001	0.247
Crude protein	45.80	44.50	46.86	50.34	0.74	0.053	0.192
Ether extract	87.27	87.00	85.58	87.11	0.96	0.667	0.366
Ash	37.41	41.76	40.78	46.74	2.36	0.018	0.744

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

<sup>3</sup> ADFI, Average daily feed intake.

○ 악취 측정 결과

- 사료 내 조단백질 수준 급여에 따른 악취 발생량을 표100에 나타내었다. 이산화탄소, 암모니아, 황화수소, 트라이메틸아민 함량은 처리 간 유의차가 발견되지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 100. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란계 산란후기 악취발생량에 미치는 영향

Item, ppm	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	<i>p</i> -value	
	18%	16%	14%	12%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Carbon dioxide	686	501	544	527	66	0.158	0.218
Ammonia	8.75	7.00	8.20	5.50	2.93	0.639	0.901
Hydrogen sulfide	0.68	1.33	1.00	0.76	0.28	0.958	0.163
Trimethylamine	9.80	6.25	9.00	5.67	2.73	0.502	0.972

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

○ VFA 측정 결과

- 조단백질 수준별 급여가 산란후기 분변 내 VFA에 미치는 영향을 표101에 나타내었다. 분변 내 acetate와 total VFA의 함량이 저단백질 처리로 갈수록 선형적으로 증가하는 결과가 나타났다 (linear effect;  $p < 0.05$ ). Propionate와 butyrate에서는 영향을 미치지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 101. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란계 산란후기 VFA에 미치는 영향

Item, mM	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	<i>p</i> -value	
	18%	16%	14%	12%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Acetate	5.05	9.43	11.88	14.06	2.27	0.008	0.631
Propionate	2.21	1.58	1.77	2.39	0.61	0.794	0.313
Butyrate	1.91	2.49	2.70	2.12	0.43	0.663	0.193
Total VFA	10.85	14.37	17.56	20.62	2.23	0.003	0.920

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

8) 산란말기 연구결과 (산란말기 56 ~ 64주)

○ 영양소 소화율 분석 결과

- 산란말기 소화율은 표 102에 나타내었다. 저단백질 처리로 갈수록 조지방의 소화율이 곡선적으로 증가하는 결과가 나타났으며 (quadratic effect;  $p = 0.013$ ) 하지만, 건물, 조단백질, 조회분의 소화율에서는 처리간의 유의차가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 102. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란계 산란 말기 영양소 소화율에 미치는 영향

Item, %	Dietary treatment				SE M <sup>1</sup>	p-value	
	17%	15%	13%	11%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
ADFI, g/hen/d	100.8	101.5	100.5	101.3	0.3	0.300	0.227
Total excretion, g/hen/d	86.29	88.27	101.46	95.15	8.32	0.296	0.623
Dry matter	75.16	76.27	76.87	77.68	1.73	0.357	0.937
Crude protein	50.52	52.29	53.52	54.36	3.57	0.483	0.904
Ether extract	87.57	88.01	87.98	93.47	1.21	0.068	0.013
Ash	44.17	45.90	50.33	51.52	5.13	0.315	0.961

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

<sup>3</sup> ADFI, Average daily feed intake.

○ 악취 측정 결과

- 사료 내 조단백질 수준 급여에 따른 악취 발생량을 표 103에 나타내었다. 이산화탄소, 암모니아, 황화수소, 트라이메틸아민 함량은 처리 간 유의차가 발견되지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 103. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란계 산란 말기 악취발생량에 미치는 영향

Item, ppm	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	17%	15%	13%	11%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Carbon dioxide	850	720	700	785	69	0.499	0.145
Ammonia	11.6	12.0	10.0	4.00	4.30	0.299	0.570
Hydrogen sulfide	1.30	2.04	1.30	1.80	0.42	0.688	0.776
Trimethylamine	10.0	7.67	8.00	8.00	0.84	0.235	0.264

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

○ VFA 측정 결과

- 조단백질 수준별 급여가 산란후기 분변 내 VFA에 미치는 영향을 표 104에 나타내었다. 분변 내 VFA에서 어떠한 유의차도 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 하지만 propionate에서 저단백질로 갈수록 선형적으로 증가하는 경향이 나타났다 (linear  $p = 0.051$ ).

표 104. 사료 내 조단백질 수준에 따른 급여가 산란계 산란 말기 VFA에 미치는 영향

Item, mM	Dietary treatment				SEM <sup>1</sup>	p-value	
	17%	15%	13%	11%		L <sup>2</sup>	Q <sup>2</sup>
Acetate	13.13	10.79	13.00	12.07	2.16	0.920	0.747
Propionate	1.05	2.84	2.92	2.80	0.57	0.051	0.109
Butyrate	2.24	1.66	1.61	1.26	0.43	0.132	0.797
Total VFA	18.10	16.33	19.66	17.66	2.59	0.864	0.963

<sup>1</sup> SEM, standard errors of the means.

<sup>2</sup> L = Linear; Q = quadratic.

<2차년도, 2022년>

○ 실험 1. 산란계 육성기 및 산란기 사료 내 인의 수준이 생산성에 미치는 영향

1) 연구목표

- 산란계 육성기 및 산란기 사료 내 인의 함량 수준에 따른 생산성과 악취 발생량에 미치는 영향을 검증하고 사료 내 적정 수준을 제시

2) 연구방법

a) 공시동물: 갈색 산란계 12주령 육성계 240수 (4처리 10반복, 6수/반복)를 공시

b) 실험 장소

- 충주 건국대학교 실습농장 산란계사

c) 실험설계 및 사양관리

- 12주령 Hy-Line Brown 육성계를 4처리 10반복 (반복당 6수), 케이지 (45cm×45cm×45cm) 한 칸에 2수를 배치하고 케이지 3칸을 반복으로 간주하였다. 옥수수-대두박 위주 사료에 사료 내 인 함량이 Normal P (육성기 0.45%, 산란초기 0.40%, 산란중기 0.35%, 산란후기 0.30%), Medium P (육성기 0.35%, 산란초기 0.30%, 산란중기 0.25%, 산란후기 0.20%), Low P (육성기 0.25%, 산란초기 0.20%, 산란중기 0.15%, 산란후기 0.10%) 처리구의 인 함량에 맞추어 배합하였다. (표106 에서 표109). 계사 내 온습도는 환기를 통하여 유지하였다.

표 105. 실험 처리구 (처리구별 사육단계별 인 함량)

구분	육성기	산란초기	산란중기	산란후기
	----- % -----			
Normal P, %	0.45	0.40	0.35	0.30
Medium P, %	0.35	0.30	0.25	0.20
Low P, %	0.25	0.20	0.15	0.10

표 106. 산란계 육성기 실험사료 성분 및 영양성분

Item	Level of available phosphorus			
	0.25%	0.35%	0.45%	0.25% + Phytase
Ingredients				
Corn	64.86	64.86	64.86	67.80
Soybean meal, 47% CP	21.27	21.27	21.27	19.70
Tallow	2.72	2.72	2.72	1.44
Corn gluten meal	1.50	1.50	1.50	1.50
L-lysine HCl, 78.8%	0.10	0.10	0.10	0.10
DL-methionine, 99%	0.09	0.09	0.09	0.09
Cellulose, Solka Floc	0.50	0.05	0.03	0.98
Sodium bicarbonate	0.65	0.65	0.65	0.56
Monocalcium phosphate	0.80	1.25	1.70	0.90
Limestone	7.06	7.06	6.63	6.47
Vitamin premix <sup>1</sup>	0.20	0.20	0.20	0.20
Mineral premix <sup>2</sup>	0.25	0.25	0.25	0.25
Phytase <sup>3</sup>	-	-	-	0.01
Total	100	100	100	100
Calculated nutrient composition				
AME <sub>n</sub> <sup>4</sup> , kcal/kg	2850.00	2850.00	2850.00	2850.00
Crude protein	16.00	16.00	16.00	16.00
Calcium	2.70	2.70	2.70	2.70
Available phosphorus	0.25	0.35	0.45	0.45
Phytate phosphorus	0.21	0.21	0.21	0.21
Total phosphorus	0.46	0.56	0.66	0.46
Lysine	0.88	0.88	0.88	0.86
Methionine	0.36	0.36	0.36	0.36
Methionine + Cysteine	0.62	0.62	0.62	0.63
Threonine	0.60	0.60	0.60	0.60
Tryptophan	0.17	0.17	0.17	0.17

<sup>1</sup> Vitamin premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin A as retinyl acetate, 20,000 IU; vitamin D<sub>3</sub> as cholecalciferol, 4,600 IU; vitamin E as  $\alpha$ -tocopheryl acetate, 40 mg; vitamin K<sub>3</sub> as menadione nuctotinamide bisulfite, 4 mg; vitamin B<sub>1</sub> as thiamin Dilaurylsulfate, 4 mg; vitamin B<sub>2</sub> as riboflavin, 8 mg; vitamin B<sub>6</sub> as pyridoxine hydrochloride, 6 mg; vitamin B<sub>12</sub> as cyanocobalamin, 0.04 mg; biotin, 0.24 mg; D-pantothenic acid as D-pantothenic acid, 18.37 mg; niacin as nicotinamide, nicotinic acid, 60 mg; folic acid as folate, folic acid, 1.4 mg, butylated hydroxytoluene 0.25 mg.

<sup>2</sup> Mineral premix provided following nutrients per kg of diet: Fe as iron sulfate, 70 mg; Mn as manganese sulfate, 80 mg; Zn as zinc oxide, 60 mg; Cu as copper sulfate, 8 mg; Co as cobalt sulfate, 0.13 mg; I as calcium iodate, 1 mg; Se as selenium yeast, 0.20 mg.

<sup>3</sup> To supply 500 FTU phytase/kg diet.

<sup>4</sup> AME<sub>n</sub>, nitrogen-corrected apparent metabolizable energy



표 107. 산란계 산란초기 실험사료 성분 및 영양성분

Item	Level of available phosphorus			
	0.20%	0.30%	0.40%	0.25% + Phytase
Ingredients				
Corn	57.96	57.96	57.96	57.83
Soybean meal, 47% CP	16.52	16.52	16.52	21.76
Corn gluten meal	7.75	7.75	7.75	3.16
Soybean oil	3.00	3.00	3.00	3.00
L-lysine HCl, 78.8%	0.38	0.38	0.38	0.23
DL-methionine, 99%	0.11	0.11	0.11	0.13
L-threonine, 99%	0.08	0.08	0.08	0.06
L-valine, 96.5%	0.10	0.10	0.10	0.08
Sodium bicarbonate	0.40	0.40	0.40	0.35
Sodium chloride (NaCl)	0.16	0.16	0.16	0.16
Choline chloride, 50%	0.06	0.06	0.06	0.06
Cellulose	0.75	0.55	0.34	1.03
Monocalcium phosphate	0.50	0.88	1.26	0.55
Limestone	11.78	11.60	11.43	11.14
Vitamin premix <sup>1</sup>	0.20	0.20	0.20	0.20
Mineral premix <sup>2</sup>	0.25	0.25	0.25	0.25
Phytase <sup>3</sup>	-	-	-	0.01
Total	100	100	100	100
Calculated nutrient composition				
AME <sub>n</sub> <sup>4</sup> , kcal/kg	2800.00	2800.00	2800.00	2800.00
Crude protein	17.50	17.50	17.50	17.50
Calcium	4.29	4.29	4.29	4.29
Available phosphorus	0.20	0.30	0.40	0.40
Phytate phosphorus	0.19	0.19	0.19	0.19
Total phosphorus	0.39	0.49	0.59	0.39
Lysine	1.00	1.00	1.00	1.00
Methionine	0.42	0.42	0.42	0.42
Methionine + Cysteine	0.72	0.72	0.72	0.72
Threonine	0.70	0.70	0.70	0.70
Tryptophan	0.16	0.16	0.16	0.16

<sup>1</sup> Vitamin premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin A as retinyl acetate, 20,000 IU; vitamin D<sub>3</sub> as cholecalciferol, 4,600 IU; vitamin E as  $\alpha$ -tocopheryl acetate, 40 mg; vitamin K<sub>3</sub> as menadione nuctotinamide bisulfite, 4 mg; vitamin B<sub>1</sub> as thiamin Dilaurylsulfate, 4 mg; vitamin B<sub>2</sub> as riboflavin, 8 mg; vitamin B<sub>6</sub> as pyridoxine hydrochloride, 6 mg; vitamin B<sub>12</sub> as cyanocobalamin, 0.04 mg; biotin, 0.24 mg; D-pantothenic acid as D-pantothenic acid, 18.37 mg; niacin as nicotinamide, nicotinic acid, 60 mg, folic acid as folate, folic acid, 1.4 mg, butylated hydroxytoluene 0.25 mg.

<sup>2</sup> Mineral premix provided following nutrients per kg of diet: Fe as iron sulfate, 70 mg; Mn as manganese sulfate, 80 mg; Zn as zinc oxide, 60 mg; Cu as copper sulfate, 8 mg; Co as cobalt sulfate, 0.13 mg; I as calcium iodate, 1 mg; Se as selenium yeast, 0.20 mg.

<sup>3</sup> To supply 500 FTU phytase/kg diet.

<sup>4</sup> AME<sub>n</sub>, nitrogen-corrected apparent metabolizable energy

표 108. 산란계 산란중기 실험사료 성분 및 영양성분

Item	Level of available phosphorus			
	0.15%	0.25%	0.35%	0.15% + Phytase
Ingredients				
Corn	58.21	58.21	58.21	57.49
Soybean meal, 47% CP	16.25	16.25	16.25	19.02
Corn gluten meal	6.65	6.65	6.65	4.00
Rice bran	1.30	1.30	1.30	1.30
Soybean oil	3.00	3.00	3.00	3.00
L-lysine HCl, 78.8%	0.27	0.27	0.27	0.17
DL-methionine, 99%	0.06	0.06	0.06	0.08
L-threonine, 99%	0.06	0.06	0.06	0.04
Sodium chloride (NaCl)	0.25	0.25	0.25	0.25
Sodium bicarbonate	0.35	0.35	0.35	0.30
Choline chloride, 50%	0.06	0.06	0.06	0.06
Cellulose	1.00	0.73	0.46	2.28
Monocalcium phosphate	0.42	0.87	1.32	0.47
Limestone	11.92	11.74	11.56	11.33
Vitamin premix <sup>1</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral premix <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Phytase <sup>3</sup>	-	-	-	0.01
Total	100	100	100	100
Calculated nutrient composition				
AME <sub>n</sub> <sup>4</sup> , kcal/kg	2785.00	2785.00	2785.00	2785.00
Crude protein	16.50	16.50	16.50	16.50
Calcium	4.40	4.40	4.40	4.40
Available phosphorus	0.15	0.25	0.35	0.35
Phytate phosphorus	0.18	0.18	0.18	0.19
Total phosphorus	0.33	0.43	0.53	0.33
Lysine	0.87	0.87	0.87	0.87
Methionine	0.42	0.42	0.42	0.42
Methionine + Cysteine	0.64	0.64	0.64	0.64
Threonine	0.65	0.65	0.65	0.65
Tryptophan	0.16	0.16	0.16	0.16

<sup>1</sup> Vitamin premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin A as retinyl acetate, 20,000 IU; vitamin D<sub>3</sub> as cholecalciferol, 4,600 IU; vitamin E as  $\alpha$ -tocopheryl acetate, 40 mg; vitamin K<sub>3</sub> as menadione nuctotinamide bisulfite, 4 mg; vitamin B<sub>1</sub> as thiamin Dilaurylsulfate, 4 mg; vitamin B<sub>2</sub> as riboflavin, 8 mg; vitamin B<sub>6</sub> as pyridoxine hydrochloride, 6 mg; vitamin B<sub>12</sub> as cyanocobalamin, 0.04 mg; biotin, 0.24 mg; D-pantothenic acid as D-pantothenic acid, 18.37 mg; niacin as nicotinamide, nicotinic acid, 60 mg, folic acid as folate, folic acid, 1.4 mg, butylated hydroxytoluene 0.25 mg.

<sup>2</sup> Mineral premix provided following nutrients per kg of diet: Fe as iron sulfate, 70 mg; Mn as manganese sulfate, 80 mg; Zn as zinc oxide, 60 mg; Cu as copper sulfate, 8 mg; Co as cobalt sulfate, 0.13 mg; I as calcium iodate, 1 mg; Se as selenium yeast, 0.20 mg.

<sup>3</sup> To supply 500 FTU phytase/kg diet.

<sup>4</sup> AME<sub>n</sub>, nitrogen-corrected apparent metabolizable energy

표 109. 산란계 산란후기 실험사료 성분 및 영양성분

Item	Level of available phosphorus			
	0.10%	0.20%	0.30%	0.10% + Phytase
Ingredients				
Corn	59.09	59.09	59.09	57.45
Soybean meal, 47% CP	19.86	19.86	19.86	16.36
Corn gluten meal	3.13	3.13	3.13	4.97
Rice bran	1.00	1.00	1.00	1.00
Soybean oil	3.00	3.00	3.00	3.00
L-lysine HCl, 78.8%	0.09	0.09	0.09	0.16
DL-methionine, 99%	0.19	0.19	0.19	0.17
L-threonine, 99%	0.07	0.07	0.07	0.07
Valine, 96.5%	0.10	0.10	0.10	0.11
Sodium chloride (NaCl)	0.30	0.30	0.30	0.30
Sodium bicarbonate	0.22	0.22	0.22	0.15
Choline chloride, 50%	0.06	0.06	0.06	0.06
Cellulose	1.08	0.81	0.54	4.86
Monocalcium phosphate	0.18	0.63	1.08	0.25
Limestone	11.43	11.25	11.07	10.88
Vitamin premix <sup>1</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral premix <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Phytase <sup>3</sup>	-	-	-	0.01
Total	100	100	100	100
Calculated nutrient composition				
AME <sub>n</sub> <sup>4</sup> , kcal/kg	2750.00	2750.00	2750.00	2750.00
Crude protein	16.00	16.00	16.00	16.00
Calcium	4.20	4.20	4.20	4.20
Available phosphorus	0.10	0.20	0.30	0.40
Phytate phosphorus	0.21	0.21	0.21	0.21
Total phosphorus	0.31	0.41	0.51	0.31
Lysine	0.80	0.80	0.80	0.80
Methionine	0.51	0.51	0.51	0.51
Methionine + Cysteine	0.73	0.73	0.73	0.73
Threonine	0.66	0.66	0.66	0.66
Tryptophan	0.17	0.17	0.17	0.17

<sup>1</sup> Vitamin premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin A as retinyl acetate, 20,000 IU; vitamin D<sub>3</sub> as cholecalciferol, 4,600 IU; vitamin E as α-tocopheryl acetate, 40 mg; vitamin K<sub>3</sub> as menadione nuctotinamide bisulfite, 4 mg; vitamin B<sub>1</sub> as thiamin Dilaurylsulfate, 4 mg; vitamin B<sub>2</sub> as riboflavin, 8 mg; vitamin B<sub>6</sub> as pyridoxine hydrochloride, 6 mg; vitamin B<sub>12</sub> as cyanocobalamin, 0.04 mg; biotin, 0.24 mg; D-pantothenic acid as D-pantothenic acid, 18.37 mg; niacin as nicotinamide, nicotinic acid, 60 mg, folic acid as folate, folic acid, 1.4 mg, butylated hydroxytoluene 0.25 mg.

<sup>2</sup> Mineral premix provided following nutrients per kg of diet: Fe as iron sulfate, 70 mg; Mn as manganese sulfate, 80 mg; Zn as zinc oxide, 60 mg; Cu as copper sulfate, 8 mg; Co as cobalt sulfate, 0.13 mg; I as calcium iodate, 1 mg; Se as selenium yeast, 0.20 mg.

<sup>3</sup> To supply 500 FTU phytase/kg diet.

<sup>4</sup> AME<sub>n</sub>, nitrogen-corrected apparent metabolizable energy

### 3) 조사항목

- 육성계 생산성 : 사료섭취량, 체중, 사료요구율, 폐사율 등
- 산란계 생산성 : 사료섭취량, 산란율, 난중, 사료 요구율, 폐사율 등
- 내부 장기 분석 : 간, 신장, 난소, 난관, 소장 무게 측정 및 장 용모 길이 측정
- 혈액성분 분석: 콜레스테롤, 중성지방, 칼슘, 인 등 분석
- 계란품질 분석: Haugh unit, 난각강도, 난각두께, 난각색, 난황색 분석 등
- 스트레스 분석: 계란 난황 내 스트레스 호르몬인 corticosterone을 측정하여 사료 내 조단백질 수준에 따른 스트레스 분석

### 4) 샘플채취

- 혈액 및 장기 샘플링: 육성기와 산란말기 종료 시에 처리구별 7반복, 반복당 1수를

선발하여 도계를 진행하였다. 이산화탄소로 안락사시킨 후, 심장에서 6ml의 혈액을 채취하였다. 혈액 채취 후, 간, 신장, 십이지장, 공장, 회장, 난관을 채취하여 무게를 측정하였으며 난소는 0.5cm 이상의 황색 난포의 개수를 측정하였다. 또한, 회장 1cm를 채취하여 10% 중성 포르말린에 고정하였다.

5) 육성기 연구 결과 (육성기, 13 ~ 18주)

○ 생산성 결과

- 육성기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 육성기 생산성에 미치는 영향을 표 110에 나타내었다. 실험 개시 및 종료 체중에 처리 간의 차이가 발견되지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 110. 사료 내 유효인 수준이 산란계 육성기 생산성에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.25%	0.35%	0.45%	0.25% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Initial BW <sup>4</sup> , kg/hen	1.19	1.25	1.18	1.21	0.03	0.469	0.906	0.133
Final BW <sup>4</sup> , kg/hen	1.63	1.67	1.63	1.65	0.04	0.837	0.959	0.408
BWG <sup>5</sup> , kg/hen	0.446	0.426	0.449	0.441	0.027	0.928	0.949	0.545
ADFI <sup>6</sup> , g/day/hen	72.2	73.3	73.2	73.7	0.59	0.333	0.139	0.339

<sup>1</sup> All means are average of 10 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.25, 0.35, and 0.45%)

<sup>4</sup> BW, body weight

<sup>5</sup> BWG, body weight gain

<sup>6</sup> ADFI, average daily feed intake

○ 내부 및 번식 장기 무게 측정 결과

- 육성기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 육성기 내부 및 번식 장기무게에 미치는 영향을 표 111에 나타내었다. 십이지장의 무게는 0.25% 처리구에서 가장 높았으며 ( $p = 0.021$ ), 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 선형적으로 감소하였다 (linear effect:  $p = 0.010$ ). 난소의 무게는 phytase를 첨가한 처리구에서 가장 높은 결과를 나타내었다 ( $p = 0.016$ ). 또한, 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 난소의 무게가 이차적으로 감소하였다 (quadratic effect:  $p = 0.044$ ). 이외의 장기에서는 처리 간의 차이가 발견되지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 111. 사료 내 유효인 수준이 산란계 육성기 장기무게 및 성 성숙에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.25%	0.35%	0.45%	0.25% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Abdominal fat	2.38	2.67	2.03	2.28	0.32	0.573	0.394	0.192
Liver	1.65	1.51	1.59	1.76	0.07	0.078	0.523	0.170
Kidney	0.573	0.547	0.588	0.639	0.040	0.430	0.817	0.531
Spleen	0.214	0.197	0.232	0.219	0.016	0.491	0.454	0.233
Duodenum	0.478 <sup>a</sup>	0.404 <sup>ab</sup>	0.365 <sup>b</sup>	0.374 <sup>b</sup>	0.026	0.021	0.010	0.607
Jejunum	0.782	0.848	0.770	0.791	0.043	0.593	0.865	0.243
Ileum	0.667	0.671	0.601	0.640	0.023	0.211	0.095	0.263
Bursa of Fabricius	0.120	0.136	0.144	0.114	0.025	0.828	0.497	0.887
Ovary	0.080 <sup>ab</sup>	0.093 <sup>ab</sup>	0.066 <sup>b</sup>	0.102 <sup>a</sup>	0.008	0.016	0.210	0.044
Oviduct	0.306	0.219	0.101	0.259	0.064	0.173	0.016	0.815
The number of large yellow follicles	0.571	0.429	0.000	0.429	0.355	0.695	0.232	0.725

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

Expressed as grams per 100 g body weight

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.25, 0.35, and 0.45%)

○ 경골 특성 분석 결과

- 육성기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 육성기 경골 특성에 미치는 영향을 표112에 나타내었다. 경골의 무게, 길이, 넓이, DM, Fat-free ash 함량에서는 모든 처리 간의 차이가 발견되지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 그러나, 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 경골의 강도가 선형적으로 증가하는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p = 0.028$ ). 경골의 회분에서 미네랄 함량을 분석하였을 때, Ca과 P에서는 처리간의 차이가 나타나지 않았지만 ( $p > 0.05$ ), Mg에서는 phytase를 첨가한 처리구에서 가장 높은 결과를 나타내었고 ( $p = 0.025$ ), 사료 내 인 함량이 감소함에 따라 선형적으로 감소하는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p = 0.026$ ).

표 112. 사료 내 유효인 수준이 산란계 육성기 경골 특성에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.25%	0.35%	0.45%	0.25% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Fresh weight <sup>4</sup> , g	0.550	0.583	0.575	0.590	0.016	0.365	0.281	0.316
Length, cm	8.97	9.01	9.03	9.04	0.07	0.885	0.505	0.904
Width, cm	0.891	0.911	0.894	0.906	0.022	0.891	0.911	0.499
Strength, kgf	18.6	21.1	23.3	23.5	1.5	0.091	0.028	0.889
Dry matter, %	67.9	67.9	64.5	63.7	1.8	0.215	0.202	0.466
Ash/fat-free dry matter, %	41.3	37.5	39.7	39.3	1.4	0.311	0.483	0.126
Composition, %								
Calcium	38.0	38.7	38.5	40.2	0.9	0.512	0.768	0.687
Phosphorus	18.7	19.2	19.4	19.5	0.4	0.633	0.405	0.753
Magnesium	0.563 <sup>b</sup>	0.608 <sup>ab</sup>	0.626 <sup>ab</sup>	0.631 <sup>a</sup>	0.015	0.025	0.026	0.520

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.25, 0.35, and 0.45%)

<sup>4</sup> Fresh weight was expressed as grams per 100 g body weight

○ 혈액성상 분석 결과 -

- 육성기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 육성기 혈액성상에 미치는 영향을 표113에 나타내었다. 혈청으로 분석을 진행하였으며, 혈청은 전자동 건식 생화학 분석기(Film DRI CHEM 7000i, Fuji Film, Tokyo, Japan)를 사용하여 Ca, P, Mg를 분석하였다. 혈청 내 Ca, P, Mg 함량은 처리 간의 차이를 나타내지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 113. 사료 내 유효인 수준이 산란계 육성기 혈액성상에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.25%	0.35%	0.45%	0.25% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Calcium, mg/dL	11.84	11.39	11.46	11.91	0.52	0.854	0.617	0.692
Phosphorus, mg/dL	9.03	10.06	10.06	10.20	0.67	0.805	0.607	0.597
Magnesium, mg/dL	1.43	1.36	1.54	1.70	0.16	0.470	0.598	0.346

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.25, 0.35, and 0.45%)

○ 회장 용모 분석 결과

- 육성기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 육성기 회장 용모 발달에 미치는 영향을 표114에 나타내었다. 용모의 길이는 처리 간의 차이를 나타내지 않았지만 ( $p > 0.05$ ), 음와의 길이는 phytase를 첨가한 처리구에서 가장 깊은 결과를 나타내었으며 ( $p$

< 0.05), 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 선형적으로 깊이가 얕아지는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p = 0.027$ ). ( $p > 0.05$ ). 또한, 용모와 음와의 비율에서 모든 처리간 유의한 차이가 나타났으며, 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 선형적으로 증가하는 결과가 나타났다 (linear effect;  $p = 0.011$ ).

표 114. 사료 내 유효인 수준이 산란계 육성기 회장 음모 발달에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	<i>p</i> -value		
	0.25%	0.35%	0.45%	0.25% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Villus height, $\mu\text{m}$	1090	1092	1104	1177	42.7	0.072	0.142	0.947
Crypt depth, $\mu\text{m}$	144 <sup>b</sup>	175 <sup>ab</sup>	179 <sup>a</sup>	186 <sup>a</sup>	10.5	0.006	0.027	0.188
Villus to Crypt <sup>4</sup>	7.70 <sup>a</sup>	6.24 <sup>ab</sup>	6.17 <sup>b</sup>	6.33 <sup>ab</sup>	0.40	0.005	0.011	0.176

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic *p*-value for three P levels (0.25, 0.35, and 0.45%)

<sup>4</sup> Villus to Crypt, villus height divide Crypt depth

6) 산란초기 연구 결과 (산란초기, 29 ~ 32주)

○ 생산성 결과

- 산란초기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란초기 생산성에 미치는 영향을 표115에 나타내었다. 개시 체중, 종료시 체중, 사료섭취량, 난생산성, 시산일령에 관한 결과 모두 처리 간의 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 115. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란초기 생산성에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.20%	0.30%	0.40%	0.20% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Growth performance								
Initial BW <sup>4</sup> , kg/hen	1.63	1.67	1.63	1.65	0.04	0.837	0.959	0.408
Final BW <sup>4</sup> , kg/hen	1.87	1.90	1.86	1.88	0.04	0.915	0.820	0.500
ADFI <sup>6</sup> , g/day/hen	97.9	99.2	96.6	98.3	2.3	0.882	0.704	0.485
Egg performance								
Egg production, %	73.6	74.1	69.5	72.6	3.3	0.758	0.341	0.494
Egg weight, g/egg	58.8	60.1	59.7	58.3	0.8	0.341	0.356	0.310
Egg mass, g/d	43.3	44.6	41.5	42.3	2.0	0.712	0.478	0.336
FCR, g:g	1.98	1.95	2.06	2.08	0.08	0.573	0.381	0.403
Soft and broken egg, %	0.01	0.06	0.06	0.05	0.02	0.200	0.118	0.193
Age of egg production								
First of egg production, day	144	146	145	146	2.0	0.950	0.750	0.669
50% of egg production, day	150	151	150	152	1.7	0.696	0.756	0.557

<sup>1</sup> All means are average of 10 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.20, 0.30, and 0.40%)

<sup>4</sup> BW, body weight

<sup>5</sup> BWG, body weight gain

<sup>6</sup> ADFI, average daily feed intake

○ 계란 품질 분석 결과

- 산란초기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란초기 계란품질에 미치는 영향을 표116에 나타내었다. 계란품질 분석은 22주, 26주, 30주 총 세 번 진행하였다. 신선도의 지표인 Haugh unit, 난각강도, 난각색에서는 처리 간의 유의차가 나타나지 않았으며 ( $p > 0.05$ ), 난각두께는 22주차에 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 선형적으로 증가하는 결과가 나타났지만 (linear effect;  $p = 0.044$ ), 26주 차에는 사료 내 인의 함량이 낮아짐에 따라 선형적으로 감소하는 결과를 나타내었다(linear effect;  $p = 0.033$ ). 또한, 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 0.40% 처리구에서 가장 높은 결과를 나타내었다 ( $p = 0.013$ ) phytase를 첨가하였을 때, 사료 내 낮은 인의 함량을 보완하는 결과를 나타내었다 ( $p = 0.013$ ). 난황색은 모든 주차에서 phytase를 첨가한 처리구가 가장 낮은 결과를 나타내었다 ( $p < 0.001$ ). 스트레스 지수를 확인할 수 있는 corticosterone은 난황에서 추출하여 분석하였으며, 32주차에 사료 내 인 함량이 감소함에 따라 선형적으로 증가하였고, 0.20% 처리구에서 가장 높은 결과를 나타내었다 ( $p < 0.001$ ).



표 116. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란초기 계란 품질에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.20%	0.30%	0.40%	0.20% +Phytase		ANOVA	Linea r <sup>3</sup>	Quadrat ic <sup>3</sup>
Haugh unit								
22 week	91.6	93.3	91.4	90.2	1.2	0.308	0.938	0.168
26 week	87.5	89.1	90.6	89.1	1.5	0.560	0.142	0.953
30 week	95.4	95.6	94.3	96.0	0.6	0.175	0.199	0.297
Eggshell strength, kgf								
22 week	5.00	4.96	4.98	4.98	0.16	0.999	0.932	0.907
26 week	4.97	5.00	5.39	5.04	0.16	0.212	0.069	0.371
30 week	4.81	4.93	5.17	4.87	0.15	0.356	0.109	0.752
Eggshell thickness, mm								
22 week	0.397	0.373	0.377	0.376	0.006	0.051	0.044	0.092
26 week	0.368 <sup>b</sup>	0.375 <sup>ab</sup>	0.390 <sup>a</sup>	0.382 <sup>ab</sup>	0.005	0.013	0.033	0.018
30 week	0.385	0.389	0.390	0.389	0.007	0.952	0.587	0.850
Eggshell color								
22 week	25.0	25.5	26.1	25.2	0.7	0.679	0.239	0.906
26 week	23.0	23.0	23.2	22.9	0.7	0.987	0.855	0.837
30 week	24.8	25.6	26.1	23.8	0.7	0.142	0.235	0.899
Yolk color, RCF <sup>4</sup>								
22 week	7.22 <sup>a</sup>	7.15 <sup>a</sup>	7.31 <sup>a</sup>	6.07 <sup>b</sup>	0.13	< 0.001	0.632	0.458
26 week	6.99 <sup>a</sup>	7.04 <sup>a</sup>	6.92 <sup>a</sup>	5.65 <sup>b</sup>	0.11	< 0.001	0.689	0.560
30 week	6.95 <sup>a</sup>	6.88 <sup>ab</sup>	6.52 <sup>b</sup>	5.45 <sup>c</sup>	0.11	< 0.001	0.011	0.281
Corticosteron in yolk, pg/g								
22 week	30.3	29.7	36.3	21.5	7.7	0.603	0.612	0.726
26 week	142	169	123	105	22	0.216	0.590	0.229
30 week	123 <sup>a</sup>	60 <sup>b</sup>	46 <sup>b</sup>	50 <sup>b</sup>	12	< 0.001	< 0.001	0.128

<sup>a,b,c</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 10 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard errors of the means

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.20, 0.30, and 0.40%)

<sup>4</sup> RCF, Roche yolk color fan

7) 산란중기 연구 결과 (산란중기 33 ~ 45주)

○ 생산성 결과

- 산란중기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란중기 생산성에 미치는 영향을 표117에 나타내었다. 개시 체중, 종료시 체중, 사료섭취량, 난생산성에 관한 결과 모두 처리 간의 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 117. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란중기 생산성에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.15%	0.25%	0.35%	0.15% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Growth performance								
Initial BW <sup>4</sup> , kg/hen	1.87	1.90	1.86	1.88	0.04	0.915	0.820	0.500
Final BW <sup>4</sup> , kg/hen	1.90	1.97	1.91	1.84	0.06	0.526	0.920	0.405
ADFI <sup>6</sup> , g/day/hen	117	113	114	115	3	0.728	0.370	0.513
Egg performance								
Egg production, %	92.5	90.9	89.9	89.6	2.0	0.729	0.391	0.928
Egg weight, g/egg	60.8	63.7	63.5	63.8	1.1	0.160	0.095	0.224
Egg mass, g/d	59.3	58.8	57.5	56.3	1.3	0.352	0.359	0.800
FCR, g:g	1.99	1.93	1.98	2.04	0.04	0.221	0.874	0.297
Soft and broken egg, %	0.04	0.04	0.05	0.04	0.02	0.312	0.146	0.433

<sup>1</sup> All means are average of 10 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.15, 0.25, and 0.35%)

<sup>4</sup> BW, body weight

<sup>5</sup> BWG, body weight gain

<sup>6</sup> ADFI, average daily feed intake

○ 계란 품질 분석 결과

- 산란중기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란중기 계란품질에 미치는 영향을 표118에 나타내었다. 계란품질 분석은 36주, 40주, 44주 총 세 번 진행하였다. 신선도의 지표인 Haugh unit은 phytase를 첨가한 처리구가 36주, 40주에 가장 높은 결과를 나타내었다 ( $p < 0.05$ ). 난각강도는 처리 간의 유의차가 나타나지 않았으나, ( $p > 0.05$ ) 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 선형적으로 증가하였다 (linear effect;  $p = 0.027$ ). 난각두께는 사료 내 인의 함량이 가장 낮은 0.15% 처리구가 36주, 44주차에 0.35% 처리구와 통계적으로 다르지 않거나 높은 결과를 나타내었으며 ( $p < 0.05$ ), 36주차 난각두께는 사료 내 인 함량이 감소함에 따라 선형적으로 증가하는 경향을 나타내었다 (linear effect;  $p = 0.011$ ). 난각색은 40주, 44주차에 처리간의 통계적 유의차가 나타났으며, phytase를 첨가한 처리구에서 가장 낮은 결과를 나타내었다 ( $p < 0.05$ ). 난황색은 모든 주차에서 phytase를 첨가한 처리구가 가장 낮은 결과를 나타내었다 ( $p < 0.05$ ). 스트레스 지수를 확인할 수 있는 corticosterone은 난황에서 추출하여 분석하였으며, 44주차에 0.15% 처리구에서 가장 높은 결과를 나타내었고, ( $p < 0.001$ ), 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 선형적으로 증가하는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p < 0.001$ ).

표 118. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란중기 계란 품질에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.15%	0.25%	0.35%	0.15% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Haugh unit								
36 week	76.3 <sup>b</sup>	79.6 <sup>b</sup>	83.0 <sup>b</sup>	93.0 <sup>a</sup>	1.9	< 0.001	0.010	0.994
40 week	88.9 <sup>b</sup>	90.0 <sup>ab</sup>	90.3 <sup>ab</sup>	93.3 <sup>a</sup>	1.0	0.012	0.344	0.746
44 week	92.4	92.3	91.8	92.6	1.1	0.958	0.622	0.875
Eggshell strength, kgf								
36 week	5.39	5.09	4.73	4.75	0.20	0.062	0.027	0.888
40 week	5.34	5.29	5.57	5.21	0.17	0.482	0.334	0.412
44 week	5.23	4.98	5.14	4.87	0.16	0.391	0.694	0.257
Eggshell thickness, mm								
36 week	0.445 <sup>a</sup>	0.419 <sup>ab</sup>	0.400 <sup>b</sup>	0.405 <sup>ab</sup>	0.011	0.025	0.011	0.609
40 week	0.394	0.400	0.399	0.400	0.006	0.871	0.475	0.647
44 week	0.397 <sup>ab</sup>	0.384 <sup>b</sup>	0.387 <sup>ab</sup>	0.404 <sup>a</sup>	0.005	0.018	0.167	0.174
Eggshell color								
36 week	29.8	27.6	28.2	28.7	0.8	0.264	0.233	0.076
40 week	29.9 <sup>a</sup>	27.7 <sup>ab</sup>	29.3 <sup>ab</sup>	27.2 <sup>b</sup>	0.7	0.030	0.575	0.042
44 week	28.3 <sup>ab</sup>	28.4 <sup>ab</sup>	30.6 <sup>a</sup>	26.5 <sup>b</sup>	0.7	0.001	0.017	0.219
Yolk color, RCF <sup>4</sup>								
36 week	8.64 <sup>a</sup>	8.83 <sup>a</sup>	8.76 <sup>a</sup>	8.16 <sup>b</sup>	0.09	< 0.001	0.348	0.226
40 week	8.79 <sup>a</sup>	8.57 <sup>a</sup>	8.51 <sup>a</sup>	7.57 <sup>b</sup>	0.08	< 0.001	0.014	0.436
44 week	8.54 <sup>a</sup>	8.35 <sup>a</sup>	8.49 <sup>a</sup>	7.47 <sup>b</sup>	0.13	< 0.001	0.697	0.137
Corticosteron in yolk, pg/g								
36 week	56.0	55.7	43.8	45.3	4.8	0.156	0.051	0.278
40 week	24.0	23.2	16.5	14.7	4.7	0.460	0.348	0.659
44 week	109.2 <sup>a</sup>	60.7 <sup>b</sup>	74.3 <sup>ab</sup>	103.3 <sup>ab</sup>	12.3	< 0.001	< 0.001	< 0.001

<sup>a,b,c</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 10 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard errors of the means

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.15, 0.25, and 0.35%)

<sup>4</sup> RCF, Roche yolk color fan

## 8) 산란후기 연구결과 (산란후기 46 ~ 55주)

### ○ 생산성 결과

- 산란후기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란후기 생산성에 미치는 영향을 표119에 나타내었다. 개시 체중, 종료시 체중, 사료섭취량, 난생산성에 관한 결과 모두 처리 간의 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 119. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란후기 생산성에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.10%	0.20%	0.30%	0.10% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Growth performance								
Initial BW <sup>4</sup> , kg/hen	1.90	1.97	1.91	1.84	0.06	0.526	0.920	0.405
Final BW <sup>4</sup> , kg/hen	1.94	1.99	1.90	1.88	0.06	0.585	0.723	0.395
ADFI <sup>6</sup> , g/day/hen	110	111	110	112	2	0.952	0.982	0.800
Egg performance								
Egg production, %	91.6	90.6	90.0	90.1	2.2	0.955	0.618	0.942
Egg weight, g/egg	63.9	63.9	65.0	65.2	1.5	0.889	0.325	0.605
Egg mass, g/d	58.5	57.9	58.5	58.8	1.4	0.979	0.995	0.743
FCR, g:g	2.16	2.19	2.14	2.19	0.03	0.587	0.627	0.283
Soft and broken egg, %	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.415	0.416	0.637

<sup>1</sup> All means are average of 10 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.10, 0.20, and 0.30%)

<sup>4</sup> BW, body weight

<sup>5</sup> BWG, body weight gain

<sup>6</sup> ADFI, average daily feed intake

○ 계란 품질 분석 결과

- 산란후기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란후기 계란품질에 미치는 영향을 표120에 나타내었다. 계란품질 분석은 48주, 52주 총 두 번 진행하였다. 신선도의 지표인 Haugh unit, 난강도, 난각두께는 처리 간의 차이를 나타내지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 난각색은 48주차에 0.30% 처리구에서 가장 높은 결과를 나타내었다 ( $p = 0.042$ ). 난황색은 모든 주차에서 phytase를 첨가한 처리구가 가장 높은 결과를 나타내었다 ( $p < 0.001$ ). 스트레스 지수를 확인할 수 있는 corticosterone은 난황에서 추출하여 분석하였으며, 52주차에 0.10% 처리구에서 가장 높은 결과를 나타내었다 ( $p < 0.001$ ).

표 120. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란후기 계란 품질에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.10%	0.20%	0.30%	0.10% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Haugh unit								
48 week	87.4	87.9	87.6	88.6	1.0	0.821	0.931	0.791
52 week	86.8	84.9	86.0	87.6	0.8	0.146	0.522	0.153
Eggshell strength, kgf								
48 week	4.61	4.69	4.65	5.00	0.19	0.444	0.898	0.787
52 week	4.65	4.76	4.78	4.74	0.15	0.919	0.512	0.778
Eggshell thickness, mm								
48 week	0.389	0.393	0.388	0.396	0.006	0.734	0.958	0.484
52 week	0.390	0.389	0.394	0.395	0.005	0.718	0.506	0.582
Eggshell color								
48 week	29.2 <sup>ab</sup>	28.5 <sup>ab</sup>	30.9 <sup>a</sup>	26.2 <sup>b</sup>	1.1	0.042	0.324	0.297
52 week	24.5	23.9	24.6	23.2	0.8	0.595	0.878	0.500
Yolk color, RCF <sup>4</sup>								
48 week	7.23 <sup>b</sup>	7.33 <sup>b</sup>	7.29 <sup>b</sup>	8.21 <sup>a</sup>	0.1	< 0.001	0.753	0.675
52 week	7.21 <sup>b</sup>	7.20 <sup>b</sup>	7.13 <sup>b</sup>	7.96 <sup>a</sup>	0.1	< 0.001	0.478	0.797
Corticosteron in yolk, pg/g								
48 week	162	134	154	145	15	0.595	0.677	0.192
52 week	216 <sup>a</sup>	182 <sup>ab</sup>	158 <sup>ab</sup>	108 <sup>b</sup>	22	0.014	0.103	0.884

<sup>a,b,c</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 10 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard errors of the means

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.10, 0.20, and 0.30%)

<sup>4</sup> RCF, Roche yolk color fan

○ 내부 및 번식 장기 무게 측정 결과

- 산란후기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란후기 내부 및 번식 장기무게에 미치는 영향을 표121에 나타내었다. 비장의 무게는 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 선형적으로 증가함을 나타내었고 (linear effect;  $p = 0.023$ ), 비장을 제외한 모든 장기에서 처리 간의 차이가 발견되지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 121. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란후기 내부 및 번식 장기무게에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.10%	0.20%	0.30%	0.10% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sub>3</sub>
Abdominal fat	4.32	4.37	3.41	3.75	0.48	0.448	0.135	0.335
Liver	2.11	1.88	1.97	2.21	0.13	0.289	0.448	0.306
Kidney	0.64	0.72	0.73	0.76	0.04	0.151	0.104	0.458
Spleen	0.09	0.08	0.11	0.10	0.01	0.078	0.023	0.126
Duodenum	0.43	0.42	0.34	0.35	0.03	0.065	0.051	0.429
Jejunum	0.50	0.53	0.47	0.47	0.04	0.666	0.675	0.324
Ileum	0.30	0.40	0.30	0.30	0.04	0.238	0.918	0.092
Ovary	0.38	0.38	0.28	0.34	0.07	0.753	0.428	0.610
Oviduct	5.74	5.32	6.18	5.30	0.38	0.347	0.432	0.195
The number of large yellow follicles	6	6	6	6	0.39	0.844	0.447	0.659

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

Expressed as grams per 100 g body weight

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.10, 0.20, and 0.30%)

○ 경골 특성 분석 결과

- 산란후기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란후기 경골 특성에 미치는 영향을 표122에 나타내었다. 경골의 무게, 길이, 넓이, DM, Fat-free Ash 함량에서는 처리 간의 차이가 발견되지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 그러나 경골의 강도에서는 모든 처리간의 유의성이 나타났으며, 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 경골의 강도가 선형적으로 감소하는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p < 0.001$ ). 사료 내 phytase를 첨가한 경우, 유의하게 증가하는 결과를 나타내었다 ( $p = 0.004$ ). 경골의 회분에서 미네랄 함량을 분석하였을 때, Mg에서는 처리간의 차이가 나타나지 않았지만 ( $p > 0.05$ ), Ca와 P에서는 phytase를 첨가한 처리구에서 가장 낮은 결과를 나타내었다 ( $p < 0.05$ ).

표 122. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란후기 경골 특성에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.10%	0.20%	0.30%	0.10% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sub>3</sub>
Fresh weight <sup>4</sup> , g	0.605	0.559	0.592	0.592	0.018	0.351	0.621	0.103
Length, cm	12.5	12.4	12.5	12.3	0.1	0.549	0.805	0.500
Width, cm	1.002	0.933	0.932	0.886	0.077	0.766	0.232	0.493
Strength, kgf	11.5 <sup>b</sup>	15.8 <sup>ab</sup>	20.4 <sup>a</sup>	15.5 <sup>ab</sup>	1.5	0.004	< 0.001	0.912
Dry matter, %	41.3	41.1	40.5	37.3	1.9	0.421	0.763	0.949
Ash/fat-free dry matter, %	52.3	51.5	54.4	54.1	0.8	0.038	0.032	0.034
Composition, %								
Calcium	37.1 <sup>a</sup>	36.5 <sup>ab</sup>	36.9 <sup>a</sup>	36.0 <sup>b</sup>	0.2	0.002	0.560	0.061
Phosphorus	18.0 <sup>a</sup>	17.7 <sup>ab</sup>	17.8 <sup>ab</sup>	17.5 <sup>b</sup>	0.1	0.020	0.166	0.124
Magnesium	0.557	0.535	0.541	0.556	0.013	0.538	0.368	0.388

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic  $p$ -value for three P levels (0.10, 0.20, and 0.30%)

<sup>4</sup> Fresh weight was expressed as grams per 100 g body weight

○ 혈액성상 분석 결과

- 산란후기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란후기 혈액성상에 미치는 영향을 표123에 나타내었다. 혈청으로 분석을 진행하였으며, 혈청은 전자동 건식 생화학 분석기(Film DRI CHEM 7000i, Fuji Film, Tokyo, Japan)를 사용하여 Ca, P, Mg를 분석하였다. 혈청 내 P 함량은 처리 간의 차이를 나타내지 않았으나 ( $p > 0.05$ ), Ca, Mg의 함량은 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 선형적으로 증가하는 결과를 나타내었다 (linear effect:  $p < 0.05$ ).

표 123. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란후기 혈액성상에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.10%	0.20%	0.30%	0.10% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sub>3</sub>
Calcium, mg/dL	16.1 <sup>a</sup>	15.4 <sup>ab</sup>	12.0 <sup>b</sup>	14.8 <sup>ab</sup>	1.0	0.048	0.020	0.343
Phosphorus, mg/dL	4.91	3.91	2.70	4.53	0.79	0.244	0.075	0.917
Magnesium, mg/dL	1.80 <sup>a</sup>	1.51 <sup>a</sup>	0.83 <sup>b</sup>	1.43 <sup>ab</sup>	0.17	0.005	0.001	0.373

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic  $p$ -value for three P levels (0.10, 0.20, and 0.30%)

○ 회장 용모 분석 결과

- 산란후기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란후기 회장 용모 발달에 미치는 영향을 표124에 나타내었다. 용모와 음와의 길이, 그리고 용모와 음와의 비율은 처리 간의 차이를 나타내지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 124. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란후기 회장 용모에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.25%	0.35%	0.45%	0.25% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sub>3</sub>
Villus height, $\mu$ m	854	935	972	994	44	0.206	0.061	0.654
Crypt depth, $\mu$ m	108	109	121	106	5	0.249	0.165	0.489
Villus to Crypt <sup>4</sup>	7.89	8.55	8.02	9.37	0.48	0.234	0.813	0.182

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic  $p$ -value for three P levels (0.10, 0.20, and 0.30%)

<sup>4</sup> Villus to Crypt, villus height divide Crypt depth

○ 실험 2. 산란계 육성 및 산란 사료 내 인 수준이 영양소 소화율에 미치는 영향

1) 연구목표

- 산란계 육성 및 산란 사료 내 유효인 함량수준에 따른 영양소 이용성을 사육단계별로 검증하여 사료 내 유효인의 적정 수준을 제시

2) 연구방법

a) 공시동물:

- 갈색 산란계 17주령 육성계 56수 (4처리 7반복 2수/반복)를 공시 (육성기)
- 갈색 산란계 31주령 산란계 56수 (4처리 7반복 2수/반복)를 공시 (산란초기)
- 갈색 산란계 44주령 산란계 56수 (4처리 7반복 2수/반복)를 공시 (산란중기)
- 갈색 산란계 54주령 산란계 56수 (4처리 7반복 2수/반복)를 공시 (산란후기)
- 갈색 산란계 63주령 산란계 56수 (4처리 7반복 2수/반복)를 공시 (산란말기)

b) 실험 장소

- 충주 건국대학교 실습농장 산란계사

c) 실험사료 및 사양관리

- 대사케이지에 육성계 및 산란계를 2수씩 수용한 후, 사육시설과 사료에 적용할 수 있도록 4일간 예비실험 기간을 갖는다.
- 사료 및 물 급여는 무제한 급여하는 것으로 한다.
- 본 실험은 3일 동안 실시하며, 기간동안의 사료 섭취량과 분의 양을 기록한다.
- 전분을 1일 4회에 걸쳐 채취하여 냉동 보관한다.
- 실험에 사용한 사료, 전분은 냉동보관 후 일반성분을 분석하여 영양소 소화율을 계산한다.

3) 조사항목

- 영양소 소화율: 건물 소화율, 질소 소화율 등 (전분채취법)
- 분뇨·악취 발생량: 분뇨량, 암모니아, 황화수소, 휘발성지방산 등 악취물질 배출량 조사
- 산란계 육성 및 산란기 분 발생량 조사

4) 샘플채취

- 악취측정: 각 사육기간 종료 일주일 전, 처리구 당 7반복, 반복당 2수를 대사케이지로 옮겨 3일간 적응 기간을 거친 후, 72시간 동안 사료섭취량 및 전분을 채취하였다. 또한, 적응 기간 중 얻은 분 중 150g을 샘플링하여 Gas Tec 기기를 사용해 암모니아, 황화수소 등 분변 내 악취측정을 수행하였다.



챔버, 전분채취



악취 측정



5) 육성기 연구 결과 (육성기, 13 ~ 18주)

○ 영양소 소화율 분석 결과

- 육성기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 육성기 영양소 소화율에 미치는 영향을 표125에 나타내었다. 실험기간 동안의 사료 섭취량과 분 배설량은 처리 간의 차이를 나타내지 않았으나 ( $p > 0.05$ ), P 축적율은 phytase를 첨가한 처리구에서 가장 높은 결과를 나타내었다 ( $p = 0.009$ ). P 배출량은 phytase를 첨가한 처리구에서 가장 낮은 결과를 나타내었고 ( $p < 0.001$ ), 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 P의 배출량이 선형적으로 감소하는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p < 0.001$ ).

표 125. 사료 내 유효인 수준이 산란계 육성기 영양소 소화율에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.25%	0.35%	0.45%	0.25% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
ADFI <sup>4</sup> , g/hen	86.0	85.2	90.4	89.3	4.4	0.801	0.490	0.587
Total excreta, g/day/hen	86.9	85.2	89.5	95.9	5.1	0.473	0.700	0.614
Retention, %								
Dry matter	72.6	71.1	72.2	72.3	0.7	0.472	0.691	0.170
Crude protein	55.8	51.4	53.1	60.6	3.0	0.170	0.547	0.439
Crude ash	19.3	15.9	21.0	20.6	2.0	0.272	0.519	0.077
Calcium	11.7	10.8	11.5	10.4	2.7	0.983	0.950	0.809
Phosphorus	35.5 <sup>ab</sup>	30.5 <sup>ab</sup>	24.8 <sup>b</sup>	40.4 <sup>a</sup>	3.0	0.009	0.016	0.923
Magnesium	21.0	35.0	29.8	34.4	5.0	0.200	0.284	0.183
Excretion <sup>5</sup> , g								
Nitrogen	0.88	0.96	1.02	0.82	0.08	0.293	0.258	0.902
Crude ash	8.47	8.62	8.81	8.19	0.47	0.810	0.644	0.978
Calcium	1.63	1.83	1.80	1.59	0.10	0.228	0.271	0.388
Phosphorus	0.22 <sup>c</sup>	0.31 <sup>b</sup>	0.40 <sup>a</sup>	0.23 <sup>c</sup>	0.02	< 0.001	< 0.001	0.876
Magnesium	1.52	1.30	1.28	1.32	0.12	0.494	0.215	0.535

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.25, 0.35, and 0.45%)

<sup>4</sup> ADFI, average daily feed intake

<sup>5</sup> Excretion calculation is amount of excreta per day multiple concentration of excreta for each item divide 100

○ 악취 측정 결과

- 육성기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 육성기 악취 발생량에 미치는 영향을 표126에 나타내었다. 악취 발생량은 Gas-tec의 항목별 (이산화탄소, 암모니아, 황화수소, 트라이메틸아민) 검지관을 사용하여 측정하였고, 성균관대학교 무배출형 환경 설비 지원 센터에서 페놀, 피크레졸, 인돌, 스카톨 분석을 하였다. 암모니아는 phytase를 첨가한 처리구에서 가장 높은 결과를 나타내었으며 ( $p = 0.003$ ), 피크레졸, 인돌, 스카톨은 미량 배출되어 검지관에 검출 되지 않았다 (N.D).

표 126. 사료 내 유효인 수준이 산란계 육성기 분 내 악취 발생량에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.25%	0.35%	0.45%	0.25% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Carbon dioxide	750	680	690	676	74.0	0.883	0.581	0.670
Ammonia	45.5 <sup>b</sup>	59.4 <sup>b</sup>	62.8 <sup>ab</sup>	82.8 <sup>a</sup>	5.8	0.003	0.057	0.474
Hydrogen sulfide	0.75	0.85	1.40	1.03	0.17	0.608	0.100	0.518
Trimethylamine	159	163	170	104	19.0	0.095	0.714	0.961
Phenol	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.237	0.238	0.207
P-cresol	N.D <sup>4</sup>	N.D	N.D	N.D	-	-	-	-
Indole	N.D	N.D	N.D	N.D	-	-	-	-
Skatole	N.D	N.D	N.D	N.D	-	-	-	-

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.25, 0.35, and 0.45%)

<sup>4</sup> N.D, not detected

○ VFA 측정 결과

- 산란초기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란초기 VFA 함량에 미치는 영향을 표127에 나타내었다. VFA는 각 측정 항목이 총 VFA 중 차지하는 비율을 정성적으로 나타내었다. 모든 항목에서 처리 간의 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 127. 사료 내 유효인 수준이 산란계 육성기 분 내 VFA 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.25%	0.35%	0.45%	0.25% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Acetate	86.7	88.6	89.4	83.2	2.2	0.212	0.205	0.780
Propionate	4.18	3.98	4.12	6.69	0.94	0.160	0.956	0.856
Butyrate	6.08	5.85	4.59	7.29	1.10	0.441	0.228	0.619

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.25, 0.35, 0.45%)

5) 산란초기 연구 결과 (산란초기, 29 ~ 32주)

○ 영양소 소화율 분석 결과

- 산란초기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란초기 영양소 소화율에 미치는 영향을 표128에 나타내었다. 실험기간 동안의 사료 섭취량과 분 배설량, 영양소 보유율은 처리 간의 차이를 나타내지 않았다 ( $p > 0.05$ ). P 배출량은 phytase를 첨가한 처리구에서 가장 낮은 결과를 나타내었고 ( $p < 0.001$ ), 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 P의 배출량이 선형적으로 감소하는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p < 0.001$ ).

표 128. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란초기 영양소 소화율에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.20%	0.30%	0.40%	0.20% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
ADFI <sup>4</sup> , g/hen	115	124	117	121	3	0.251	0.600	0.060
Total excreta, g/day/hen	86.0	85.2	90.4	89.3	4.4	0.801	0.490	0.587
Retention, %								
Dry matter	74.8	76.8	72.8	72.2	1.8	0.276	0.464	0.223
Crude protein	56.5	55.9	40.2	45.7	5.4	0.117	0.077	0.327
Crude ash	54.7	55.9	40.5	42.5	5.7	0.144	0.129	0.297
Calcium	50.9	51.3	47.5	43.1	3.6	0.353	0.539	0.654
Phosphorus	28.5	31.3	21.2	21.8	5.4	0.489	0.352	0.330
Magnesium	35.5	45.5	44.6	40.3	5.6	0.552	0.280	0.441
Excretion <sup>5</sup> , g								
Nitrogen	1.23	1.14	1.31	1.13	0.11	0.660	0.683	0.396
Crude ash	10.4	10.3	11.3	11.3	0.7	0.639	0.454	0.536
Calcium	2.05	2.18	2.32	2.19	0.14	0.637	0.238	0.990
Phosphorus	0.274 <sup>b</sup>	0.362 <sup>b</sup>	0.511 <sup>a</sup>	0.316 <sup>b</sup>	0.026	< 0.001	< 0.001	0.366
Magnesium	1.93	1.55	1.65	1.81	0.17	0.421	0.302	0.294

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.20, 0.30, and 0.40%)

<sup>4</sup> ADFI, average daily feed intake

<sup>5</sup> Excretion calculation is amount of excreta per day multiple concentration of excreta for each item divide 100

○ 약취 측정 결과

- 산란초기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란초기 약취 발생량에 미치는 영향을 표129에 나타내었다. 약취 발생량은 Gas-tec의 항목별 (이산화탄소, 암모니아, 황화수소, 트라이메틸아민) 검지관을 사용하여 측정하였다. 이산화탄소, 암모니아, 트라이메틸아민의 배출량은 처리 간의 차이를 나타내지 않았으며 ( $p > 0.05$ ), 황화수소는 미량 배출되어 검지 되지 않았다 (N.D).

표 129. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란초기 분 내 약취 발생량에 미치는 영향

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.20%	0.30%	0.40%	0.20% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Carbon dioxide	368	342	348	364	20.17	0.767	0.473	0.507
Ammonia	4.40	4.20	4.40	5.00	1.10	0.960	1.000	0.865
Hydrogen sulfide	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Trimethyl amine	8.60	7.40	8.00	7.00	1.47	0.876	0.782	0.632

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.20, 0.30, and 0.40%)

<sup>4</sup> N.D, not detected

○ VFA 측정 결과

- 산란초기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란초기 VFA 함량에 미치는 영향을 표130에 나타내었다. VFA는 각 측정 항목이 총 VFA 중 차지하는 비율을 정성적으로 나타내었다. Acetate의 함량은 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 선형적으로 증가하는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p < 0.001$ ). Butyrate는 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 선형적으로 감소하는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p = 0.008$ ).

표 130. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란초기 분 내 VFA 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.20%	0.30%	0.40%	0.20% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Acetate	88.3 <sup>a</sup>	71.6 <sup>b</sup>	68.6 <sup>b</sup>	68.5 <sup>b</sup>	3.1	< 0.001	< 0.001	0.071
Propionate	4.24	9.68	7.87	7.85	1.48	0.096	0.133	0.088
Butyrate	5.5	10.8	13.1	12.4	2.2	0.094	0.008	0.492

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.20, 0.30, and 0.40%)

6) 산란중기 연구 결과 (산란중기 33 ~ 45주)

○ 영양소 소화율 분석 결과

- 산란중기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란중기 영양소 소화율에 미치는 영향을 표131에 나타내었다. 실험기간 동안의 사료 섭취량과 분 배설량은 처리간의 차이를 나타내지 않았다 ( $p > 0.05$ ). P와 Mg의 보유율은 0.15% 처리구에서 가장 높은 결과를 나타내었으며 ( $p < 0.05$ ) 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 이차적으로 증가하는 결과를 나타내었다 (quadratic effect;  $p = 0.013$ ), P 배출량은 0.15% 처리구에서 유의하게 가장 낮은 결과를 나타내었고 ( $p = 0.001$ ), 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 P의 배출량이 선형적으로 감소하는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p < 0.001$ ).

표 131. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란중기 영양소 소화율에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.15%	0.25%	0.35%	0.15% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
ADFI <sup>4</sup> , g/hen	105	103	105	105	2	0.637	0.960	0.265
Total excreta, g/day/hen	99.6	104.9	101.6	109.0	5.2	0.617	0.798	0.530
Retention, %								
Dry matter	80.4	74.6	80.3	80.4	2.8	0.374	0.973	0.155
Crude protein	63.6	62.4	62.0	61.4	1.7	0.819	0.528	0.851
Crude ash	60.2	56.2	59.2	56.6	2.1	0.490	0.720	0.187
Calcium	64.4	60.1	64.8	62.9	2.1	0.421	0.914	0.104
Phosphorus	54.4 <sup>a</sup>	49.6 <sup>a</sup>	55.4 <sup>a</sup>	34.2 <sup>b</sup>	2.4	< 0.001	0.790	0.132
Magnesium	43.6	29.0	39.2	40.9	3.6	0.060	0.382	0.013
Excretion <sup>5</sup> , g								
Nitrogen	6.13	6.20	6.40	6.49	0.30	0.817	0.561	0.865
Crude ash	28.6	33.0	30.7	31.0	1.7	0.346	0.361	0.104
Calcium	8.31	9.56	8.74	8.37	0.48	0.258	0.527	0.089
Phosphorus	0.98 <sup>b</sup>	1.37 <sup>ab</sup>	1.57 <sup>a</sup>	1.57 <sup>a</sup>	0.10	0.001	0.001	0.489
Magnesium	1.13	1.32	1.21	1.29	0.07	0.316	0.444	0.119

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.15, 0.25, and 0.35%)

<sup>4</sup> ADFI, average daily feed intake

<sup>5</sup> Excretion calculation is amount of excreta per day multiple concentration of excreta for each item divide 100

○ 약취 측정 결과

- 산란중기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란중기 약취 발생량에 미치는 영향을 표132에 나타내었다. 약취 발생량은 Gas-tec의 항목별 (이산화탄소, 암모니아, 황화수소, 트라이메틸아민) 검지관을 사용하여 측정하였다. 이산화탄소, 암모니아, 트라이메틸아민의 배출량은 처리 간의 차이를 나타내지 않았으며 ( $p > 0.05$ ), 0.15% 처리구의 암모니아 배출량과 모든 처리구의 황화수소는 미량 배출되어 검지 되지 않았다 (N.D).

표 132. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란중기 분 내 약취 발생량에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.15%	0.25%	0.35%	0.15% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Carbon dioxide	296	323	293	341	21.34	0.339	0.869	0.070
Ammonia	N.D	5.75	2.50	3.75	1.52	0.535	-	-
Hydrogen sulfide	N.D	N.D	N.D	N.D	-	-	-	-
Trimethyl amine	0.79	1.70	1.05	1.42	0.42	0.481	0.621	0.121

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.15, 0.25, and 0.35%)

<sup>4</sup> N.D, not detected

○ VFA 측정 결과

- 산란중기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란중기 VFA 함량에 미치는 영향을 표133에 나타내었다. VFA는 각 측정 항목이 총 VFA 중 차지하는 비율을 정성적으로 나타내었다. Acetate는 0.25% 처리구에서 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 이차적으로 증가하여 가장 높은 비율을 차지하는 결과를 나타내었으며 ( $p = 0.005$ , quadratic effect;  $p = 0.006$ ), Butyrate의 함량은 phytase를 첨가한 처리구에서 가장 낮은 결과를 나타내었고 ( $p = 0.001$ ), 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 이차적으로 감소하는 결과를 나타내었다 (quadratic effect;  $p = 0.003$ ).

표 133. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란중기 분 내 VFA 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.15%	0.25%	0.35%	0.15% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Acetate	89.1 <sup>a</sup>	80.1 <sup>b</sup>	84.6 <sup>ab</sup>	87.6 <sup>a</sup>	1.7	0.005	0.095	0.006
Propionate	3.84	5.62	4.20	3.64	0.58	0.097	0.671	0.041
Butyrate	4.18 <sup>b</sup>	11.19 <sup>a</sup>	7.86 <sup>ab</sup>	5.89 <sup>b</sup>	1.12	0.001	0.044	0.003

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.15, 0.25, and 0.35%)

7) 산란후기 연구결과 (산란후기 46 ~ 55주)

○ 영양소 소화율 분석 결과

- 산란후기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란후기 영양소 소화율에 미치는 영향을 표134에 나타내었다. 실험기간 동안의 사료 섭취량과 분 배설량은 처리 간의 차이를 나타내지 않았다 ( $p > 0.05$ ). Mg의 보유율은 앞선 사육단계의 결과와 달리 대부분 마이너스의 결과값이 도출되었으며, phytase를 첨가한 처리구에서 가장 높은

결과를 나타내었다 ( $p < 0.001$ ). N의 배출량은 phytase를 첨가한 처리구에서 가장 낮은 결과를 나타내었고 ( $p = 0.032$ ), P 배출량은 0.30% 처리구에서 가장 높은 결과를 나타내었고( $p = 0.005$ ), 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 P의 배출량이 선형적으로 감소하는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p < 0.001$ ).

표 134. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란후기 영양소 소화율에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.10%	0.20%	0.30%	0.10% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
ADFI <sup>4</sup> , g/hen	103	108	105	102	3	0.557	0.551	0.313
Total excreta, g/day/hen	110	112	107	107	4	0.718	0.593	0.429
Retention, %								
Dry matter	72.9	73.5	73.5	72.0	0.6	0.300	0.480	0.733
Crude protein	46.5	47.9	45.9	48.9	1.1	0.226	0.709	0.267
Crude ash	45.9	49.7	47.7	46.8	2.0	0.574	0.530	0.244
Calcium	52.2	52.7	51.9	51.4	3.5	0.995	0.949	0.891
Phosphorus	13.7	19.5	20.9	9.9	5.0	0.382	0.311	0.724
Magnesium	-8.33 <sup>b</sup>	-16.47 <sup>b</sup>	-4.82 <sup>b</sup>	20.36 <sup>a</sup>	4.92	< 0.001	0.628	0.126
Excretion <sup>5</sup> , g								
Nitrogen	6.27 <sup>ab</sup>	6.62 <sup>a</sup>	6.22 <sup>ab</sup>	5.59 <sup>b</sup>	0.23	0.032	0.897	0.182
Crude ash	34.2	33.8	32.6	28.9	1.5	0.060	0.490	0.855
Calcium	7.87	7.53	7.16	6.72	0.49	0.403	0.382	0.985
Phosphorus	1.46 <sup>b</sup>	1.82 <sup>ab</sup>	1.98 <sup>a</sup>	1.49 <sup>b</sup>	0.11	0.005	0.002	0.400
Magnesium	2.12	2.13	2.18	2.29	0.18	0.501	0.326	0.491

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.10, 0.20, and 0.30%)

<sup>4</sup> ADFI, average daily feed intake

<sup>5</sup> Excretion calculation is amount of excreta per day multiple concentration of excreta for each item divide 100

### ○ 약취 측정 결과

- 산란후기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란후기 약취 발생량에 미치는 영향을 표135에 나타내었다. 약취 발생량은 Gas-tec의 항목별 (이산화탄소, 암모니아, 황화수소, 트라이메틸아민) 검지관을 사용하여 측정하였다. 이산화탄소는 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 선형적으로 증가하는 결과를 나타내었고 (linear effect;  $p = 0.022$ ), 황화수소는 0.30% 처리구에서 가장 높은 결과를 나타내었으며 ( $p = 0.021$ ), 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 배출량이 선형적으로 감소하는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p = 0.010$ ). 반면에 트라이메틸아민은 0.30% 처리구에서 가장 낮은 결과를 나타내었으며, 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 선형적으로 증가하는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p = 0.001$ ).

표 135. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란후기 분 내 악취 발생량에 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.10%	0.20%	0.30%	0.10% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Carbon dioxide	2043	1336	993	1507	294	0.112	0.022	0.621
Ammonia	94.0	72.4	29.3	77.9	25.9	0.353	0.060	0.704
Hydrogen sulfide	0.386 <sup>b</sup>	0.443 <sup>b</sup>	0.929 <sup>a</sup>	0.564 <sup>ab</sup>	0.123	0.021	0.010	0.531
Trimethyl amine	162 <sup>a</sup>	121 <sup>ab</sup>	46 <sup>b</sup>	103 <sup>ab</sup>	26	0.030	0.001	0.203

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.10, 0.20, and 0.30%)

<sup>4</sup> N.D, not detected

○ VFA 측정 결과

- 산란후기 사료 내 P의 수준별 첨가와 phytase의 첨가가 산란후기 VFA 함량에 미치는 영향을 표136에 나타내었다. VFA는 각 측정 항목이 총 VFA 중 차지하는 비율을 정성적으로 나타내었다. Butyrate의 함량은 0.30% P 처리구에서 가장 높은 수치를 나타내었으며, 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 선형적으로 감소하는 결과를 나타내었다 (linear effect;  $p < 0.001$ ).

표 136. 사료 내 유효인 수준이 산란계 산란후기 분 내 VFA 미치는 영향<sup>1</sup>

	Level of available phosphorus				SEM <sup>2</sup>	p-value		
	0.10%	0.20%	0.30%	0.10% +Phytase		ANOVA	Linear <sup>3</sup>	Quadratic <sup>3</sup>
Acetate	50.4	57.6	46.8	50.8	4.3	0.353	0.570	0.110
Propionate	19.1	16.2	18.9	16.5	2.4	0.762	0.958	0.410
Butyrate	11.9 <sup>b</sup>	14.3 <sup>ab</sup>	18.0 <sup>a</sup>	15.0 <sup>ab</sup>	1.1	0.009	< 0.001	0.559

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 7 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Linear and quadratic p-value for three P levels (0.10, 0.20, and 0.30%)

<3차년도, 2023년>

○ 실험 1. 육계 사육단계별 사료 내 조단백질 및 인 수준이 생산성과 악취 발생량에 미치는 영향

1) 연구목표

- 육계 사육단계별 사료 내 조단백질 및 인의 함량 수준에 따른 생산성과 소화율, 질소, 분뇨 악취 발생량에 미치는 영향을 검증하고 사료 내 적정 수준을 제시

2) 연구방법

- a) 공시동물: 공시동물: 육계 1일령 병아리 672수 (8처리, 6반복, 14수/반복)를 공시하여 진행

b) 실험 장소

- 충주 건국대학교 실습농장 육계사

c) 실험설계 및 사양관리

- 사료 내 조단백질 및 인 수준에 따른 사육단계별 생산성, 소화율, 분뇨·악취 발생량에 미치는 영향을 조사하기 위해 전기(grower) 기간에는 사료 내 조단백질 수준을 Nomal CP 22%, Medium CP 20%, Low CP 18%, 인 수준은 Nomal P 0.45%, Low P 0.35%으로 설정하였고, 후기(finisher) 기간에는 Nomal CP 20%, Medium CP 18%, Low CP 16%, 인 수준은 Nomal P 0.35%, Low P 0.25%으로 설정하였으며 (표137, 표138), 깔짚 요인(Used/Fresh)을 추가하여 조단백질 실험은 2\*3, 인 실험은 2\*2로 수행하였다. 사료는 표139과 표140에 나타내었다.
- 1일령 육계 병아리는 사용되었거나, 새로운 왕겨를 깔짚으로 하는 2m × 1m 크기의 평사 48개에 입추
- 소화율 측정을 위한 표식제는 사료 내 celite를 2% 첨가하여 수행

표 137. 실험 처리구 (처리구별 사육단계별 조단백질 함량)

구분	Litter	전기		후기		
		CP, %	P, %	Litter	CP, %	P, %
----- % -----						
Normal CP, %	Fresh	22	0.45	Fresh	20	0.35
	Used	22	0.45	Used	20	0.35
Medium CP, %	Fresh	20	0.45	Fresh	18	0.35
	Used	20	0.45	Used	18	0.35
Low CP, %	Fresh	18	0.45	Fresh	16	0.35
	Used	18	0.45	Used	16	0.35

표 138. 실험 처리구 (처리구별 사육단계별 인 함량)

구분	Litter	전기		후기		
		CP, %	P, %	Litter	CP, %	P, %
----- % -----						
Normal P, %	Fresh	22	0.45	Fresh	20	0.35
	Used	22	0.45	Used	20	0.35
Low P, %	Fresh	22	0.35	Fresh	20	0.25
	Used	22	0.35	Used	20	0.25



표 139. 육계 사료 내 사육단계 별 조단백질 함량 실험사료 성분 및 영양성분

Item	Level of Crude protein					
	Grower			Finisher		
	18	20	22	16	18	20
Ingredients						
Corn	61.17	57.26	52.92	67.90	64.00	59.56
Soybean meal, 47% CP	17.67	18.65	20.72	13.00	15.40	17.30
Corn gluten meal	7.20	10.10	12.71	6.50	8.45	11.22
Wheat	4.06	4.04	4.00	2.50	2.50	2.50
Tallow	2.50	2.50	2.50	3.00	3.00	3.00
L-lysine HCl, 78.8%	0.70	0.64	0.54	0.74	0.64	0.54
DL-methionine, 99%	0.19	0.14	0.10	0.18	0.15	0.10
L-threonine, 99%	0.23	0.17	0.09	0.25	0.17	0.10
Sodium chloride (NaCl)	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Sodium bicarbonate	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Choline chloride	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Monocalcium phosphate	1.57	1.57	1.57	1.21	1.18	1.17
Limestone	1.52	1.52	1.52	1.54	1.52	1.52
Cellulose	0.20	0.42	0.34	0.19	0.00	0.00
Vitamin premix	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Mineral premix	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Celite	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated nutrient composition						
AME <sub>n</sub> <sup>3</sup> , kcal/kg	3069	3069	3069	3147	3147	3147
Crude protein	18.20	20.06	22.15	16.02	17.88	20.00
Lysine	1.29	1.29	1.29	1.19	1.19	1.19
Methionine + Cysteine	0.82	0.85	0.88	0.76	0.79	0.82
Methionine	0.51	0.51	0.51	0.48	0.48	0.48
Threonine	0.88	0.88	0.88	0.81	0.81	0.81
Nacl	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Calcium	0.87	0.87	0.88	0.81	0.81	0.81
Available phosphorus	0.45	0.46	0.46	0.35	0.35	0.35
Phytate phosphorus	0.69	0.70	0.71	0.59	0.59	0.61
Total phosphorus	0.23	0.24	0.25	0.24	0.25	0.26

<sup>1</sup> Vitamin premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin A as retinyl acetate, 40,000 IU; vitamin D<sub>3</sub> as cholecalciferol, 9200 IU; vitamin E as  $\alpha$ -tocopheryl acetate, 80 mg; vitamin K<sub>3</sub> as menadione nucleotinic acid bisulfite, 8 mg; vitamin B<sub>1</sub> as thiamin Dilaurylsulfate, 7 mg; vitamin B<sub>2</sub> as riboflavin, 16 mg; vitamin B<sub>6</sub> as pyridoxine hydrochloride, 12 mg; vitamin B<sub>12</sub> as cyanocobalamin, 0.08 mg; biotin, 0.48 mg; D-pantothenic acid as D-pantothenic acid, 36.73 mg; niacin as nicotinamide, nicotinic acid, 120 mg; folic acid as folate, folic acid, 2.8 mg, butylated hydroxytoluene 0.5 mg.

<sup>2</sup> Mineral premix provided following nutrients per kg of diet: Fe as iron sulfate, 105 mg; Mn as manganese sulfate, 120 mg; Zn as zinc oxide, 90 mg; Cu as copper sulfate, 11 mg; Co as cobalt sulfate, 0.2 mg; I as calcium iodate, 1.5 mg; Se as selenium yeast, 0.30 mg.

<sup>3</sup> AME<sub>n</sub>, nitrogen-corrected apparent metabolizable energy.

표 140. 육계 사료 내 사육단계 별 인 함량 실험사료 성분 및 영양성분

Item	Level of available phosphorus			
	Grower		Finisher	
	0.45%	0.35%	0.35	0.25
Ingredients				
Corn	52.92	52.92	56.56	59.56
Soybean meal, 47% CP	20.72	20.72	17.30	17.30
Corn gluten meal	12.71	12.71	11.22	11.22
Wheat	4.00	4.00	2.50	2.50
Tallow	2.50	2.50	3.00	3.00
L-lysine HCl, 78.8%	0.54	0.54	0.54	0.54
DL-methionine, 99%	0.10	0.10	0.10	0.10
L-threonine, 99%	0.09	0.09	0.10	0.10
Sodium chloride (NaCl)	0.31	0.31	0.31	0.31
Sodium bicarbonate	0.23	0.23	0.23	0.23
Monocalcium phosphate	1.57	1.08	1.17	0.70
Limestone	1.52	1.71	1.52	1.70
Cellulose	0.34	0.64	0.00	0.29
Vitamin premix	0.20	0.20	0.20	0.20
Mineral premix	0.25	0.25	0.25	0.25
Celite	2.00	2.00	2.00	2.00
Total			100	100
Calculated nutrient composition				
AME <sub>n</sub> <sup>3</sup> , kcal/kg	3069	3069	3147	3147
Crude protein	22.00	22.00	20.00	20.00
Lysine	1.29	1.29	1.19	1.19
Methionine + Cysteine	0.88	0.88	0.82	0.82
Threonine	0.88	0.88	0.81	0.81
Calcium	0.88	0.88	0.81	0.81
Available phosphorus	0.45	0.35	0.35	0.25
Phytate phosphorus	0.25	0.25	0.26	0.26
Total phosphorus	0.70	0.60	0.61	0.51

<sup>1</sup> Vitamin premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin A as retinyl acetate, 40,000 IU; vitamin D<sub>3</sub> as cholecalciferol, 9200 IU; vitamin E as  $\alpha$ -tocopheryl acetate, 80 mg; vitamin K<sub>3</sub> as menadione nucleotinic acid bisulfite, 8 mg; vitamin B<sub>1</sub> as thiamin Dilaurysulfate, 7 mg; vitamin B<sub>2</sub> as riboflavin, 16 mg; vitamin B<sub>6</sub> as pyridoxine hydrochloride, 12 mg; vitamin B<sub>12</sub> as cyanocobalamin, 0.08 mg; biotin, 0.48 mg; D-pantothenic acid as D-pantothenic acid, 36.73 mg; niacin as nicotinamide, nicotinic acid, 120 mg; folic acid as folate, folic acid, 2.8 mg, butylated hydroxytoluene 0.5 mg.

<sup>2</sup> Mineral premix provided following nutrients per kg of diet: Fe as iron sulfate, 105 mg; Mn as manganese sulfate, 120 mg; Zn as zinc oxide, 90 mg; Cu as copper sulfate, 11 mg; Co as cobalt sulfate, 0.2 mg; I as calcium iodate, 1.5 mg; Se as selenium yeast, 0.30 mg.

<sup>3</sup> AME<sub>n</sub>, nitrogen-corrected apparent metabolizable energy.

### 3) 조사항목

- 생산성: 증체량, 사료섭취량, 사료 요구율, 폐사율 등
- 영양소 소화율: 건물 소화율, 질소 소화율, 인 소화율 등
- 내부 장기 분석 : 복강지방 무게 측정 및 장 용모 길이 측정
- 혈액성분 분석: 콜레스테롤, 중성지방, 칼슘, 인 등 분석
- 육질 분석: 가열감량, 색측, pH 분석 등
- 스트레스 분석: 혈액 내 스트레스 호르몬인 corticosterone을 측정하여 사료 내 조단백질 수준에 따른 스트레스 분석
- 분뇨·악취 발생량: 분뇨량, 암모니아, 황화수소, 휘발성지방산 등 악취물질 배출량 조사

### 4) 샘플 채취

- 혈액 및 장기 샘플링: 각 사육단계 종료 시에 처리구별 6반복, 반복당 1수를 선발하여 도계를 진행하였다. 이산화탄소로 안락사시킨 후, 심장에서 6ml의 혈액을 채취하였다. 혈액 채취 후, 복강지방을 채취하여 무게를 측정하였으며 회장 1cm를 채취하여 10% 중성 포르말린에 고정하였다. 가슴육과 다리육을 채취하여 육질분석에 사용하였으며,

다리육에서 경골을 분리하여 경골분석에 사용하였다.

## 5) 육계 연구 결과 (CP)

### ○ 생산성 결과

- 생산성은 표141에 나타내었다. 생체중은 0일령, 21일령, 35일령을 확인하였고 증체량, 사료 섭취량, 사료 요구율은 0~21일령, 21~35일령, 0~35일령으로 나타내었다. 21일령에 처리구간 단백질 함량이 높을수록 생체중이 높아지는 유의차를 보였다 (CP effect;  $p = 0.007$ ). 35일령도 마찬가지로 조단백질 수준 간에 수치상으로 조단백질 22/20 처리구에서 생체중이 더 높았지만 20/18 처리구와 18/16 처리구 간의 유의한 차이가 나타나지 않았다. 0~21일령에 증체량은 고단백으로 갈수록 증체량이 높아지는 것을 확인하였다 (CP effect;  $p = 0.018$ ). 21~35일령과 0~35일령에는 모두 조단백질 22/20 처리구에서 증체량의 가장 높은 결과를 확인하였고 저단백으로 갈수록 수치상으로 낮아짐을 볼 수 있었다 (CP effect;  $p < 0.05$ ). 21~35일령과 0~35일령에 유의한 차이는 나타나지 않았지만 같은 단백질 수준에서 사용한 깔짚에서 사육된 처리구가 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구에서 더 높은 사료 섭취량을 보였다. 사료 요구율에서 0~21일령, 21~35일령, 0~35일령 모두 고단백에서 저단백으로 갈수록 더 높은 사료 요구율이 확인되었다 (CP effect;  $p < 0.05$ ).

표 141. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 생산성에 미치는 영향

CP, %	Litter	Body weight			Body weight gain			Feed intake		
		Day 0	Day 21	Day 35	0 to 21 d	21 to 35 d	0 to 35 d	0 to 21 d	21 to 35 d	0 to 35 d
22/20	Fresh	41.13	771	1932	730	1161	1891	1004	1740	2744
	Used	41.01	734	1887	685	1153	1846	973	1864	2837
20/18	Fresh	40.99	722	1709	681	987	1668	1014	1603	2616
	Used	41.14	727	1784	686	1057	1743	1015	1760	2775
18/16	Fresh	41.08	693	1663	652	970	1622	984	1652	2636
	Used	41.03	689	1680	648	991	1639	1019	1759	2778
	SEM <sup>1</sup>	0.08	18.0	64.9	18.9	52.0	64.9	29.51	42.63	65.83
Main factors										
	22/20	41.07	753 <sup>a</sup>	1909 <sup>a</sup>	707 <sup>a</sup>	1157 <sup>a</sup>	1868 <sup>a</sup>	989	1802 <sup>a</sup>	2791
	20/18	41.07	725 <sup>ab</sup>	1746 <sup>b</sup>	683 <sup>ab</sup>	1022 <sup>b</sup>	1705 <sup>b</sup>	1014	1681 <sup>b</sup>	2696
	18/16	41.05	691 <sup>b</sup>	1671 <sup>b</sup>	650 <sup>b</sup>	980 <sup>b</sup>	1630 <sup>b</sup>	1001	1706 <sup>ab</sup>	2707
	SEM <sup>1</sup>	0.06	12.8	45.9	13.4	36.8	45.9	20.9	30.1	46.6
	Fresh	41.07	729	1768	688	1039	1727	1001	1665 <sup>b</sup>	2665 <sup>b</sup>
	Used	41.06	717	1784	673	1067	1743	1002	1794 <sup>a</sup>	2797 <sup>a</sup>
	SEM <sup>1</sup>	0.05	10.4	37.5	10.9	30.0	37.4	17.0	24.6	38.0
<i>p</i> -value										
	CP	0.980	0.007	0.003	0.018	0.005	0.003	0.691	0.020	0.301
	Litter	0.944	0.424	0.765	0.346	0.517	0.765	0.945	0.001	0.021
	CP*Litter	0.258	0.484	0.657	0.380	0.753	0.659	0.541	0.834	0.874

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

○ 도체분석 결과

- 육계의 가슴육, 다리육, 복강지방의 비율은 표142에 나타내었다. 3주차, 5주 차에 가슴육에서 유의한 차이는 나타나지 않았다. 3주차 다리육 분석 결과 유의한 차이가 나타나지 않았고 ( $p > 0.05$ ) 5주차 다리육 측정 결과에서 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구에서 사용한 깔짚에서 사육된 처리구보다 더 높은 다리육의 비율을 나타내었다 (litter effect;  $p = 0.037$ ). 3주 차 복강 지방에서 조단백질 수준에 따라 유의한 차이가 나타났으며 (CP effect;  $p < 0.021$ ), 5주 차 복강 지방에서도 조단백질 22/20 처리구에서 저단백으로 갈수록 더 많은 비율의 복강 지방이 확인되었다 (CP effect;  $p < 0.001$ ).

표 142. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 가슴육, 다리육, 복강지방 비율에 미치는 영향

CP, %	Litter	Breast <sup>2</sup> , %		Leg <sup>2</sup> , %		Abdominal <sup>2</sup> , g	
		3 weeks	5 weeks	3 weeks	5 weeks	3 weeks	5 weeks
22/20	Fresh	15.54	17.52	11.07	19.25	0.90	0.95
	Used	15.01	17.75	11.34	19.04	0.85	0.94
20/18	Fresh	15.23	16.94	11.73	20.92	0.98	1.30
	Used	15.34	18.01	10.49	17.94	0.84	1.32
18/16	Fresh	14.54	16.56	10.97	22.59	1.20	1.67
	Used	14.64	15.74	11.36	20.12	1.10	1.59
	SEM <sup>1</sup>	0.41	0.68	0.40	1.06	0.10	0.13
Main factors							
	22/20	15.27	17.64	11.21	19.14	0.88 <sup>b</sup>	0.95 <sup>c</sup>
	20/18	15.29	17.47	11.11	19.43	0.91 <sup>ab</sup>	1.31 <sup>b</sup>
	18/16	14.59	16.15	11.16	21.36	1.15 <sup>a</sup>	1.63 <sup>a</sup>
	SEM <sup>1</sup>	0.29	0.48	0.28	0.75	0.07	0.09
	Fresh	15.11	17.01	11.26	20.92 <sup>a</sup>	1.03	1.30
	Used	15.00	17.16	11.06	19.03 <sup>b</sup>	0.93	1.29
	SEM <sup>1</sup>	0.24	0.39	0.23	0.61	0.06	0.07
	<i>p</i> -value						
	CP	0.178	0.071	0.971	0.093	0.021	< 0.001
	Litter	0.747	0.777	0.556	0.037	0.250	0.855
	CP*Litter	0.679	0.386	0.095	0.392	0.893	0.919

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

<sup>2</sup> Expressed as g/100g of body weight

○ 가슴육 육질분석 결과

- 육계의 가슴육 분석 결과는 표143과 표144에 나타내었다. 3주 차의 가열감량과 pH 측정 결과 사용한 깔짚에서 사육된 처리구에서 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구보다 높은 수치를 나타내었다 (litter effect;  $p < 0.05$ ). 육색의 CIE L\*에서 유의한 차이가 나타나지 않았으나 ( $p > 0.05$ ), CIE a\*에서 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구가 사용한 깔짚에서 사육된 처리구보다 더 높은 수치를 나타내었다 (litter effect;  $p < 0.001$ ). 육색의 CIE b\*에서 조단백질 수준 간의 유의한 차이가 나타났었다 (CP effect;  $p = 0.047$ ). 이는 22% 처리구, 18% 처리구, 20% 처리구 순으로 높은 수치가 나타났는데 후행 연구가 필요하다고 사료된다. 5주 차에서 보수력, pH, 육색의 CIE L\*에서는 사료 내 조단백질의 수준이 깔짚 사용 여부에 대해서 처리간의 유의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 깔짚의 사용 여부에 따른 육색의 CIE a\*와 CIE b\*는 사용한 깔짚에서 사육된 처리구가 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구보다 더 높은 유의차를 보였다 (litter effect;  $p < 0.001$ ). 또한, 처리 간 조단백질 함량에 따라 CIE b에 유의한

차이가 육질에 나타났다.

표 143. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 가슴육에 미치는 영향 (전기)

CP, %	Litter	3 weeks				
		Cooking loss, %	pH	CIE L* (lightness)	CIE a* (redness)	CIE b* (yellowness)
22	Fresh	19.25	6.46	54.38	4.49	18.01
	Used	24.21	6.51	56.72	2.90	14.10
20	Fresh	19.59	6.63	52.96	3.87	15.94
	Used	23.75	6.64	54.65	2.36	12.16
18	Fresh	20.12	6.36	53.65	4.46	16.56
	Used	20.79	6.63	54.17	2.06	13.14
	SEM <sup>1</sup>	0.95	0.06	1.26	0.41	0.77
Main factors						
22		21.73	6.48 <sup>a</sup>	55.55	3.69	16.06 <sup>a</sup>
20		21.67	6.63 <sup>a</sup>	53.80	3.11	14.05 <sup>b</sup>
18		20.46	6.49 <sup>a</sup>	53.91	3.26	14.85 <sup>ab</sup>
	SEM <sup>1</sup>	0.67	0.05	0.89	0.29	0.55
	Fresh	19.65 <sup>b</sup>	6.48 <sup>b</sup>	53.66	4.27 <sup>a</sup>	16.84 <sup>a</sup>
	Used	22.92 <sup>a</sup>	6.59 <sup>a</sup>	55.18	2.44 <sup>b</sup>	13.13 <sup>b</sup>
	SEM <sup>1</sup>	0.55	0.04	0.73	0.24	0.45
p-value						
CP		0.333	0.044	0.313	0.350	0.047
Litter		< 0.001	0.040	0.151	< 0.001	< 0.001
CP*Litter		0.072	0.132	0.769	0.488	0.949

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ (p < 0.05)

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

<sup>2</sup> Expressed as g/100g of body weight

표 144. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 가슴육에 미치는 영향 (후기)

CP, %	Litter	5 weeks				
		Cooking loss, %	pH	CIE L (lightness)	CIE a (redness)	CIE b (yellowness)
20	Fresh	25.11	5.61	52.93 <sup>a</sup>	0.67	12.88
	Used	22.47	5.52	55.57 <sup>a</sup>	1.83	16.35
18	Fresh	24.15	5.66	54.07 <sup>a</sup>	0.79	11.83
	Used	22.64	5.57	53.27 <sup>a</sup>	1.71	14.09
16	Fresh	23.68	5.59	55.45 <sup>a</sup>	1.21	12.95
	Used	20.79	5.57	52.32 <sup>a</sup>	2.02	12.80
	SEM <sup>1</sup>	1.58	0.05	1.04	0.36	0.73
Main factors						
20		23.79	5.56	54.25	1.25	14.62 <sup>a</sup>
18		23.40	5.61	53.67	1.25	12.96 <sup>a</sup>
16		22.23	5.58	53.88	1.61	12.87 <sup>a</sup>
	SEM <sup>1</sup>	1.12	0.04	0.73	0.25	0.52
	Fresh	24.31	5.62	54.15	0.89 <sup>b</sup>	12.55 <sup>b</sup>
	Used	21.97	5.55	53.72	1.85 <sup>a</sup>	14.41 <sup>a</sup>
	SEM <sup>1</sup>	0.91	0.03	0.60	0.21	0.42
p-value						
CP		0.596	0.626	0.854	0.507	0.040
Litter		0.080	0.115	0.615	0.003	0.004
CP*Litter		0.897	0.689	0.031	0.880	0.057

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ (p < 0.05)

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

<sup>2</sup> Expressed as g/100g of body weight

○ 다리육 육질분석 결과

- 육계의 다리육 육질 분석 결과는 표145, 표146에 나타내었다. 3주차에 보수력, pH, 육색에서 처리 간 유의한 차이를 보이지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 5주차에서도 보수력, pH, 육색에서 처리 간 유의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 145. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 다리육에 미치는 영향 (전기)

CP, %	Litter	3 weeks				
		Cooking loss, %	pH	CIE L* (lightness)	CIE a *(redness)	CIE b* (yellowness)
22	Fresh	25.99	6.14	54.47	5.87	17.38
	Used	25.99	6.24	56.76	4.98	16.53
20	Fresh	22.47	6.22	56.53	6.63	18.75
	Used	28.08	6.10	57.29	5.92	17.11
18	Fresh	25.62	6.12	56.10	6.33	17.90
	Used	27.10	6.13	57.53	6.18	16.06
	SEM <sup>1</sup>	1.43	0.05	1.11	0.71	1.17
Main factors						
	22	25.99	6.19	55.61	5.43	16.95
	20	25.28	6.16	56.91	6.27	17.93
	18	26.36	6.13	56.81	6.26	16.98
	SEM <sup>1</sup>	1.01	0.04	0.79	0.50	0.83
	Fresh	24.69	6.16	55.70	6.27	18.01
	Used	27.06	6.16	57.19	5.69	16.57
	SEM <sup>1</sup>	0.82	0.03	0.64	0.41	0.68
<i>p</i> -value						
	CP	0.745	0.447	0.441	0.402	0.641
	Litter	0.052	0.932	0.111	0.322	0.142
	CP*Litter	0.143	0.121	0.789	0.862	0.906

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

<sup>2</sup>Expressed as g/100g of body weight



표 146. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 다리육에 미치는 영향 (후기)

CP, %	Litter	5 weeks				
		Cooking loss, %	pH	CIE L* (lightness)	CIE a* (redness)	CIE b* (yellowness)
20	Fresh	21.40	6.13	52.31	5.23	16.30
	Used	21.65	6.15	51.55	5.08	16.14
18	Fresh	21.57	6.16	51.71	5.13	16.68
	Used	20.92	6.14	52.14	5.08	16.33
16	Fresh	22.27	6.14	52.56	5.16	15.98
	Used	21.10	6.18	51.44	5.20	16.14
	SEM <sup>1</sup>	0.89	0.03	0.47	0.07	0.30
Main factors						
20		21.53	6.14	51.93	5.16	16.22
18		21.25	6.15	51.92	5.11	16.51
16		21.68	6.16	52.00	5.18	16.06
	SEM <sup>1</sup>	0.63	0.02	0.33	0.05	0.21
	Fresh	21.74	6.14	52.19	5.18	16.32
	Used	21.23	6.16	51.71	5.12	16.21
	SEM <sup>1</sup>	0.51	0.02	0.27	0.04	0.17
<i>p</i> -value						
CP		0.884	0.832	0.983	0.529	0.334
Litter		0.480	0.673	0.221	0.330	0.641
CP*Litter		0.722	0.671	0.253	0.340	0.691

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

<sup>2</sup> Expressed as g/100g of body weight

○ 경골 분석 결과

- 육계의 경골 분석 결과는 표147, 표148에 나타내었다. 3주 차에 처리 간의 경골 무게, 길이, 파각 강도, 조지방의 무게는 유의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 3주 차 경골의 넓이는 수치적으로 고단백으로 갈수록 더 높은 수치가 나타났다 (CP effect;  $p < 0.005$ ). 건물과 조지방의 양은 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구에서 사용한 깔짚에서 사육된 처리구보다 더 높은 결과를 보였다 (litter effect;  $p < 0.05$ ). 5주 차에는 경골의 무게, 길이, 넓이, 파각 강도, 조회분과 조지방의 양에서 유의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 하지만 건물의 양은 사용한 깔짚에서 사육된 처리구보다 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구에서 높은 수치를 나타내었다 (litter effect;  $P = 0.002$ )

표 147. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 경골에 미치는 영향 (전기)

CP, %	Litter	3 weeks						
		Weight <sup>2</sup>	Length, mm	Width, mm	Strengt h, kgf	Dry matter, %	Crude ash, %	Crude fat, %
22	Fresh	0.84	76.07	6.23	16.96	36.59	40.31	93.71
	Used	0.84	75.24	6.07	17.55	35.62	39.67	93.94
20	Fresh	0.84	78.24	5.95	17.72	36.91	41.79	93.15
	Used	0.86	74.29	6.16	15.79	35.04	38.94	93.20
18	Fresh	0.80	74.75	5.43	15.24	41.22	40.99	93.64
	Used	0.82	75.50	5.47	16.03	34.09	39.89	93.61
SEM <sup>1</sup>		0.02	0.95	0.21	1.15	1.70	0.51	0.64
Main factors								
22/20		0.84	75.65	6.15 <sup>a</sup>	17.26	36.10	39.99	93.83
20/18		0.85	76.26	6.05 <sup>a</sup>	16.75	35.97	40.36	93.18
18/16		0.81	75.13	5.45 <sup>b</sup>	15.63	37.65	40.44	93.63
SEM <sup>1</sup>		0.02	0.67	0.15	0.82	1.20	0.36	0.45
Fresh		0.83	76.35	5.87	16.64	38.24 <sup>a</sup>	41.03 <sup>a</sup>	93.50
Used		0.84	75.01	5.90	16.45	34.92 <sup>b</sup>	39.50 <sup>b</sup>	93.59
SEM <sup>1</sup>		0.01	0.55	0.12	0.67	0.98	0.30	0.37
p-value								
CP		0.275	0.497	0.005	0.368	0.551	0.647	0.588
Litter		0.506	0.093	0.877	0.845	0.023	0.001	0.871
CP*Litter		0.854	0.056	0.681	0.433	0.163	0.091	0.977

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ (p < 0.05)

<sup>1</sup>SEM = standard errors of the mean

<sup>2</sup>Expressed as g/100g of body weight

표 148. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 경골에 미치는 영향 (후기)

CP, %	Litter	5 weeks						
		Weight <sup>2</sup>	Length, mm	Width, mm	Strengt h, kgf	Dry matter, %	Crude ash, %	Crude fat, %
20	Fresh	0.81	104.45	8.14	31.01	54.76	37.68	69.84
	Used	0.83	104.03	8.02	34.27	51.03	39.01	74.54
18	Fresh	0.83	104.29	7.83	27.48	55.67	38.12	68.36
	Used	0.85	103.58	8.26	39.67	51.75	38.55	69.25
16	Fresh	0.78	101.57	7.67	30.44	56.38	39.10	73.46
	Used	0.85	105.64	8.11	34.96	51.71	40.43	74.43
SEM <sup>1</sup>		0.04	1.44	0.31	2.28	1.49	1.23	1.98
Main factors								
20		0.82	104.24	8.08	32.64	52.90	38.34	72.19 <sup>a</sup>
18		0.84	103.94	8.04	33.58	53.71	38.34	68.81 <sup>a</sup>
16		0.81	103.60	7.89	32.70	54.04	39.76	73.94 <sup>a</sup>
SEM <sup>1</sup>		0.03	1.02	0.22	1.61	1.05	0.87	1.40
Fresh		0.81	103.44	7.88	29.65 <sup>a</sup>	55.60 <sup>a</sup>	38.30	70.55
Used		0.84	104.42	8.13	36.30 <sup>a</sup>	51.49 <sup>b</sup>	39.33	72.74
SEM <sup>1</sup>		0.02	0.83	0.18	1.32	0.86	0.71	1.15
p-value								
CP		0.736	0.908	0.809	0.900	0.734	0.421	0.044
Litter		0.288	0.411	0.328	0.001	0.002	0.314	0.187
CP*Litter		0.693	0.194	0.596	0.123	0.946	0.916	0.555

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ (p < 0.05)

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

<sup>2</sup> Expressed as g/100g of body weight

○ 혈액성상 분석 결과

- 육계의 혈액은 실험 시작 후 3주차, 5주차에 채취하여 분석하였으며 분석 결과는 표149, 표150에 나타내었다. 3주 차에 처리구간 total cholesterol의 수치는 22/Fresh 처리구와 20/Fresh 처리구에서 가장 높았으며 18/Fresh 처리구에서 가장 낮았다 (interaction effect;  $p = 0.013$ ). 또한, HDLC의 수치는 22/Fresh 처리구와 20/Fresh 처리구에서 가장 높았으며 20/Used 처리구에서 가장 낮았다 (interaction effect;  $p = 0.005$ ). 5주차에 처리구간 GPT의 수치에서 조단백질 18% 처리구에서 낮은 수치를 보였고 조단백질 20%와 16% 간의 유의한 차이는 없었다 ( $p < 0.05$ ). 깔짚의 사용 여부에 따른 total cholesterol은 사용한 깔짚에서 사육된 처리구에서 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구보다 더 높은 결과를 나타내었다 (litter effect;  $p = 0.049$ ). 처리구간 total protein은 16/Fresh 처리구에서 가장 낮은 수치를 보였고 16/Used 처리구에서 가장 높은 수치를 보였다 (interaction effect;  $p = 0.033$ ). 깔짚 사용 여부에 따른 HDL 콜레스테롤의 수치는 사용한 깔짚에서 사육된 처리구에서 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구보다 높은 수치를 나타내었다 ( $p < 0.05$ ). 단백질 수준에 따른 uric acid의 수치는 조단백질 20% 처리구에서 가장 높은 수치를 보였으며 조단백질 16% 처리구에서 가장 낮은 결과를 보였다 (CP effect;  $p < 0.014$ ).

표 149. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 혈청에 미치는 영향 (전기)

CP, %	Litter	3 weeks							
		GOT, U/L	GPT, U/L	TCHO, mg/dL	TP, g/Dl	TG, mg/dL	LDL, mg/d L	HDLC, mg/dL	UA, mg/d L
22	Fresh	188.7	27.67	116.3 <sup>a</sup>	2.85	19.00	25.5	88 <sup>a</sup>	9.83
	Used	211.5	30.17	109.0 <sup>ab</sup>	2.92	58.83	22.9	74 <sup>ab</sup>	12.75
20	Fresh	184.5	29.83	120.5 <sup>a</sup>	2.93	25.67	17.4	98 <sup>a</sup>	9.08
	Used	212.8	31.80	96.8 <sup>ab</sup>	2.62	33.40	33.4	54 <sup>b</sup>	47.84
18	Fresh	168.6	30.80	82.8 <sup>b</sup>	2.24	10.80	13.9	75 <sup>ab</sup>	8.52
	Used	181.3	31.00	107.3 <sup>ab</sup>	2.65	110.00	7.6	85 <sup>ab</sup>	10.23
SEM <sup>1</sup>		18.3	1.01	7.3	0.19	31.87	5.7	7	13.13
Main factors									
22		200.1	28.9	112.7	2.88	38.9	24.2 <sup>a</sup>	81.1	11.3
20		198.7	30.8	108.7	2.78	29.5	25.4 <sup>a</sup>	76.1	28.5
18		175.0	30.9	95.1	2.45	60.4	10.7 <sup>a</sup>	80.1	9.4
SEM <sup>1</sup>		13.0	0.7	5.2	0.14	22.5	4.0	5.0	9.3
Fresh		180.6	29.4	106.5	2.67	18	18.9	87.1 <sup>a</sup>	9.15
Used		201.9	31.0	104.4	2.73	67	21.3	71.1 <sup>b</sup>	23.61
SEM <sup>1</sup>		10.9	0.6	4.4	0.12	19	3.4	4.2	7.83
p-value									
CP		0.348	0.109	0.067	0.092	0.643	0.036	0.769	0.323
Litter		0.180	0.078	0.728	0.742	0.080	0.626	0.012	0.202
CP*Litter		0.919	0.521	0.013	0.223	0.393	0.152	0.005	0.321

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

<sup>2</sup> TCHO, total cholesterol; TG, glucose; GOT, glutamic oxalacetic transaminase; GPT, glutamic pyruvic transaminase; TP, Total protein; ALB, albumen; UA, uric acid; LDL, low density lipoprotein; HDLC, high density lipoprotein cholesterol;

표 150. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 혈청에 미치는 영향 (후기)

CP, %	Litter	5 weeks							
		GOT, U/L	GPT, U/L	TCHO, mg/dL	TP, g/Dl	TG, mg/dL	LDL, mg/dL	HDLC, mg/dL	UA, mg/dL
20	Fresh	217	27.3	69.5	3.08 <sup>ab</sup>	1.00	22.3	47.0	5.13
	Used	202	28.8	92.3	3.28 <sup>ab</sup>	4.17	22.7	68.8	5.43
18	Fresh	235	32.7	77.7	2.88 <sup>ab</sup>	7.67	19.6	55.7	3.95
	Used	214	40.6	66.2	2.64 <sup>ab</sup>	5.56	21.8	54.3	4.62
16	Fresh	217	30.6	68.6	2.08 <sup>b</sup>	11.00	17.2	44.8	2.90
	Used	298	28.0	105.8	3.35 <sup>a</sup>	8.50	10.0	94.8	4.18
SEM <sup>1</sup>		53	2.7	9.4	0.27	3.95	3.5	10.6	0.54
Main factors									
20		209	28.1 <sup>b</sup>	80.9	3.18	2.58	22.48	57.9	5.28 <sup>a</sup>
18		224	36.6 <sup>a</sup>	71.9	2.76	6.61	20.70	55.0	4.29 <sup>ab</sup>
16		258	29.3 <sup>b</sup>	87.2	2.72	9.75	13.62	69.8	3.54 <sup>b</sup>
SEM <sup>1</sup>		37	1.9	6.6	0.19	2.79	2.45	7.5	0.38
Fresh		223	30.2	71.9 <sup>b</sup>	2.68	6.56	19.7	49.2 <sup>b</sup>	3.99
Used		238	32.5	88.1 <sup>a</sup>	3.09	6.08	18.2	72.6 <sup>a</sup>	4.75
SEM <sup>1</sup>		31	1.6	5.6	0.16	2.36	2.1	6.3	0.32
p-value									
CP		0.663	0.010	0.309	0.183	0.224	0.058	0.380	0.014
Litter		0.733	0.324	0.049	0.080	0.887	0.623	0.014	0.112
CP*Litter		0.590	0.189	0.053	0.033	0.736	0.432	0.088	0.677

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

<sup>2</sup> TCHO, total cholesterol; TG, glucose; GOT, glutamic oxalacetic transaminase; GPT, glutamic pyruvic transaminase; TP, Total protein; UA, uric acid; LDL, low density lipoprotein; HDLC, high density lipoprotein cholesterol;

○ 혈액 내 Corticosterone 분석 결과

- 스트레스 호르몬은 표 151에 나타내었다. 스트레스 호르몬은 혈액에서 측정하였으며 실험 시작 후 3, 5주 차에 분석하였다. 스트레스 호르몬인 코르티코스테론을 확인했으며 3주차, 5주차 처리 간의 유의차 및 상호작용 효과가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 151. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 스트레스 호르몬 (pg/g)에 미치는 영향 (전기)

CP, %	Litter	Corticosterone	
		3 weeks	5 weeks
22/20	Fresh	1434	919
	Used	1400	1160
20/18	Fresh	370	1153
	Used	679	594
18/16	Fresh	372	999
	Used	892	616
SEM <sup>1</sup>		442	334
Main factors			
22/20		1417	1040
20/18		524	873
18/16		632	807
SEM <sup>1</sup>		313	236
Fresh		725	1024
Used		991	790
SEM <sup>1</sup>		255	193
<i>p</i> -value			
CP		0.105	0.775
Litter		0.468	0.398
CP*Litter		0.820	0.461

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

○ 체표면 온도 측정 결과

- 육계의 체표면 온도는 머리, 가슴, 다리를 측정하였으며 한 반복당 두 마리의 온도를 측정하였다. 체표면 온도는 표152, 표153에 나타내었다. 3주차에 머리와 다리 체표면의 온도가 깔짚의 사용 여부에 따른 유의한 차이가 나타났다 (litter effect:  $p = 0.004$ ). 사용하지 않은 깔짚을 제공한 처리구가 사용된 깔짚을 제공한 처리구보다 머리와 다리 체표면의 온도가 더 낮았다. 육계 가슴의 온도는 새 깔짚에서 사육된 처리구에서 더 낮은 온도가 나타났지만 유의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 5주 차에서 사용하지 않은 깔짚을 제공한 처리구가 사용한 깔짚을 제공한 처리구보다 가슴과 다리 체표면의 온도가 유의적으로 감소하였다 (litter effect:  $p < 0.05$ ).

표 152. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 체표면 온도에 미치는 영향 (전기)

CP, %	Litter	3 weeks		
		Head, °C	Breast, °C	Leg, °C
22	Fresh	36.83	35.38	36.96
	Used	38.04	37.79	38.30
20	Fresh	37.18	35.17	37.14
	Used	38.37	34.88	37.96
18	Fresh	36.84	34.96	37.03
	Used	38.02	37.06	38.25
SEM <sup>1</sup>		0.46	1.27	0.44
Main factors				
22		37.44	36.59	37.63
20		37.78	35.02	37.55
18		37.43	36.01	37.64
SEM <sup>1</sup>		0.33	0.90	0.31
Fresh		36.95 <sup>b</sup>	35.17	37.04 <sup>b</sup>
Used		38.14 <sup>a</sup>	36.58	38.17 <sup>a</sup>
SEM <sup>1</sup>		0.27	0.73	0.25
<i>p</i> -value				
CP		0.699	0.466	0.974
Litter		0.004	0.184	0.004
CP*Litter		0.999	0.514	0.821

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

표 153. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 체표면 온도에 미치는 영향 (후기)

CP, %	Litter	5 weeks		
		Head, °C	Breast, °C	Leg, °C
20	Fresh	37.60	36.72	37.43
	Used	37.49	37.23	37.83
18	Fresh	37.48	37.23	37.58
	Used	38.18	37.74	38.52
16	Fresh	37.78	37.08	37.74
	Used	38.09	38.00	38.50
SEM <sup>1</sup>		0.38	0.38	0.39
Main factors				
20		37.55	36.98	37.63
18		37.83	37.48	38.05
16		37.93	37.54	37.12
SEM <sup>1</sup>		0.27	0.27	0.28
Fresh		37.62	37.01 <sup>b</sup>	37.58 <sup>b</sup>
Used		37.92	37.66 <sup>a</sup>	38.28 <sup>a</sup>
SEM <sup>1</sup>		0.22	0.22	0.22
<i>p</i> -value				
CP		0.587	0.284	0.401
Litter		0.347	0.047	0.036
CP*Litter		0.588	0.836	0.780

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

○ 회장 용모 분석 결과

- 육계의 용모 분석 결과는 표154, 표155에 나타내었다. 3주 차의 용모 길이의 수치는 유의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 그러나 음와의 길이는 사용하지 않은 깔짚을

제공한 처리구에서 사용한 깔짚을 제공한 처리구보다 작은 수치를 보였다 (litter effect:  $p < 0.001$ ). 용모 : 음화 비율은 새깔짚 처리구에서 재활용 깔짚 처리구보다 더 높은 수치를 나타내었다(litter effect:  $p < 0.001$ ). 5주차에서 회장 용모의 특성은 처리간의 유의한 차이를 나타내지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 154. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 용모에 미치는 영향 (전기)

CP, %	Litter	3 weeks		
		Villus height, $\mu\text{m}$	Crypt depth, $\mu\text{m}$	Villus to Crypt
22	Fresh	622	121	5.22
	Used	612	157	3.92
20	Fresh	600	128	4.75
	Used	567	177	3.28
18	Fresh	654	129	5.04
	Used	626	150	4.19
SEM <sup>1</sup>		46	9	0.33
Main factors				
22		617	139	4.57
20		584	152	4.02
18		640	140	4.61
SEM <sup>1</sup>		33	6	0.23
	Fresh	625	126 <sup>b</sup>	5.00 <sup>a</sup>
	Used	602	162 <sup>a</sup>	3.80 <sup>b</sup>
SEM <sup>1</sup>		27	5	0.19
p-value				
CP		0.480	0.236	0.147
Litter		0.535	< 0.001	< 0.001
CP*Litter		0.966	0.296	0.634

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

표 155. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 용모에 미치는 영향 (후기)

CP, %	Litter	5 weeks		
		Villus height, $\mu\text{m}$	Crypt depth, $\mu\text{m}$	Villus to Crypt
20	Fresh	639	183	3.51
	Used	802	185	4.38
18	Fresh	793	193	4.21
	Used	811	192	4.36
16	Fresh	936	204	4.68
	Used	703	143	4.90
SEM <sup>1</sup>		95	23	0.39
Main factors				
20		721	184	3.94
18		802	193	4.28
16		820	173	4.79
SEM <sup>1</sup>		67	16	0.27
	Fresh	789	193	4.13
	Used	772	173	4.54
SEM <sup>1</sup>		55	13	0.22
p-value				
CP		0.549	0.696	0.99
Litter		0.825	0.292	0.185
CP*Litter		0.127	0.311	0.589

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

6) 육계 연구 결과 (P)

○ 생산성 결과

- 육계 사료 내 P의 수준별 첨가와 깔짚의 사용 여부가 육계 전후기 생산성에 미치는 영향을 표156에 나타내었다. 육계 생산성 지표 중 사료 섭취량 21일에서 35일까지는 사용한 깔짚에서 사육된 처리구가 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구와 비교하여 유의하게 높은 결과를 나타내었다 (litter effect;  $p = 0.008$ ). 하지만, 사료 내 인의 함량과 깔짚의 사용 여부 사이의 상호작용은 나타나지 않았다 (interaction effect;  $p > 0.05$ ).

표 156. 사료 내 유효인 수준이 육계의 생산성에 미치는 영향<sup>1</sup>

P, %	Litter	Body weight gain, g/d/bird			Feed intake, g/d/bird			FCR, g:g		
		0 to 21 d	21 to 35 d	0 to 35 d	0 to 21 d	21 to 35 d	0 to 35 d	0 to 21 d	21 to 35 d	0 to 35 d
0.35 / 0.25	Fresh	751	1113	1864	1039	1720	2759	1.39	1.57	1.49
	Used	735	1189	1924	1043	1863	2906	1.42	1.57	1.51
0.45 / 0.35	Fresh	730	1161	1891	1004	1740	2744	1.38	1.51	1.46
	Used	685	1153	1846	973	1864	2837	1.42	1.62	1.54
	SEM <sup>2</sup>	25	52	72	32	44	70	0.04	0.05	0.04
Main factor										
0.35 / 0.25		743	1151	1894	1041	1792	2833	1.41	1.57	1.50
0.45 / 0.35		707	1157	1868	989	1802	2791	1.40	1.57	1.50
	Fresh	740	1137	1877	1022	1730 <sup>b</sup>	2752	1.39	1.54	1.47
	Used	710	1171	1885	1008	1864 <sup>a</sup>	2872	1.42	1.59	1.52
<i>p</i> -value										
Phosphorus		0.168	0.913	0.729	0.124	0.822	0.554	0.885	0.992	0.990
Litter		0.239	0.527	0.916	0.681	0.008	0.102	0.437	0.323	0.240
P × litter		0.558	0.440	0.484	0.601	0.829	0.702	0.850	0.326	0.420

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 6 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

○ 도체분석 결과

- 육계 사료 내 P의 수준별 첨가와 깔짚의 사용 여부가 육계 전후기 가슴 및 다리육의 비율과 복강지방의 비율에 미치는 영향을 표157에 나타내었다. 육계 사료 내 인의 함량과 깔짚의 사용 여부는 전기와 후기 가슴 및 다리육의 비율과 복강지방의 비율에 영향을 미치지 않았다 (interaction effect;  $p > 0.05$ ).



표 157. 사료 내 유효인 수준이 육계의 가슴 및 다리육의 비율과 복강지방 비율에 미치는 영향<sup>1</sup>

P, %	Litter	Breast, %		Leg, %		Abdominal fat, %	
		3 week	5 week	3 week	5 week	3 week	5 week
0.35 /	Fresh	15.1	17.7	11.9	19.4	0.83	0.391
0.25	Used	14.8	19.2	11.8	18.3	0.81	0.344
0.45 /	Fresh	15.5	17.5	11.1	19.2	0.90	0.403
0.35	Used	15.0	17.8	11.3	19.0	0.85	0.388
	SEM <sup>2</sup>	0.5	0.6	0.4	1.0	0.10	0.050
Main factor							
0.35 /		14.9	18.9	11.9	18.9	0.82	0.367
0.25							
0.45 /		15.3	19.1	11.2	19.1	0.88	0.395
0.35							
	Fresh	15.3	19.3	11.5	19.3	0.87	0.397
	Used	14.9	18.7	11.6	18.7	0.83	0.366
<i>p</i> -value							
	Phosphorus	0.555	0.206	0.101	0.786	0.569	0.584
	Litter	0.501	0.161	0.910	0.503	0.716	0.545
	P × litter	0.769	0.295	0.565	0.643	0.909	0.754

<sup>1</sup> All means are average of 6 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

○ 육질분석 결과

- 육계 사료 내 P의 수준별 첨가와 깔짚의 사용 여부가 육계 전기 육질에 미치는 영향을 표158에 나타내었다. 가슴육의 가열감량과 육색의 a\*값을 제외한 전기의 육질은 사료 내 인의 함량과 깔짚의 사용 여부에 의해 영향을 받지 않았다. 전기 가슴육의 가열감량은 사용한 깔짚에서 사육된 처리구가 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구와 비교하여 유의하게 높은 결과를 나타내었다 (litter effect;  $p = 0.003$ ). 가슴육색의 a\*값은 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구가 유의하게 높은 결과를 나타내었다 (litter effect;  $p = 0.001$ ).
- 육계 사료 내 P의 수준별 첨가와 깔짚의 사용 여부가 육계 후기 육질에 미치는 영향을 표159에 나타내었다. 다리육의 육질은 사료 내 인의 함량과 깔짚의 사용 여부에 의해 영향받지 않았다. 후기 가슴육의 가열감량은 사료 내 인의 함량이 감소하였을 때, 대조구와 비교하여 낮은 결과를 나타내었지만 (phosphorus effect;  $p = 0.021$ ), 사료 내 인의 함량과 깔짚의 사용 여부에 대한 상호작용의 효과는 나타나지 않았다. 가슴육색의 명도는 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 낮은 결과를 나타내었으며 (phosphorus effect;  $p = 0.001$ ), b\*값은 사용한 깔짚에서 사육 시 유의하게 높은 결과를 나타내었다 (litter effect;  $p = 0.006$ ). 사료 내 인의 함량과 깔짚의 사용 여부는 가슴육색의 명도와 b\*값을 높이거나 낮추는 상호작용 효과가 나타났다. (interaction effect;  $p < 0.05$ ).

표 158. 사료 내 유효인 수준이 육계 전기의 육질에 미치는 영향<sup>1</sup>

P, %	Litter	Breast meat					Leg meat		
		Cooking loss	pH	Color			Cooking loss	pH	Color
				L*	a*	b*			
0.35	Fresh	20.31	6.45	53.1	4.09	41.77	24.64	6.19	54.42
	Used	23.95	6.51	56.0	2.60	14.57	26.83	6.16	55.76
0.45	Fresh	19.25	6.46	54.4	4.49	18.01	25.99	6.14	54.47
	Used	24.21	6.51	56.7	2.90	14.10	25.99	6.24	56.76
SEM <sup>2</sup>		1.26	0.11	1.3	0.42	12.73	1.21	0.06	1.49
Main factor									
0.35		22.13	6.48	54.6	3.34	28.17	25.73	6.17	55.09
0.45		21.73	6.48	55.6	3.69	16.06	25.99	6.19	55.61
	Fresh	19.78 <sup>b</sup>	6.45	53.7	4.29 <sup>a</sup>	29.89	25.32	6.17	54.45
	Used	24.08 <sup>a</sup>	6.51	56.4	2.75 <sup>b</sup>	14.34	26.41	6.20	56.26
<i>p</i> -value									
Phosphorus		0.752	0.936	0.456	0.410	0.353	0.835	0.751	0.729
Litter		0.003	0.607	0.059	0.001	0.236	0.377	0.551	0.236
P × litter		0.608	0.973	0.820	0.899	0.371	0.376	0.236	0.754

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 6 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Color, L\*=lightness; a\*=redness b\*=yellowness

표 159. 사료 내 유효인 수준이 육계 후기의 육질에 미치는 영향<sup>1</sup>

P, %	Litter	Breast meat					Leg meat		
		Cooking loss	pH	Color			Cooking loss	pH	Color <sup>3</sup>
L*	a*			b*	L*				
0.35	Fresh	20.86	5.62	51.62 <sup>b</sup>	1.95	14.23 <sup>ab</sup>	21.1	6.17	52.3
	Used	20.73	5.63	50.21 <sup>b</sup>	1.95	14.55 <sup>ab</sup>	22.0	6.16	52.2
0.45	Fresh	25.11	5.61	52.93 <sup>ab</sup>	0.67	12.88 <sup>b</sup>	21.4	6.13	52.3
	Used	22.47	5.52	55.57 <sup>a</sup>	1.83	16.35 <sup>a</sup>	21.7	6.15	51.6
SEM <sup>2</sup>		1.20	0.05	0.80	0.40	0.62	0.8	0.04	0.5
Main factor									
0.35		20.80 <sup>b</sup>	5.62	50.91 <sup>b</sup>	1.95	14.39	21.6	6.17	52.3
0.45		23.79 <sup>a</sup>	5.56	54.25 <sup>a</sup>	1.25	14.62	21.5	6.14	51.9
Fresh		22.99	5.62	52.27	1.31	13.55 <sup>b</sup>	21.3	6.15	52.3
Used		21.60	5.57	52.89	1.89	15.45 <sup>a</sup>	21.8	6.16	51.9
<i>p</i> -value									
Phosphorus		0.021	0.207	0.001	0.097	0.716	0.968	0.492	0.499
Litter		0.262	0.342	0.452	0.166	0.006	0.499	0.948	0.373
P × litter		0.308	0.316	0.020	0.164	0.020	0.719	0.737	0.548

<sup>a,b,ab</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 6 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Color, L\*=lightness; a\*=redness b\*=yellowness

○ 경골 분석 결과

- 육계 사료 내 P의 수준별 첨가와 깔짚의 사용 여부가 육계 전기 경골특성에 미치는 영향을 표160에 나타내었다. 육계 사료 내 인의 함량과 깔짚의 사용 여부는 육계 후기의 경골특성에 영향을 미치지 않았다 (interaction effect:  $p > 0.05$ ).
  
- 육계 사료 내 P의 수준별 첨가와 깔짚의 사용 여부가 육계 전기 경골특성에 미치는 영향을 표161에 나타내었다. 경골 특성 중 경골의 건물함량이 사용한 깔짚에서 사육된 처리구가 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구와 비교하여 유의하게 높은 결과를 나타내었다 (litter effect:  $p = 0.014$ ). 하지만, 사료 내 인의 함량과 깔짚의 사용 여부 사이의 상호작용은 나타나지 않았다 (interaction effect:  $p > 0.05$ ).

표 160. 사료 내 유효인 수준이 육계 전기의 경골 특성에 미치는 영향<sup>1</sup>

P, %	Litter	Fresh weight <sup>3</sup> , g	Width, mm	Length, mm	Strength, kgf	Dry matter, %	Ash/fat-free, %	Ca, %
0.35	Fresh	0.843	75.4	6.20	19.4	36.2	40.5	39.7
	Used	0.816	75.6	6.04	17.6	36.0	39.7	40.7
0.45	Fresh	0.840	76.1	6.23	17.0	36.6	40.3	40.1
	Used	0.838	75.2	6.07	17.5	35.6	39.7	39.8
SEM <sup>2</sup>		0.023	1.0	0.23	1.3	0.5	0.7	0.6
Main factor								
0.35		0.829	75.5	6.12	18.5	36.1	40.1	40.2
0.45		0.839	75.7	6.15	17.3	36.1	40.0	40.0
	Fresh	0.841	75.7	6.22	18.2	36.4	40.4	39.9
	Used	0.827	75.4	6.05	17.6	35.8	39.7	40.2
<i>p</i> -value								
Phosphorus		0.677	0.887	0.889	0.350	0.974	0.856	0.725
Litter		0.555	0.746	0.490	0.654	0.253	0.320	0.590
P × litter		0.606	0.637	0.992	0.383	0.488	0.912	0.317

<sup>1</sup> All means are average of 6 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Fresh weight was expressed as per 100 g body weight

표 161. 사료 내 유효인 수준이 육계 후기의 경골 특성에 미치는 영향<sup>1</sup>

P, %	Litter	Fresh weight, g	Width, mm	Length, mm	Strength, kgf	Dry matter, %	Ash/fat-free, %	Ca, %
0.35	Fresh	0.815	103	8.05	30.4	55.4	37.0	40.4
	Used	0.776	104	8.39	34.3	50.8	38.2	40.9
0.45	Fresh	0.813	104	8.14	31.0	54.8	37.7	38.8
	Used	0.827	104	8.02	34.3	51.0	39.0	40.8
SEM <sup>2</sup>		0.034	2	0.33	2.5	1.5	1.0	0.8
Main factor								
0.35		0.796	104	8.22	32.3	53.1	37.6	40.6
0.45		0.820	104	8.08	32.6	52.9	38.3	39.8
Fresh		0.814	104	8.09	30.7	55.1 <sup>b</sup>	37.4	39.6
Used		0.802	104	8.21	34.3	50.9 <sup>a</sup>	38.6	40.8
<i>p</i> -value								
Phosphorus		0.490	0.644	0.671	0.899	0.887	0.447	0.321
Litter		0.715	0.755	0.726	0.175	0.014	0.218	0.123
P × litter		0.445	0.558	0.488	0.905	0.780	0.917	0.340

<sup>1</sup> All means are average of 6 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<sup>3</sup> Fresh weight was expressed as per 100 g body weight

○ 혈액성상 분석 결과

- 육계 사료 내 P의 수준별 첨가와 깔짚의 사용 여부가 육계 전후기 혈액성상에 미치는 영향을 표162에 나타내었다. 전기 혈액 미네랄 함량 분석 결과 혈액 내 Ca, P, Mg 수준은 사료 내 인의 함량이 감소함에 따라 감소하는 결과를 나타내었다 (phosphorus effect;  $p < 0.05$ ). 후기 혈액 내 Ca 함량 또한 사료 내 인의 함량이 감소하였을 때, 혈액 내 Ca 함량이 감소하는 결과를 나타내었다 (phosphorus effect;  $p = 0.020$ ). 후기 혈액 내 Mg 함량은 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구에서 유의하게 높은 결과를 나타내었고 (litter effect;  $p = 0.034$ ), 사료 내 인의 함량과 깔짚의 사용 여부에 대한 효과를 나타내었다 (interaction effect;  $p < 0.05$ ).

표 162. 사료 내 유효인 수준이 육계의 혈액성상에 미치는 영향

P, %	Litter	3 week			5 week		
		Ca	P	Mg	Ca	P	Mg
0.35/0.25	Fresh	10.2	8.0	1.08	7.50	11.3	1.12 <sup>ab</sup>
	Used	10.4	7.9	1.08	7.63	11.6	1.13 <sup>ab</sup>
0.45/0.35	Fresh	12.1	11.6	1.65	9.32	11.9	1.23 <sup>a</sup>
	Used	12.6	12.0	1.97	8.30	11.5	0.95 <sup>b</sup>
SEM <sup>2</sup>		0.2	0.7	0.14	0.49	0.2	0.06
Main factor							
0.35/0.25		10.3 <sup>b</sup>	7.9 <sup>b</sup>	1.08 <sup>b</sup>	7.57 <sup>b</sup>	11.5	1.13
0.45/0.35		12.3 <sup>a</sup>	11.8 <sup>a</sup>	1.81 <sup>a</sup>	8.81 <sup>a</sup>	11.7	1.09
Fresh		11.1	9.8	1.37	8.41	11.6	1.18 <sup>a</sup>
Used		11.5	10.0	1.53	7.97	11.6	1.04 <sup>b</sup>
<i>p</i> -value							
Phosphorus		< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.020	0.320	0.575
Litter		0.198	0.769	0.282	0.380	0.911	0.034
P × litter		0.548	0.678	0.282	0.256	0.091	0.018

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 6 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

○ 혈액 내 Corticosterone 분석 결과

- 육계 사료 내 P의 수준별 첨가와 깔짚의 사용 여부가 육계 전후기 혈액 내 corticosterone에 미치는 영향을 그림11과 그림12에 나타내었다. 육계 사료 내 인의 함량과 깔짚의 사용 여부는 전기와 후기 혈액 내 corticosterone의 함량에 영향을 미치지 않았다 (interaction effect;  $p > 0.05$ ).

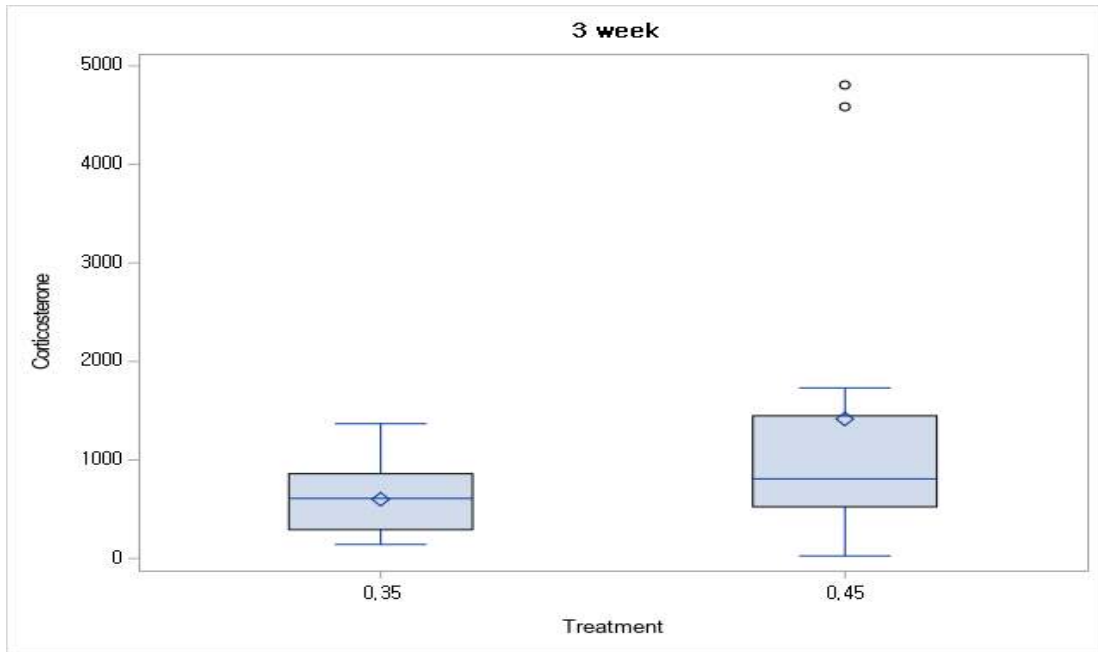


그림 11. 사료 내 유효인 수준이 육계 전기 혈액 내 Corticosterone 함량에 미치는 영향

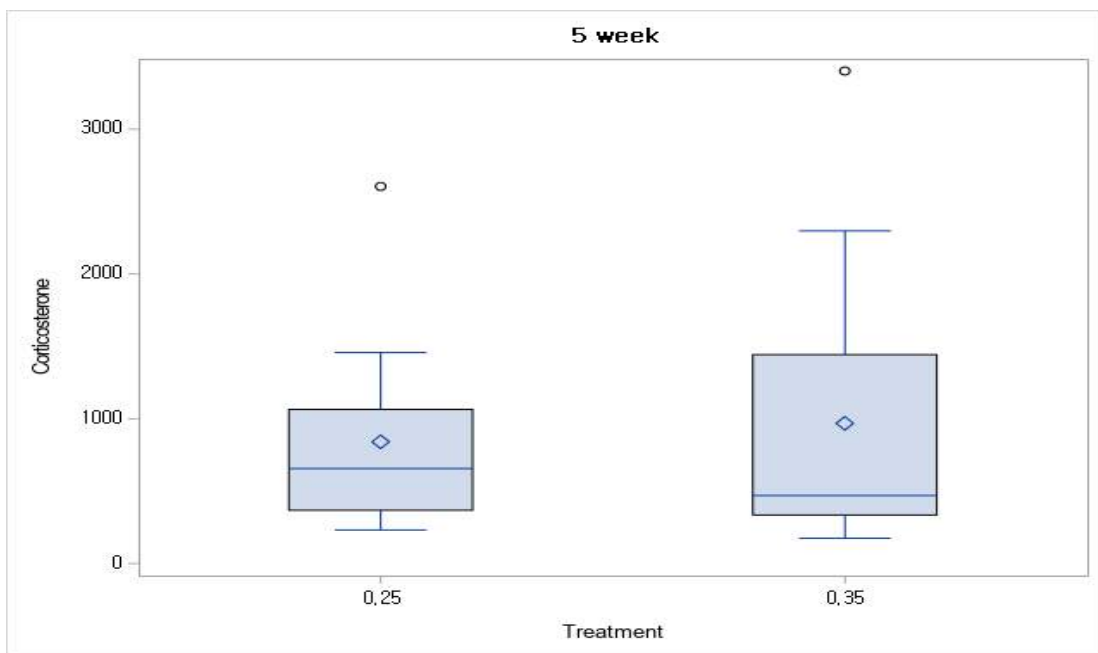


그림 12. 사료 내 유효인 수준이 육계 후기 혈액 내 corticosterone 함량에 미치는 영향

○ 회장 응모 분석 결과

- 육계 사료 내 P의 수준별 첨가와 깔짚의 사용 여부가 육계 전후기 회장 응모발달에 미치는 영향을 표163에 나타내었다. 전기 음와의 깊이와 후기 응모와 음와의 비율은 깔짚의 사용 여부에 영향을 받아, 사용한 깔짚에서 사육한 처리구가 유의하게 높은 결과를 나타내었다 (litter effect;  $p < 0.05$ ). 전기 응모와 음와의 비율은 전기 음와의 깊이가 사용한 깔짚에서 사육한 처리구의 결과가 유의하게 높게 나타나 결과적으로 비율은 유의하게 낮은 결과를 나타내었다(litter effect;  $p = 0.032$ ). 이에 따른 상호작용 효과는 모든 분석 항목 간 관찰되지 않았다 (interaction effect;  $p > 0.05$ ).



표 163. 사료 내 유효인 수준이 육계의 회장 용모발달에 미치는 영향<sup>1</sup>

P, %	Litter	3 week			5 week		
		Villus heightm, um	Crypt depth, um	Villus to Crypt	Villus height	Crypt depth	Villus to Crypt
0.35/0.25	Fresh	562	118	4.90	786	201	3.99
	Used	603	154	3.96	833	177	4.75
0.45/0.35	Fresh	622	121	5.22	767	219	3.51
	Used	612	157	3.92	802	185	4.37
	SEM <sup>2</sup>	60	9	0.48	54	14	0.27
Main factor							
0.35/0.25		583	136	4.43	810	189	4.37
0.45/0.35		617	139	4.57	785	202	3.94
	Fresh	592	119 <sup>b</sup>	5.06 <sup>a</sup>	777	210	3.75 <sup>b</sup>
	Used	608	156 <sup>a</sup>	3.94 <sup>b</sup>	818	181	4.56 <sup>a</sup>
<i>p</i> -value							
Phosphorus		0.569	0.696	0.770	0.653	0.386	0.138
Litter		0.801	0.001	0.032	0.468	0.059	0.008
P × litter		0.680	0.995	0.716	0.917	0.733	0.852

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 6 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

○ 실험 2. 육계 사료 내 조단백질 수준이 영양소 소화율에 미치는 영향

1) 연구목표

- 육계 전기 및 후기 사료 내 조단백질 함량수준에 따른 영양소 이용성을 전분채취법을 이용하여 사육단계별로 검증하여 사료 내 조단백질의 적정 수준을 제시

2) 연구방법

a) 공시동물:

- 육계 전기 12일령 504수 (조단백질 6처리 6반복, 14수/반복)를 공시
- 육계 전기 12일령 336수 (인 4처리 6반복, 14수/반복)를 공시
- 육계 후기 28일령 504수 (조단백질 6처리 6반복, 14수/반복)를 공시
- 육계 후기 28일령 336수 (인 4처리 6반복, 14수/반복)를 공시

b) 실험 장소

- 충주 건국대학교 실습농장 육계사

c) 실험사료 및 사양관리

- 팬 내부에 비닐을 깔아 6시간 동안 분을 채취한다.
- 사료 및 물 급여는 무제한 급여하는 것으로 한다.
- 본 실험은 6시간 동안 실시하며, 배출되는 분의 양을 기록한다.
- 전분을 2시간 간격으로 채취하여 냉동 보관한다.
- 실험에 사용한 사료, 전분은 냉동보관 후 일반성분을 분석하여 영양소 소화율을 계산한다.

3) 조사항목

- 영양소 소화율: 건물 소화율, 질소 소화율 등 (전분채취법)
- 분뇨-악취 발생량: 분뇨량, 암모니아, 황화수소, 휘발성지방산 등 악취물질 배출량 조사
- 육계 분 발생량 조사

4) 샘플채취

- 악취측정: 각 사육단계 종료 6시간 전, 모든 비닐을 깔아 여섯 시간 동안 분을 채취함. 채취한 분 중 150g을 샘플링하여 악취측정을 진행하였다.



## 5) 육계 (CP) 연구 결과

### ○ 영양소 소화율 분석 결과

- 육계의 소화율 분석 결과는 표164, 표165에 나타내었다. 건물과 조단백질의 소화율은 조단백질 22% 처리구에서 가장 낮은 결과를 보였으며 (CP effect:  $p < 0.001$ ), 조단백질 20%와 18% 처리구 사이의 유의차는 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 조지방 소화율은 새깔짚에서 사육된 처리구에서 재활용 깔짚에서 사육된 처리구보다 더 높은 수치를 나타내었다 (litter effect:  $p < 0.001$ ). 조회분 소화율은 사료 내 단백질 수준과 깔짚 사용 여부에 따라 상호작용 효과가 나타났다(litter effect:  $p = 0.002$ , interaction effect:  $p = 0.002$ ). 조회분의 소화율은 조단백질 18% 처리구에서 가장 좋은 소화율을 보였으며 조단백질 20% 처리구에서 가장 낮은 조회분 소화율을 보였다. 질소 보유량은 22% 처리구에서 가장 낮았고 반대로 배출량은 가장 높았으며 (CP effect:  $p < 0.001$ ), 조단백질 20%와 18% 처리구 사이의 유의한 차이는 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 5주차의 건물 소화율은 18/ Fresh 처리구에서 가장 높은 소화율을 보였으며 16/Used 처리구에서 가장 낮은 소화율을 보였다 (interaction effect:  $p < 0.05$ ). 조단백질의 소화율은 19/Fresh 처리구에서 가장 높은 소화율을 보였으며 18/Used 처리구에서 가장 낮은 소화율을 보였다 (interaction effect:  $p < 0.001$ ). 조지방의 소화율은 Fresh 처리구가 사용한 깔짚에서 사육된 처리구보다 더 낮은 소화율을 보였다 (litter effect:  $p = 0.001$ ). 조회분의 소화율은 20/Used, 18/Fresh, 16/Used 처리구에서 가장 높은 소화율을 보였고 18/Used, 16/Used 처리구에서 가장 낮은 소화율을 보였다 (interaction effect:  $p < 0.001$ ). 질소의 보유량은 조단백질 18% 처리구에서 가장 높았으며 조단백질 16% 처리구에서 가장 낮은 수치를 보였다 (CP effect:  $p < 0.001$ ). 반대로 질소의 배출량은 조단백질 16% 처리구에서 가장 높은 배출량을 보였고 조단백질 18% 처리구에서 가장 낮은 배출량을 보였다 (CP effect:  $p < 0.001$ ). 또한, 깔짚 사용 여부에서도 처리간의 건물, 조단백질, 조회분의 소화율은 새깔짚에서 사육된 처리구에서 재활용 깔짚에서 사육된 처리구에 비해 높은 결과가 나타났으며 (litter effect:  $p < 0.05$ ), 조지방의 소화율은 재활용 깔짚에서 사육된 처리구에서 더 높았다 (litter effect:  $p = 0.001$ ).

표 164. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 소화율에 미치는 영향 (전기)

CP, %	Litter	3 weeks				
		Dry matter, %	Crude protein, %	Crude fat, %	Crude ash, %	Nitrogen retention, %
22	Fresh	71.99	66.38	72.02	36.43 <sup>a</sup>	66.4
	Used	71.95	64.23	43.35	37.55 <sup>a</sup>	64.2
20	Fresh	74.37	68.66	75.84	36.81 <sup>a</sup>	68.7
	Used	73.63	68.27	52.74	33.99 <sup>a</sup>	69.2
18	Fresh	74.83	69.16	72.17	42.83 <sup>a</sup>	68.3
	Used	74.20	69.61	46.62	34.40 <sup>a</sup>	69.6
SEM <sup>1</sup>		0.48	0.89	2.76	1.19	0.89
Main factors						
22		71.97 <sup>b</sup>	65.30 <sup>b</sup>	57.69	36.99 <sup>ab</sup>	65.3 <sup>b</sup>
20		74.00 <sup>a</sup>	68.46 <sup>a</sup>	64.29	35.40 <sup>b</sup>	68.9 <sup>a</sup>
18/16		74.51 <sup>a</sup>	69.39 <sup>a</sup>	59.39	38.61 <sup>a</sup>	68.9 <sup>a</sup>
SEM <sup>1</sup>		0.34	0.63	1.95	0.84	0.63
Fresh		73.73	68.07	73.34 <sup>a</sup>	38.69 <sup>a</sup>	67.77
Used		73.26	67.37	47.57 <sup>b</sup>	35.31 <sup>b</sup>	67.67
SEM <sup>1</sup>		0.27	0.52	1.60	0.69	0.52
p-value						
CP		< 0.001	< 0.001	0.061	0.038	< 0.001
Litter		0.230	0.347	< 0.001	0.002	0.889
CP*Litter		0.731	0.344	0.605	0.002	0.142

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

표 165. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 소화율에 미치는 영향 (후기)

CP, %	Litter	5 weeks				
		Dry matter, %	Crude protein, %	Crude fat, %	Crude ash, %	Nitrogen retention, %
20	Fresh	76.49 <sup>c</sup>	66.76 <sup>cd</sup>	48.38	40.67 <sup>b</sup>	66.8
	Used	80.06 <sup>b</sup>	70.71 <sup>bc</sup>	63.95	49.99 <sup>a</sup>	70.7
18	Fresh	82.56 <sup>a</sup>	74.17 <sup>ab</sup>	49.70	49.82 <sup>a</sup>	74.2
	Used	75.80 <sup>c</sup>	63.02 <sup>d</sup>	61.44	29.37 <sup>c</sup>	76.1
16	Fresh	82.14 <sup>ab</sup>	76.13 <sup>a</sup>	58.49	47.63 <sup>a</sup>	63.0
	Used	76.37 <sup>c</sup>	66.68 <sup>cd</sup>	59.35	30.91 <sup>c</sup>	66.7
	SEM <sup>1</sup>	0.56	0.97	3.05	1.33	0.97
Main factors						
	20	78.27	68.73 <sup>b</sup>	56.16	45.33 <sup>a</sup>	68.7 <sup>b</sup>
	18	79.18	68.60 <sup>b</sup>	55.57	39.60 <sup>b</sup>	75.2 <sup>a</sup>
	16	79.26	71.40 <sup>a</sup>	58.92	39.27 <sup>b</sup>	64.9 <sup>c</sup>
	SEM <sup>1</sup>	0.40	0.69	2.16	0.94	0.69
	Fresh	80.40 <sup>a</sup>	72.35 <sup>a</sup>	52.19 <sup>b</sup>	46.04 <sup>a</sup>	67.99 <sup>b</sup>
	Used	77.41 <sup>b</sup>	66.80 <sup>b</sup>	61.58 <sup>a</sup>	36.76 <sup>b</sup>	71.17 <sup>a</sup>
	SEM <sup>1</sup>	0.33	0.56	1.76	0.77	0.56
p-value						
	CP	0.169	0.011	0.518	< 0.001	< 0.001
	Litter	< 0.001	< 0.001	0.001	< 0.001	< 0.001
	CP*Litter	< 0.001	< 0.001	0.071	< 0.001	0.5525

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ (p < 0.05)

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

○ 악취 배출량 측정 결과

- 육계의 악취 발생량 분석 결과는 표166에 나타내었다. 악취측정 결과 3주, 5주 차에 황화수소의 발생은 확인되지 않았다 (Data not shown). 3주 차의 이산화탄소, 암모니아, 트라이메틸아민의 발생량에서는 깔짚 사용 여부, 사료 내 조단백질 함량에 따른 처리간의 차이는 나타나지 않았으나 암모니아 농도에서 사료 내 조단백질 수준 및 깔짚 사용 여부에 따라 상호작용 효과가 나타났다 (interaction effect;  $p = 0.025$ ). 5주 차 측정 결과 이산화탄소, 암모니아와 트라이메틸아민에는 유의한 차이가 나타나지 않았지만 ( $p > 0.05$ ), 이산화탄소 발생량에서는 사료 내 조단백질 수준 및 깔짚 사용 여부에 따른 상호작용 효과가 나타났다 (interaction effect;  $p = 0.012$ ).

표 166. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계의 악취 발생에 미치는 영향

CP, %	Litter	3 weeks			5 weeks		
		CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	RNH <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	RNH <sub>2</sub>
22/20	Fresh	610	1.88 <sup>a</sup>	1.46	692 <sup>ab</sup>	4.90	2.08
	Used	783	4.25 <sup>a</sup>	1.52	683 <sup>ab</sup>	4.75	2.28
20/18	Fresh	690	5.00 <sup>a</sup>	2.40	642 <sup>b</sup>	4.60	1.93
	Used	575	2.10 <sup>a</sup>	1.23	783 <sup>a</sup>	4.17	1.80
18/16	Fresh	680	3.75 <sup>a</sup>	2.00	692 <sup>ab</sup>	4.50	2.05
	Used	860	4.80 <sup>a</sup>	2.14	670 <sup>ab</sup>	5.40	2.52
	SEM <sup>1</sup>	187	0.68	0.81	28	0.36	0.33
Main factors							
	22/20	697	3.06	1.49	688	4.83	2.18
	20/18	633	3.55	1.82	713	4.38	1.87
	18/16	770	4.28	2.07	681	4.95	2.29
	SEM <sup>1</sup>	139	0.54	0.60	20	0.26	0.24
	Fresh	660	3.54	1.95	675	4.67	2.02
	Used	739	3.72	1.63	712	4.77	2.20
	SEM <sup>1</sup>	111	0.42	0.49	16	0.21	0.19
p-value							
	CP	0.792	0.407	0.800	0.508	0.307	0.446
	Litter	0.629	0.818	0.651	0.119	0.736	0.523
	CP*Litter	0.699	0.025	0.700	0.012	0.208	0.679

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

○ VFA 측정 결과

- 육계 분변에서의 휘발성 지방산은 표167, 표168에 나타내었다. 3주 차 분변에서의 acetate, propionate, isobutyrate, valerate의 발생량은 유의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). Butyrate와 SCFA의 수치는 새깔짚에서 사육된 처리구에서 더 높게 나타났으며 isovalerate의 발생량은 새깔짚에서 사육된 처리구보다 재활용 깔짚에서 사육된 처리구에서 더 높은 수치를 나타내었다 (litter effect;  $p < 0.05$ ). 5주 차의 분변에서의 휘발산 지방산 발생량에서 propionate, butyrate, valerate의 발생량은 유의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). Acetate의 발생량은 조단백질 20% 처리구에서 가장 낮은 발생량을 보였다 (CP effect;  $p = 0.003$ ). 또한, acetate의 발생량은 깔짚 사용 여부에 따른 유의차가 나타났는데 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구보다 재활용 깔짚에서 사육된 처리구에서 낮게 나타났다 (litter effect;  $p = 0.041$ ). Isovalerate와 isobutyrate은 새깔짚에서 사육된 처리구에서 재활용 깔짚에서 사육된 처리구보다 더 높은 발생량을 나타내었다 (litter effect;  $p < 0.05$ ). SCFA의 수치는

재활용 깔짚에서 사육된 처리구에서 높은 수치를 나타내었다 (litter effect:  $p = 0.001$ ).

표 167. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계 분변에서의 휘발성 지방산 발생 (mM)에 미치는 영향 (전기)

CP, %	Litter	3 weeks					
		Actate	Propionate	Isobutyrate	Butyrate	Isovalerate	Valerate
22	Fresh	64.00	7.16	1.41	24.16	1.08	2.20
	Used	65.47	7.06	1.28	22.49	1.40	2.30
20	Fresh	63.90	7.90	1.30	23.45	1.23	2.22
	Used	63.93	10.25	2.23	18.36	2.65	2.58
18	Fresh	65.56	7.45	1.16	22.72	1.02	2.09
	Used	67.35	7.53	1.69	19.24	0.96	2.23
	SEM <sup>1</sup>	1.41	0.95	0.33	1.50	0.35	0.28
Main factors							
22		64.74	7.11	1.34	23.33	1.24	2.25
20		63.91	9.08	1.77	20.0	0.94	2.40
18		66.45	7.49	1.42	20.98	1.49	2.16
	SEM <sup>1</sup>	0.99	0.67	0.23	1.06	0.25	0.20
	Fresh	64.48	7.50	1.29	23.44 <sup>a</sup>	1.11 <sup>b</sup>	2.17
	Used	65.58	8.28	1.73	20.03 <sup>b</sup>	2.00 <sup>a</sup>	2.37
	SEM <sup>1</sup>	0.81	0.55	0.19	0.87	0.20	0.16
p-value							
CP		0.214	0.136	0.448	0.260	0.187	0.701
Litter		0.374	0.351	0.129	0.014	0.007	0.416
CP*Litter		0.815	0.405	0.345	0.584	0.365	0.897

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ (p < 0.05)

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean



표 168. 조단백질 수준과 사용된 깔짚 제공이 육계 분변에서의 휘발성 지방산 발생 (mM)에 미치는 영향 (후기)

CP	Litter	5 weeks					
		Actate	Propionate	Isobutyrate	Butyrate	Isovalerate	Valerate
20	Fresh	59.81	19.68	1.55	14.24	2.35	2.38
	Used	61.69	18.80	1.04	14.51	1.49	2.46
18	Fresh	62.32	15.69	1.53	15.17	2.39	2.89
	Used	65.84	16.12	1.06	13.27	1.54	2.17
16	Fresh	64.42	15.50	1.42	13.89	2.08	2.69
	Used	64.88	16.39	0.93	14.27	1.13	2.40
	SEM <sup>1</sup>	1.12	1.37	0.15	1.57	0.31	0.21
Main factors							
20		60.75 <sup>b</sup>	19.24	1.29	14.37	1.92	2.42
18		64.08 <sup>a</sup>	15.91	1.29	14.22	1.97	2.53
16		64.65 <sup>a</sup>	15.95	1.17	14.08	1.60	2.55
	SEM <sup>1</sup>	0.79	0.97	0.10	1.11	0.22	0.15
	Fresh	62.18 <sup>b</sup>	16.96	1.50 <sup>a</sup>	14.43	2.27 <sup>a</sup>	2.66
	Used	64.14 <sup>a</sup>	17.10	1.01 <sup>b</sup>	14.02	1.39 <sup>b</sup>	2.34
	SEM <sup>1</sup>	0.65	0.79	0.09	0.91	0.18	0.12
p-value							
CP		0.003	0.032	0.647	0.983	0.462	0.805
Litter		0.041	0.898	< 0.001	0.748	0.002	0.075
CP*Litter		0.406	0.802	0.991	0.718	0.985	0.160

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ (p < 0.05)

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

## 5) 육계 (P) 연구 결과

### ○ 영양소 소화율 분석 결과

- 육계 사료 내 P의 수준별 첨가와 깔짚의 사용 여부가 육계 전기 영양소 소화율에 미치는 영향을 표 169에 나타내었다. 지방 소화율은 사료 내 인의 함량이 영향을 미치지 못하였지만 (phosphorus effect;  $p > 0.05$ ), 사용한 깔짚에서 사육된 처리구보다 새깔짚에서 사육된 처리구의 결과가 높게 나타나, 깔짚 사용 여부에 대한 차이가 나타났다 (litter effect;  $p < 0.001$ ). 하지만, 지방 소화율에서 사료 내 인의 함량과 깔짚의 사용 여부에 대한 상호작용 효과는 나타나지 않았다 (interaction effect;  $p > 0.05$ ). Ca와 P의 소화율은 사료 내 인의 함량이 감소하였을 때, 대조구와 비교하여 높은 결과를 나타내었다 (phosphorus effect;  $p < 0.05$ ). 또한, 건물, 단백질, 회분, Mg 소화율은 재활용 깔짚에서 감소된 사료 내 인의 함량을 섭취한 처리구가 다른 처리구에 비해 가장 높은 결과를 나타내었다 (interaction effect;  $p < 0.05$ ).
- 육계 사료 내 P의 수준별 첨가와 깔짚의 사용 여부가 육계 후기 영양소 소화율에 미치는 영향을 표 170에 나타내었다. Mg 소화율은 전기와 반대로 재활용 깔짚에서 0.35% P 사료를 섭취한 처리구가 가장 높은 결과를 나타내었다 (interaction effect;  $p = 0.038$ ). 모든 분석 항목에서 사용한 깔짚에서 사육된 처리구가 영양소 소화율이 유의하게 높은 결과를 나타내었다 (litter effect;  $p < 0.05$ ).

표 169. 사료 내 유효인 수준이 육계 전기의 영양소 소화율에 미치는 영향<sup>1</sup>

P, %	Litter	Dry matter, %	Crude protein, %	Ether extract, %	Crude ash, %	Ca, %	P, %
0.25	Fresh	77.3 <sup>a</sup>	73.6 <sup>a</sup>	68.0	43.3 <sup>a</sup>	64.0	49.4
	Used	74.3 <sup>b</sup>	67.7 <sup>b</sup>	43.2	39.2 <sup>b</sup>	62.0	51.2
0.35	Fresh	72.0 <sup>c</sup>	65.5 <sup>b</sup>	72.0	36.4 <sup>b</sup>	54.6	47.5
	Used	71.9 <sup>c</sup>	64.5 <sup>b</sup>	43.3	37.5 <sup>b</sup>	51.4	41.1
	SEM <sup>2</sup>	0.4	0.1	2.8	0.9	1.5	2.0
Main factor							
0.25		75.8 <sup>a</sup>	70.7 <sup>a</sup>	55.6	41.3 <sup>a</sup>	63.0 <sup>a</sup>	50.3 <sup>a</sup>
0.35		72.0 <sup>b</sup>	65.0 <sup>b</sup>	57.7	37.0 <sup>b</sup>	53.0 <sup>b</sup>	44.3 <sup>b</sup>
	Fresh	74.7 <sup>a</sup>	69.5 <sup>a</sup>	70.0 <sup>a</sup>	39.9	59.3	48.5
	Used	73.1 <sup>b</sup>	66.1 <sup>b</sup>	43.3 <sup>b</sup>	38.4	56.7	46.1
<i>p</i> -value							
s	Phosphorus	< 0.001	< 0.001	0.461	< 0.001	< 0.001	0.007
	Litter	0.002	0.002	< 0.001	0.116	0.096	0.247
	P × litter	0.002	0.022	0.486	0.009	0.700	0.052

<sup>a,b</sup> Means within a row without a common superscript letter differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> All means are average of 6 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

표 170. 사료 내 유효인 수준이 육계 후기의 영양소 소화율에 미치는 영향<sup>1</sup>

P, %	Litter	Dry matter, %	Crude protein, %	Ether extract, %	Crude ash, %	Ca, %	P, %
0.25	Fresh	73.9	65.7	30.9	30.8	44.2	49.5
	Used	77.0	66.8	61.8	37.4	56.6	56.5
0.35	Fresh	76.5	66.8	36.6	40.7	47.1	51.0
	Used	80.1	70.7	63.9	49.9	51.4	53.5
	SEM <sup>2</sup>	0.8	1.1	5.3	1.4	1.9	1.5
Main factor							
0.25		75.5 <sup>b</sup>	66.3 <sup>b</sup>	46.3	34.1 <sup>b</sup>	50.4	53.0
0.35		78.3 <sup>a</sup>	68.7 <sup>a</sup>	50.3	45.3 <sup>a</sup>	49.2	52.3
	Fresh	75.2 <sup>b</sup>	66.2 <sup>b</sup>	33.7 <sup>b</sup>	35.7 <sup>b</sup>	45.7 <sup>b</sup>	50.2 <sup>b</sup>
	Used	78.5 <sup>a</sup>	68.7 <sup>a</sup>	62.9 <sup>a</sup>	43.7 <sup>a</sup>	54.0 <sup>a</sup>	55.0 <sup>a</sup>
<i>p</i> -value							
s	Phosphorus	0.003	0.034	0.474	< 0.001	0.558	0.668
	Litter	0.001	0.032	< 0.001	< 0.001	0.001	0.007
	P × litter	0.785	0.201	0.737	0.378	0.054	0.170

<sup>1</sup> All means are average of 6 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

○ 약취 배출량 측정 결과

- 육계 사료 내 P의 수준별 첨가와 깔짚의 사용 여부가 육계 전·후기 약취 배출량에 미치는 영향을 표 171에 나타내었다. VFA는 육계의 생분에서 측정하였으며, 수치는 정량적으로 나타내었다. 육계 전기 분 내 암모니아 측정 결과 사료 내 인의 함량은 영향을 미치지 않았지만, 사용한 깔짚에서 사육된 처리구는 사용하지 않은 처리구와 비교하여 높은 결과를 나타내었다 (litter effect;  $p = 0.022$ ). 하지만 모든 주차와 측정 항목에서 사료 내 인의 함량과 깔짚의 사용 여부에 따른 상호작용의 효과는 나타나지 않았다 (interaction effect;  $p > 0.05$ ).

표 171. 사료 내 유효인 수준이 육계의 약취 배출량에 미치는 영향<sup>1</sup>

P, %	Litter	3 week			5 week		
		CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	RNH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	RNH <sub>3</sub>
0.35 / 0.25	Fresh	800	3.00	2.54	700	4.42	2.12
	Used	570	4.80	1.86	740	4.92	1.93
0.45 / 0.35	Fresh	610	1.88	1.46	717	4.80	2.12
	Used	783	4.25	1.52	658	4.58	2.33
	SEM <sup>2</sup>	169	0.88	0.51	31	0.40	0.26
Main factor							
0.35 / 0.25		685	3.90	2.20	720	4.67	2.03
0.45 / 0.35		697	3.06	1.49	688	4.69	2.23
	Fresh	705	2.44 <sup>b</sup>	2.00	708	4.61	2.12
	Used	677	4.53 <sup>a</sup>	1.69	699	4.75	2.13
<i>p</i> -value							
	Phosphorus	0.945	0.322	0.171	0.325	0.952	0.421
	Litter	0.866	0.022	0.539	0.779	0.735	0.951
	P × litter	0.239	0.730	0.469	0.143	0.395	0.413

<sup>1</sup> All means are average of 6 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

○ VFA 측정 결과

- 육계 사료 내 P의 수준별 첨가와 깔짚의 사용 여부가 육계 전기 VFA에 미치는 영향을 표 172에 나타내었다. VFA는 육계의 생분에서 측정하였으며, 수치는 정량적으로 나타내었다. 측정된 모든 항목은 사용하지 않은 깔짚에서 사육된 처리구가 유의하게 높은 결과를 나타내었다 (litter effect;  $p < 0.05$ ). VFA는 깔짚의 사용 여부에 대한 효과는 나타내었지만, 사료 내 인의 함량과의 상호작용 영향은 나타나지 않았다 (interaction effect;  $p > 0.05$ ).
- 육계 사료 내 P의 수준별 첨가와 깔짚의 사용 여부가 육계 후기 VFA에 미치는 영향을 표 173에 나타내었다. VFA는 육계의 생분에서 측정하였으며, 수치는 정량적으로 나타내었다. 육계 사료 내 인의 함량과 깔짚의 사용 여부는 육계 후기의 VFA에 영향을 미치지 않았다 (interaction effect;  $p > 0.05$ ).

표 172. 사료 내 유효인 수준이 육계 전기의 VFA(mM)에 미치는 영향<sup>1</sup>

P, %	Litter	Acetate	Propionate	Butyrate	Total VFA
0.25	Fresh	29.0	2.31	11.32	42.61
	Used	18.1	1.93	6.36	26.44
0.35	Fresh	32.0	3.37	11.83	47.18
	Used	18.2	1.73	6.16	26.1
SEM <sup>2</sup>		4.8	0.44	1.71	6.8
Main factor					
0.25		23.6	2.12	8.84	34.5
0.35		25.1	2.55	8.99	36.7
	Fresh	30.5 <sup>a</sup>	2.84 <sup>a</sup>	11.57 <sup>a</sup>	44.9 <sup>a</sup>
	Used	18.2 <sup>b</sup>	1.83 <sup>b</sup>	6.26 <sup>b</sup>	26.3 <sup>b</sup>
<i>p</i> -value					
Phosphorus		0.751	0.348	0.929	0.757
Litter		0.019	0.034	0.006	0.012
P × litter		0.764	0.172	0.837	0.722

<sup>1</sup> All means are average of 6 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

표 173. 사료 내 유효인 수준이 육계 후기의 VFA(mM)에 미치는 영향<sup>1</sup>

P, %	Litter	Acetate	Propionate	Butyrate	Total VFA
0.25	Fresh	23.9	6.63	5.80	36.3
	Used	21.6	5.43	6.04	33.1
0.35	Fresh	20.8	6.79	4.92	32.6
	Used	22.2	6.54	5.34	34.1
SEM <sup>2</sup>		3.4	1.12	0.99	5.1
Main factor					
0.25		22.8	6.03	5.92	34.7
0.35		21.5	6.67	5.13	33.3
	Fresh	22.4	6.71	5.36	34.4
	Used	21.9	5.98	5.69	33.6
<i>p</i> -value					
Phosphorus		0.721	0.574	0.437	0.788
Litter		0.898	0.524	0.739	0.872
P × litter		0.607	0.676	0.930	0.649

<sup>1</sup> All means are average of 6 replicates per treatment

<sup>2</sup> SEM, standard error of the mean

<3차년도, 2023년>

○ 실험 1. 사료 내 미생물제 등 첨가가 산란계의 생산성에 미치는 영향

1) 연구목표

- 산란계 저단백 사료 내 미생물제 등 첨가가 생산성과 악취 발생량에 미치는 영향을 검증

2) 연구방법

- a) 공시동물: 갈색 산란계 288수 (6처리, 8반복, 6수/반복)를 공시하여 진행

b) 실험 장소

- 충주 건국대학교 실습농장 산란계사

c) 실험설계 및 사양관리

- 49주령 Hy-Line Brown 산란계를 6처리 8반복 (8반복 6수), 케이지(45cm×45cm×45cm) 한 칸에 2수를 배치하고 케이지 3칸을 반복으로 간주하였다. 옥수수 대두박 위주 사료에 조단백질 함량에 따라 배합하였다. 첨가제 첨가를 한 실험 사료는 Low CP 사료에 각각 Bacillus subtilis, prebiotics, protease, essential oil을 첨가하여 제작하였다(표174, 표175). 계사 내 온도는 환기를 통하여 유지하였다.

표 174. 실험 처리구

공시 동물	처리구
Hyline brown 49 ~ 57 주령	SCP: 조단백질 16%
	LCP: 조단백질 12%
	BS: 조단백질 12% 사료 + Bacillus subtilis
	PT: 조단백질 12% 사료 + Protease
	PB: 조단백질 12% 사료 + Prebiotics
	EO: 조단백질 12% 사료+ Essential oils

표 175. Ingredients and calculated chemical composition of experimental diets with CP levels at 49 to 57 weeks

Items	12%	16%
Ingredients composition, %	----- (%) -----	
Maize	70.16	56.46
Soybean meal	9.87	20.90
Tallow	2.00	3.00
Corn gluten meal	1.00	6.40
Maize distillers grain and solubles	2.30	-
Sodium chloride	0.22	0.25
Sodium bicarbonate	0.20	0.18
Limestone	10.70	10.62
Monocalcium phosphate	1.85	1.80
Vitamin premix <sup>1</sup>	0.10	0.10
Mineral premix <sup>2</sup>	0.10	0.10
L-lysine HCl, 78.8%	0.62	0.03
DL-methionine, 99%	0.24	0.10
L-threonine, 99%	0.25	-
L-valine, 99%	0.33	-
Choline chloride	0.05	0.05
Calculation		
AMEn <sup>3</sup> , kcal/kg	2750	2750
CP	12.00	18.00
Lysine	0.80	0.80
Threonine	0.66	0.66
Methionine	0.45	0.45
Valine	0.86	0.86
Calcium	4.20	4.20
Available phosphorus	0.40	0.40
Total phosphorus	0.71	0.75

<sup>1</sup> Vitamin premix provided following nutrients per kg of diet: vitamin A, 20,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 4,600 IU; vitamin E, 40 mg; vitamin K<sub>3</sub>, 4 mg; vitamin B<sub>1</sub>, 4 mg; vitamin B<sub>2</sub>, 8 mg; vitamin B<sub>6</sub>, 6 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 0.04 mg; biotin, 0.24 mg; D-pantothenic acid, 18.37 mg; niacin, nicotinic acid, 60 mg; folic acid, 1.4 mg; butylated hydroxytoluene, 0.25 mg.

<sup>2</sup> Mineral premix provided following nutrients per kg of diet: Fe, 70 mg; Mn, 80 mg; Zn, 60 mg; Cu, 8 mg; Co, 0.13 mg; I, 1 mg; Se, 0.20 mg.

<sup>3</sup>Nitrogen-corrects apparent metabolizable energy.

### 3) 조사항목

- 산란계 생산성 : 사료섭취량, 산란율, 난중, 사료 요구율, 폐사율 등
- 계란품질 분석: Haugh unit, 난각강도, 난각두께, 난각색, 난황색 분석 등
- 스트레스 분석: 계란 난황 내 스트레스 호르몬인 corticosterone을 측정하여 사료 내 조단백질 수준에 따른 스트레스 분석
- 영양소 소화율: 건물소화율, 인 소화율 등 (전분채취법)
- 분뇨·악취 발생량: 분뇨량, 암모니아, 황화수소, 휘발성지방산 등 악취물질 배출량 조사

### 4) 연구 결과

#### ○ 생산성 결과

- 조단백질의 수준별 첨가가 생산성에 미치는 영향을 표176에 나타내었다. 실험 기간동안 사료섭취량과 산란율에 통계적으로 처리 간 유의차가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 하지만 난중과 산란량은 Standard CP 처리구에서 보다 Low CP 처리구에서 감소되는 결과가 나타났으며 저단백 급여구 중에서 *Bacillus subtilis* 처리구가 가장 낮은 결과가 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 사료요구율은 Low CP 처리구와 비교하여 prebiotics를 제외한 첨가제 처리구에서 더 높은 수치를 나타내었다.



표 176. 산란계에게 다양한 저단백질 수준과 첨가제를 급여하였을 때 생산성에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value
	SCP	LCP	BS	PT	PB	EO		
Feed intake, g/hen	119.2	117.5	118.9	119.4	119.6	119.6	0.52	0.053
Egg production, %	91.3	88.1	87.3	87.5	86.4	87.0	1.43	0.055
Egg weight, g	65.1 <sup>a</sup>	62.5 <sup>abc</sup>	60.3 <sup>c</sup>	61.9 <sup>b</sup>	64.6 <sup>ab</sup>	61.9 <sup>bc</sup>	0.73	< 0.001
Egg mass, g/day	59.4 <sup>a</sup>	55.1 <sup>b</sup>	52.7 <sup>b</sup>	54.2 <sup>b</sup>	55.8 <sup>ab</sup>	53.9 <sup>b</sup>	0.85	< 0.001
FCR <sup>2</sup> , kg:kg	2.01 <sup>b</sup>	2.13 <sup>ab</sup>	2.26 <sup>a</sup>	2.21 <sup>a</sup>	2.14 <sup>ab</sup>	2.22 <sup>a</sup>	0.04	< 0.001
Initial BW <sup>3</sup> , kg/hen	1.90	2.00	1.90	2.01	2.37	1.91	1.41	0.439
Final BW, kg/hen	2.08	1.90	1.94	1.94	1.99	1.98	0.05	0.143
BWG <sup>4</sup> , g	0.175	-0.100	0.040	-0.070	0.006	0.069	0.091	0.333

Abbreviation: SCP, standard CP, LCP, low CP, BS, *Bacillus subtilis*,

PT, protease, PB, prebiotics, EO, essential oil

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup>SEM = standard errors of the mean

<sup>2</sup>FCR = feed conversion ratio

<sup>3</sup>BW = body weight

<sup>4</sup>BWG = body weight gain

○ 계란 품질 분석 결과

- 사료 내 첨가제의 첨가에 따른 계란 품질 평가는 표 177에 나타내었다. 계란 품질 평가는 52, 56주령에 실시하였다. 52주령에서 파각 강도, 난각두께, 난각색, 그리고 Haugh unit에서는 유의한 차이가 나타나지 않았지만 ( $p > 0.05$ ), 난황색의 경우 Standard CP 처리구와 비교하여 Low CP 처리구와 첨가제 처리구에서 유의하게 감소하였다 ( $p < 0.05$ ). 이러한 결과는 저단백질 수준에 의한 결과라기보다는 저단백 사료에서 xanthophyll 함량이 높은 옥수수글루텐 (corn gluten meal)의 함량의 감소와 관련이 있다고 할 수 있다. 56주령에서도 마찬가지로 파각 강도와 Haugh unit은 유의한 차이가 없었지만 ( $p > 0.05$ ), Low CP 사료를 급여한 그룹 중 대조구와 *Bacillus subtilis* 처리구에서 난각 두께가 가장 두꺼웠으며 Prebiotics 처리구에서 가장 얇았다 ( $p < 0.05$ ). 난각색은 Prebiotics 처리구에서 가장 낮은 결과를 나타냈다 ( $p < 0.05$ ). 난황색은 52주령에서 측정된 결과와 마찬가지로 옥수수글루텐 (corn gluten meal) 함량의 차이로 저단백 처리구에서 더 짙은 색의 난황색을 나타내었다.

표 177. 산란계에게 다양한 조단백질 수준과 첨가제를 급여하였을 때 계란 품질에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value
	SCP	LCP	BS	PT	PB	EO		
Eggshell strength, kgf								
4 weeks	4.99	4.83	5.02	4.99	4.85	5.20	0.15	0.600
8 weeks	4.75	4.93	5.4	4.84	5.13	5.24	0.18	0.093
Eggshell thickness, mm								
4 weeks	0.39	0.41	0.41	0.41	0.41	0.40	0.01	0.299
8 weeks	0.40 <sup>ab</sup>	0.43 <sup>a</sup>	0.42 <sup>a</sup>	0.41 <sup>ab</sup>	0.39 <sup>b</sup>	0.41 <sup>ab</sup>	0.01	0.004
Eggshell color								
4 weeks	26.43	29.4	28.73	26.65	26.57	28.59	0.92	0.086
8 weeks	26.29 <sup>a</sup>	26.51 <sup>a</sup>	25.26 <sup>ab</sup>	23.66 <sup>ab</sup>	21.65 <sup>b</sup>	22.88 <sup>ab</sup>	0.93	0.002
Yolk color, RCF <sup>2</sup>								
4 weeks	8.64 <sup>a</sup>	7.41 <sup>b</sup>	7.80 <sup>b</sup>	7.40 <sup>b</sup>	7.78 <sup>b</sup>	7.62 <sup>b</sup>	0.10	< 0.001
8 weeks	8.61 <sup>a</sup>	7.25 <sup>b</sup>	7.29 <sup>b</sup>	7.30 <sup>b</sup>	7.23 <sup>b</sup>	7.25 <sup>b</sup>	0.09	< 0.001
Haugh unit								
4 weeks	90.3	93.2	91.8	93.7	92.4	92.8	0.81	0.074
8 weeks	92.33	93.3	93.13	90.78	92.47	90.81	1.14	0.463

Abbreviation: SCP, standard CP, LCP, low CP, BS, *bacillus subtilis*, PT, protease, PB, prebiotics, EO, essential oil

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

<sup>2</sup> RCF = Roche colour fan

○ 스트레스 호르몬 측정 결과

- 계란의 난황 내의 스트레스 호르몬인 corticosterone은 52주차와 56주차에 측정되었다. 난황 내의 스트레스 호르몬 측정 결과는 표178에 나타내었다. 52주 차, 56주 차에 측정한 스트레스 호르몬은 모두 유의한 차이가 없었지만 56주 차에 Low CP 처리구와 비교하여 첨가제를 처리한 처리구에서 스트레스 호르몬의 수치가 감소함을 확인하였다 ( $p = 0.052$ ).

표 178. 산란계에게 다양한 조단백질 수준과 첨가제를 급여하였을 때 스트레스 호르몬(pg/g)에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value
	SCP	LCP	BS	PT	PB	EO		
4 weeks	309	301	234	213	256	193	93.46	0.941
8 weeks	121	183	125	111	145	94	19.38	0.052

Abbreviation: SCP, standard CP, LCP, low CP, BS, *bacillus subtilis*, PT, protease, PB, prebiotics, EO, essential oil

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

○ 실험 2. 사료 내 미생물제 등 첨가가 산란계의 영양소 소화율에 미치는 영향

1) 연구목표

- 산란계 저단백 사료 내 미생물제 등 첨가가 영양소 소화율에 미치는 영향을 검증

2) 연구방법

a) 공시동물:

- 갈색 산란계 57주령 48수 (6처리 5반복, 2수/반복)를 공시하여 진행

b) 실험 장소

- 충주 건국대학교 실습농장 산란계사

c) 실험사료 및 사양관리

- 대사케이지에 산란계를 2수씩 수용한 후, 사육시설과 사료에 적용할 수 있도록 4일간 예비실험 기간을 갖는다.
- 사료 및 물 급여는 무제한 급여하는 것으로 한다.
- 본 실험은 3일 동안 실시하며, 기간동안의 사료 섭취량과 분의 양을 기록한다.
- 전분을 1일 4회에 걸쳐 채취하여 냉동 보관한다.
- 실험에 사용한 사료, 전분은 냉동보관 후 일반성분을 분석하여 영양소 소화율을 계산한다.

3) 조사항목

- 영양소 소화율: 건물 소화율, 질소 소화율 등 (전분채취법)
- 분뇨-악취 발생량: 분뇨량, 암모니아, 황화수소, 휘발성지방산 등 악취물질 배출량 조사
- 산란계 산란기 분 발생량 조사

4) 샘플 채취

- 악취측정: 각 산란기간 종료 일주일 전, 처리구 당 5반복, 반복당 2수를 대사케이지로 옮겨 3일간 적응 기간을 거친 후, 72시간 동안 사료섭취량 및 전분을 측정하였다. 또한, 적응 기간 중 얻은 분 중 150g을 샘플링하여 Gas Tec 기기를 사용해 암모니아, 황화수소 등 분변 내 악취측정을 수행하였다.



5) 연구 결과

○ 영양소 소화율 분석 결과

- 산란계의 소화율은 실험 종료 전 1주일간 (57주령) 전분채취법을 이용하여 측정하였다. 사료 내 첨가제의 첨가에 따른 소화율은 표179에 나타내었다. 건물 소화율은 Standard CP 처리구에서 가장 높았으며 *Bacillus subtilis* 처리구에서 가장 낮았다 ( $p < 0.05$ ). 조단백, 조지방, NDF 소화율에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 하지만 조회분 소화율에서 Standard CP 처리보다는 낮았지만, Low CP 처리구와 비교하여 첨가제 처리구에서 소화율이 개선된 것을 확인하였다 ( $p < 0.05$ ).

표 179. 산란계에게 다양한 조단백질 수준과 첨가제를 급여하였을 때 소화율에 미치는 영향

Items, %	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value
	SCP	LCP	BS	PT	PB	EO		
Dry matter	73.6 <sup>a</sup>	67.4 <sup>ab</sup>	65.3 <sup>b</sup>	72.0 <sup>ab</sup>	67.3 <sup>ab</sup>	71.3 <sup>ab</sup>	1.8	0.026
Crude protein	46.6	37.3	36.0	42.7	34.6	44.1	3.7	0.166
Crude fat	86.6	80.1	81.9	82.8	80.6	83.0	1.5	0.079
Crude ash	43.3 <sup>a</sup>	21.9 <sup>c</sup>	23.4 <sup>bc</sup>	33.7 <sup>abc</sup>	31.7 <sup>abc</sup>	36.1 <sup>ab</sup>	3.1	< 0.001
NDF <sup>2</sup>	26.3	28.9	28.0	24.8	28.2	29.2	1.8	0.509

Abbreviation: SCP, standard CP, LCP, low CP, BS, *bacillus subtilis*, PT, protease, PB, prebiotics, EO, essential oil

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

<sup>2</sup>NDF = neutral detergent fiber

○ N Balance 분석 결과

- 산란계 사료 내 첨가제의 첨가에 따른 N Balance 분석 결과는 표180에 나타내었다. 실험 기간 배출된 분변의 양은 유의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 하지만 질소 섭취량, 배출량, 보유량 모두 Standard CP 처리구에서 가장 높은 결과를 보였으며 Essential oils을 첨가한 처리구에서 가장 작은 질소 섭취량과 질소 배출량을 나타내었다 ( $p < 0.05$ ).

표 180. 산란계에게 다양한 조단백질 수준과 첨가제를 급여하였을 때 질소 섭취량과 배출량에 미치는 영향

Items, g/d/hen	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value
	SCP	LCP	BS	PT	PB	EO		
Excreta	91.4	106.1	108.8	97.0	102.0	95.1	4.27	0.060
N intake	2.63 <sup>a</sup>	1.89 <sup>bc</sup>	2.06 <sup>b</sup>	1.90 <sup>bc</sup>	1.86 <sup>bc</sup>	1.82 <sup>c</sup>	0.05	< 0.001
N excretion	1.41 <sup>a</sup>	1.18 <sup>ab</sup>	1.32 <sup>ab</sup>	1.09 <sup>ab</sup>	1.21 <sup>ab</sup>	1.01 <sup>b</sup>	0.07	0.010
N retention as total <sup>2</sup>	1.22 <sup>a</sup>	0.71 <sup>b</sup>	0.74 <sup>b</sup>	0.81 <sup>b</sup>	0.65 <sup>b</sup>	0.81 <sup>b</sup>	0.08	< 0.001
N retention as egg <sup>3</sup>	1.302 <sup>a</sup>	1.251 <sup>abc</sup>	1.208 <sup>c</sup>	1.239 <sup>bc</sup>	1.292 <sup>ab</sup>	1.238 <sup>bc</sup>	0.01	< 0.001
N retention as body <sup>4</sup>	-0.08 <sup>a</sup>	-0.54 <sup>b</sup>	-0.47 <sup>b</sup>	-0.43 <sup>ab</sup>	-0.64 <sup>b</sup>	-0.43 <sup>ab</sup>	0.08	< 0.001

Abbreviation: SCP, standard crude protein, LCP, low crude protein, BS, *bacillus subtilis*, PT, protease, PB, prebiotics, EO, essential oil

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

<sup>2</sup> Difference between N intake and excretion

<sup>3</sup> Calculated based on the following equation: egg weight × N concentration in eggs (%)

assumed N concentration in egg as 0.02% (Réhault-Godbert et al., 2019).

<sup>4</sup> Difference between N retention as total and egg

○ 약취 측정 결과

- 산란계의 분변에서의 약취측정은 실험 종료 1주일 (57주령)간 측정되었다. 산란계의 분변에서의 약취측정 결과는 표181에 나타내었다. 분변에서 암모니아 측정결과 Standard CP 처리구에서 가장 발생량이 많았으며 Low CP 처리구와 비교하여 prebiotics와 essential oils을 첨가한 처리구에서 발생량이 증가하였다 ( $p < 0.05$ ). 아민의 발생량은 Standard CP 처리구에서 가장 많았으며 ( $p < 0.05$ ) Low CP 처리구와 첨가제를 처리한 처리구간의 차이는 없었다 ( $p > 0.05$ ). 황화수소와 이산화탄소의 발생량은 처리구간의 유의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

표 181. 산란계에게 다양한 조단백질 수준과 첨가제를 급여하였을 때 약취 발생에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value
	SCP	LCP	BS	PT	PB	EO		
Ammonia	80 <sup>a</sup>	40 <sup>c</sup>	40 <sup>c</sup>	40 <sup>c</sup>	53 <sup>b</sup>	51 <sup>b</sup>	2.49	< 0.001
Hydrogen sulfide	0.32	0.46	0.70	0.46	0.30	0.50	0.14	0.444
Trimethyl amine	90 <sup>a</sup>	36 <sup>b</sup>	31 <sup>b</sup>	23 <sup>b</sup>	27 <sup>b</sup>	24 <sup>b</sup>	3.12	< 0.001
Carbon dioxide	340	380	420	380	350	420	64.8	0.924

Abbreviation: SCP, standard CP, LCP, low CP, BS, *Bacillus subtilis*,

PT, protease, PB, prebiotics, EO, essential oil

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

○ VFA 측정 결과

- 휘발성지방산은 실험 종료 전 1주일간 (57주령) 측정하였다. 사료 내 첨가제의 첨가에 따른 휘발성지방산 발생량은 표182에 나타내었다. 처리구간 정량 분석 결과 acetate, propionate, 그리고 butyrate의 발생량은 유의한 차이가 없었고 SCFA 또한 마찬가지로 유의한 차이가 나타나지 않았다 ( $p > 0.05$ ). Isovalerate의 발생량은 첨가제를 첨가한 처리구에서 Low CP에 비해 수치적으로 높은 값이 나타났으며 ( $p < 0.05$ ) 특히 Protease 첨가 처리구에서 가장 많은 발생량을 보였다 ( $p < 0.05$ ). Valerate의 발생량은 Standard CP 처리구에서 가장 낮았으며 Low CP 처리구의 발생량과 비교하여 *Bacillus subtilis*와 essential oils 첨가 처리구에서 valerate의 발생량이 수치적으로 감소하였다.

표 182. 산란계에게 다양한 조단백질 수준과 첨가제를 급여하였을 때 분변 내 휘발성 지방 발생에 미치는 영향

Items	Treatments						SEM <sup>1</sup>	p-value
	SCP	LCP	BS	PT	PB	EO		
Mmol/kg								
Acetate	16.03	14.46	24.62	12.31	16.03	19.99	3.623	0.234
Propionate	2.01	2.48	3.68	3.68	3.58	4.08	0.507	0.054
Butyrate	2.53	3.15	4.35	3.93	4.74	5.55	0.775	0.118
Isovalerate	0.79 <sup>b</sup>	0.98 <sup>b</sup>	1.22 <sup>ab</sup>	2.22 <sup>a</sup>	1.12 <sup>ab</sup>	1.34 <sup>ab</sup>	0.257	0.012
Valerate	1.10 <sup>b</sup>	1.53 <sup>ab</sup>	1.86 <sup>ab</sup>	2.28 <sup>a</sup>	1.57 <sup>ab</sup>	1.63 <sup>ab</sup>	0.202	0.012
BCFA <sup>2</sup>	8.92 <sup>b</sup>	12.19 <sup>ab</sup>	10.01 <sup>a</sup>	18.52 <sup>a</sup>	10.34 <sup>ab</sup>	10.19 <sup>b</sup>	1.89	0.018
SCFA <sup>2</sup>	22.5	22.6	35.7	24.4	27.0	32.6	4.7	0.256
% of total SCFA								
Acetate	71.6 <sup>a</sup>	63.9 <sup>ab</sup>	66.7 <sup>a</sup>	49.7 <sup>b</sup>	58.5 <sup>ab</sup>	59.5 <sup>ab</sup>	3.31	0.002
Propionate	8.8	10.4	11.3	15.4	14.1	12.8	1.67	0.097
Butyrate	10.7	13.5	12.0	16.4	17.1	17.6	1.68	0.035
Isovalerate	3.93 <sup>b</sup>	4.74 <sup>ab</sup>	3.75 <sup>b</sup>	9.03 <sup>a</sup>	4.27 <sup>ab</sup>	4.63 <sup>ab</sup>	1.09	0.021
Valerate	4.99	7.45	6.25	9.49	6.07	5.56	1.07	0.077

Abbreviation: SCP, standard CP, LCP, low CP, BS, *Bacillus subtilis*,

PT, protease, PB, prebiotics, EO, essential oil

<sup>a,b,c</sup> Means with a different superscript differ ( $p < 0.05$ )

<sup>1</sup> SEM = standard errors of the mean

<sup>2</sup> SCFA = short-chain fatty acids (acetate + propionate + butyrate + isovalerate + valerate);

BCFA = branched-chain fatty acid (valerate + isovalerate)

<조단백질 실험 결과 정리>

구분	성장단계	주령 (week)	실험 조단백질 수준 (%) 또는 보조사료 첨가	실험 결과	최적 조단백질 수준 (%)
산란계	육성기	13 - 18	12 - 18	각 성장단계 별로 최저 수준까지 조단백질을 낮췄을 때 :	16
	산란초기	19 - 32	13 - 19		17
	산란중기	33 - 45	12.5 - 18.5	16.5	
	산란후기	46 - 55	12 - 18	• 생산성에 부정적인 영향 없음	16
	산란말기	56 - 64	11 - 17	• 질소배출량 유의적으로 감소	15
	산란후기 - 산란말기	49-57	미생물제, 생균제, 향균제	저단백 사료 내 보조사료를 첨가하였을 때 : • 생산성에 부정적인 영향 없음 • 향균제 첨가 시 질소배출량이 감소하였음.	-

구분	성장단계	일령 (day)	실험 조단백질 수준 (%)	실험 결과	최적 조단백질 수준 (%)
육계	전기	0 - 14	18 - 22	각 성장 단계 별 최저 수준까지 조단백질을 낮췄을 때:	22
	후기	15-35	16 - 20		• 사료 내 질소함량이 감소함에 따라 생산성이 감소 • 사료 내 질소함량이 감소함에 따라 질소배출량이 감소

<유효인 실험 결과 정리>

구분	성장단계	주령 (week)	실험 유효인 수준 (%)	실험 결과	최적 인 수준 (%)
산란계	육성기	13 - 18	0.25 - 0.45	각 성장단계 별로 최저 수준까지 인을 낮췄을 때 :	0.25
	산란초기	19 - 32	0.20 - 0.40		0.20
	산란중기	33 - 45	0.15 - 0.35	• 생산성에 부정적인 영향 없음	0.15
	산란후기	46 - 55	0.10 - 0.30	• 인배출량 유의적으로 감소	0.10
육계	전기	0 - 14	0.35 - 0.45	각 성장 단계 별로 최저 수준까지 인을 낮췄을 때 :	0.35
	후기	15 - 35	0.25 - 0.35		• 생산성에 부정적인 영향 없음 • 인 배출량에 미친 영향 없음

## 공동연구기관 (충남대학교) :

<1차년도, 2021년>

실험 1. 사료 내 조단백질 함량이 비육전기 한우에서 생산성, 영양소 소화율 및 악취물질 발생량에 미치는 영향

### 1) 연구 목표

- 사료 내 조단백질 함량이 비육 전기 한우에서 생산성, 영양소 소화율 및 악취물질 발생량에 미치는 영향

### 2) 연구 내용 및 방법

#### (1) 공시동물

- 한우 거세 비육우 24두(17개월령, 평균 체중: 504±33.0 kg)

#### (2) 공시 사료

- 조사료
  - 톨페스큐 건초
- 배합사료
  - 저(低) 단백질 배합사료(CP 12.00% 원물)
  - 고(高) 단백질 배합사료(CP 19.00% 원물)

#### (3) 실험 설계 및 처리구

- Completely randomized block design (CRBD; Seo et al., 2018)
  - SNP-chip 분석을 통한 도체중 육종가에 따른 block (0.5 SD 기준)
  - 공시축 24두를 2두씩 동일한 처리구 내에서 체중의 차이가 높고 낮은 개체를 pair로 하여 총 14개 그룹으로 나누어 5 m × 5 m의 우방 12개에 임의로 배치함.
- 처리구(배합사료 내 원물 기준 조단백질 함량)
  - 본 실험의 사료 배합비 및 화학 성분표는 표 183-184와 같음.
  - 처리구 1 (LCP): CP 12.00%
  - 처리구 2 (MLCP): CP 15.50%
  - 처리구 3 (MHCP): CP 17.25%
  - 처리구 4 (HCP): CP 19.00%
- 시험기간
  - 총 14주간 사양실험을 실시함.

표 183. 한우 거세 비육전기 조단백질 수준 실험 배합사료의 배합비

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (As fed) <sup>2</sup>			
	12.00	15.50	17.25	19.00
Ingredients (g/kg DM)				
Corn, flaked	192	192	192	192
Corn, ground	57	31	18	5
Wheat, ground	140	157	165	173
Hydrogenated fat	23	12	6	0
Palm oil	11	10	9	9
Corn gluten feed	159	159	159	159
Soybean hull	98	49	25	0
Wheat bran	63	32	16	0
Molasses	44	31	24	18
DDGS	50	172	233	294
Palm kernel meal	103	101	100	100
CMS	13	13	13	13
Urea	0	3	5	6
Ammonium chloride	2	2	2	2
Limestone	32	25	22	19
Salt	2	2	2	2
Vitamin and mineral mix*	8	8	8	8

<sup>1</sup>DDGS: distiller's grains with solubles, CMS: condensed molasses solubles.

<sup>2</sup>CP: crude protein

\*33,330,000 IU/kg vitamin A, 40,000,000 IU/kg vitamin D, 20.86 IU/kg vitamin E, 20 mg/kg Cu, 90 mg/kg Mn, 100 mg/kg Zn, 250 mg/kg Fe, 0.4 mg/kg I, and 0.4 mg/kg Se.



표 184. 한우 거세 비육전기 조단백질 수준 실험 사료의 화학성분표.

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (As fed) <sup>2</sup>				Tall fescue
	12.00	15.50	17.25	19.0	
DM, g/kg as fed	886	886	886	886	888
OM	911	916	918	920	941
CP	147	178	193	208	69
aNDF	271	286	293	301	640
ADF	134	131	129	128	404
ADL	38	37	36	36	62
Ether extract	69	62	59	56	13
Ash	89	84	82	80	59
TDN	747	740	736	733	557
NEm, MJ/kg DM	8.1	8.0	7.9	7.8	5.0
NEg, MJ/kg DM	5.4	5.3	5.2	5.2	2.7
Total carbohydrates	695	676	666	656	859
NFC	450	417	400	383	232

<sup>1</sup>DM: dry matter, OM: organic matter, CP: crude protein, aNDF: neutral detergent fiber analyzed using a heat stable amylase and expressed inclusive of residual ash, ADF: acid detergent fiber, ADL: acid detergent lignin, TDN: total digestible nutrients, NEm: net energy for maintenance, NEg: net energy for growth, NFC: non-fiber carbohydrate.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

#### (4) 실험 방법

- 사료는 매일 08시와 18시에 배합사료를 동일한 양을 나누어 급여 스탠치온에 급여하고, 약 1시간 후 남은 사료를 전량 회수하여 섭취량을 기록함.
- 조사료는 톨페스큐 건초를 자동으로 개체별 섭취량이 기록되는 섭취량 조사장치에 급여하여 자유채식토록 하였으며, 깨끗한 음수는 항상 자유롭게 급수되도록 함.

#### (5) 분석 항목

- 사양 성적
  - 배합사료 개별 잔여량 측정 및 조사료 섭취량 조사 장치를 통해 건물 섭취량을 계산함.
  - 체중은 4주 간격으로 측정하였고, 일당 증체량 및 사료 효율을 계산하여 산출함.
- 반추위 발효 정상
  - 연속된 3일 동안 오전 사료 급여 6시간 후, 3시간 후, 급여 1시간 전에 oral stomach tube를 이용하여 반추위액을 채취함(Day 1: 14:00, Day 2: 11:00, Day 3: 07:00).
  - 채취한 위액의 pH, 휘발성 지방산 및 암모니아를 분석함.
- 혈액 대사물질
  - 경정맥에서 채취한 혈액에서 serum을 분리하여 대사물질을 분석함.

#### 3) 주요 연구 결과

##### (1) 사양 성적

- 한우 거세우 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 사양 성적은 표 185와 같았음. 처리구간의 섭취량, 성장률 및 사료효율에 유의적인 차이는 없었으나( $P > 0.05$ ), 사료 내

CP 함량이 증가함에 따라 성장률이 증가하는 경향성이 있었음( $P = 0.076$ ).

표 185. 한우 거세 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 사양성적

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (% As Fed) <sup>2</sup>				SEM	P-value		
	12.00	15.50	17.25	19.00		Mean	Linear	Quadratic
Initial BW, kg	501	500	504	507	5.7	0.819	0.416	0.661
Final BW, kg	564	569	570	579	6.7	0.426	0.126	0.702
ADG, g/day	617	675	647	708	31.8	0.182	0.076	0.975
DMI, kg/day								
Concentrate	7.14	6.55	6.41	6.35	0.170	0.364	0.485	0.151
Forage	2.43	2.34	2.61	2.56	0.167	0.628	0.349	0.927
Total	8.57	8.89	9.02	8.90	0.214	0.409	0.206	0.281
FCR	13.92	13.24	14.07	12.69	0.477	0.130	0.158	0.438

<sup>1</sup>BW: body weight, DMI: dry matter intake, ADG: average daily gain, FCR: feed conversion ratio.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

(2) 반추위액 성분

- 한우 거세우 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량이 반추위액 성상에 미치는 영향은 표 186과 같았음. 배합사료 내 조단백질 함량이 증가함에 따라 암모니아, butyrate, valerate의 농도는 유의적으로 증가하였으며( $P < 0.05$ ), propionate의 농도는 유의적으로 감소함( $P = 0.02$ ).

표 186. 한우 거세 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 반추위액 성분

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (% As Fed) <sup>2</sup>				SEM	P-value		
	12.00	15.50	17.25	19.00		Mean	Linear	Quadratic
pH	6.71	6.61	6.72	6.73	0.115	0.871	0.700	0.605
NH3-N, mg/dL	3.58 <sup>a</sup>	5.57 <sup>ab</sup>	6.59 <sup>bc</sup>	8.33 <sup>c</sup>	0.679	<0.001	<0.001	0.846
Total VFA, mM	54.3	56.5	58.0	59.1	3.50	0.734	0.269	0.869
Molar proportions, mmol/mol								
Acetate	600	603	620	603	6.5	0.080	0.328	0.116
Propionate	235 <sup>a</sup>	222 <sup>ab</sup>	210 <sup>b</sup>	215 <sup>ab</sup>	6.3	0.018	0.007	0.119
Isobutyrate	21	22	20	21	2.0	0.940	0.963	0.825
Butyrate	106 <sup>a</sup>	115 <sup>ab</sup>	118 <sup>ab</sup>	122 <sup>b</sup>	4.1	0.029	0.004	0.562
Isovalerate	24	23	19	21	2.1	0.305	0.166	0.477
Valerate	13 <sup>a</sup>	15 <sup>ab</sup>	13 <sup>a</sup>	17 <sup>b</sup>	0.6	<0.001	0.001	0.185
Acetate/Propionate	2.6	2.8	3.0	2.8	0.1	0.058	0.050	0.091

<sup>1</sup>VFA: volatile fatty acid

<sup>2</sup>CP: crude protein

<sup>a-c</sup>Means within the same row with different superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ ).

(3) 혈액 대사물질

- 한우 거세우 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량이 혈액 대사물질에 미치는 영향은 표

187과 같았음. 배합사료 내 조단백질 함량이 증가함에 따라 혈액 내 요소는 유의적으로 증가하였으며( $P < 0.05$ ), 유리지방산과 콜레스테롤은 유의적으로 감소함( $P < 0.05$ ).

표 187. 한우 거세 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 혈액 대사물질

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (% As Fed) <sup>2</sup>				SEM	P-value		
	12.00	15.50	17.25	19.00		Mean	Linear	Quadratic
Total protein, g/dL	6.3	6.2	6.1	6.1	0.11	0.330	0.080	0.924
Urea, mg/dL	13.3 <sup>b</sup>	16.3 <sup>ab</sup>	19.6 <sup>a</sup>	20.5 <sup>a</sup>	1.21	0.001	<0.001	0.917
Glucose, mg/dL	78.8	77.8	77.0	77.5	1.81	0.892	0.507	0.770
NEFA, mEq/L	0.47 <sup>a</sup>	0.37 <sup>b</sup>	0.34 <sup>b</sup>	0.36 <sup>b</sup>	0.024	0.002	<0.001	0.078
Albumin, mg/dL	3.4	3.5	3.5	3.5	0.06	0.871	0.425	0.856
Creatinine, mg/dL	1.4	1.3	1.2	1.2	0.08	0.457	0.126	0.884
Triglyceride, mg/dL	14.8	21.0	17.3	15.8	2.18	0.205	0.688	0.054
GOT, U/L	57.9	54.4	54.4	55.8	3.41	0.843	0.562	0.505
GPT, U/L	19.3	17.8	19.4	20.7	1.09	0.318	0.366	0.113
Cholesterol, mg/dL	323.6 <sup>a</sup>	277.6 <sup>ab</sup>	275.2 <sup>ab</sup>	235.9 <sup>b</sup>	19.30	0.020	0.003	0.803
Calcium, mg/dL	9.0	8.9	8.6	8.8	0.11	0.156	0.085	0.840
Phosphorus, mg/dL	6.4	7.0	6.7	6.7	0.18	0.135	0.239	0.056

<sup>1</sup>NEFA: non-esterified fatty acid, GOT: glutamic oxaloacetic transaminase, GPT: glutamic pyruvic transaminase.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

## 실험 2. 사료 내 조단백질 함량이 비육전기 한우에서 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 함량 및 악취물질 발생량에 미치는 영향

### 1) 연구 목표

- 사료 내 조단백질 함량이 비육 전기 한우에서 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 배출량 및 악취물질 발생량에 미치는 영향

### 2) 연구 내용 및 방법

#### (1) 공시동물

- 한우 거세 비육우 4두(17개월령, 평균 체중: 477±2.9 kg)

#### (2) 공시 사료

- 조사료
  - 톨페스큐 건초
- 배합사료
  - 저(低) 단백질 배합사료(CP 12.00% 원물)
  - 고(高) 단백질 배합사료(CP 19.00% 원물)

#### (3) 실험 설계 및 처리구

- 4 x 4 Latin square design
  - 공시축 4두를 체중이 유사한 2두씩 2개 그룹으로 나누어 총 2개의 5 m × 5 m 우방에 임의로 배치
- 처리구(배합사료 내 원물 기준 조단백질 함량)

- 본 실험의 사료 배합비 및 화학 성분표는 표 188-189과 같음.
  - 처리구 1 (LCP): CP 12.00%
  - 처리구 2 (MLCP): CP 15.50%
  - 처리구 3 (MHCP): CP 17.25%
  - 처리구 4 (HCP): CP 19.00%
- 시험기간
- 총 16주간 사양실험을 진행하였으며, 실험 기간 16주는 4번의 period로 2주 적응기, 1주 sample collection 및 1주 wash-out으로 구성되어 있음.

표 188. 한우 거세 비육전기 조단백질 수준 실험 배합사료의 배합비

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (As fed) <sup>2</sup>			
	12.00	15.50	17.25	19.00
Ingredients (g/kg DM)				
Corn, flaked	192	192	192	192
Corn, ground	57	31	18	5
Wheat, ground	140	157	165	173
Hydrogenated fat	23	12	6	0
Palm oil	11	10	9	9
Corn gluten feed	159	159	159	159
Soybean hull	98	49	25	0
Wheat bran	63	32	16	0
Molasses	44	31	24	18
DDGS	50	172	233	294
Palm kernel meal	103	101	100	100
CMS	13	13	13	13
Urea	0	3	5	6
Ammonium chloride	2	2	2	2
Limestone	32	25	22	19
Salt	2	2	2	2
Vitamin and mineral mix*	8	8	8	8

<sup>1</sup>DDGS: distiller's grains with solubles, CMS: condensed molasses solubles.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

\*33,330,000 IU/kg vitamin A, 40,000,000 IU/kg vitamin D, 20.86 IU/kg vitamin E, 20 mg/kg Cu, 90 mg/kg Mn, 100 mg/kg Zn, 250 mg/kg Fe, 0.4 mg/kg I, and 0.4 mg/kg Se.

표 189. 한우 거세 비육전기 조단백질 수준 실험 사료 화학성분표.

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (As fed) <sup>2</sup>				Tall
	12.00	15.50	17.25	19.0	fescue
DM, g/kg as fed	886	886	886	886	888
OM	911	916	918	920	941
CP	147	178	193	208	69
aNDF	271	286	293	301	640
ADF	134	131	129	128	404
ADL	38	37	36	36	62
Ether extract	69	62	59	56	13
Ash	89	84	82	80	59
TDN	747	740	736	733	557
NEm, MJ/kg DM	8.1	8.0	7.9	7.8	5.0
NEg, MJ/kg DM	5.4	5.3	5.2	5.2	2.7
Total carbohydrates	695	676	666	656	859
NFC	450	417	400	383	232

<sup>1</sup>DM: dry matter, OM: organic matter, CP: crude protein, aNDF: neutral detergent fiber analyzed using a heat stable amylase and expressed inclusive of residual ash, ADF: acid detergent fiber, ADL: acid detergent lignin, TDN: total digestible nutrients, NEm: net energy for maintenance, NEg: net energy for growth, NFC: non-fiber carbohydrate.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

(4) 실험 방법

- 사료는 매일 08시와 18시에 배합사료를 동일한 양을 나누어 급여 스탠치온에 급여하고, 약 1시간 후 남은 사료를 전량 회수하여 섭취량을 기록함.
- 조사료는 톨페스큐 건초를 자동으로 개체별 섭취량이 기록되는 섭취량 조사장치에 급여하여 자유채식토록 하였으며, 깨끗한 음수는 항상 자유롭게 급수되도록 함.

(5) 분석 항목

- 사양 성적
  - 배합사료 개별 잔여량 측정 및 조사료 섭취량 조사 장치를 통해 건물 섭취량을 계산함.
  - 체중은 각 period 종료 시 측정하였으며, 일당 증체량 및 사료 효율을 계산하여 산출함.
- 영양소 소화율
  - 각 period의 2주 적응 기간 종료 후 대사 실험을 실시하는 4두로부터 연속된 4일 동안 분과 뇨 샘플을 9시간 간격으로 채취함(Day 1: 17:00, Day 2: 02:00, 11:00, 20:00, Day 3: 05:00, 14:00, 23:00, Day 4: 08:00).
  - 채취한 분의 무게를 측정하여 55°C 건조기에서 72시간동안 건조하여 무게의 차를 이용해 건물 함량을 계산함.
  - 각 동물별로 sampling 시간 별 동일한 건물 무게의 분을 혼합하여 영양소 분석을 실시하여 소화율을 분석함.
  - 소화율 계산을 위해 Van Soest et al (1994)에 따라 산성세재불용섬유소 중 회분으로 산성세재불용섬유소를 분석한 후, 회화로를 통해 태우고 남은 회분을 소화율 마커로 활용함.

○ 분뇨 배출량 및 분뇨에서의 질소 및 황 배출량

- 영양소 소화율을 이용하여 개체 별 1일 평균 분 배출량을 계산하였으며, 뇨의 크레아티닌 성분을 이용하여 개체 별 1일 평균 뇨 배출량을 계산함.
- 각 동물별로 sampling 시간별 동일한 건물 무게의 분을 혼합하여 질소 및 황 함량을 분석함.
- 뇨 샘플의 일부는 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>을 넣어 pH가 3 이하가 되도록 하여 냉동 보관한 샘플에서 질소 함량을 분석하였으며, 산성화시키지 않은 뇨에서는 황 함량을 분석함.

○ 분뇨 악취물질 발생량

- 각 period의 2주 적응 기간 종료 후 대사 실험을 실시하는 4두로부터 연속된 4일 동안 분과 뇨 샘플을 9시간 간격으로 채취함(Day 1: 17:00, Day 2: 02:00, 11:00, 20:00, Day 3: 05:00, 14:00, 23:00, Day 4: 08:00).
- 2차년도에 개발된 충남대학교 분뇨배양시스템을 이용하여 분뇨 배양 시 발생하는 악취물질을 분석함.
- 영양소 소화율로 계산한 1일 평균 분 배출량과 뇨의 크레아티닌 성분을 분석하여 계산한 1일 평균 뇨 배출량에 따라 분뇨의 비율을 계산함.
- 냉동 보관되어 있던 분뇨 샘플을 2°C에서 이틀간 해동한 후 계산된 분뇨 비율에 따라 분뇨배양시스템 평가 시 항온수조의 수위 및 배양병의 표면적 등을 고려하여 가장 배양이 잘되는 조건인 분뇨가 총 320 g이 되도록 함. 각 sample별 분뇨 비율은 아래 표190과 같음.
- 상온인 19°C에서 10일간 배양을 실시하였고, compressor를 통해 2 L/min의 속도로 외부 공기가 inflowing 하였음.
- 매 30분마다 30초씩 0.4 L/min의 속도로 20 L 포집백에 공기가 포집되었으며, 24시간마다 포집백을 교체해주며 24시간동안 포집된 공기의 암모니아 농도(ppm)와 황화수소 농도(ppb)를 측정함.
- 개발된 분뇨배양시스템은 총 6개의 배양 용기가 있으며 2개는 blank로, 4개는 분뇨 sample을 배양함으로써 공기 중 암모니아와 황화수소 농도를 보정함. 배양 결과는 표 191에 나타나 있는 식을 이용함.

표 190. 한우 거세 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 분뇨 비율

Period	Concentrate CP (As fed) <sup>1</sup>	Fecal, g	Urine, mL
Period 1	12.00	194.7	125.3
	15.50	102.2	217.8
	17.25	140	180
	19.00	138	182
Period 2	12.00	201.5	118.5
	15.50	201	119
	17.25	81.8	238.2
	19.00	106.8	213.2
Period 3	12.00	123.1	196.9
	15.50	125.9	194.1
	17.25	175.1	144.9
	19.00	171.7	148.3
Period 4	12.00	34.3	285.7
	15.50	198.9	121.1
	17.25	182.4	137.6
	19.00	79.6	240.4

<sup>1</sup>CP: Crude protein

표 191. 분뇨 배양 결과 계산식

Value	Equation
mg of NH <sub>3</sub> /g of manure per hour (A)	$\frac{[\text{NH}_3 \text{ concentration (ppm)} - \text{blank NH}_3 \text{ concentration (ppm)}] \times (\text{mg/kg})/\text{ppm} \times \text{air flow (L/min)} \times \text{density (0.769 g of NH}_3\text{/L at standard temperature and pressure)} \times 60 \text{ min/hour}}{320 \text{ g of manure}}$
µg of H <sub>2</sub> S/g of manure per hour (B)	$\frac{[\text{H}_2\text{S concentration (ppb)} - \text{blank H}_2\text{S concentration (ppb)}] \times (\mu\text{g /kg})/\text{ppb} \times \text{air flow (L/min)} \times \text{density (1.505 g of H}_2\text{S/L at standard temperature and pressure)} \times 60 \text{ min/hour}}{320 \text{ g of manure}}$
g of NH <sub>3</sub> of manure per day per head (C)	$A \times 24 \text{ hours/day} \times \text{total manure output (kg/head)}$
mg of H <sub>2</sub> S of manure per day per head (D)	$B \times 24 \text{ hours/day} \times \text{total manure output (kg/head)}$
Cumulative g of NH <sub>3</sub> of manure per day per head	$\sum_{i=1}^{10} C$
Cumulative g of H <sub>2</sub> S of manure per day per head	$\sum_{i=1}^{10} D$

### 3) 주요 연구 결과

#### (1) 사양 성적

- 한우 거세우 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 대사실험의 사양 성적은 표 192와 같았음. 처리구간의 섭취량, 성장률 및 사료효율에 유의적인 차이는 없었음( $P > 0.05$ ).

표 192. 한우 거세 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 대사실험의 사양성적

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (% As Fed) <sup>2</sup>				SEM	P-value		
	12.00	15.50	17.25	19.00		Mean	Linear	Quadratic
Initial BW, kg	474	473	473	475	12.6	0.984	0.920	0.717
Final BW, kg	495	500	490	492	10.8	0.302	0.291	0.742
ADG, g/day	822	1023	744	784	150.3	0.590	0.577	0.606
DMI, kg/day								
Concentrate	6.01	5.83	5.87	5.60	0.602	0.760	0.357	0.857
Forage	2.19	2.19	2.14	2.24	0.141	0.964	0.872	0.724
Total	8.63	8.45	8.44	8.27	0.526	0.937	0.561	0.997
FCR	11.33	8.68	18.79	11.66	4.558	0.482	0.600	0.636

<sup>1</sup>BW: body weight, DMI: dry matter intake, ADG: average daily gain, FCR: feed conversion ratio.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

#### (2) 영양소 소화율

- 한우 거세우 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 대사실험의 영양소 소화율은 표 193과 같았음. 처리구간의 모든 영양소 소화율에 대한 유의적인 차이가 있었으며, 배합사료 내 조단백질 함량이 증가함에 따라 모든 영양소 소화율은 유의적으로 증가함( $P < 0.05$ ).

표 193. 한우 거세 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 대사실험의 영양소 소화율

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (% As Fed) <sup>2</sup>				SEM	P-value		
	12.00	15.50	17.25	19.00		Mean	Linear	Quadratic
DM, %	48.21 <sup>c</sup>	59.21 <sup>bc</sup>	67.21 <sup>ab</sup>	78.16 <sup>a</sup>	3.374	0.002	0.036	0.012
OM, %	55.55 <sup>c</sup>	64.85 <sup>bc</sup>	71.77 <sup>ab</sup>	81.21 <sup>a</sup>	2.956	0.002	< 0.001	0.979
CP, %	41.15 <sup>c</sup>	59.97 <sup>b</sup>	70.95 <sup>ab</sup>	81.15 <sup>a</sup>	3.937	0.001	< 0.001	0.305
EE, %	70.33 <sup>c</sup>	75.88 <sup>bc</sup>	82.62 <sup>ab</sup>	86.41 <sup>a</sup>	2.138	0.003	< 0.001	0.691
aNDF, %	18.18 <sup>b</sup>	38.10 <sup>ab</sup>	48.16 <sup>a</sup>	67.04 <sup>a</sup>	6.457	0.005	0.001	0.938
ADF, %	12.73 <sup>c</sup>	33.03 <sup>bc</sup>	43.76 <sup>ab</sup>	64.46 <sup>a</sup>	6.708	0.004	0.001	0.977

<sup>1</sup>DM: dry matter, OM: organic matter, CP: crude protein, EE: ether extract, aNDF: neutral detergent fiber analyzed using a heat stable amylase and expressed inclusive of residual ash, ADF: acid detergent fiber.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

#### (3) 분뇨 질소 및 황 배출량

- 한우 거세우 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 평균 분뇨 배출량 및 분뇨에서 배출되는 질소 및 황 함량은 표 194와 같았음. 배합사료의 조단백질 수준 차이에 따른



분뇨 배출량의 유의적인 차이는 없었으며( $P > 0.05$ ), 분뇨에서 배출되는 질소 및 황 함량에서도 유의적인 차이가 없었음( $P > 0.05$ ).

표 194. 한우 거세 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 분뇨 배출량 및 분뇨에서 배출되는 질소 및 황 함량

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (% As Fed) <sup>2</sup>				SEM	P-value		
	12.00	15.50	17.25	19.00		Mean	Linear	Quadratic
Feces								
Total, kg	14.44	12.09	15.42	14.42	2.25	0.759	0.572	0.486
DM, kg	2.57	2.18	2.74	2.47	0.40	0.791	0.709	0.440
OM, kg	2.20	1.86	2.36	2.13	0.33	0.765	0.674	0.431
Total N, g	59.22	48.41	64.52	57.50	8.71	0.635	0.593	0.345
Total S, g	4.09	3.28	4.32	3.83	0.63	0.688	0.637	0.342
Urine								
Total, L	15.24	21.63	16.50	19.23	4.41	0.186	0.361	0.055
Total N, g	114.15	150.96	141.40	164.30	16.70	0.222	0.857	0.097
Total S, g	33.05	42.88	30.78	53.26	10.30	0.166	0.304	0.051

<sup>1</sup>DM: dry matter, OM: organic matter, N: nitrogen, S: sulfate

<sup>2</sup>CP: crude protein.

#### (4) 분뇨 악취물질 발생량

- 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 악취물질(암모니아 및 황화수소)의 10일 평균 및 누적 배출량은 표 195 및 그림 13-16과 같았음. 10일 평균 암모니아 배출량은 배합사료 내 조단백질 수준이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였으며, 조단백질 19% 원물 처리구에서 가장 높았음( $P < 0.05$ ). 누적 암모니아 배출량은 처리구 간에 유의적인 차이가 없었음( $P > 0.05$ ). 황화수소의 10일 평균 및 누적 배출량은 유의적인 차이가 없었음( $P > 0.05$ ).

표 195. 한우 거세 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 분뇨에서의 암모니아 및 황화수소 배출량

Items	Concentrate CP (% As Fed) <sup>1</sup>				SEM	P-value		
	12.00	15.50	17.25	19.00		Mean	Linear	Quadratic
NH <sub>3</sub> , mg/g								
manure per day	0.0043 <sup>a</sup>	0.0049 <sup>a</sup>	0.0062 <sup>ab</sup>	0.0088 <sup>b</sup>	0.00065	<0.001	0.013	0.045
Cumulative NH <sub>3</sub> , g/steer	1.61	1.55	2.15	2.38	0.393	0.323	0.245	0.812
H <sub>2</sub> S, µg/g								
manure per day	0.0100	0.0106	0.0124	0.0125	0.00189	0.720	0.727	0.912
Cumulative H <sub>2</sub> S, mg/steer	3.05	3.31	4.45	3.17	0.580	0.348	0.503	0.412

<sup>1</sup>CP: crude protein.

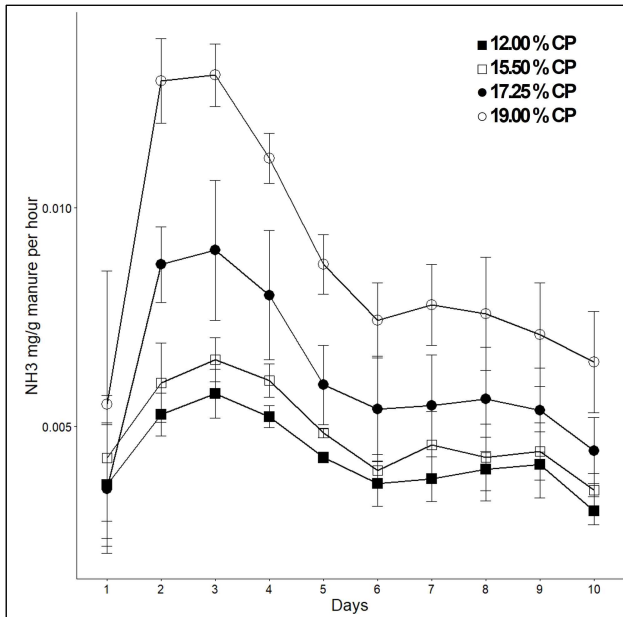


그림 13. 한우 거세 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 분뇨에서의 암모니아 일일 배출량

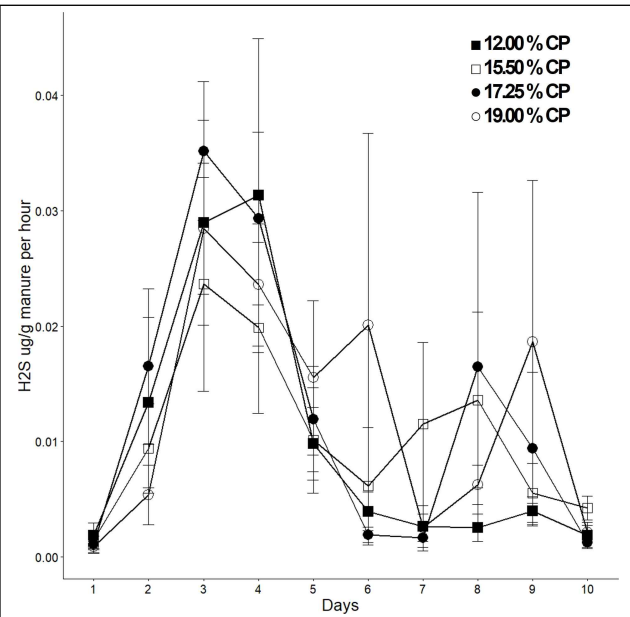


그림 14. 한우 거세 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 분뇨에서의 황화수소 일일 배출량

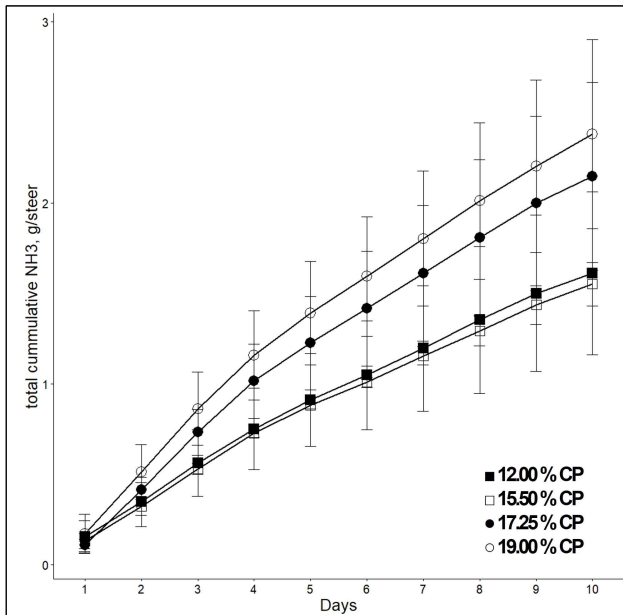


그림 15. 한우 거세 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 분뇨에서의 암모니아 누적 배출량

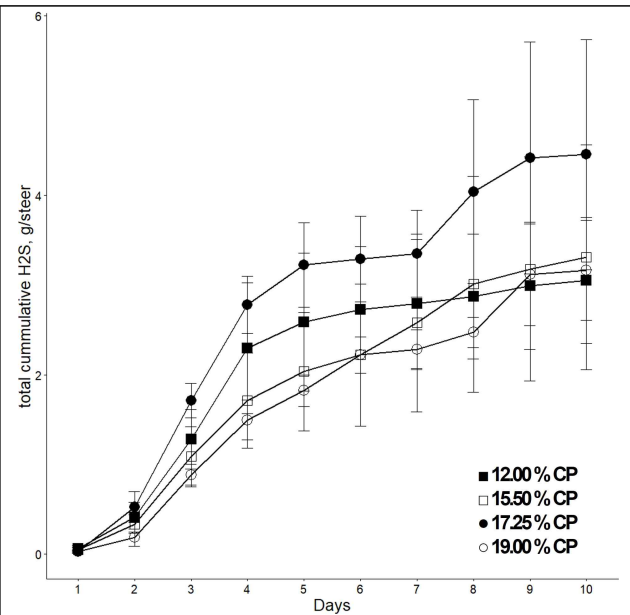


그림 16. 한우 거세 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 분뇨에서의 황화수소 누적 배출량

<2차년도, 2022년>

실험 1. 사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율 및 악취 물질 발생량에 미치는 영향

\*사양 중인 한우 거세우의 월령 및 사육 단계로 인해 3년차에 예정된 실험을 우선적으로 실시하여 기존 예정된 2년차 실험을 대체함.

1) 연구 목표

- 사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율 및 악취 물질 발생량에 미치는 영향 조사

2) 연구 내용 및 방법

(1) 공시 동물

- 한우 거세 비육우 24두(22개월령, 평균 체중:  $639 \pm 39.3$  kg)

(2) 공시 사료

- 조사료
  - 톨페스큐 건조
- 배합사료
  - 조단백질 15% 수준의 배합사료

(3) 실험 설계 및 처리구

- Completely randomized block design (CRBD; Seo et al., 2018)
  - SNP-chip 분석을 통한 도체중 육종가에 따른 block (0.5 SD 기준)
  - 공시축 24두를 6두씩 총 4개 그룹으로 나누어 10 m × 10 m의 우방 4개에 임의로 배치함.
- 처리구(1일 배합사료 급여량의 3% 수준으로 첨가제 급여)
  - 본 실험의 사료 배합비 및 화학 성분표는 표 196-197과 같음.
  - 대조구(Wheat): 소맥피 첨가
  - 처리구 1 (Enzyme): 효소제 첨가
  - 처리구 2 (Probiotic): 생균제 첨가
  - 처리구 3 (Tannin): 질소바인더(탄닌) 첨가
- 시험기간
  - 총 16주간 사양실험 진행

표 196. 한우 거세 비육후기 첨가제 실험 배합사료의 배합비

Items <sup>1</sup>	Concentrate mix
Ingredients (g/kg DM)	
Tall fescue	146
Corn, flaked	165
Corn, ground	171
Wheat, ground	43
Hydrogenated fat	1
Palm oil	19
Rice bran	43
Corn gluten feed	218
Wheat bran	27
Molasses	36
Palm kernel meal	71
CMS	18
Sodium bicarbonate	2
Limestone	33
Salt	3
Vitamin and mineral mix*	4

<sup>1</sup>CMS: ondensed molasses solubles

\*33,330,000 IU/kg vitamin A, 40,000,000 IU/kg vitamin D, 20.86 IU/kg vitamin E, 20 mg/kg Cu, 90 mg/kg Mn, 100 mg/kg Zn, 250 mg/kg Fe, 0.4 mg/kg I, and 0.4 mg/kg Se.

표 197. 한우 거세 비육후기 첨가제 실험 사료의 화학 성분표

Items <sup>1</sup>	Concentrate mix	Tall fescue
DM, g/kg as fed	896	901
OM	904	948
CP	151	55
aNDF	272	722
ADF	143	471
ADL	42	73
Ether extract	70	13
Ash	96	52
TDN	736	523
NEm, MJ/kg DM	8.0	4.3
NEg, MJ/kg DM	5.3	2.0
Total carbohydrates	693	881
NFC	466	170

<sup>1</sup>DM: dry matter, OM: organic matter, CP: crude protein, aNDF: neutral detergent fiber analyzed using a heat stable amylase and expressed inclusive of residual ash, ADF: acid detergent fiber, ADL: acid detergent lignin, TDN: total digestible nutrients, NEm: net energy for maintenance, NEg: net energy for growth, NFC: non-fiber carbohydrate.

#### (4) 실험 방법

##### ○ 조사료

- 매일 08시와 18시에 톨페스큐 건초를 자동으로 개체별 섭취량이 기록되는 섭취량 조사장치에 급여하여 자유채식토록 함.

##### ○ 배합사료

- 각 우방에 설치되어 있는 섭취량이 자동으로 기록되는 1대의 배합사료 자동급이기를 통해 1일 배합사료 급여량을 6회로 나누어 자동 급여

##### ○ 소맥피 및 첨가제

- 배합사료 자동급이기를 통해 급여되는 배합사료 양의 3% 수준으로 첨가제를 배합사료와 함께 자동 급여

#### (5) 분석 항목

##### ○ 사양 성적

- 배합사료 개별 잔여량 측정 및 조사료 섭취량 조사 장치를 통해 건물 섭취량을 계산함.
- 체중은 4주 간격으로 측정하였고, 일당 증체량 및 사료 효율을 계산하여 산출함.

##### ○ 혈액 대사물질

- 경정맥에서 채취한 혈액에서 serum을 분리하여 대사물질을 분석함.

#### 3) 주요 연구 결과

##### (1) 사양 성적

- 한우 거세 비육우 배합사료에 첨가한 물질에 따른 사양 성적은 표198과 같았음. 대조구와 처리구 간의 체중, 성장률 및 사료 효율의 유의적인 차이는 없었음( $P > 0.05$ ). 대조구와 처리구 간의 배합사료 및 총 건물 섭취량은 유의적인 차이가 없었으나( $P > 0.05$ ), 효소제 처리구의 조사료 섭취량이 대조구(소맥피)에 비해 유의적으로 높았음( $P < 0.05$ ).

표 198. 한우 거세 비육우기 첨가제에 따른 사양 성적

Items <sup>1</sup>	Treatment				SEM	P-value
	Wheat	Enzyme	Probiotic	Tannin		
Initial BW, kg	614	643	642	643	21.2	0.681
Final BW, kg	696	735	728	722	24.5	0.658
ADG, g/day	643.5	715.3	673.7	615.7	98.15	0.841
DMI, kg/day						
Concentrate	8.0	7.7	7.6	7.4	0.33	0.540
Forage	1.2 <sup>b</sup>	1.8 <sup>a</sup>	1.6 <sup>ab</sup>	1.7 <sup>ab</sup>	0.15	0.039
Total	9.2	9.5	9.2	9.0	0.37	0.747
FCR	15.2	14.3	14.4	16.0	2.14	0.882

<sup>1</sup>BW: body weight, ADG: average daily gain, DMI: dry matter intake, FCR: feed conversion ratio; DMI (g) /ADG (g).

<sup>a-b</sup>Means that do not have common superscripts significantly differ within the treatments ( $P < 0.05$ ).

##### (2) 혈액 정상

- 한우 거세 비육우 배합사료에 첨가한 물질에 따른 혈액 정상은 표199와 같았음. 효소제 처리구 및 생균제 처리구의 혈액 내 총 단백질 함량은 대조구(소맥피)에 비해 유의적으로 낮았으며( $P < 0.05$ ), 질소바인더(탄닌) 처리구의 총 단백질 함량은 대조구 및 다른 처리구와

유의적인 차이가 없었음( $P > 0.05$ ). 대조구와 처리구 간의 혈액 내 총 단백질 함량을 제외한 다른 성분의 유의적인 차이는 없었음( $P > 0.05$ ).

표 199. 한우 거세 비육후기 첨가제에 따른 혈액 대사물질

Items <sup>1</sup>	Treatment				SEM	P-value
	Wheat	Enzyme	Probiotic	Tannin		
Total protein, g/dL	7.4 <sup>a</sup>	6.8 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b</sup>	6.9 <sup>ab</sup>	0.15	0.013
Urea, mg/dL	14.3	12.9	13.9	14.6	1.50	0.802
Glucose, mg/dL	59.6	58.8	58.1	59.9	3.46	0.969
Albumin, mg/dL	3.7	3.6	3.6	3.7	0.07	0.126
Creatinine, mg/dL	1.4	1.3	1.3	1.4	0.11	0.752
Triglyceride, mg/dL	22.4	19.2	30.7	30.8	5.29	0.184
GOT, U/L	66.5	67.7	76.3	77.7	9.46	0.690
GPT, U/L	25.4	21.5	21.4	24.3	1.35	0.073
Cholesterol, mg/dL	190.1	180.7	180.5	180.1	12.76	0.923
Calcium, mg/dL	9.0	8.8	8.9	8.6	0.16	0.382
Phosphorus, mg/dL	6.7	5.9	6.6	6.6	0.31	0.156
Magnesium, mg/dL	2.5	2.3	2.5	2.5	0.12	0.434

<sup>1</sup>GOT: glutamic oxaloacetic transaminase, GPT: glutamic pyruvic transaminase.

<sup>a-b</sup>Means that do not have common superscripts significantly differ within the treatments ( $P < 0.05$ ).

## 실험 2. 사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 함량 및 악취 물질 발생량에 미치는 영향

\*사양 중인 한우 거세우의 월령 및 사육 단계로 인해 3년차에 예정된 실험을 우선적으로 실시하여 기존 예정된 2년차 실험을 대체함.

### 1) 연구 목표

- 사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율 및 악취 물질 발생량에 미치는 영향 조사

### 2) 연구 내용 및 방법

#### (1) 공시 동물

- 한우 거세 비육우 24두(22개월령, 평균 체중: 639±39.3 kg)

#### (2) 공시 사료

- 조사료
  - 톨페스큐 건초
- 배합사료
  - 조단백질 15% 수준의 배합사료

#### (3) 실험 설계 및 처리구

- 4 × 4 Latin square design
  - 공시축 4두를 체중이 유사한 2두씩 2개 그룹으로 나누어 총 2개의 5 m × 5 m 우방에 임의로 배치
- 처리구(1일 배합사료 급여량의 3% 수준으로 첨가제 급여)
  - 본 실험의 사료 배합비 및 화학 성분표는 표 200-201과 같음.

- 대조구(Wheat): 소맥피 첨가
- 처리구 1 (Enzyme): 효소제 첨가
- 처리구 2 (Probiotic): 생균제 첨가
- 처리구 3 (Tannin): 질소바인더(탄닌) 첨가

○ 시험기간

- 총 16주간 사양실험을 진행하였으며, 실험 기간 16주는 4번의 period로 2주 적응기, 1주 sampling collection 및 1주 wash-out으로 구성되어 있음.

표 200. 한우 거세 비육후기 첨가제 실험 배합사료의 배합비

Items <sup>1</sup>	Concentrate mix
Ingredients (g/kg DM)	
Tall fescue	146
Corn, flaked	165
Corn, ground	171
Wheat, ground	43
Hydrogenated fat	1
Palm oil	19
Rice bran	43
Corn gluten feed	218
Wheat bran	27
Molasses	36
Palm kernel meal	71
CMS	18
Sodium bicarbonate	2
Limestone	33
Salt	3
Vitamin and mineral mix*	4

<sup>1</sup>CMS: condensed molasses solubles

\*33,330,000 IU/kg vitamin A, 40,000,000 IU/kg vitamin D, 20.86 IU/kg vitamin E, 20 mg/kg Cu, 90 mg/kg Mn, 100 mg/kg Zn, 250 mg/kg Fe, 0.4 mg/kg I, and 0.4 mg/kg Se.

표 201. 한우 거세 비육후기 첨가제 실험 사료의 화학 성분표

Items <sup>1</sup>	Concentrate mix	Tall fescue
DM, g/kg as fed	896	901
OM	904	948
CP	151	55
aNDF	272	722
ADF	143	471
ADL	42	73
Ether extract	70	13
Ash	96	52
TDN	736	523
NEm, MJ/kg DM	8.0	4.3
NEg, MJ/kg DM	5.3	2.0
Total carbohydrates	693	881
NFC	466	170

<sup>1</sup>DM: dry matter, OM: organic matter, CP: crude protein, aNDF: neutral detergent fiber analyzed using a heat stable amylase and expressed inclusive of residual ash, ADF: acid detergent fiber, ADL: acid detergent lignin, TDN: total digestible nutrients, NEm: net energy for maintenance, NEg: net energy for growth, NFC: non-fiber carbohydrate.

(4) 실험 방법

- 사료는 매일 08시와 18시에 배합사료를 동일한 양을 나누어 급여 스탠치온에 급여하고, 약 1시간 후 남은 사료를 전량 회수하여 섭취량을 기록함.
- 조사료는 톨페스큐 건초를 자동으로 개체별 섭취량이 기록되는 섭취량 조사장치에 급여하여 자유채식토록 하였으며, 깨끗한 음수는 항상 자유롭게 급수되도록 함.

(5) 분석 항목

- 사양 성적
  - 배합사료 개별 잔여량 측정 및 조사료 섭취량 조사 장치를 통해 건물 섭취량을 계산함.
  - 체중은 각 period 종료 시 측정하였으며, 일당 증체량 및 사료 효율을 계산하여 산출함.
- 영양소 소화율
  - 각 period의 2주 적응 기간 종료 후 대사 실험을 실시하는 4두로부터 연속된 4일 동안 분과 뇨 샘플을 9시간 간격으로 채취함(Day 1: 17:00, Day 2: 02:00, 11:00, 20:00, Day 3: 05:00, 14:00, 23:00, Day 4: 08:00).
  - 채취한 분의 무게를 측정하여 55°C 건조기에서 72시간동안 건조하여 무게의 차를 이용해 건물 함량을 계산함.
  - 각 동물별로 sampling 시간 별 동일한 건물 무게의 분을 혼합하여 영양소 분석을 실시하여 소화율을 분석함.
  - 소화율 계산을 위해 Van Soest et al (1994)에 따라 산성세재불용섬유소 중 회분으로 산성세재불용섬유소를 분석한 후, 회화로를 통해 태우고 남은 회분을 소화율 마커로 활용함.
- 분뇨 배출량 및 분뇨에서의 질소 및 황 배출량
  - 영양소 소화율을 이용하여 개체 별 1일 평균 분 배출량을 계산하였으며, 뇨의 크레아티닌 성분을 이용하여 개체 별 1일 평균 뇨 배출량을 계산함.
  - 각 동물별로 sampling 시간별 동일한 건물 무게의 분을 혼합하여 질소 및 황 함량을



분석함.

- 뇨 샘플의 일부는 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>을 넣어 pH가 3 이하가 되도록 하여 냉동 보관한 샘플에서 질소 함량을 분석하였으며, 산성화시키지 않은 뇨에서는 황 함량을 분석함.

○ 분뇨 악취물질 발생량

- 각 period의 2주 적응 기간 종료 후 대사 실험을 실시하는 4두로부터 연속된 4일 동안 분과 뇨 샘플을 9시간 간격으로 채취함(Day 1: 17:00, Day 2: 02:00, 11:00, 20:00, Day 3: 05:00, 14:00, 23:00, Day 4: 08:00).
- 2차년도에 개발된 충남대학교 분뇨배양시스템을 이용하여 분뇨 배양 시 발생하는 악취물질을 분석함.
- 영양소 소화율로 계산한 1일 평균 분 배출량과 뇨의 크레아티닌 성분을 분석하여 계산한 1일 평균 뇨 배출량에 따라 분뇨의 비율을 계산함.
- 냉동 보관되어 있던 분뇨 샘플을 2°C에서 이틀간 해동한 후 계산된 분뇨 비율에 따라 분뇨배양시스템 평가 시 항온수조의 수위 및 배양병의 표면적 등을 고려하여 가장 배양이 잘되는 조건인 분뇨가 총 320 g이 되도록 함. 각 sample별 분뇨 비율은 아래 표 202와 같았음.
- 상온인 19°C에서 10일간 배양을 실시하였고, compressor를 통해 2 L/min의 속도로 외부 공기가 inflowing 하였음.
- 매 30분마다 30초씩 0.4 L/min의 속도로 20 L 포집백에 공기가 포집되었으며, 24시간마다 포집백을 교체해주며 24시간동안 포집된 공기의 암모니아 농도(ppm)와 황화수소 농도(ppb)를 측정함.
- 개발된 분뇨배양시스템은 총 6개의 배양 용기가 있으며 2개는 blank로, 4개는 분뇨 sample을 배양함으로써 공기 중 암모니아와 황화수소 농도를 보정함. 배양 결과는 표 203에 나타나 있는 식을 이용함.

표 202. 한우 거세 비육후기 첨가제에 따른 분뇨 비율

Period	Treatment	Fecal, g	Urine, mL
Period 1	Wheat	63.9	256.1
	Enzyme	108.4	211.6
	Probiotic	90.6	229.4
	Tannin	109.5	210.5
Period 2	Wheat	143.1	176.9
	Enzyme	129.1	190.9
	Probiotic	140.5	179.5
	Tannin	98.4	221.6
Period 3	Wheat	153	167
	Enzyme	144.6	175.4
	Probiotic	54.5	265.5
	Tannin	151.1	168.9
Period 4	Wheat	152	168
	Enzyme	82.3	237.7
	Probiotic	163.1	156.9
	Tannin	124.9	195.1

표 203. 분뇨 배양 결과 계산식

Value	Equation
mg of NH <sub>3</sub> /g of manure per hour (A)	$[\text{NH}_3 \text{ concentration (ppm)} - \text{blank NH}_3 \text{ concentration (ppm)}] \times (\text{mg/kg})/\text{ppm} \times \text{air flow (L/min)} \times \text{density (0.769 g of NH}_3\text{/L at standard temperature and pressure)} \times 60 \text{ min/hour} \div 320 \text{ g of manure}$
µg of H <sub>2</sub> S/g of manure per hour (B)	$[\text{H}_2\text{S concentration (ppb)} - \text{blank H}_2\text{S concentration (ppb)}] \times (\mu\text{g /kg})/\text{ppb} \times \text{air flow (L/min)} \times \text{density (1.505 g of H}_2\text{S/L at standard temperature and pressure)} \times 60 \text{ min/hour} \div 320 \text{ g of manure}$
g of NH <sub>3</sub> of manure per day per head (C)	$A \times 24 \text{ hours/day} \times \text{total manure output (kg/head)}$
mg of H <sub>2</sub> S of manure per day per head (D)	$B \times 24 \text{ hours/day} \times \text{total manure output (kg/head)}$
Cumulative g of NH <sub>3</sub> of manure per day per head	$\sum_{i=1}^{10} C$
Cumulative g of H <sub>2</sub> S of manure per day per head	$\sum_{i=1}^{10} D$

3) 주요 연구 결과

(1) 사양 성적

- 한우 거세 비육후기 배합사료에 첨가한 물질에 따른 대사실험의 사양 성적은 표 204와 같았음. 대조구와 처리구 간의 체중, 성장률 및 건물 섭취량의 유의적인 차이는 없었음( $P > 0.05$ ).

표 204. 한우 거세 비육후기 첨가제에 따른 대사실험의 사양 성적

Items <sup>1</sup>	Treatment				SEM	P-value
	Wheat	Enzyme	Probiotic	Tannin		
Initial BW, kg	671	654	651	660	25.9	0.932
Final BW, kg	678	673	671	671	20.8	0.993
ADG, g/day	435.9	666.8	728.5	453.7	218.09	0.716
DMI, kg/day						
Concentrate	6.8	7.1	6.3	6.8	0.52	0.677
Forage	1.6	1.2	1.7	1.3	0.50	0.838
Total	8.4	8.1	7.8	8.1	0.91	0.970

<sup>1</sup>BW: body weight, ADG: average daily gain, DMI: dry matter intake.

(2) 영양소 소화율

- 한우 거세 비육후기 배합사료에 첨가한 물질에 따른 대사실험의 영양소 소화율은 표 205와 같았음. 처리구간의 모든 영양소 소화율은 유의적으로 차이가 없었음( $P > 0.05$ ).

표 205. 한우 거세 비육후기 첨가제에 따른 대사실험의 영양소 소화율

Items <sup>1</sup>	Treatment				SEM	P-value
	Wheat	Enzyme	Probiotic	Tannin		
DM, %	69.54	73.96	74.58	70.43	2.520	0.450
OM, %	72.09	75.52	77.23	72.75	2.667	0.527
CP, %	65.18	74.30	69.72	66.21	2.396	0.108
EE, %	79.33	85.09	83.91	83.76	3.290	0.639
aNDF, %	39.62	54.52	56.68	50.99	6.805	0.363
ADF, %	32.25	49.52	54.18	46.78	8.001	0.322

<sup>1</sup>DM: dry matter, OM: organic matter, CP: crude protein, EE: ether extract, aNDF: neutral detergent fiber analyzed using a heat stable amylase and expressed inclusive of residual ash, ADF: acid detergent fiber.

(3) 분뇨 질소 및 황 배출량

- 한우 거세 비육후기 배합사료에 첨가한 물질에 따른 대사실험의 평균 분뇨 배출량과 분과뇨에서 배출되는 질소 및 황 함량은 표 206과 같았음. 처리구간의 평균 분뇨 배출량과 분과뇨에서 배출되는 질소 및 황 함량은 유의적으로 차이가 없었음( $P > 0.05$ ).

표 206. 한우 거세 비육후기 첨가제에 따른 평균 분뇨 배출량 및 분뇨에서 배출되는 질소 및 황 함량

Items <sup>1</sup>	Treatment				SEM	P-value
	Wheat	Enzyme	Probiotic	Tannin		
Feces						
Total, kg	10.43	8.60	9.28	8.52	1.58	0.503
DM, kg	1.98	1.77	1.90	1.75	0.26	0.694
OM, kg	1.66	1.45	1.58	1.45	0.23	0.664
Total N, g	45.20	41.30	44.13	40.48	6.54	0.777
Total S, g	5.03	5.30	5.80	5.55	1.28	0.942
Urine						
Total, L	14.2	15.6	16.4	13.7	1.75	0.668
Total N, g	119.36	123.59	136.87	105.26	10.60	0.281
Total S, g	20.06	25.77	20.50	17.50	4.36	0.608

<sup>1</sup>DM: dry matter, OM: organic matter, N: nitrogen, S: sulfate

(4) 분뇨 악취물질 발생량

- 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 악취물질(암모니아 및 황화수소)의 10일 평균 및 누적 배출량은 표 207 및 그림 17-20과 같았음. 10일 평균 암모니아 및 황화수소 배출량은 처리구간의 유의적인 차이가 없었으며( $P > 0.05$ ), 누적 암모니아 및 황화수소 배출량에서도 처리구 간의 유의적인 차이가 없었음( $P > 0.05$ ).

표 207. 한우 거세 비육후기 첨가제에 따른 분뇨에서의 암모니아 및 황화수소 배출량

Items	Treatment				SEM	P-value
	Wheat	Enzyme	Probiotic	Tannin		
NH <sub>3</sub> , mg/g						
manure per day	0.0057	0.0063	0.0063	0.0064	0.000596	0.758
Cumulative	1.38	1.50	1.56	1.39	0.155	0.805

NH <sub>3</sub> , g/steer H <sub>2</sub> S, μg/g manure per day Cumulative H <sub>2</sub> S, mg/steer	0.0147	0.0192	0.0195	0.0104	0.00305	0.189
	2.73	3.87	4.01	2.00	0.562	0.094

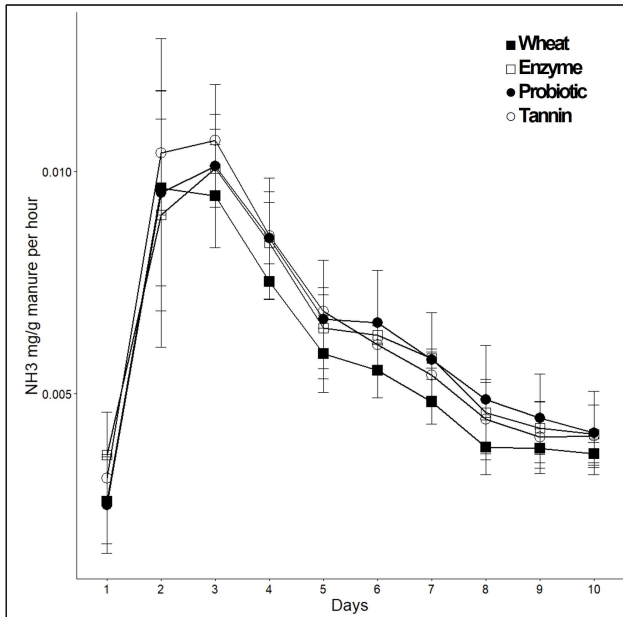


그림 17. 한우 거세 비육후기 첨가제에 따른 분뇨에서의 암모니아 일일 배출량

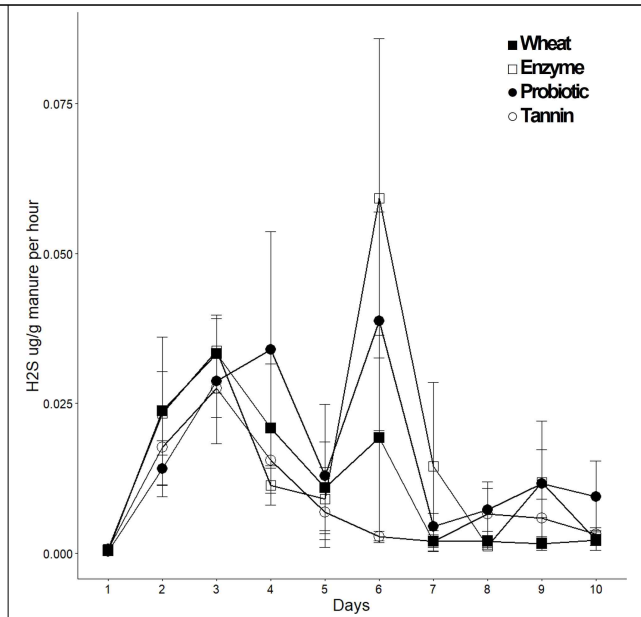


그림 18. 한우 거세 비육후기 첨가제에 따른 분뇨에서의 황화수소 일일 배출량

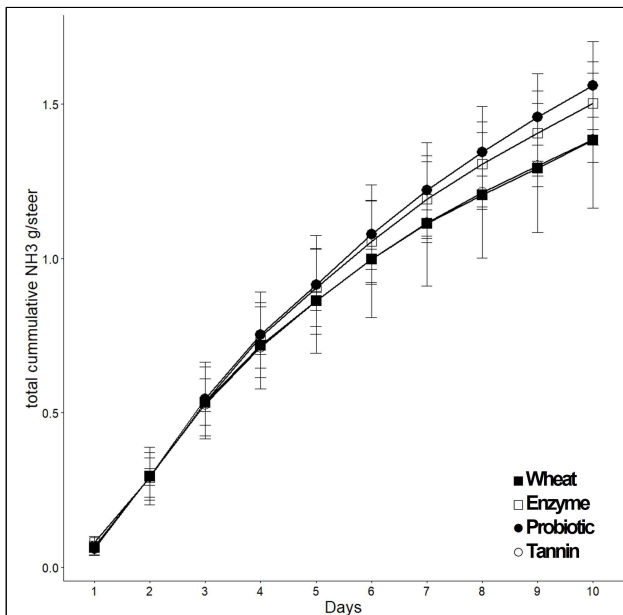


그림 19. 한우 거세 비육후기 첨가제에 따른 분뇨에서의 암모니아 누적 배출량

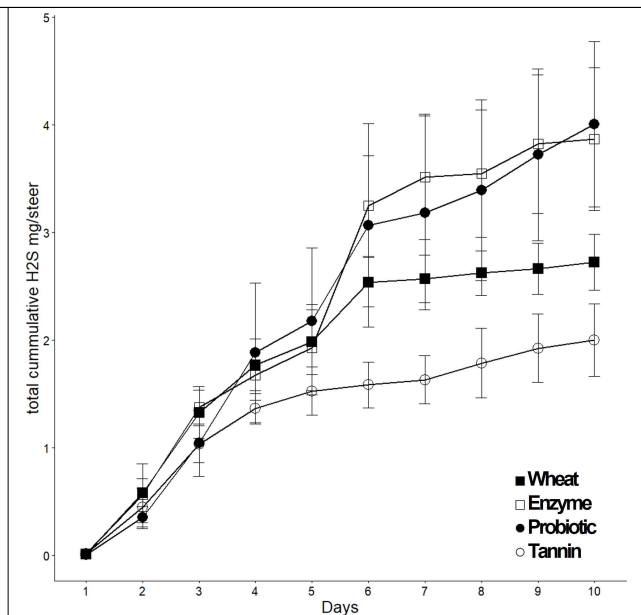


그림 20. 한우 거세 비육후기 첨가제에 따른 분뇨에서의 황화수소 누적 배출량

### 분뇨 악취 물질 분석을 위한 충남대학교 분뇨배양시스템 구축

#### 1) 분뇨배양시스템 구축

- 본 과제를 위해 분뇨에서 발생하는 암모니아 및 황화수소를 측정하기 위해 각 사양

실험에서 채취한 분뇨를 배양하고 배양하는 동안 발생하는 가스를 포집할 수 있는 시스템을 구축함(그림 21).

- 본 시스템은 Wheeler et al. (2011)를 기반으로 개발되었으며, 동시에 6개의 분뇨 샘플을 발효하여 가스를 포집할 수 있음.

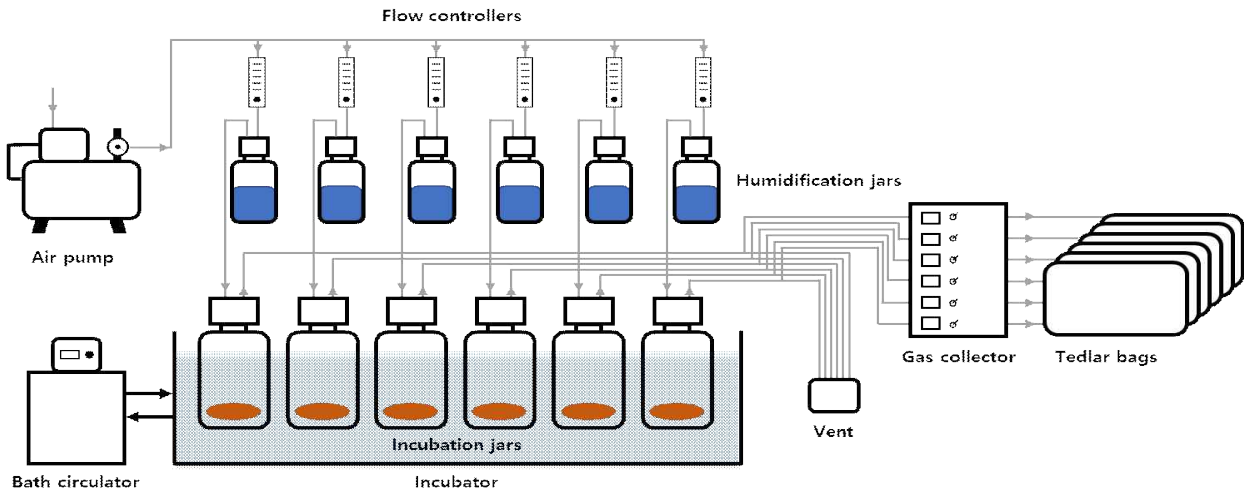


그림 21. 충남대학교 약취 물질 포집용 분뇨배양시스템 모식도 (상) 및 실제 사진 (하)

- 분뇨 배양용 용기는 분뇨 샘플 200g에 대해 배양할 수 있도록 2L(Wide-neck Laboratory Bottle, Duran)의 유리병으로 제작되었으며, 배양 용기에는 가스 포집을 위해 튜빙 커넥터가 달린 PTFE 재질의 뚜껑(GLS80-Membrane filter cap, Duran)이 장착되었음(그림 22).
- 각 배양 용기는 항온순환수조(MaXircu™ CR-8, DaiHan)와 연결된 배양용 수조(W800\*D400\*H200)에 장착되었으며, 부력에 의해 배양 용기가 상승하는 것을 방지하기 위해 500 g의 스테인리스 링을 장착하였음.



그림 22. 분뇨배양시스템-1(배양수조 및 배양용기)

- 뚜껑에는 에어펌프(AC-500, Sparmax)로부터 신선한 실험실의 공기가 유입될 수 있도록 PTFE 재질의 튜빙(내경 $\varnothing$  6mm, 외경 $\varnothing$  10mm)을 연결하였음.
- 신선한 공기는 습도를 유지할 수 있도록 증류수가 담긴 500mL 용량의 가습용 병(Duran, GL45 뚜껑 장착)을 통과한 후, 유량 조절계를 통해 분당 2L의 속도로 유입될 수 있도록 하였음(그림 23).



그림 23. 분뇨배양시스템-2(유량조절계)

- 배양 용기에서 생성된 샘플 가스는 뚜껑에 장착된 PTFE 재질의 튜빙(내경 $\varnothing$  4mm, 외경 $\varnothing$  7mm)으로 이송되도록 하였으며, T자 관을 통해 튜브의 한쪽 끝은 배기 후드에 연결하였음.
- 또한, 나머지 한쪽 끝은 샘플 가스를 일정 시간 간격(매30분마다 30초간 포집)으로 포집하기 위해 제작한 샘플 가스 포집 장치에 연결되었음(그림 24).
- 샘플 가스 포집 장치는 6개의 유량 조절계, 타이머, 모터로 구성되어 있으며, 설정한 시간 간격으로 모터를 작동시켜 가스를 포집할 수 있도록 제작하였음(그림 24).



그림 24. 분뇨배양시스템-3(샘플가스 포집 장치)

- 가스는 20L 가스포집용 백(Tedlar bag)에 수집되며, 백은 24시간마다 교체하고, 가스가 포집된 백은 황 및 암모니아 분석기기에 연결하여 분석할 수 있도록 제작하였음.

## 2) 분뇨배양시스템 성능 평가

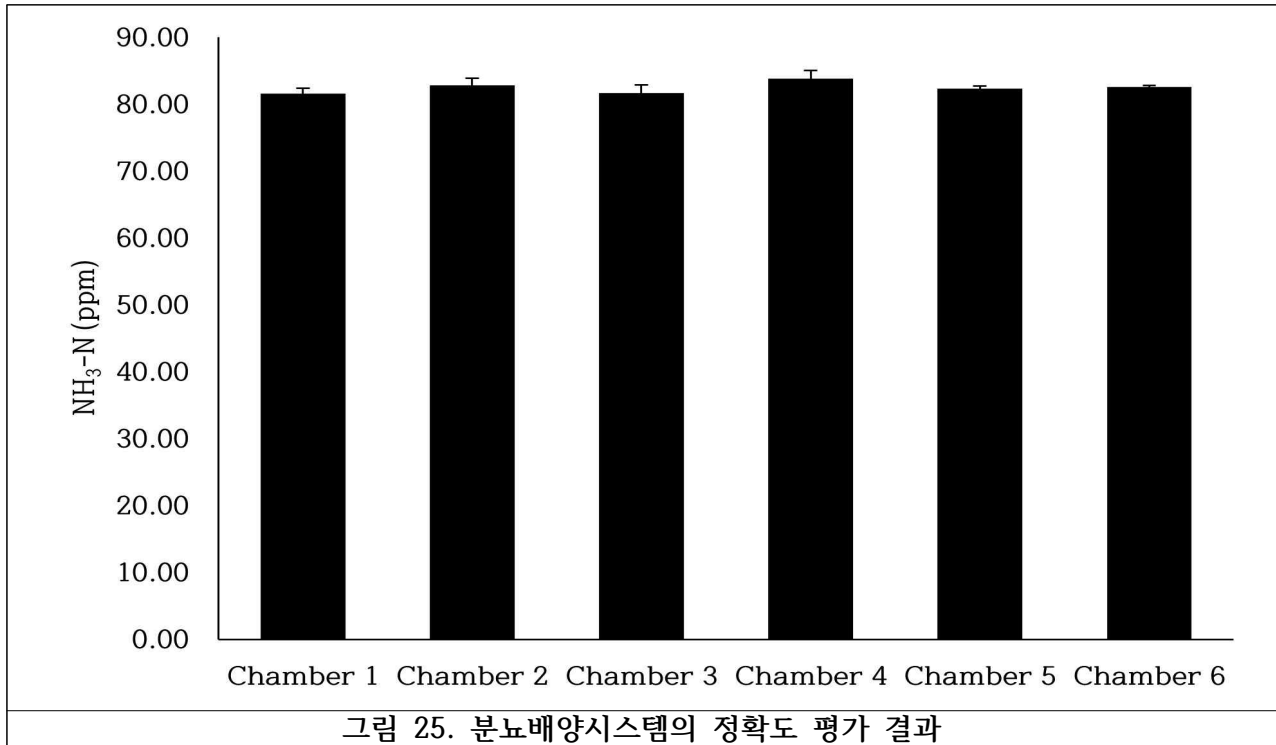
- 분뇨배양시스템이 정상적으로 작동하여 결과값의 신빙성을 가지는지를 평가하기 위해 시스템의 정확도(accuracy)와 정밀도(precision)를 평가하였음.
- 정확도(accuracy)는 알고 있는 농도의 암모니아를 시스템에 흘려보냈을 때 가스포집용 백에 포집된 가스의 암모니아 농도를 측정하여 동일한 농도의 암모니아가 포집되는지의 여부를 평가하였음. 정확도(accuracy) 평가를 위한 실험은 분뇨배양 실험과 동일한 조건으로 2 L/min의 속도로 암모니아가 포함된 공기를 흘려보냈으며, 6개의 배양병을 통과하여 6개의 포집백에 포집시켰음. 총 3반복하여 평균값을 도출하였음.
- 정밀도(precision)는 한우의 일반 분뇨 200 g을 1:1의 비율로 섞어 6개의 배양병에 동일한 조건으로 5일간 배양하여 6개의 배양병에서 동일한 농도의 암모니아가 생성되고 포집되는지의 여부를 통하여 평가하였음. 정밀도(precision) 평가를 위한 실험은 분뇨배양 실험과 동일한 조건으로 상온인 19°C에서 compressor를 통해 2 L/min의 속도로 외부 공기가 inflowing 하였고, 매 30분마다 30초씩 0.4 L/min의 속도로 20 L 포집백에 공기가 포집되었으며, 24시간마다 포집백을 교체해주며 24시간동안 포집된 공기의 암모니아 농도를 측정함.

## 3) 주요 연구 결과

### (1) 정확도(accuracy) 평가

- 알고 있는 농도(92 ppm)의 암모니아를 시스템에 흘려보냈을 때 가스포집용 백에 포집된 가스의 암모니아 농도를 측정하여 동일한 농도의 암모니아가 포집되는지의 여부를 평가하였음.
- 배양병을 통과하여 포집된 암모니아의 농도는 배양병 순서대로 81.59±0.788 ppm, 82.89±0.990 ppm, 81.73±1.143 ppm, 83.83±1.200 ppm, 82.38±0.328 ppm, 82.60±0.190 ppm로 측정되었음.
- 정확도(accuracy) 평가실험 동안 배양병 전체에 걸쳐 공기는 일관되게 배분되고 포집할 수 있었음을 알 수 있음.
- 최초 92 ppm였던 암모니아 농도가 82.5 ppm의 농도로 줄어들었음. 유입되는 공기가

배양병 및 시스템을 걸쳐있는 공기 관 내의 기존 공기와 혼합되어 암모니아가 희석되었을 가능성이 있음. 실제 공기 흐름 동안 92 ppm의 농도로 분당 1리터의 공기가 30분 동안 공급되었고, 2리터 빈 병을 포함하는 것을 고려할 때 최종 희석 농도는 약 86 ppm ( $30\text{ L} * 92\text{ ppm} / 32\text{ L}$ )이 될 것임. 공정 중 약 3.5 ppm의 암모니아가 튜브 또는 병에 흡수되었을 가능성이 높을 것으로 사료됨.



(2) 정밀도(precision) 평가

- 정밀도(precision)는 한우의 일반 분뇨에 대해 6개의 배양병에 동일한 조건으로 배양했을 때, 6개의 배양병에서 동일한 농도의 암모니아가 생성되고 포집되는지 여부를 통하여 평가하였음.
- 생성된 암모니아는 모든 병을 통틀어 0.0034 ~ 0.0042 mg NH<sub>3</sub>/g manure/hour의 범위로 측정되었으며 배양병 간 차이를 알아보기 위해 통계적 검정을 수행했을 때 P-값은 0.08188 배양병 간에 시간당 평균 암모니아 발생량에 큰 차이가 없다는 것을 알 수 있음.
- 또한 표준 편차가 작아 각 챔버 내에서 높은 수준의 정밀도와 재현성을 나타낸다고 할 수 있음.

표 208. 분뇨배양시스템 정밀도(precision) 평가 결과

Chamber	Production of ammonia (mg NH <sub>3</sub> -N/g manure/hour)						mean	standard deviation
	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5			
1	0.0034	0.0036	0.0037	0.0040	0.0037	0.0037	0.00017	
2	0.0035	0.0036	0.0037	0.0036	0.0033	0.0036	0.00016	
3	0.0038	0.0039	0.0039	0.0036	0.0034	0.0037	0.00021	
4	0.0037	0.0040	0.0042	0.0041	0.0037	0.0039	0.00020	
5	0.0033	0.0038	0.0042	0.0039	0.0035	0.0037	0.00032	
6	0.0039	0.0040	0.0041	0.0041	0.0037	0.0040	0.00013	



(3) 종합 평가 결과

- 모든 배양병 전체에서의 일관된 결과를 통해 본 시스템의 높은 정밀도를 확인함.
- 그러나 정확도(accuracy) 및 정밀도(precision) 평가의 결과에서 시스템 내에서 기존 공기의 혼합이 측정의 정확도에 영향을 미쳤으므로 기존 공기의 혼합 효과를 고려하여, 각 배양 실험에서 블랭크를 포함시켜 결과에 대한 보정이 필요한 것으로 사료됨.

<3차년도, 2023년>

실험 1. 사료 내 조단백질 함량이 비육후기 한우에서 생산성, 영양소 소화율 및 악취물질 발생량에 미치는 영향

1) 연구 목표

- 사료 내 조단백질 함량이 비육 후기 한우에서 생산성, 영양소 소화율 및 악취물질 발생량에 미치는 영향

2) 연구 내용 및 방법

(1) 공시동물

- 한우 거세 비육우 24두(27개월령, 평균 체중: 717±50.1 kg)

(2) 공시 사료

○ 조사료

- 톨페스큐 건초

○ 배합사료

- 저(低) 단백질 배합사료(CP 10.5% 원물)
- 고(高) 단백질 배합사료(CP 15.0% 원물)

(3) 실험 설계 및 처리구

○ Completely randomized block design (CRBD; Seo et al., 2018)

- SNP-chip 분석을 통한 도체중 육종가에 따른 block (0.5 SD 기준)
- 공시축 24두를 6두씩 총 4개 그룹으로 나누어 10 m × 10 m의 우방 4개에 임의로 배치함.

○ 처리구(배합사료 내 원물 기준 조단백질 함량)

- 본 실험의 사료 배합비 및 화학 성분표는 표 209-210과 같음.
- 처리구 1 (LCP): CP 10.5%
- 처리구 2 (MLCP): CP 12.1%
- 처리구 3 (MHCP): CP 13.7%
- 처리구 4 (HCP): CP 15.0%

○ 시험기간

- 총 14주간 사양실험을 실시함.

표 209. 한우 거세 비육후기 조단백질 수준 실험 배합사료의 배합비

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (As fed) <sup>2</sup>			
	10.5	12.1	13.7	15.0
Ingredients (g/kg DM)				
Corn, flaked	300	300	300	300
Corn, ground	242	207	171	142
Wheat, ground	100	100	100	100
Palm oil	9	7	4	2
Rice bran	5	21	37	50
Corn gluten feed	31	71	110	143
DDGS	101	65	30	0
Soybean meal	0	24	47	67
Palm kernel meal	118	112	105	100
Molasses	58	45	33	22
CMS	8	16	24	30
Urea	0	2	4	5
Sodium bicarbonate	6	5	5	4
Limestone	17	22	27	31
Salt	3	3	2	2
Vitamin and mineral mix*	3	2	2	1

<sup>1</sup>DDGS: Dried distiller's grains with soluble, CMS: condensed molasses fermentation soluble.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

\*333,330,000 IU/kg vitamin A, 40,000,000 IU/kg vitamin D, 20.86 IU/kg vitamin E, 20 mg/kg Cu, 90 mg/kg Mn, 100 mg/kg Zn, 250 mg/kg Fe, 0.4 mg/kg I, and 0.4 mg/kg Se.

표 210. 한우 거세 비육전기 조단백질 수준 실험 사료의 화학성분표

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (As fed) <sup>2</sup>				Tall fescue
	10.5	12.1	13.7	15.0	
DM, g/kg as fed	882	885	888	891	895
OM	926	925	924	923	930
CP	150	162	175	185	63
aNDF	262	256	249	244	742
ADF	106	106	107	107	439
ADL	38	37	37	36	64
Ether extract	47	48	48	49	11
Ash	74	75	76	77	70
TDN	740	743	746	748	518
NEm, MJ/kg DM	8.0	8.0	8.1	8.1	4.2
NEg, MJ/kg DM	5.3	5.3	5.4	5.4	1.9
Total carbohydrates	730	715	700	688	856
NFC	493	485	476	469	126

<sup>1</sup>DM: dry matter, OM: organic matter, CP: crude protein, aNDF: neutral detergent fiber analyzed using a heat stable amylase and expressed inclusive of residual ash, ADF: acid detergent fiber, ADL: acid detergent lignin, TDN: total digestible nutrients, NEm: net energy for maintenance, NEg: net energy for growth, NFC: non-fiber carbohydrate.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

#### (4) 실험 방법

##### ○ 조사료

- 매일 08시와 18시에 톨페스큐 건초를 자동으로 개체별 섭취량이 기록되는 섭취량 조사장치에 급여하여 자유채식토록 함.

##### ○ 배합사료

- 각 우방에 설치되어 있는 섭취량이 자동으로 기록되는 1대의 배합사료 자동급이기를 통해 1일 배합사료 급여량을 6회로 나누어 자동 급여

#### (5) 분석 항목

##### ○ 사양 성적

- 배합사료 개별 잔여량 측정 및 조사료 섭취량 조사 장치를 통해 건물 섭취량을 계산함.
- 체중은 4주 간격으로 측정하였고, 일당 증체량 및 사료 효율을 계산하여 산출함.

##### ○ 반추위 발효 정상

- 연속된 3일 동안 오전 사료 급여 6시간 후, 3시간 후, 급여 1시간 전에 oral stomach tube를 이용하여 반추위액을 채취함(Day 1: 14:00, Day 2: 11:00, Day 3: 07:00).
- 채취한 위액의 pH, 휘발성 지방산 및 암모니아를 분석함.

##### ○ 혈액 대사물질

- 경정맥에서 채취한 혈액에서 serum을 분리하여 대사물질을 분석함.

### 3) 주요 연구 결과

#### (1) 사양 성적

- 한우 거세우 비육후기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 사양 성적은 표 211과 같았음. 조단백질 15% 원물 처리구의 일당 증체량과 총 건물 섭취량은 조단백질 10.5% 원물 처리구에 비해 유의적으로 적었으며( $P < 0.05$ ), 사료효율 수치는 유의적으로 높았음( $P < 0.05$ ).

표 211. 한우 거세 비육후기 사료 내 조단백질 함량에 따른 사양 성적

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (% As Fed) <sup>2</sup>				SEM	P-value		
	10.5	12.1	13.7	15.0		Mean	Linear	Quadratic
Initial BW, kg	716	717	708	716	24.6	0.993	0.953	0.872
Final BW, kg	782	766	784	756	23.5	0.796	0.564	0.788
ADG, g/day	532 <sup>ab</sup>	391 <sup>bc</sup>	639 <sup>a</sup>	294 <sup>c</sup>	67.1	0.002	0.062	0.071
DMI, kg/day								
Concentrate	6.97	7.04	7.11	7.18	0.138	0.711	0.255	0.982
Forage	1.30	2.05	1.99	2.40	0.335	0.087	0.023	0.577
Total	8.03 <sup>a</sup>	8.89 <sup>ab</sup>	8.92 <sup>ab</sup>	9.34 <sup>b</sup>	0.301	0.006	0.001	0.360
FCR	16.0 <sup>b</sup>	24.0 <sup>ab</sup>	14.4 <sup>b</sup>	31.1 <sup>a</sup>	4.03	0.017	0.038	0.243

<sup>1</sup>BW: body weight, DMI: dry matter intake, FpDM: forage as a percentage of dietary dry matter, ADG: average daily gain, FCR: feed conversion ratio.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

### (2) 반추위액 정상

- 한우 거세우 비육후기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 반추위액 정상은 표 212와 같았음. 비육후기 배합사료의 조단백질 수준은 반추위액 정상에 모든 성분에서 유의적인 영향을 미치지 않았음( $P > 0.05$ ).

표 212. 한우 거세 비육후기 사료 내 조단백질 함량에 따른 반추위 발효 정상 변화

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP				SEM	P-value		
	(% As Fed) <sup>2</sup>					Mean	Linear	Quadratic
	10.5	12.1	13.7	15.0				
pH	6.67	6.61	6.65	6.61	0.106	0.946	0.709	0.909
NH <sub>3</sub> -N, mg/dL	12.31	9.60	9.91	8.58	2.691	0.634	0.263	0.751
Total VFA, mM	58.09	60.81	58.69	59.80	3.665	0.943	0.852	0.822
Molar proportions, mmol/mol								
Acetate	627	613	614	621	17.7	0.911	0.822	0.518
Propionate	185	196	206	200	8.2	0.321	0.142	0.304
Isobutyrate	25	24	24	23	1.5	0.793	0.380	0.902
Butyrate	112	117	107	111	8.1	0.792	0.710	0.947
Isovalerate	28	29	27	24	2.7	0.497	0.202	0.385
Valerate	22	21	21	20	1.3	0.590	0.264	0.510
Acetate/Propionate	3.4	3.2	3.0	3.1	0.20	0.561	0.261	0.420

<sup>1</sup>VFA: volatile fatty acid.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

### (3) 혈액 대사물질

- 한우 거세우 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 반추위액 정상은 표 213과 같았음. 혈액 대사물질에서 모든 성분은 처리구 간의 유의적인 차이가 없었음( $P > 0.05$ ).

표 213. 한우 거세 비육후기 사료 내 조단백질 함량에 따른 혈액 대사물질

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (% As Fed) <sup>2</sup>				SEM	P-value		
	10.5	12.1	13.7	15.0		Mean	Linear	Quadratic
Total protein, g/dL	7.6	7.5	7.6	7.3	0.17	0.645	0.348	0.666
Urea, mg/dL	12.6	12.2	13.4	12.9	1.01	0.866	0.647	0.997
Glucose, mg/dL	65.9	68.5	68.6	66.3	2.14	0.695	0.893	0.250
NEFA, mEq/L	0.35	0.36	0.35	0.32	0.039	0.913	0.577	0.658
Albumin, mg/dL	3.5	3.7	3.6	3.6	0.06	0.116	0.391	0.046
Creatinine, mg/dL	1.3	1.2	1.4	1.4	0.08	0.275	0.234	0.883
Triglyceride, mg/dL	16.3	13.9	16.0	16.8	2.58	0.839	0.756	0.524
GOT, U/L	63.8	58.6	59.5	59.8	3.88	0.737	0.510	0.465
GPT, U/L	16.5	18.1	19.0	17.8	1.38	0.490	0.348	0.242
Cholesterol, mg/dL	177.8	179.3	197.9	177.4	10.50	0.454	0.700	0.289
Calcium, mg/dL	8.6	8.4	8.5	8.4	0.11	0.441	0.348	0.882
Phosphorus, mg/dL	6.0	6.4	5.8	6.0	0.24	0.384	0.523	0.726

<sup>1</sup>NEFA: non-esterified fatty acid, GOT: glutamic oxaloacetic transaminase, GPT: glutamic pyruvic transaminase.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

## 실험 2. 사료 내 조단백질 함량이 비육후기 한우에서 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 함량 및 악취물질 발생량에 미치는 영향

### 1) 연구 목표

- 사료 내 조단백질 함량이 비육후기 한우에서 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 배출량 및 악취물질 발생량에 미치는 영향

### 2) 연구 내용 및 방법

#### (1) 공시동물

- 한우 거세 비육우 4두(27개월령, 평균 체중: 689±31.5 kg)

#### (2) 공시 사료

- 조사료
  - 톨페스큐 건초
- 배합사료
  - 저(低) 단백질 배합사료(CP 10.5% 원물)
  - 고(高) 단백질 배합사료(CP 15.0% 원물)

#### (3) 실험 설계 및 처리구

- 4 x 4 Latin square design
  - 공시축 4두를 체중이 유사한 2두씩 2개 그룹으로 나누어 총 2개의 5 m x 5 m 우방에 임의로 배치
- 처리구(배합사료 내 원물 기준 조단백질 함량)
  - 본 실험의 사료 배합비 및 화학 성분표는 표 214-215와 같음.
  - 처리구 1 (LCP): CP 10.5%

- 처리구 2 (MLCP): CP 12.1%
- 처리구 3 (MHCP): CP 13.7%
- 처리구 4 (HCP): CP 15.0%

○ 시험기간

- 총 16주간 사양실험을 진행하였으며, 실험 기간 16주는 4번의 period로 2주 적응기, 1주 sample collection 및 1주 wash-out으로 구성되어 있음.

표 214. 한우 거세 비육후기 조단백질 수준 실험 배합사료의 배합비

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (As fed) <sup>2</sup>			
	10.5	12.1	13.7	15.0
Ingredients (g/kg DM)				
Corn, flaked	300	300	300	300
Corn, ground	242	207	171	142
Wheat, ground	100	100	100	100
Palm oil	9	7	4	2
Rice bran	5	21	37	50
Corn gluten feed	31	71	110	143
DDGS	101	65	30	0
Soybean meal	0	24	47	67
Palm kernel meal	118	112	105	100
Molasses	58	45	33	22
CMS	8	16	24	30
Urea	0	2	4	5
Sodium bicarbonate	6	5	5	4
Limestone	17	22	27	31
Salt	3	3	2	2
Vitamin and mineral mix*	3	2	2	1

<sup>1</sup>DDGS: dried distiller's grains with soluble, CMS: condensed molasses fermentation soluble.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

\*333,330,000 IU/kg vitamin A, 40,000,000 IU/kg vitamin D, 20.86 IU/kg vitamin E, 20 mg/kg Cu, 90 mg/kg Mn, 100 mg/kg Zn, 250 mg/kg Fe, 0.4 mg/kg I, and 0.4 mg/kg Se.

표 215. 한우 거세 비육전기 조단백질 수준 실험 사료의 화학성분표

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (As fed) <sup>2</sup>				Tall fescue
	10.5	12.1	13.7	15.0	
DM, g/kg as fed	882	885	888	891	895
OM	926	925	924	923	930
CP	150	162	175	185	63
aNDF	262	256	249	244	742
ADF	106	106	107	107	439
ADL	38	37	37	36	64
Ether extract	47	48	48	49	11
Ash	74	75	76	77	70
TDN	740	743	746	748	518
NEm, MJ/kg DM	8.0	8.0	8.1	8.1	4.2
NEg, MJ/kg DM	5.3	5.3	5.4	5.4	1.9
Total carbohydrates	730	715	700	688	856
NFC	493	485	476	469	126

<sup>1</sup>DM: dry matter, OM: organic matter, CP: crude protein, aNDF: neutral detergent fiber analyzed using a heat stable amylase and expressed inclusive of residual ash, ADF: acid detergent fiber, ADL: acid detergent lignin, TDN: total digestible nutrients, NEm: net energy for maintenance, NEg: net energy for growth, NFC: non-fiber carbohydrate.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

(4) 실험 방법

- 사료는 매일 08시와 18시에 배합사료를 동일한 양을 나누어 급여 스탠치온에 급여하고, 약 1시간 후 남은 사료를 전량 회수하여 섭취량을 기록함.
- 조사료는 톨페스큐 건초를 자동으로 개체별 섭취량이 기록되는 섭취량 조사장치에 급여하여 자유채식토록 하였으며, 깨끗한 음수는 항상 자유롭게 급수되도록 함.

(5) 분석 항목

- 사양 성적
  - 배합사료 개별 잔여량 측정 및 조사료 섭취량 조사 장치를 통해 건물 섭취량을 계산함.
  - 체중은 각 period 종료 시 측정하였으며, 일당 증체량 및 사료 효율을 계산하여 산출함.
- 영양소 소화율
  - 각 period의 2주 적응 기간 종료 후 대사 실험을 실시하는 4두로부터 연속된 4일 동안 분과 뇨 샘플을 9시간 간격으로 채취함(Day 1: 17:00, Day 2: 02:00, 11:00, 20:00, Day 3: 05:00, 14:00, 23:00, Day 4: 08:00).
  - 채취한 분의 무게를 측정하여 55°C 건조기에서 72시간동안 건조하여 무게의 차를 이용해 건물 함량을 계산함.
  - 각 동물별로 sampling 시간 별 동일한 건물 무게의 분을 혼합하여 영양소 분석을 실시하여 소화율을 분석함.
  - 소화율 계산을 위해 Van Soest et al (1994)에 따라 반추위에서 소화되지 않는 중성세제불용섬유소를 분석하여 소화율 마커로 활용함.
- 분뇨 배출량 및 분뇨에서의 질소 및 황 배출량



- 영양소 소화율을 이용하여 개체 별 1일 평균 분 배출량을 계산하였으며, 뇨의 크레아티닌 성분을 이용하여 개체 별 1일 평균 뇨 배출량을 계산함.
  - 각 동물별로 sampling 시간별 동일한 건물 무게의 분을 혼합하여 질소 및 황 함량을 분석함.
  - 뇨 샘플의 일부는 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>을 넣어 pH가 3 이하가 되도록 하여 냉동 보관한 샘플에서 질소 함량을 분석하였으며, 산성화시키지 않은 뇨에서는 황 함량을 분석함.
- 분뇨 악취물질 발생량
- 각 period의 2주 적응 기간 종료 후 대사 실험을 실시하는 4두로부터 연속된 4일 동안 분과 뇨 샘플을 9시간 간격으로 채취함(Day 1: 17:00, Day 2: 02:00, 11:00, 20:00, Day 3: 05:00, 14:00, 23:00, Day 4: 08:00).
  - 2차년도에 개발된 충남대학교 분뇨배양시스템을 이용하여 분뇨 배양 시 발생하는 악취물질을 분석함.
  - 영양소 소화율로 계산한 1일 평균 분 배출량과 뇨의 크레아티닌 성분을 분석하여 계산한 1일 평균 뇨 배출량에 따라 분뇨의 비율을 계산함.
  - 냉동 보관되어 있던 분뇨 샘플을 2°C에서 이틀간 해동한 후 계산된 분뇨 비율에 따라 분뇨배양시스템 평가 시 항온수조의 수위 및 배양병의 표면적 등을 고려하여 가장 배양이 잘되는 조건인 분뇨가 총 320 g이 되도록 함. 각 sample별 분뇨 비율은 아래 표216과 같았음.
  - 상온인 19°C에서 10일간 배양을 실시하였고, compressor를 통해 2 L/min의 속도로 외부 공기가 inflowing 하였음.
  - 매 30분마다 30초씩 0.4 L/min의 속도로 20 L 포집백에 공기가 포집되었으며, 24시간마다 포집백을 교체해주며 24시간동안 포집된 공기의 암모니아 농도(ppm)와 황화수소 농도(ppb)를 측정함.
  - 개발된 분뇨배양시스템은 총 6개의 배양 용기가 있으며 2개는 blank로, 4개는 분뇨 sample을 배양함으로써 공기 중 암모니아와 황화수소 농도를 보정함. 배양 결과는 표 217에 나타나 있는 식을 이용함.

표 216. 한우 거세 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 분뇨 비율

Period	Concentrate CP (As fed) <sup>1</sup>	Fecal, g	Urine, mL
Period 1	10.5	94.1	225.9
	12.1	104.2	215.8
	13.7	153.9	166.1
	15.0	144	176
Period 2	10.5	127.1	192.9
	12.1	107.6	212.4
	13.7	160.1	159.9
	15.0	149.9	170.1
Period 3	10.5	167.4	152.6
	12.1	144.1	175.9
	13.7	129.1	190.9
	15.0	126.2	193.8
Period 4	10.5	132.2	187.8
	12.1	82.9	237.1
	13.7	138.7	181.3
	15.0	115.7	204.3

<sup>1</sup>CP: crude protein

표 217. 분뇨 배양 결과 계산식

Value	Equation
mg of NH <sub>3</sub> /g of manure per hour (A)	$\frac{[\text{NH}_3 \text{ concentration (ppm)} - \text{blank NH}_3 \text{ concentration (ppm)}] \times (\text{mg/kg})/\text{ppm} \times \text{air flow (L/min)} \times \text{density (0.769 g of NH}_3\text{/L at standard temperature and pressure)} \times 60 \text{ min/hour}}{320 \text{ g of manure}}$
µg of H <sub>2</sub> S/g of manure per hour (B)	$\frac{[\text{H}_2\text{S concentration (ppb)} - \text{blank H}_2\text{S concentration (ppb)}] \times (\mu\text{g /kg})/\text{ppb} \times \text{air flow (L/min)} \times \text{density (1.505 g of H}_2\text{S/L at standard temperature and pressure)} \times 60 \text{ min/hour}}{320 \text{ g of manure}}$
g of NH <sub>3</sub> of manure per day per head (C)	$A \times 24 \text{ hours/day} \times \text{total manure output (kg/head)}$
mg of H <sub>2</sub> S of manure per day per head (D)	$B \times 24 \text{ hours/day} \times \text{total manure output (kg/head)}$
Cumulative g of NH <sub>3</sub> of manure per day per head	$\sum_{i=1}^{10} C$
Cumulative g of H <sub>2</sub> S of manure per day per head	$\sum_{i=1}^{10} D$

### 3) 주요 연구 결과

#### (1) 사양 성적

- 한우 거세우 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 대사실험의 사양 성적은 표 218과 같았음. 처리구간의 섭취량, 성장률 및 사료효율에 유의적인 차이는 없었음( $P > 0.05$ ).

표 218. 한우 거세 비육후기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 대사실험의 사양성적

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (% As Fed) <sup>2</sup>				SEM	P-value		
	10.5	12.1	13.7	15.0		Mean	Linear	Quadratic
Initial BW, kg	726	727	725	728	16.5	0.999	0.926	0.933
Final BW, kg	748	740	743	745	14.7	0.979	0.915	0.726
ADG, g/day	911	595	676	659	154.2	0.403	0.286	0.296
DMI, kg/day								
Concentrate	7.26	7.04	7.11	7.35	0.273	0.558	0.662	0.199
Forage	1.97	2.72	2.23	2.19	0.633	0.661	0.931	0.398
Total	9.42	9.94	9.47	9.78	0.763	0.831	0.773	0.830
FCR	10.61	20.14	11.82	13.52	4.140	0.421	0.982	0.371

<sup>1</sup>BW: body weight, DMI: dry matter intake, ADG: average daily gain, FCR: feed conversion ratio.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

#### (2) 영양소 소화율

- 한우 거세우 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 대사실험의 영양소 소화율은 표 219와 같았음. 처리구간의 모든 영양소 소화율에 대한 유의적인 차이가 없었음( $P > 0.05$ ).

표 219. 한우 거세 비육후기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 대사실험의 영양소 소화율

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (% As Fed) <sup>2</sup>				SEM	P-value		
	10.5	12.1	13.7	15.0		Mean	Linear	Quadratic
DM, %	72.52	66.03	67.27	64.70	5.910	0.493	0.212	0.619
OM, %	75.22	69.85	70.07	67.97	5.520	0.522	0.201	0.658
CP, %	68.77	57.04	62.98	61.08	9.314	0.648	0.570	0.478
EE, %	88.51	79.94	83.99	77.85	4.823	0.460	0.298	0.817
aNDF, %	59.69	55.22	52.41	50.31	4.835	0.187	0.042	0.699
ADF, %	53.08	51.67	47.27	47.22	4.151	0.311	0.092	0.804

<sup>1</sup>DM: dry matter, OM: organic matter, CP: crude protein, EE: ether extract, aNDF: neutral detergent fiber analyzed using a heat stable amylase and expressed inclusive of residual ash, ADF: acid detergent fiber.

<sup>2</sup>CP: crude protein.

#### (3) 분뇨 질소 및 황 배출량

- 한우 거세우 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 평균 분뇨 배출량 및 분뇨에서 배출되는 질소 및 황 함량은 표 220과 같았음. 배합사료의 조단백질 수준 차이에 따른 분뇨 배출량의 유의적인 차이는 없었으며( $P > 0.05$ ), 분뇨에서 배출되는 질소 및 황 함량에서도 유의적인 차이가 없었음( $P > 0.05$ ).

표 220. 한우 거세 비육후기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 분뇨 배출량 및 분뇨에서 배출되는 질소 및 황 함량

Items <sup>1</sup>	Concentrate CP (% As Fed) <sup>2</sup>				SEM	P-value		
	10.5	12.1	13.7	15.0		Mean	Linear	Quadratic
Feces								
Total, kg	13.47	10.39	12.49	12.53	3.00	0.535	0.297	0.335
DM, kg	2.56	2.04	2.48	2.50	0.56	0.601	0.306	0.425
OM, kg	2.21	1.72	2.11	2.11	0.44	0.603	0.324	0.396
Total N, g	63.90	53.93	64.45	70.30	14.00	0.590	0.232	0.809
Total S, g	8.90	6.70	5.73	8.15	2.13	0.625	0.387	0.952
Urine								
Total, L	18.87	13.43	16.40	21.30	2.81	0.264	0.064	0.920
Total N, g	142.33	116.79	116.31	162.07	27.20	0.505	0.177	0.683
Total S, g	48.23	29.31	39.27	48.33	5.43	0.092	0.023	0.352

<sup>1</sup>DM: dry matter, OM: organic matter, N: nitrogen, S: sulfate

<sup>2</sup>CP: crude protein.

(4) 분뇨 악취물질 발생량

- 비육전기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 악취물질(암모니아 및 황화수소)의 10일 평균 및 누적 배출량은 표 221 및 그림 26-29와 같았음. 10일 평균 암모니아 및 누적 암모니아 배출량은 배합사료 내 조단백질 수준이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였으며, 조단백질 15% 원물 처리구에서 가장 높았음( $P < 0.05$ ). 황화수소의 10일 평균 및 누적 배출량은 유의적인 차이가 없었음( $P > 0.05$ ).

표 221. 한우 거세 비육후기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 분뇨에서의 암모니아 및 황화수소 배출량

Items	Concentrate CP (% As Fed) <sup>1</sup>				SEM	P-value		
	10.5	12.1	13.7	15.0		Mean	Linear	Quadratic
NH <sub>3</sub> , mg/g manure per day	0.0057 <sup>a</sup>	0.0063 <sup>ab</sup>	0.0074 <sup>ab</sup>	0.0093 <sup>b</sup>	0.000829	0.045	0.062	0.124
Cumulative NH <sub>3</sub> , g/steer	1.75 <sup>a</sup>	1.45 <sup>a</sup>	2.15 <sup>ab</sup>	3.05 <sup>b</sup>	0.265	< 0.01	0.002	0.171
H <sub>2</sub> S, µg/g manure per day	0.0077	0.0088	0.0110	0.0117	0.01206	0.709	0.680	0.747
Cumulative H <sub>2</sub> S, mg/steer	2.22	2.20	2.82	3.63	0.562	0.295	0.177	0.491

<sup>1</sup>CP: crude protein.

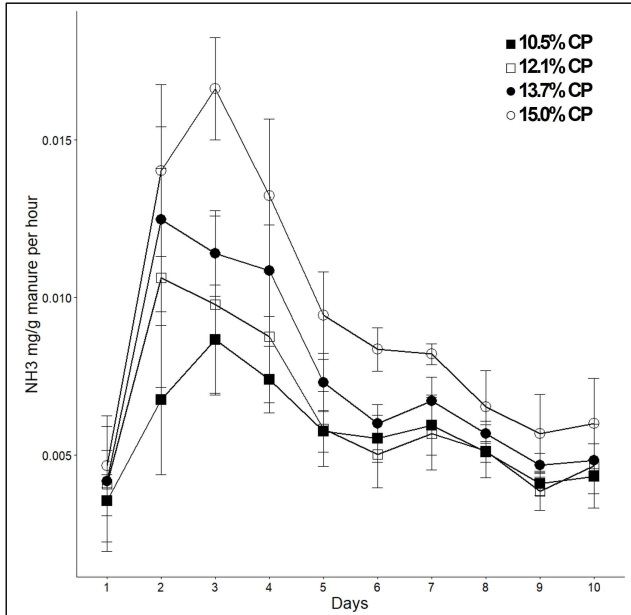


그림 26. 한우 거세 비육후기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 분뇨에서의 암모니아 일일 배출량

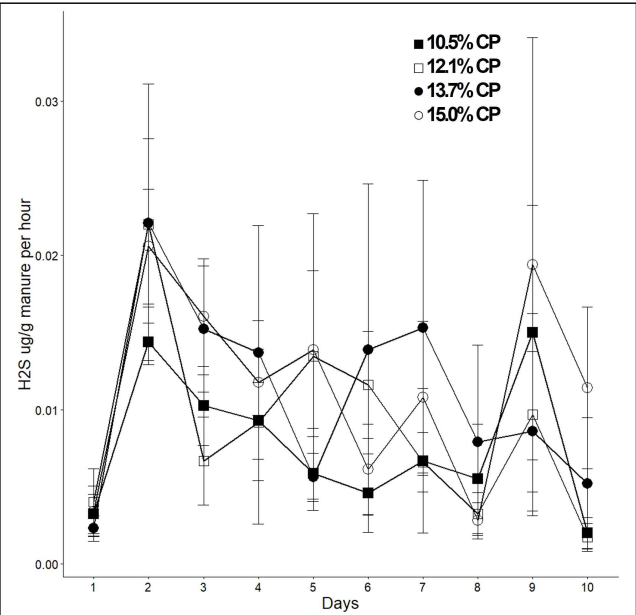


그림 27. 한우 거세 비육후기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 분뇨에서의 황화수소 일일 배출량

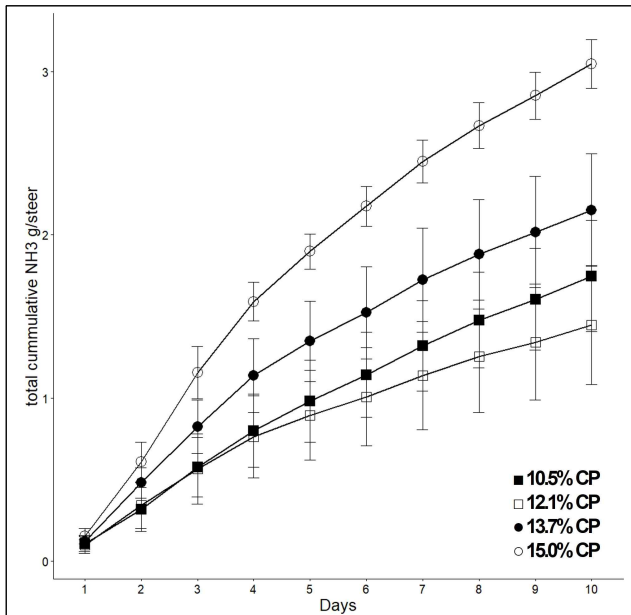


그림 28. 한우 거세 비육후기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 분뇨에서의 암모니아 누적 배출량

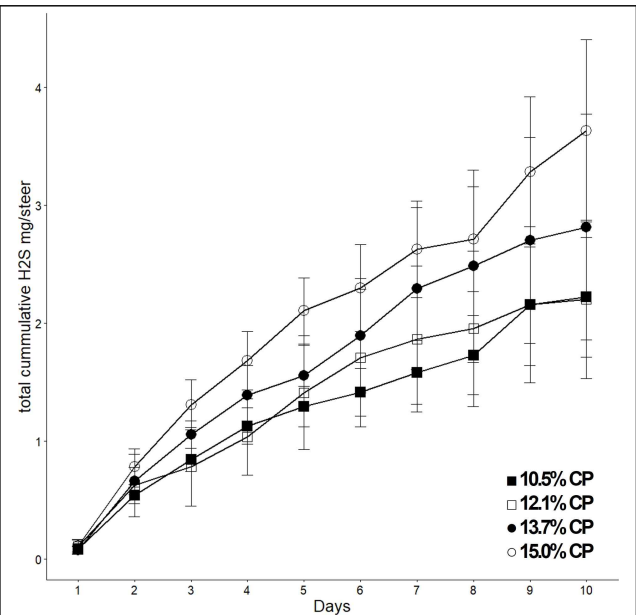


그림 29. 한우 거세 비육후기 배합사료 내 조단백질 함량에 따른 분뇨에서의 황화수소 누적 배출량

<실험 결과>

구분	성장단계	월령	실험 조단백질 수준 (%원물) 또는 보조사료 첨가	실험 결과	최적 조단백질 수준 (%)
한우 거세우	비육 전기	17-20	12-19	각 성장단계 별로 최저 수준까지 조단백질을 낮췄을 때 :	12
	비육 후기	27-30	10.5-15	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 생산성에 부정적인 영향 없음</li> <li>· 암모니아 발생량은 유의적으로 감소하였으나, 황화수소 발생량은 영향 없음.</li> </ul>	10.5
	비육 후기	22-25	미생물제, 생균제, 질소바인더	사료 단백질 이용성에 영향을 줄 수 있는 보조사료를 첨가했을 때 :  <ul style="list-style-type: none"> <li>· 생산성 및 악취발생량에 유의적인 영향 없음</li> </ul>	-

### 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 (2021)	김유용 (서울대학교)	1) 조단백질 수준별 첨가에 따른 자돈의 생산성 검증	30%	1) 조단백질 수준별 첨가에 따른 자돈의 생산성 검증	100%
		2) 조단백질 수준별 첨가에 따른 이유자돈(전기)의 영양소 소화율 검증	10%	2) 조단백질 수준별 첨가에 따른 이유자돈(전기)의 영양소 소화율 검증	100%
		3) 조단백질 수준별 첨가에 따른 이유자돈(후기)의 영양소 소화율 검증	10%	3) 조단백질 수준별 첨가에 따른 이유자돈(후기)의 영양소 소화율 검증	100%
		4) 조단백질의 수준별 첨가에 따른 임신돈의 번식성적 및 포유능력 검증	30%	4) 조단백질의 수준별 첨가에 따른 임신돈의 번식성적 및 포유능력 검증	100%
		5) 조단백질 수준별 첨가에 따른 악취발생량 조사	20%	5) 조단백질 수준별 첨가에 따른 악취발생량 조사	100%
	이경우 (건국대학교)	1) 조단백질 수준별 첨가에 따른 악취발생량 조사	20%	1) 조단백질 수준별 첨가에 따른 악취발생량 조사	100%
		2) 산란계 육성기 적정 조단백질 수준 연구	30%	2) 산란계 육성기 적정 조단백질 수준 연구	100%
		3) 산란계 산란전기 적정 조단백질 수준 연구	30%	3) 산란계 산란전기 적정 조단백질 수준 연구	100%
		4) 사료영양소 이용률 및 악취발생량 조사	20%	4) 사료영양소 이용률 및 악취발생량 조사	100%
	서성원 (충남대학교)	1) 한우 비육(전기) 사료 내 조단백질 함량에 따른 생산성, 영양소 소화율 및 악취 발생량 검증	60%	1) 한우 비육(전기) 사료 내 조단백질 함량에 따른 생산성, 영양소 소화율 및 악취 발생량 검증	100%
2) 한우 비육(전기) 사료 내 조단백질 함량에 따른 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 소화율 및 악취 발생량 검증		40%	2) 한우 비육(전기) 사료 내 조단백질 함량에 따른 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 소화율 및 악취 발생량 검증	100%	
2차년도 (2022)	김유용 (서울대학교)	1) 여름철 조단백질 수준별 첨가에 따른 육성비육돈의 생산성 검증	40%	1) 여름철 조단백질 수준별 첨가에 따른 육성비육돈의 생산성 검증	100%
		2) 겨울철 조단백질 수준별 첨가에 따른 육성비육돈의 생산성 검증	50%	2) 겨울철 조단백질 수준별 첨가에 따른 육성비육돈의 생산성 검증	100%
		3) 조단백질 수준별 첨가에 따른 육성돈(전기)의 영양소 소화율 검증	10%	3) 조단백질 수준별 첨가에 따른 육성돈(전기)의 영양소 소화율 검증	100%
	이경우 (건국대학교)	1) 산란계 육성기 적정 인 수준 연구	20%	1) 산란계 육성기 적정 인 수준 연구	100%
		2) 산란계 산란전기 적정 인 수준 연구	30%	2) 산란계 산란전기 적정 인 수준 연구	100%
		3) 산란계 산란후기 적정 인 수준 연구	30%	3) 산란계 산란후기 적정 인 수준 연구	100%
		4) 사료영양소 이용률 및 악취발생량 조사	20%	4) 사료영양소 이용률 및 악취발생량 조사	100%
	서성원 (충남대학교)	1) 사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율 및 악취 물질 발생량에 미치는 영향(3년차 예정 실험으로 2년차 실험 대체)	60%	1) 사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율 및 악취 물질 발생량에 미치는 영향 검증	100%
		2) 사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 함량 및 악취 물질 발생량에 미치는 영향(3년차)	40%	2) 사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 함량 및 악취 물질 발생량에 미치는 영향 검증	100%

		예정 실험으로 2년차 실험 대체)			
3차년도 (2023)	김유용 (서울대학교)	1) 조단백질 수준별 첨가에 따른 비육돈의 영양소 소화율 검증	20%	1) 조단백질 수준별 첨가에 따른 비육돈의 영양소 소화율 검증	100%
		2) 여름철 사료 내 조단백질 수준별 첨가에 따른 포유돈의 생산성 검증	30%	2) 여름철 사료 내 조단백질 수준별 첨가에 따른 포유돈의 생산성 검증	100%
		3) 겨울철 사료 내 조단백질 수준별 첨가에 따른 포유돈의 생산성 검증	30%	3) 겨울철 사료 내 조단백질 수준별 첨가에 따른 포유돈의 생산성 검증	100%
		4) 조단백질 수준별 첨가에 따른 포유돈의 영양소 소화율 검증	20%	4) 조단백질 수준별 첨가에 따른 포유돈의 영양소 소화율 검증	100%
	이경우 (건국대학교)	1) 육계 사료 내 조단백질 및 인 수준에 따른 생산성 연구	40%	1) 육계 사료 내 조단백질 및 인 수준에 따른 생산성 연구	100%
		2) 산란계 사료 내 사료첨가제 첨가에 따른 생산성 연구	30%	2) 산란계 사료 내 사료첨가제 첨가에 따른 생산성 연구	100%
		3) 사료영양소의 이용률 및 악취발생량 조사	30%	3) 사료영양소의 이용률 및 악취발생량 조사	100%
	서성원 (충남대학교)	1) 한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율 및 악취 발생량 검증	60%	1) 한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율 및 악취 발생량 검증	100%
		2) 한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 소화율 및 악취 발생량 검증	40%	2) 한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 소화율 및 악취 발생량 검증	100%

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

< 정량적 연구개발성과표(예시) >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명	연도	1단계 (YYYY~YYYY)	n단계 (YYYY~YYYY)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 <sup>1)</sup>					
연구개발과제 특성 반영 지표 <sup>2)</sup>					
계					

\* 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[SCI Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신제품 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.

\* 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과, 투자유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도, 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 실제 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다 (연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

< 연구개발성과 성능지표(예시) >

평가 항목 (주요성능 <sup>1)</sup> )	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 <sup>2)</sup> (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치		목표설정 근거
			보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1단계 (YYYY~YYYY)	n단계 (YYYY~YYYY)	
1								
2								

\* 1) 정밀도, 인장강도, 내충격성, 작동전압, 응답시간 등 기술적 성능판단기준이 되는 것을 의미합니다.

\* 2) 비중은 각 구성성능 사양의 최종목표에 대한 상대적 중요도를 말하며 합계는 100%이어야 합니다.



(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	Inclusion of dietary nontoxic sulfur on growth performance, immune response, sulfur amino acid content and meat characteristics in growing-finishing pigs	Animal Bioscience	신혜원, 김성호, 김민진, 김유용	36(5)	대한민국	Asian-Australian Association of Animal Production Societies(AAAP)	SCI	2023-01-24	2765-0189	100%
2	Effect of reducing dietary crude protein level on growth performance, blood profiles, nutrient digestibility, carcass traits, and odor emissions in growing-finishing pigs	Animal Bioscience	Aaron Niyonsaba, 김성호, 김유용	36(10)	대한민국	Asian-Australian Association of Animal Production Societies(AAAP)	SCI	2023-06-26	2765-0189	100%
3	Effects of different levels of dietary crude protein on growth performance, blood profiles, diarrhea incidence, nutrient digestibility, and odor emission in weaning pigs	Animal Bioscience	김홍준, 신혜원, 김유용	36(8)	대한민국	Asian-Australian Association of Animal Production Societies(AAAP)	SCI	2023-08-01	2765-0189	100%
4	Effects of different levels of dietary crude protein on the physiological response, reproductive performance, blood profiles, milk composition and odor emission in gestating sows	Animal Bioscience	김홍준, 김성호, 김천수, 페니여, 김유용	36(8)	대한민국	Asian-Australian Association of Animal Production Societies(AAAP)	SCI	2023-08-17	2765-0189	100%
5	Effects of dietary trace mineral levels on physiological responses, reproductive performance, litter performance, blood profiles, and milk composition in gestating sows	Animal Bioscience	김홍준, 김성호, 강선우, 김유용	36(12)	대한민국	Asian-Australian Association of Animal Production Societies(AAAP)	SCI	2023-08-23	2765-0189	100%
6	An update on heat stress in laying hens	World's poultry science journal	김다혜, 이경우	79(4)	영국	Taylor & Francis Online	SCI	2023-07-28	1743-4777	100%
7	Effects of dietary protein levels on performance, nitrogen excretion,	poultry science	허윤지, 박진아, 이경우	0(8)	미국	ScienceDirect: ELSEVIER	SCI	2023-08-03	1525-3171	100%

and odor emission of growing pullets and laying hens									
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2021 영양사료연구회 심포지엄	이경우	21.07.08	충북대학교 농업생명환경과학대학	대한민국
2	The 19th AAAP (Asian-Australasian Association of Animal Production) Animal Science Congress	신혜원	22.08.24	ICC 제주	대한민국
3	The 19th AAAP (Asian-Australasian Association of Animal Production) Animal Science Congress	김민진	22.08.24	ICC 제주	대한민국
4	The 19th AAAP (Asian-Australasian Association of Animal Production) Animal Science Congress	김홍준	22.08.25	ICC 제주	대한민국
5	The 19th AAAP (Asian-Australasian Association of Animal Production) Animal Science Congress	조현진	22.08.25	ICC 제주	대한민국
6	2022 한국가금학회 정기총회	박진아	22.11.04	대전 IBS 과학문화센터	대한민국
7	2022 한국가금학회 정기총회	허윤지	22.11.04	대전 IBS 과학문화센터	대한민국
8	2023년 한국축산학회 정기학술대회	김성호	23.07.06	광주 김대중컨벤션센터	대한민국
9	2023년 한국축산학회 정기학술대회	페니여	23.07.06	광주 김대중컨벤션센터	대한민국
10	2023년 한국축산학회 정기학술대회	김홍준	23.07.06	광주 김대중컨벤션센터	대한민국
11	2023년 한국축산학회 정기학술대회	조현진	23.07.06	광주 김대중컨벤션센터	대한민국
12	2023년 한국축산학회 정기학술대회	아론 니운사바	23.07.07	광주 김대중컨벤션센터	대한민국
13	2023 PSA Annual Meeting	박진아	23.07.10	Philadelphia Marriott Downtown	미국

기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

표준화

○ 국내표준

번호	인증구분 <sup>1)</sup>	인증여부 <sup>2)</sup>	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 <sup>3)</sup>	제안/인증일자

\* 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제표준

번호	표준화단계구분 <sup>1)</sup>	표준명	표준기구명 <sup>2)</sup>	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 <sup>3)</sup>	제안자	표준화 번호	제안일자

\* 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.

\* 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)

기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	기술(직접) 실시	약취저감 기술을 활용한 양돈용 경제사료 (이유자돈)	부경양돈농협	2023.12.31	무상	-
2	기술(직접) 실시	약취저감 기술을 활용한 양돈용 경제사료 (임신돈)	부경양돈농협	2023.12.31	무상	-

\* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

### □ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

### □ 사업화 현황

번호	사업화 방식 <sup>1)</sup>	사업화 형태 <sup>2)</sup>	지역 <sup>3)</sup>	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	기술(직접) 실시	상품화	국내	약취저감 기술을 적용한 양돈용 경제사료	본 과제를 통해 양돈 사료 내 적절한 조단백질 수준을 규명하였고, 약취저감 기술을 적용한 양돈용 경제사료 개발	부경양돈농협	25,738,021	-	2023	-

\* 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)		
약취저감 기술을 적용한 양돈용 경제사료	2023	25,738,021		25,738,021	부경양돈농협 월별 물량 및 매출액
합계		25,738,021		25,738,021	

210mm×297mm[(백상지(80g/m<sup>2</sup>) 또는 중질지(80g/m<sup>2</sup>)

(23쪽 중 9쪽)

### □ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과				
사업화 계획	사업화 소요기간(년)			
	소요예산(천원)			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후
		단위(%)	현재까지	3년 후
	시장 점유율	국내		
	국외			
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획			
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후
	수출			

### □ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			yyyy년	yyyy년	
합계					

고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력		
		생산인력		
	개발 후	연구인력		
		생산인력		

비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원
1	육계에서 콕시듐과 괴사성 장염의 영양학적 조절 연구	22.12.06 - 22.12.06	카길애그리퓨리나 임직원	카길애그리퓨리나 본사	

기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	저단백 양돈사료 보급 확대를 위한 사료공정서 개정(안)	농림축산식품부 환경정책과	2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>양돈의 유통사료를 대상으로 2차례에 걸쳐 성장단계별 조단백질 분석결과 실태조사 <ul style="list-style-type: none"> <li>*1차 (5/11-5/13), 2차 (5/17-5/26)</li> <li>- 조사결과, 현행 성분등록기준에 비해 2~3% 낮은 수준으로 조단백질을 설계하여 공급하고 있으며 일부구간은 유사하게 운영되는 것으로 파악</li> </ul> </li> <li>성분등록 조단백질 기준 하향 조정 및 일부 구간 통합 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조단백질은 영양성분으로 품질관리 및 소비자 알권리 보호를 위해 최소치로 관리하되 환경부담 완화 등을 위해 최대치 제한 필요</li> </ul> </li> </ul>

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	학위 배출	2022		2			1	1	2				
2	학위 배출	2023	1	2			1	2	1				2

산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	기타	유한양행	사료 내 조단백질 함량에 따른 가금 생산성 변화 및 연구 동향	21.09.15

포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

\* 「과학기술기초법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](교육 및 컨설팅)

번호	활동 년도	교육 및 컨설팅명	참석대상	교육 기간	주요 내용
1	2021	저메탄사로 보급 활성화 (저단백사로 개발 및 보급반)	저단백사로 개발 TF	2021.05.07.	○ 아산화질소(축분·악취) 저감률을 고려한 축종별·성장단계별 저단백사로 적용 방안 ○ 저단백사로 보급 활성화를 위한 사료공정서 개정사항 등 에 대해 발표함
2	2021	양돈 사료내 조단백 기준 조정 관련 간담회 개최	저단백사로 개발 TF	2021.06.25.	○ 양돈 사료내 조단백질 기준 조정안에 대해 발표함
3	2021	닭과 고온 스트레스	카길애그리퓨 리나 임직원	2021.12.15	○ 육계와 산란계에서 고온스트레스의 문제점과 해결방안 및 적정 영양소 공급을 통한 해결방안 모색
4	2022	양돈사료 내 조단백질 수준 절감 및 악취저감 방안	부경양돈농협 직원	2022.02.21	○ 양돈사료 내 조단백질 수준 절감 및 악취저감 방안 대해 교육하였음.
5	2022	한국가축사양표준에 양돈산업 저단백질 사료 적용방안	한국축산학회 회원	2022.11.18	○ 양돈사료 내 조단백질 등 적정 영양소 수준 규명 과제를 통해 진행한 실험 (이유자돈, 임신모돈, 육성비육돈 등)을 한 국가가축사양표준에 적용시켜 개정방안에 대해 발표함.
6	2022	육계에서 콕시듐과 괴사성 장염의 영양학적 조절 연구	카길애그리퓨 리나 임직원	2022.12.06	○ 육계에서 콕시듐과 괴사성 장염의 영양학적 조절 연구

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

<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), <b>품종인 경우 품종보호권 등록증 또는 생산판매 신고증명서</b>
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 기술위원회 를 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

연차	세부 연구 목표	비중	달성도	달성 내용
1차년도 (2021)	조단백질 수준별 첨가에 따른 자돈의 생산성 검증	30%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 자돈의 생산성 규명
	조단백질 수준별 첨가에 따른 이유자돈(전기)의 영양소 소화율 검증	10%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 이유자돈(전기)의 영양소 소화율 규명
	조단백질 수준별 첨가에 따른 이유자돈(후기)의 영양소 소화율 검증	10%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 이유자돈(후기)의 영양소 소화율 규명
	조단백질의 수준별 첨가에 따른 임신돈의 번식성적 및 포유능력 검증	30%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 임신돈의 번식성적 및 포유능력 규명
	조단백질 수준별 첨가에 따른 자돈 약취발생량 조사	20%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 자돈 약취발생량 규명
	조단백질 수준별 첨가에 따른 산란계 약취발생량 조사	20%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 산란계 약취발생량 규명
	산란계 육성기 적정 조단백질 수준 연구	30%	100%	산란계 육성기 적정 조단백질 수준 규명
	산란계 산란전기 적정 조단백질 수준 연구	30%	100%	산란계 산란전기 적정 조단백질 수준 규명
	산란계 사료영양소 이용률 및 약취발생량 조사	20%	100%	산란계 사료영양소 이용률 및 약취발생량 규명
	한우 비육(전기) 사료 내 조단백질 함량에 따른 생산성, 영양소 소화율 및 약취 발생량 연구	60%	100%	한우 비육(전기) 사료 내 조단백질 함량에 따른 생산성, 영양소 소화율 및 약취 발생량 규명
	한우 비육(전기) 사료 내 조단백질 함량에 따른 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 소화율 및 약취 발생량 연구	40%	100%	한우 비육(전기) 사료 내 조단백질 함량에 따른 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 소화율 및 약취 발생량 규명
2차년도 (2022)	여름철 조단백질 수준별 첨가에 따른 육성비육돈의 생산성 검증	40%	100%	여름철 육성비육돈 사료 내 조단백질 수준에 따른 육성비육돈의 생산성 규명
	겨울철 조단백질 수준별 첨가에 따른 육성비육돈의 생산성 검증	50%	100%	겨울철 육성비육돈 사료 내 조단백질 수준에 따른 육성비육돈의 생산성 규명
	조단백질 수준별 첨가에 따른 육성돈(전기)의 영양소 소화율 검증	10%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 육성돈(전기)의 영양소 소화율 규명
	산란계 육성기 적정 인 수준 연구	20%	100%	산란계 육성기 적정 인 수준 규명
	산란계 산란전기 적정 인 수준 연구	30%	100%	산란계 산란전기 적정 인 수준 규명
	산란계 산란후기 적정 인 수준 연구	30%	100%	산란계 산란후기 적정 인 수준 규명
	산란계 사료영양소 이용률 및 약취발생량 조사	20%	100%	산란계의 사료영양소 이용률 및 약취발생량 규명
	사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율 및 약취 물질 발생량에 미치는 영향	60%	100%	사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율 및 약취 물질 발생량에 미치는 영향 규명
	사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 함량 및 약취 물질 발생량에 미치는 영향(3년차 예정 실험으로 2년차 실험 대체)	40%	100%	사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 함량 및 약취 물질 발생량에 미치는 영향 규명
	3차년도 (2023)	조단백질 수준별 첨가에 따른 비육돈의 영양소 소화율 검증	20%	100%
여름철 사료 내 조단백질 수준별 첨가에 따른 포유돈의 생산성 검증		30%	100%	여름철 사료 내 조단백질 수준에 따른 포유돈의 생산성 규명
겨울철 사료 내 조단백질 수준별 첨가에 따른 포유돈의 생산성 검증		30%	100%	겨울철 사료 내 조단백질 수준에 따른 포유돈의 생산성 규명
조단백질 수준별 첨가에 따른 포유돈의 영양소 소화율 검증		20%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 포유돈의 영양소 소화율 규명
육계 사료 내 조단백질 및 인 수준에 따른 생산성 연구		40%	100%	육계 사료 내 조단백질 및 인 수준에 따른 생산성 규명
산란계 사료 내 사료첨가제 첨가에 따른 생산성 연구		30%	100%	산란계 사료 내 사료첨가제 첨가에 따른 생산성 규명
양계 사료영양소의 이용률 및 약취발생량 조사		30%	100%	양계 사료영양소의 이용률 및 약취발생량 규명
한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율 및 약취 발생량 검증		60%	100%	한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율 및 약취 발생량 규명
한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 소화율 및 약취 발생량 검증		40%	100%	한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 소화율 및 약취 발생량 규명



#### 4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

##### 1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

---

##### 2) 자체 보완활동

---

##### 3) 연구개발 과정의 성실성

---

3년간의 연구기간 동안 본 연구팀은 성실히 연구개발 과정을 수행하였음.

---

#### 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

---

본 연구의 결과를 기반으로 SCI 논문 목표치 대비 133% 달성, 학술발표 목표치 대비 144% 달성 등의 우수한 성과를 달성하였으며, 현재 추가로 SCI 논문 게재 절차 진행 중임.

---

#### 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

---

본 연구 결과를 바탕으로, 양돈 사료 내 조단백질 등 적정 영양소 함량을 제시하여, 분뇨 배출 및 악취 저감을 통해 환경오염을 최소화하고 생산비를 절감하는 등 친환경 양돈산업의 기반 마련을 기대할 수 있음. 가금 분야에도 가금 성장단계별 사료 내 질소 및 인을 절감하는 환경오염 방지 목표의 영양소 요구량 설정으로 친환경 가금 사양표준의 기초자료로서 기능할 수 있을 것으로 기대됨. 한우 사료 내 조단백질 함량 조절을 통해 분뇨 배출 및 악취 저감을 통해 최적의 사료 내 조단백질 함량을 제안하여 생산비를 절감하고 친환경 사육 환경의 기반으로 기능할 수 있을 것임. 이러한 과정을 통해 최종적으로 농축대학원, 마이스터과정, 사료회사 등에서 축종별 분뇨 악취 발생량 감소 및 질소와 인 배출 감소와 관련된 연구 결과 홍보를 통해 축산농가들에게 교육 및 지도에 활용할 수 있음.

---

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내
논문	SCIE	2
	비SCIE	5
	계	7
학술발표	국내	2
	국외	
	계	2
기술실시(이전)	건수	2
	기술료	
	계	2
인력양성	학사	
	석사	2
	박사	
	계	2
사업화	제품화	
	매출액	
정책활용		5

< 별첨 자료 >

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

# 자체평가의견서

## 1. 과제현황

		과제번호		321080-3	
사업구분	2025축산현안대응산업화기술개발				
연구분야			과제구분	단위	
사업명	2025축산현안대응산업화기술개발			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	축종별 사료내 영양소 수준이 가축의 생산성, 소화율, 분뇨 및 악취발생에 미치는 영향 연구		과제유형	(기초,응용,개발)	
연구개발기관	서울대학교 산학협력단		연구책임자	김 유 용	
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	21.04.01-21.12.31	460,000		460,000
	2차년도	22.01.01-22.12.31	613,000		613,000
	3차년도	23.01.01-23.12.31	613,000		613,000
	계	21.04.01-23.12.31	1,686,000		1,686,000
참여기업					
상대국	상대국연구개발기관				

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망


2. 평가일 : 2024년 2월 15일

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
서울대학교	교수	김유용

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	
----	---

## I. 연구개발실적

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

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히 불량)

#### 우수

본 연구를 통해 축종별 사료 내 조단백질 함량을 감소함으로써 분뇨 배출 및 악취 저감을 최소화할 수 있는 방안을 밝혀냄. 이때 사료 내 조단백질 수준이 감소함에도 불구하고, 각 축종별로 성장 성적, 육질 등에서 부정적인 영향을 미치지 않는다는 것을 본 연구를 통해 실증하였기 때문에 실제 현장의 우려점들을 해결할 수 있는 과학적인 근거를 제시함.

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히 불량)

#### 우수

본 연구 결과를 통해 최근 들어 전 세계적으로 중요해지고 있는 축산 분야 환경 문제 해결에 도움이 될 뿐만 아니라, 생산비 절감에도 도움이 되는 등 친환경 축산업의 기반으로서 기능할 것으로 기대됨. 실제 사료 내 조단백질 수준 감소를 요구하거나 적용할 축산 농가 및 사료 회사를 대상으로 하는 교육 과정에서의 중요한 자료로서 작용할 수 있음. 또한, 각 축종별 사양표준의 기초자료로서도 기능할 수 있을 것으로 판단됨. 실제로 본 연구 결과를 바탕으로 사료관리법에 따른 '사료 등의 기준 및 규격'을 2021년 12월 29일 최초 개정되었음. 개정안은 양돈 사료 내 조단백질 함량의 허용 기준을 성장 단계별로 14~23%까지 제한하던 것을 13~20%로 1~3%p 낮췄으며, 조단백질 함량을 제한하지 않았던 축우용 및 가금용 배합사료에 대해서도 성장 단계별로 조단백질의 허용기준을 15~24%로 신설하였음. 추가로, 2024년 4월 1일 사료관리법에 따른 '사료 등의 기준 및 규격'에 '질소저감사료의 성분등록 사항'을 신설하는데 큰 기여를 함.

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히 불량)

#### 우수

조단백질 수준이 감소된 축종별 사료 배합비 기술을 이전하여, 실제 시판되고 있는 사료 내에 적용 가능. 기존 ARC, NRC 등의 다른 나라 사양표준을 참고하여 사료배합비를 작성하였는데 본 연구의 실험결과를 통해 축종별 한국가축사양표준의 기초 자료로서 활용될 수 있음. 사료 회사 대상의 기초 교육자료로서 활용 가능함. 축산 농가들에 조단백질 수준 감소를 통한 악취저감에 대한 효과를 교육 및 홍보하여 농가 수익 증대에도 기여함. 지자체에서도 이를 활용하여 민원 발생을 감소 효과를 기대할 수 있음.

### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히 불량)

#### 우수

본 연구팀은 연구기간 동안 연구 계획에 따라 성실히 연구 과제를 수행하였음. 코로나, 아프리카돼지열병(ASF), 조류독감(AI), 렘피스킨 등 축산업계에 어려운 상황 속에서도 기존 성과로 기재되지 않은 사업화와 매출액까지 달성할 정도로 성실하게 과제를 수행함.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히 불량)

<b>우수</b>
본 연구의 결과를 기반으로 SCI 논문 목표치 대비 175% 달성, 연구인력양성 125% 달성, 학술발표 목표치 대비 260% 달성 등의 우수한 성과를 달성하였으며, 현재 추가로 SCI 논문 게재 절차 진행 중임. 또한, 부경양돈농협에 기술실시 2건을 통해 사업화를 실시하였으며 ‘악취저감 기술을 활용한 양돈용 경제사료 (임신돈/이유자돈)’ 제품을 출시하여 2023년 기준 매출액 257억원을 달성함.

II. 연구목표 달성도

연차	세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
1차년도 (2021)	조단백질 수준별 첨가에 따른 자돈의 생산성 검증	30%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 자돈의 생산성 규명
	조단백질 수준별 첨가에 따른 이유자돈(전기)의 영양소 소화율 검증	10%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 이유자돈(전기)의 영양소 소화율 규명
	조단백질 수준별 첨가에 따른 이유자돈(후기)의 영양소 소화율 검증	10%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 이유자돈(후기)의 영양소 소화율 규명
	조단백질의 수준별 첨가에 따른 임신돈의 번식성적 및 포유능력 검증	30%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 임신돈의 번식성적 및 포유능력 규명
	조단백질 수준별 첨가에 따른 자돈 악취발생량 조사	20%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 자돈 악취발생량 규명
	조단백질 수준별 첨가에 따른 신란계 악취발생량 조사	20%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 신란계 악취발생량 규명
	신란계 육성기 적정 조단백질 수준 연구	30%	100%	신란계 육성기 적정 조단백질 수준 규명
	신란계 신란전기 적정 조단백질 수준 연구	30%	100%	신란계 신란전기 적정 조단백질 수준 규명
	신란계 사료영양소 이용률 및 악취발생량 조사	20%	100%	신란계 사료영양소 이용률 및 악취발생량 규명
	한우 비육(전기) 사료 내 조단백질 함량에 따른 생산성, 영양소 소화율 및 악취 발생량 연구	60%	100%	한우 비육(전기) 사료 내 조단백질 함량에 따른 생산성, 영양소 소화율 및 악취 발생량 규명
한우 비육(전기) 사료 내 조단백질 함량에 따른 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 소화율 및 악취 발생량 연구	40%	100%	한우 비육(전기) 사료 내 조단백질 함량에 따른 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 소화율 및 악취 발생량 규명	
2차년도 (2022)	어른철 조단백질 수준별 첨가에 따른 육성비육돈의 생산성 검증	40%	100%	어른철 육성비육돈 사료 내 조단백질 수준에 따른 육성비육돈의 생산성 규명
	겨울철 조단백질 수준별 첨가에 따른 육성비육돈의 생산성 검증	50%	100%	겨울철 육성비육돈 사료 내 조단백질 수준에 따른 육성비육돈의 생산성 규명
	조단백질 수준별 첨가에 따른 육성돈(전기)의 영양소 소화율 검증	10%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 육성돈(전기)의 영양소 소화율 규명
	신란계 육성기 적정 인 수준 연구	20%	100%	신란계 육성기 적정 인 수준 규명
	신란계 신란전기 적정 인 수준 연구	30%	100%	신란계 신란전기 적정 인 수준 규명
	신란계 신란후기 적정 인 수준 연구	30%	100%	신란계 신란후기 적정 인 수준 규명
	신란계 사료영양소 이용률 및 악취발생량 조사	20%	100%	신란계의 사료영양소 이용률 및 악취발생량 규명
	사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율 및 악취 물질 발생량에 미치는 영향	60%	100%	사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율 및 악취 물질 발생량에 미치는 영향 규명
사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 함량 및 악취 물질 발생량에 미치는 영향(3년차 예정 실험으로 2년차 실험 대체)	40%	100%	사료 내 미생물제 첨가가 비육 후기 한육우에서 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 함량 및 악취 물질 발생량에 미치는 영향 규명	
3차년도 (2023)	조단백질 수준별 첨가에 따른 비육돈의 영양소 소화율 검증	20%	100%	비육돈 사료 내 조단백질 수준에 따른 비육돈의 영양소 소화율 규명
	어른철 사료 내 조단백질 수준별 첨가에 따른 포유돈의 생산성 검증	30%	100%	어른철 사료 내 조단백질 수준에 따른 포유돈의 생산성 규명
	겨울철 사료 내 조단백질 수준별 첨가에 따른 포유돈의 생산성 검증	30%	100%	겨울철 사료 내 조단백질 수준에 따른 포유돈의 생산성 규명
	조단백질 수준별 첨가에 따른 포유돈의 영양소 소화율 검증	20%	100%	사료 내 조단백질 수준에 따른 포유돈의 영양소 소

			화을 규명	
	육계 사료 내 조단백질 및 인 수준에 따른 생산성 연구	40%	100%	육계 사료 내 조단백질 및 인 수준에 따른 생산성 규명
	신란계 사료 내 사료첨가제 첨가에 따른 생산성 연구	30%	100%	신란계 사료 내 사료첨가제 첨가에 따른 생산성 규명
	양계 사료영양소의 이용률 및 약취발생량 조사	30%	100%	양계 사료영양소의 이용률 및 약취발생량 규명
	한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율 및 약취 발생량 검증	60%	100%	한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율 및 약취 발생량 규명
	한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 소화율 및 약취 발생량 검증	40%	100%	한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 소화율 및 약취 발생량 규명
	합 계	100점	100%	축종별 사육 단계에 따른 조단백질 및 기타 영양소 적정 수준 검증. 이에 따른 약취 발생량 등 환경 문제 해결 가능성 규명

### III. 종합의견

#### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

연구 계획에 따라 연구가 순조롭게 진행되었으며, 그 결과 세부 연구 목표들을 달성한 연구 결과를 도출하여 축종별 사료 내 적정 영양소 함량을 제시하고, 환경오염을 최소화하는 친환경 양돈산업의 기반으로 작용할 수 있었음. 또한 SCI 논문 및 학술발표 성과를 초과 달성하는 등 연구 성과 역시 우수함. 본 연구 결과를 바탕으로 사료관리법에 따른 ‘사료 등의 기준 및 규격’을 2021년 12월 29일 최초 개정되었으며, 축우 및 양계 사료에 없던 사료 내 조단백질 기준을 추가하였음. 2024년 4월 1일 사료관리법에 따른 ‘사료 등의 기준 및 규격’에 ‘질소저감사료의 성분등록 사항’을 신설하는데 큰 기여를 할 정도로 파급력이 큰 연구라고 자부함.

#### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

1. 축종별 사육 단계별 조단백질, 인과 같은 적정 영양소 함량을 성장 성적, 육질 등과 같은 과학적 근거를 바탕으로 제시하였는지에 대한 평가
2. 적정 영양소 함량을 사료 내에 첨가하였을 때 약취 물질이 실제로 얼마나 감소되었으며 환경 오염을 최소화할 수 있는지에 대한 평가
3. 본 연구를 통해 실제 정책에 얼마나 반영이 되었으며 얼마나 파급력이 있는지에 대한 평가

#### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

본 연구 결과를 바탕으로, 축종별 조단백질 등 적정 영양소 함량을 제시하고 이 데이터가 한국가축 사양표준의 기초 자료가 됨으로써, 현재 시판 중인 사료 내 다양한 영양소의 함량이 과도하다는 것을 증명할 수 있는 과학적 지표로서 작용할 수 있음. 축산 분야에 대한 환경 개선과 관련된 압박이 전세계적으로 점차 커지고 있는데, 이때 분뇨 배출 및 약취 저감을 통해 이에 기여할 수 있음. 또한 정밀 사양에 이 결과가 적용되어, 환경 오염 최소화는 물론, 농가와 사료 회사의 생산성 향상을 이끌어낼 수 있음. 마지막으로 사료회사 및 농가의 관습대로 이어져 오던 형태로 진행되는 것이 아닌, 과학적 근거를 바탕으로 한 배합비 설정 및 사양 관리가 이뤄질 수 있음.

#### IV. 보안성 검토

○ 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구개발기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

##### 1. 연구책임자의 의견

해당 사항 없음

##### 2. 연구개발기관 자체의 검토결과

해당 사항 없음





신란계 사료 내 사료첨가제 첨가에 따른 생산성 연구	신란계 사료 내 사료첨가제 첨가에 따른 생산성 규명
양계 사료영양소의 이용률 및 악취발생량 조사	양계 사료영양소의 이용률 및 악취발생량 규명
한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율 및 악취 발생량 검증	한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율 및 악취 발생량 규명
한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 소화율 및 악취 발생량 검증	한우 비육(후기) 사료 내 미생물제 첨가에 따른 생산성, 영양소 소화율, 분뇨 질소 소화율 및 악취 발생량 규명

\* 결과에 대한 의견 첨부 가능

### 3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인 력 양 성	정책 활용· 홍보		기 타 (타 연구 활 용 유 형)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	S M A R T	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문 S C I	논 문 비 S C I	논 문 평 관 I F			학 술 발 표	정 책 활 용	
단위	건	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치					40									20		20	20			
최종 목표					2	-	-						4	3	5	4	4	3		
당해 년도	목표				2	-	-						4	3	5	4	4	3		
	실적				2	1	25, 700						7	0	13	5	1	2		
달성률 (%)					100	-	-						175	0	260	125	25	67		

### 4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	악취저감 기술을 활용한 양돈용 경제사료 (임신돈)
②	악취저감 기술을 활용한 양돈용 경제사료 (이유자돈)

### 5. 연구결과별 기술적 수준

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

\* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	본 연구를 통해 개발된 임신돈 사료 내 적정 조단백질 수준을 제공하고, 기존 상업 사료에 비해 경제성을 갖췄으며, 국내 양돈 농가의 약취민원을 해결에 기여할 수 있을 것으로 기대됨.
②의 기술	본 연구를 통해 개발된 이유자돈 사료 내 적정 조단백질 수준을 제공하고, 기존 상업 사료에 비해 경제성을 갖췄으며, 국내 양돈 농가의 약취민원을 해결에 기여할 수 있을 것으로 기대됨.

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 (타연구활용예)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논문				학 술 발 표	정 책 활 용	
											SCI		비 SCI	논 문 평 균 I F					
단위	건	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					40									20		20	20		
최종목표					4	-	-					6	5	9		6	6	3	
연구기간내 달성실적					2	1	25, 700					7	0	13		5	1	2	
연구종료후 성과창출 계획					2							2	5	2		2	5	2	

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 <sup>1)</sup>	약취저감 기술을 활용한 양돈용 경제사료 (임신돈)		
이전형태	<input checked="" type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	0천원
이전방식 <sup>2)</sup>	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input checked="" type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타( )		
이전소요기간	2023.01.01.-2023.12.31	실용화에상시기 <sup>3)</sup>	2023.01.01
기술이전시 선행조건 <sup>4)</sup>	기술 이전 관련 지속적인 컨설팅 진행		

- 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)

핵심기술명 <sup>1)</sup>	악취저감 기술을 활용한 양돈용 경제사료 (이유자돈)		
이전형태	<input checked="" type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	0천원
이전방식 <sup>2)</sup>	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input checked="" type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타( )		
이전소요기간	2023.01.01.-2023.12.31	실용화예상시기 <sup>3)</sup>	2023.01.01
기술이전시 선행조건 <sup>4)</sup>	기술 이전 관련 지속적인 컨설팅 진행		

- 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) 실용화예상시기 : 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)

## 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 2025축산현안대응산업화기술개발사업 축종별 사료 내 영양소 수준이 가축의 생산성, 소화율, 분뇨 및 악취발생에 미치는 영향 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 2025축산현안대응산업화기술개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.