

비육후기 한우 거세우의 사료용 첨가제
현장 검증 시험

(Verification of field test for feed additives
during late fattening in Hanwoo steers)

최종연구보고서

2016. 12.

한 우 자 조 금 관 리 위 원 회

한 우 협 동 조 합 연 합 회

건 국 대 학 교 산 학 협 력 단

제 출 문

한우협동조합연합회장,
한우자조금관리위원장 귀하

이 보고서를 “비육후기 한우 거세우의 사료용 첨가제 현장 검증 시험” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2016년 12월 23일

연구기관명 : 건국대학교 산학협력단

연구책임자 : 이 홍 구

연 구 원 : 이 재 성

보 조 원 : 김 원 섭

보 조 원 : 조 용 호

요 약 문

1. 제 목

비육후기 한우 거세우의 사료용 첨가제 현장 검증 시험 (Verification of field test for feed additives during late fattening in Hanwoo steers)

2. 연구개발의 목적

- 국내 한우농가에서 비육후기의 주로 이용되는 첨가제 5종에 대하여 그 효과를 검증하여 거세한우 농가의 첨가제 이용에 대한 실증자료를 제공함으로 양축가의 소득 향상에 기여하고자 함

3. 연구개발의 주요결과

가. 한우사료 첨가제 시장(생균제 제외)의 유형별 실태 조사

- 국내 시판되고 있는 비육후기 거세한우의 육량 및 육질에 미치는 첨가제를 조사한 결과 배합사료 시스템(5종), TMR 시스템(3종) 및 기타 첨가제 용도(12종)의 첨가제가 조사 됨. 이들 첨가제 제품 중 농가와 배합사료 회사 및 TMR 컨설턴트와 면담을 통한 선호도와 각종 국내외 논문 및 보고서를 참고로 하여 최종 5종의 비육후기 거세한우 사료첨가제를 선정 함

나. 한우사료 첨가제(5종)의 사양시험

1) 첨가제 급여에 따른 비육후기 거세한우의 성장성적 조사

- 통계적 유의차는 보이지 않았지만 비육후기 거세 한우에 “L” 첨가제 급여로 3 곳의 농가에 공통적으로 사료요구율이 대조구 대비 감소 수준을 나타내었으며, “P” 첨가제는 전체 농가 대상 사양시험 결과에 따르면 일당증체량의 증진 및 사료요구율의 감소가 관찰 됨

2) 첨가제 급여에 따른 비육후기 거세한우의 육량 평가

- 전체 3개 농가 대상으로 첨가제 급여 실험 결과 대조구 대비 도체중, 등지방 두께, 등심면적 및 육량지수에 있어서 통계적 유의차는 보이지 않았지만, L 첨가제는 전체 3개 농가의 비육기 거세 한우의 도체중 증가 및 등지방 두께 감소 결과가 관찰 됨

3) 첨가제 급여에 따른 비육후기 거세한우의 육질 평가

- 거세 한우 대상 첨가제별 급여로 근내지방, 육색, 지방색, 조직감 및 성숙도에 증감 효과를 보였으나, 전체 3개 농가에서 동일한 효능은 보이지 않았음
- 하지만, “L” 첨가제 급여구의 경우 전체 3개 농가에서 대조구 대비 1+ 등급 이상 출현율이 모두 증가하는 결과를 나타냄

4) 첨가제별 경제성 평가

- 전체 3개 농가 대상의 첨가제별 경제성 분석에 따르면, “I, O, P, Q” 첨가제 급여는 농가의 소득에 농가별 차이를 보였음
- 이들중 “L” 첨가제만 전체 3개 농가에서 대조구 대비 경제적 이익이 창출되는 것으로 조사 됨
- 하지만 농가별 전체 시험전 비용 산출 및 출하등급가격을 3년 (2014.01-2016.12)간 등급별 평균 가격(통계청)으로 산정하는 등 정확한 경제성 평가에는 한계가 있어 보다 면밀한 검증이 요구되어짐

4. 연구성과 및 활용방안

- 본 연구를 통하여 한우 비육에 있어서 첨가제에 관련된 개발 현황 및 효능들에 대한 정보를 제시함으로써 한우사양에 기본적 정보를 제시하였으며, 비육후기 거세한우 대상으로 6개월간 첨가제(5종) 급여로 사양시험을 통해 시험농가에서의 처리구 간 통계적 분석을 통해 신뢰성을 부여하여 추후 다른 첨가제 규명에 있어 참고자료로 활용 될 수 있는 분석 방법을 제시 함

- 아울러 한우 비육우 사양에 있어서 비육후기에 이용되는 첨가제들의 현황 및 효능의 재검증을 통하여 한우농가에서 활용할 수 있도록 정확한 정보전달에 기대함

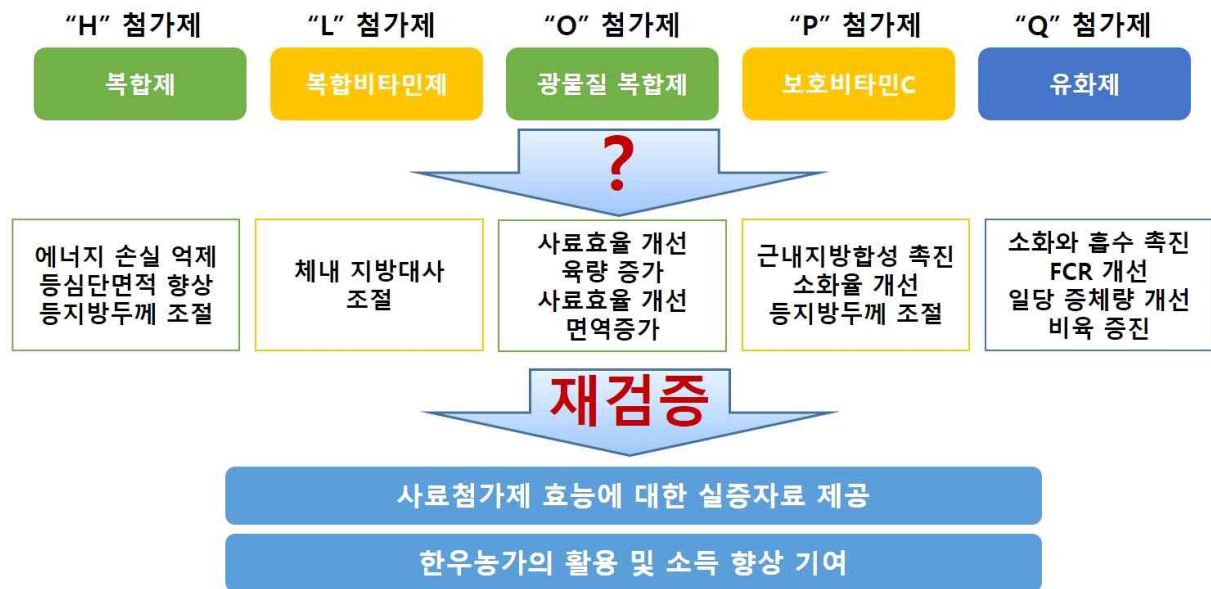


그림 1. 연구성과 및 활용방안

목 차

제 1장. 연구 개발 개요 _____	1
제 1절. 연구 배경 및 필요성 _____	1
제 2절. 연구 목표 _____	4
제 2장. 수행 내용 및 결과 _____	5
제 1절. 한우사료 첨가제 시장(생균제 제외)의 유형별 실태 조사 _____	5
1) 국내 시판용 육량 및 육질 효능 보유 비육후기 거세 한우용 첨가제 (생균제 제외) 조사 _____	5
2) 비육후기 거세 한우 첨가제(5종)의 최종 선정 및 작용기전과 효능 조사 _____	5
제 2절. 한우사료 첨가제(5종)의 사양시험 _____	36
1) 연구목적 _____	36
2) 연구방법 _____	36
3) 연구결과 _____	41
(1) 기초사료의 두당 급여량 및 일반성분 분석 _____	41
(2) 첨가제 급여에 따른 거세 한우의 성장성적 결과 _____	42
(3) 첨가제 급여에 따른 거세 한우의 육량 변화 분석 _____	44
(4) 첨가제 급여에 따른 거세 한우의 육질 변화 분석 _____	46
(5) 첨가제별 경제성 분석 _____	48
제 3장. 요약 및 결론 _____	50
참고문헌 _____	51

제 1 장. 연구 개발 개요

제 1 절. 연구 배경 및 필요성

1) 기존 연구 결과 및 문제점

(1) 사료첨가제의 법률적 정의

- 사료첨가제란 “사료관리법 시행규칙 제 4조의 2” 항에 의거하여 비타민제, 푸로비타민제, 항생물질, 항균제, 항산화제, 항곰팡이제, 효소제, 생균제, 아미노산제 및 미량광물질 등 사료에 첨가하여 질병의 예방, 결핍물의 보충, 사료효율의 증진 및 성장촉진 등을 목적으로 사용하는 동물용 의약품을 말함
- 사료 첨가제는 생산성 개선이나 육질 개선의 목적으로 사료에 소량 배합하는 비영양소 보조물질로 항생제, 생균제, 효소제, 유기산제, 향미제, 감미제, 항산화제, 각종 천연물질 및 기능성 물질 등이 분류될 수 있으며 “보조사료”, “등록성분”, “부형제”로 정의됨

(2) 국내 한우 비육기용 사료첨가제의 현황 및 문제점

- 사료첨가제는 2006년 이후 세계 곡물가격의 상승으로 인해 사료의 가격이 높아지면서 동물의 성장과 건강을 증진시키기 위해 그 중요성이 대두되는 실정임
- 첨가제 관련 우리나라의 유효특허는 1,318건으로 90년대 이후 지속적으로 증가하고 있으며, 중국을 제외하고 특허 출원이 가장 활발한 국가임
- 비육후기에 주로 사용되는 사료첨가제는 배합사료와 TMR에 사용하는 두 종류로 나뉘며 판매되고 있는 대표적인 제품은 다음과 같음(표 1, 2와 3)
- 하지만 기능성 첨가제에 대해서 많은 연구들에 있어 상이한 결과가 보고되고 있음
- 현재 국내 한우농가에서는 첨가제 제품의 효과에 대한 검증 자료를 필요한 실정이지만 한우 비육용 첨가제의 효과에 대해 객관적으로 규명된 연구 자료가 부족한 실정임

표 1. 배합사료 시스템에 사용되는 한우 비육후기용 사료첨가제(5종)

제품명	첨가제종류	성분명칭	효능
A		비타민제, 유기태 물질, 생균제, 천연감미제	- 육질 및 육색 보존력 향상 - 영양소 이용효율 증대 - 육색 보존력 향상 - 근내지방 향상 - 출하 스트레스 완화
B		아연, 크롬, 코발트, 구리	- 사료 효율 증진 - 지방합성 촉진 - 배장근단면적 확대 - 대사성 질환 예방
C		크롬	- 수송감량 감소 - 도축 후 육질 저하 방지
D	면역제	벤토나이트, 산화칼슘, 인산, 규산염	- 체중증가, 육질개선, 악취방지 - 면역력 증가
E	항곰팡이제	천연광물질류	- 육질개선, - 육질등급향상 불포화지방산 함량 증가 - pH 상승억제 - 메탄, 암모니아 가스 생성억제 - 과산증 예방 및 대사성 질병 감소

표 2. TMR 시스템에 사용되는 한우 비육후기용 사료첨가제(3종)

제품명	첨가제종류	성분명칭	효능
F	영양, 면역증가제	비타민류, 필수 아미노산류, 유기태 미네랄과 전해질 복합물	- 성장과 골격형성에 필요한 비타민 고농도 처방 - 영양공급 및 질병예방 - 비육우 성장, 증체 개선 목적 - 재귀발정촉진, 스트레스 예방
G		유기태 미네랄 복합물, 생균제	- 살모넬라, 콕시, 호흡기 등 질병예방 - 유해산소 제거 - 항암작용 - 육질등급 향상 - 마블링 스코어 개선
H		아미노산-유기태 미네랄 복합물, 광미네랄 복합물, 효모	- 스트레스 저항력 강화 - 면역기능 향상 - 육질개선

표 3. 첨가제 종류에 따른 한우 비육후기용 사료첨가제(12종)

구분	제품명	유효성분	효능	사양시험결과
복합제	I	식물추출액 효모 배양물 유기태미네랄 기능성 지방	- 에너지소실 억제 - 등심단면적 향상 - 과도한 등지방 - 축적방지	육량: B44%,C56% ->A22%, B33%, C44% 육질: 1+20%->1+50%
	J	식물분말	- 육질개선 - 증체량개선 - 악취제거	도체중 증가, 육질등급향상
식물추출제	K	식물추출물	- 항산화 - 항스트레스	도체중 증가, 육질등급향상
	L	곡류 가수분해물	- 가축 생산선 향상 - 소화흡수 촉진 - 영양소 절감	도체중 증가, 육질등급향상
유화제	M	유기태미네랄, 각종 무기물	- 체중증가 - 환경개선 - 면역증가	체중 증가, 육질등급향상
	N	유기태미네랄 효모추출물	- 반추위발달, - 지방세포조절, - 대사개선	도체중 증가, 육질등급향상
광물질복합제	O	유기태미네랄	- 번식성적 개선 - 고급육질 개선 - 육량 증가 - 면역 증가 - 사료효율 개선	도체중 증가, 육질등급향상
	P	비타민C	- 반추위 통과율 개선 - 총 소화율 개선 - 장내 흡수율 증가 - 근내지방함성 촉진	육질: 1등급이상 81%->97.5%
복합비타민제	Q	비타민 A, D, E		
	R	비타민 A, D, E		
	S	비타민 A, D, E	- 체내 지방대사 조절	
	T	비타민 A, D, E		
	U	비타민 A, D, E		

(3) 비육말기 소화생리의 특징과 사양관리

- 비육을 마무리하는 단계로 근내지방도 향상을 통한 육질개선을 위해 고에너지사료를 급여해야 함
- 또한, 배합사료는 섭취량을 늘려 체중을 최대로 증가시키기 위해 자유급여를 하지만, 조사료의 급여량은 계속해서 줄여줘야 함
- 장기비육 및 농후사료 과다 급여로 인한 섭취량 감소 및 대사성질환(요결석증 등)에 주의해야 함
- 케로틴이 다량 함유된 청초사료를 급여 시 지방색의 변화 (백색→황색)로 인해 육질등급에 영향을 줄 수 있음
- 550kg 이상 체중으로 출하 시, 일반적으로 배장근단면적이 넓어지며 근내지방도가 높아짐
- 따라서, 반추위 이상 발효 예방 및 육량과 육질을 개선시키기 위하여 비육후기에는 적절한 광물질제나 비타민제를 이용하여 성장하지 못한 부분을 보상하기 위한 사양관리가 필요함

제 2 절. 연구 목표

- 본 연구는 국내 한우농가에서 비육후기의 주로 이용되는 첨가제(5종)에 대하여 그 효과를 검증하여 거세한우 농가의 첨가제 이용에 대한 실증자료를 제공함으로써 양축가의 소득 향상에 기여하고자 함

제 2 장. 수행 내용 및 결과

제 1 절. 한우사료 첨가제 시장(생균제 제외)의 유형별 실태 조사

1) 국내 시판용 육량 및 육질 효능 보유 비육후기 거세 한우용 첨가제(생균제 제외) 조사

- 현재 국내에서 시판되고 있는 비육후기 거세 한우용 사료첨가제는 배합사료 시스템, TMR 시스템 및 기타 첨가제 용도로 분류됨(표 4)

표 4. 용도에 따른 비육후기 거세 한우의 사료첨가제 분류

구분	종류
배합사료 시스템	5
TMR 시스템	3
기타 용도	12
총	20

2) 비육후기 거세 한우 첨가제(5종)의 최종 선정 및 작용기전과 효능 조사

(1) 비육후기 거세 한우 첨가제(5종)의 최종 선정

- 이들 첨가제(20종) 중 농가, 배합사료 회사 및 TMR 컨설턴트와 면담을 통한 선호도 조사 및 각종 국내외 논문 및 보고서를 참조로 하여 사양시험을 위한 첨가제 5종을 최종 선정하였음(표 5)

표 5. 최종 선정 된 비육후기 거세 한우용 첨가제(5종)

첨가제명	구분	유효성분	주요성분함량	효능	타겟
I	복합제	식물추출액 효모 배양물 유기태미네랄 기능성 지방	지방, 콜린, 효모 배양물, 유기태 아연, 식물추출물	- 에너지소실 억제 - 등심단면적 향상 - 과도한 등지방 - 축적방지	육량
L	유화제	곡류 가수분해물	라이소인지질	- 가축 생산선 향상 - 소화흡수 촉진 - 영양소 절감	육량+ 육질
O	광물질 복합제	유기태미네랄	셀레늄	- 번식성적 개선 - 고급육질 개선 - 육량 증가 - 면역 증가 - 사료효율 개선	육질+ 육량
P	비타민제	비타민C	비타민C	- 반추위 통과율 개선 - 총 소화율 개선 - 장내 흡수율 증가 - 근내지방합성 촉진	육질
Q		복합비타민	비타민 A, D, E	- 체내 지방대사 조절	육질

(2) 비육후기 거세 한우 첨가제(5종)의 유효성분, 효능 및 작용기전 조사

가. “I” 첨가제

- 성분 : 기능성 지방, 콜린, 효모 배양물, 유기태 아연, 시나몬, 스테비오사이드
- 효능 : 에너지손실 억제, 등심단면적 향상, 과도한 등지방 축적 방지(표 6)

표 6. 첨가제 성분 및 효능

성분	효능	참고문헌
지방	- 반추위내 열 감소 및 고에너지 공급	Beede et al., 1991
콜린	- 지방대사 영향 및 비육말기 도체 성적을 향상	Bryant et al., 1999
		Drouillard et al., 1999
		Bindel et al., 2000
효모 배양물	- 반추위내 열 감소 및 발효 증진	Carro et al., 1992
유기태 아연	- 반추위내 프로피온산 증가	Spears et al., 2004
시나몬	- 반추위내 프로피온산 비율 증가	Busquest et al., 2005
	- 사료섭취량 증가, 열 스트레스 감소	Yang et al., 2010
스테비오사이드	- 향균 반응, 반추동물의 성장을 촉진	Atteh et al., 2008

▪ 작용 기전 :

① 콜린(choline)

[일반적 특성]

- 콜린은 반추동물 대사에서 다양한 기능을 갖는 비타민으로 알려져 있으며, 체내의 모든 세포를 구성하는 세포막의 주요한 구성성분인 인지질과 신경전달물질인 아세틸콜린의 구성 성분임(그림 2)

[적용 사례 및 작용기전]

- 젖소에서 반추위 보호콜린의 사료로 급여 시 나타나는 비유에 대한 반응은 필수 아미노산인 메티오닌의 급여에서 나타나는 반응과 비슷함(그림 3)

- 콜린의 결핍 시 나타나는 대표 증상으로는 젖소에 있어서 근육이 약화되고 지방간의 발생이 증가하며 신장에서의 출혈 등으로 나타난다고 보고되고 있음(한국낙농육우협회, 2015)
- 콜린이 결핍되는 경우에 가축의 간에서 중성지방 함량이 6배나 증가하는 것으로 보고되고 있고(McDowell, 2000), 콜린을 사료로 보충하는 경우에 혈액 내 글루코스, 콜레스테롤, 인슐린과 비에스테르형 지방산(NEFA : non-esterified fatty acids)의 수준에 영향을 미치며, 콜린의 보충에 의하여 우유 생산성, 우유 성분, 증체율과 도체특성을 개선할 수 있다고 있다고 보고되고 있음(한국낙농육우협회, 2015)
- 또한 분만 전후 착유우의 경우 콜린을 섭취하기 되면, 간에서의 지방산의 이동이 증가하게 되고, 지방간의 발생을 낮추는 효과가 있었다고도 보고되고 있음(McDowell, 2000)
- 이처럼 반추동물의 생산성을 향상시키고, 기능성 우유를 생산 할 수 있기 때문에, 반추동물에게 공급할 수 있는 반추위에서 미생물에 의한 분해에 안정한 코팅된 콜린화합물을 개발하고 있는 상황
- Bryant 등 (1999)의 보고에 의하면 Ruminally protected choline (RPC)을 면양을 이용하여 112 ~ 140 일 동안 0, 0.25, 0.5 또는 1.0 % RPC (DM 기준) 사료 내 급여 한 결과 0.25% RPC는 ADG가 0% RPC와 비교하여 11.6% 증가하지만, RPC 수준이 증가함에 따라 그 반응은 감소 함
- 또한 도체 등급은 RPC 수준이 증가함에 따라 선형적으로 증가했지만, 마블링 점수는 오히려 감소를 보임
- 한편 56 일 동안 RPC를 사료 내 급여 한 결과 56일 급여 기간 동안 ADG는 RPC 수준에 따라 증가를 보였으며 혈청 GH는 선형적으로 증가하였고, 시험종료일의 혈청 TG 농도는 선형적으로 증가함
- 혈청 CLSTRL 농도는 RPC 수준과 같았으나 모든 주 동안 평균을 보였으며, 도체 간질과 신장의 지방의 양은 선형적으로 증가하였으나, 근육과

간 지방 함량은 높은 수준의 RPC 급여에도 차이가 없음

- 따라서 위 결과를 통해 잠재적으로 RPC는 지방 대사 및 지방 대사와 관련된 대사 호르몬의 변화를 통해 비육말기 도체 성적을 향상시킬 수 있을 것으로 판단 됨
- 농림수산식품부 보고(2014)에 따르면 한우의 고급육 생산시스템이란 가축의 성장과정에서 근내 지방교잡을 촉진 시키는 것인데, 이러한 사양체계에서는 비육기 고 에너지 농후사료를 다량 섭취시키게 됨
- 이러한 농후사료 위주의 고 에너지사료의 섭취는 대사산물 중 Free radical 생산이 증가하는데 체내 항산화효소의 자유기 제거능력을 우회하게 되면 세포에서 자유기에 의한 세포 손상이 진행 되게 되고 각 조직에서 스트레스 신호가 작용하게 되는 것으로 알려져 있음(Van Ryssen, 1989)
- 이러한 스트레스는 지방세포 분화를 지연시키는 것으로 알려져 있으며, 특히 Nitric oxide는 지방세포의 분화를 억제하는 물질로 입증됨
- 최근 Zn의 급여는 체내의 Nitric oxide 발생을 줄여주는 것으로 나타나 근내 지방 교잡이 왕성하게 이루어지는 비육중기(생후 15~18개월)에 마블링 작용과 밀접하게 관련되리라 판단됨
- 무기태 아연(ZnO)의 급여는 유기태 아연(예를 들어 Zn-Lysine)에 비해 흡수가 현저하게 낮아서 유기태 아연을 첨가제로 활용하고 있음

② 시나몬(cinnamon)

[일반적 특성]

- 시나몬(cinnamon)은 녹나무속(Cinnamomum) 중 몇 종의 나무껍질에서 나오는 향신료로 조미료 또는 생약 등으로 사용하며 보통 cinnamaldehyde형태로 존재(그림 4)

[적용 사례 및 작용기전]

- 반추동물 대상 급여 실험에 대한 많은 보고가 되지 않았으나, 시나몬 추

출물을 사료 내에 첨가하여 급하였을 때 스트레스 저감 효과가 있을 것으로 추론(그림 5)

- 현재 Yang 등(2010) 연구에 따르면 반추위내 미생물의 발효 성상을 변화시켜 사료효율을 증진한다는 결과가 보고 됨

③ 스테비오사이드(stevioside)

[일반적 특성]

- 스테비오사이드는 국화과의 다년생식물 스테비아의 잎에 들어 있는 감미 물질로 자당의 약 300배에 달하는 단맛을 가지는 특성을 지님
- 비당질의 diterpene 구조를 가진 스테비올 배당체로서 수종의 천연물 유래의 스테비오사이드 유도체를 갖고 있음
- 주로 스테비아의 엽부분에 함유되어 있으며, 각 성분은 스테비오사이드 외에 rebaudioside-A, C, D, E, dulcoside-A, steviolbioside등이며, 이들 감미성분은 결합된 당의 종류 및 위치에 따라 감미도에 차이가 생김(그림 5)
- stevioside와 rebaudioside A가 주요성분이며 기타 감미성분은 미량 함유 되어있음

[적용 사례 및 작용기전]

- 최근에는 항균성을 가진다고 보고되고 있으며 이러한 항균성으로 인해 가축 내 항생제 대체 물질로서 가치를 규명하고자 하는 연구들이 진행 중임
- Atteh 등 (2008)에 의하면, 단위동물에서 스테비오사이드를 항생제가 첨가되지 않는 사료에 첨가하여 먹인 군이 대조군에 비해, 도체성적이 높은 것으로 보고 됨

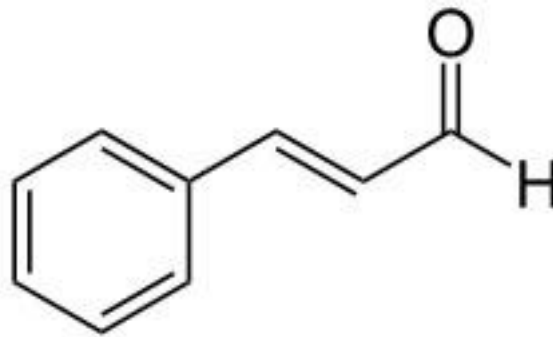


그림 4. Cinnamaldehyde의 화학 구조

(출처: virginia education)

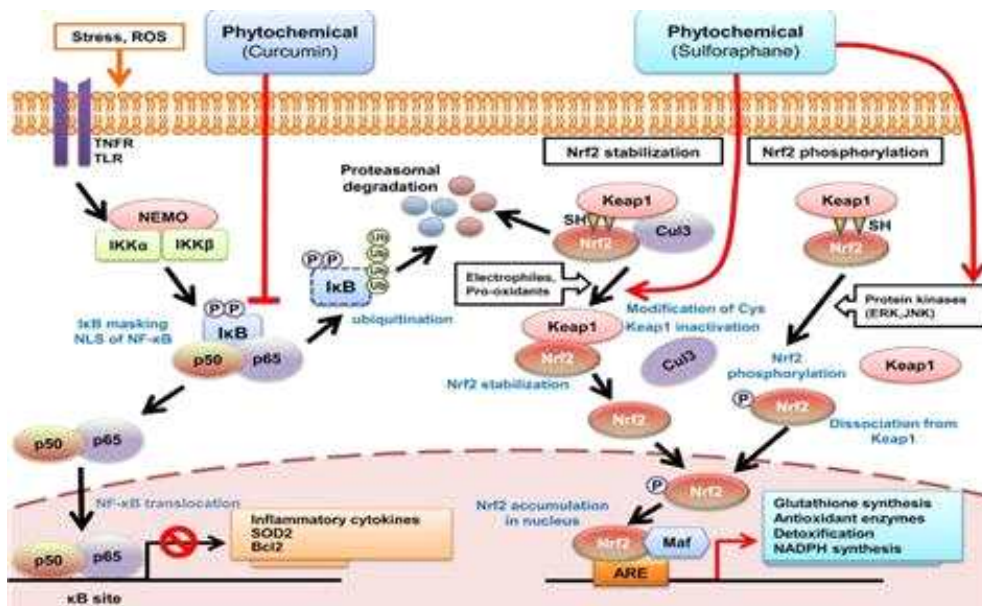
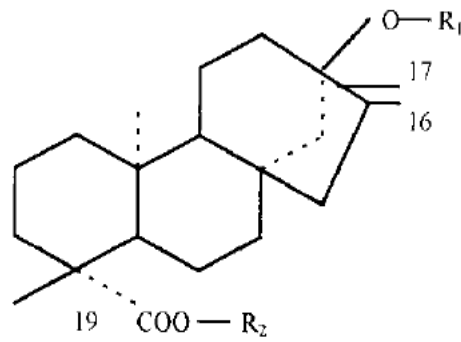


그림 5. Phytochemical(cinamon 포함)의 스트레스 저감 pathway

(출처: Lee 등, 2014)



	R ₁	R ₂	Sweetness*
1. Steviol	H	H	×
2. Steviolbioside	-β-Glc ² -β- ¹ Glc	H	1
3. Dulcoside A	-β-Glc ² -α- ¹ Rha	-β-Glc	40 - 60
4. Stevioside	-β-Glc ² -β- ¹ Glc	-β-Glc	200 - 250
5. Rebaudioside A	-β-Glc ² -β- ¹ Glc \ ³ -β- ¹ Glc	-β-Glc	250 - 300
6. Rebaudioside B	-β-Glc ² -β- ¹ Glc \ ³ -β- ¹ Glc	H	40 - 60
7. Rebaudioside C	-β-Glc ² -α- ¹ Rha \ ³ -β- ¹ Glc	-β-Glc	40 - 60
8. Rebaudioside D	-β-Glc ² -β- ¹ Glc \ ³ -β- ¹ Glc	-β-Glc ² -β- ¹ Glc	130 - 170
9. Rebaudioside E	-β-Glc ² -β- ¹ Glc	-β-Glc ² -β- ¹ Glc	150 - 250
10. α-Glucosyl Stevioside	-β-Glc ² -β- ¹ Glc	-β-Glc ³ -α- ¹ Glc	130 - 160
11. "	-β-Glc ² -β- ¹ Glc ⁴ -α- ¹ Glc	-β-Glc ⁴ -α- ¹ Glc	120 - 150
12. "	-β-Glc ² -β- ¹ Glc ⁴ -α- ¹ Glc	-β-Glc ⁴ -α- ¹ Glc ⁴ -α- ¹ Glc	"

*설탕의 2% 수용액을 감미도 1로한 비교치, Glc: glucose, Rha: rhamnose

그림 6. 스테비아의 구조 및 성분

(출처: 김무섭 등., 1997)

나. “L” 첨가제

- 유효성분 : 라이소인지질
- 효과 : 축우에 사료의 소화와 흡수 촉진, 가축 생산성 향상(FCR 개선, 일당 증체량 개선, 유량 및 비육 증진), 영양소 절감(사료 배합비 내 TDN 절감)
- 작용기전 :

① 라이소인지질 (lysophospholipid)

[일반적 특성]

- 모든 생물체의 최소 구성단위는 세포(Cell)이며, 세포는 인접한 세포환경과 밀접한 관계를 유지하고 있음
- 세포막(Cell membrane)은 이들 환경과 경계를 지어 이온이나 물질의 유입 및 출입을 통제함으로써 생명유지와 밀접한 관계가 있음(Biology education).
- 이 중 체내 상피세포막은 단백질과 지질로 이루어진 매우 얇은 단위막으로 단백질인 막단백질과 지질인 인지질과 콜레스테롤로 구성됨
- 세포막은 유동성을 특징으로 하며, 이것은 세포막의 선택적인 투과에 기여하며 내부가 소수성을 띠기 때문에 매우 선택적인 수송 기능을 수행함
- 분자의 크기가 작거나 소수성인 물질은 통과가 가능하며 그 외 대부분의 분자는 통과를 매개하는 각각의 막단백질이 세포막에 있을 경우에만 통과할 수 있음
- 세포막의 투과성은 물질의 분자크기, 지질에 대한 용해도 및 극성 등에 의해 좌우되며, 세포막의 유동성은 세포막의 지방산의 길이와 불포화 정도, 콜레스테롤에 의해 좌우 됨(Biology education).
- 라이소인지질은 효소(Phospholipase A2)적 가수분해를 통해 인지질에서 지방산이 하나 제거된 모노·아실 글리세로인지질로써, 세포막의 인지질 중 소량(<1%) 존재로(Wikipedia) 다양한 종류가 있으며, Polar부

분의 유기물에 따라 분류됨

- 이 라이소인지질은 원기둥 형태의 인지질과 달리 삼각뿔형태의 분자 구조를 가지며, 인지질과 성분은 유사하지만 형태적 차이로 인하여 세포막에 쉽게 침투하고 다양한 생리적, 물리적 역할을 수행함(그림 7)
- 또한 라이소인지질은 세포막의 유동성(세포막에 침투하여 세포막을 휘게 함)과 투과성(세포막 내 인지질과 치환되어 세포막의 Pore을 크게 함)을 증가시키기 때문에, 세포막을 통한 물질의 이동이 용이하며 또한 수송단백질이 통로를 활성화하기 위한 역학적 힘을 적게 소비시키며, 한번 활성화된 통로를 오랫동안 유지시켜 활성화를 지속시킴
- 아울러 라이소인지질은 세포막에서 cGMP를 형성하는 효소인 guanylate cyclase의 활성을 촉진시켜 cell signaling에 간접적으로 관여함으로써 혈관확장 등의 다양한 생리활성을 나타냄(Rivera & Chun., 2008)

[적용 사례 및 작용기전]

- 반추동물의 소화는 반추위 내 미생물에 의해 좌우됨
- 즉, 탄수화물과 단백질은 미생물에 의해 분해 및 이용되어 반추위 및 소장에서 흡수되고 지방은 소장에서 분해되고 흡수됨
- 이때 반추위에 서식하는 미생물은 라이소인지질에 의하여 미생물 세포막의 투과성이 증가하여 미생물 체내 효소의 분비가 증가하기 때문에 반추위 내 영양소의 분해가 촉진 됨
- 또한 소장 상피세포막의 투과성과 유동성이 증가하고, 세포막에 있는 수송 channel이 활성화되고 혈관이 확장되면 흡수된 영양소가 주요기관으로 다량 이동할 수 있음
- 특히, 근육의 혈관을 통해 지방이 원활히 이동하여 이들 작용기전은 사료효율, 생산성 및 육질 개선에 도움을 주는 것으로 사료됨

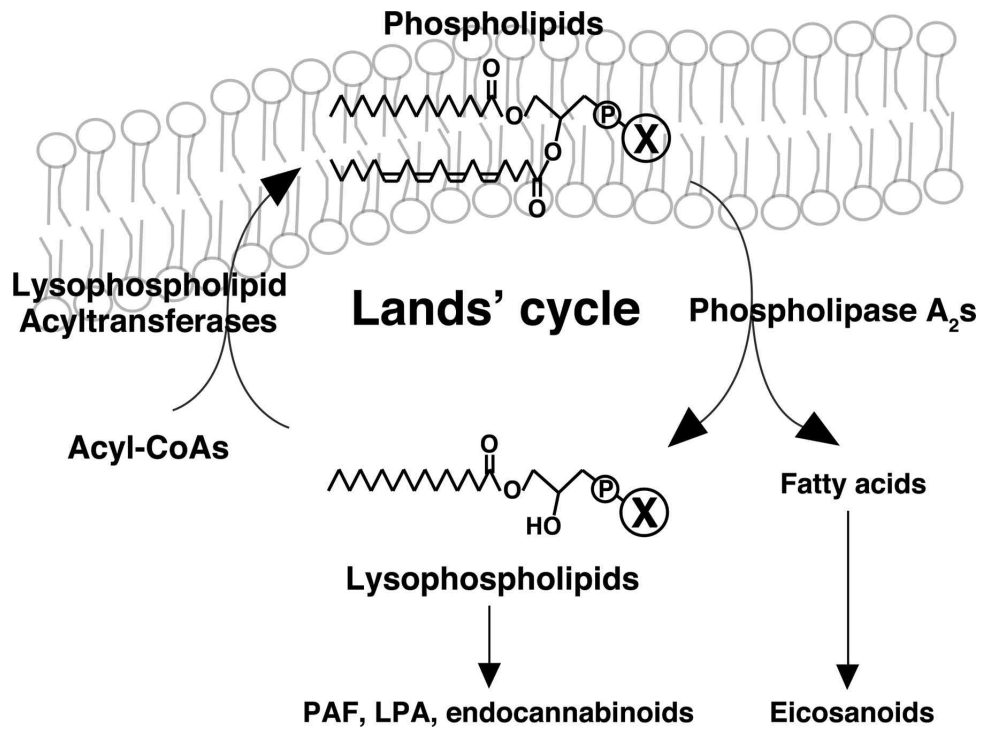


그림 7. 라이소인지질의 작용기전

(출처: Daisuke 등., 2008)

다. “O” 첨가제

- 유효성분 : 유기태 셀레늄
- 효과 : 번식성적, 고급육질, 육량증가, 면역증가, 사료효율개선
- 성분의 효능 : 가축의 세포단위에서 세포와 세포막의 산화를 막는 불특정 항산화제의 역할, 효소의 생합성에 관여하며 Vitamin E와 지방(특히, Triglyceride)의 흡수에 크게 영향
- 작용기작 :

① 셀레늄(selenium)

[일반적 특성]

- 셀레늄은 동물과 식물조직에 셀레노메티오닌(selenomethionine)과 셀레노시스테인(selenocysteine)의 형태로 존재하고, 글루타티온 과산화효소(glutathione peroxidase; GSHPx)와 셀레늄단백질 P(selenoprotein P)와 같은 셀레늄을 포함하는 단백질의 구성성분으로 혈장에 존재(Shi 등, 1994)(그림 8).
- 셀레늄은 세포막의 지방산화를 방지하여 세포막을 보호하는 glutathione peroxidase라는 효소의 일부분을 구성(그림 9)
- 이 효소는 세포내에 유기과산화물(organic peroxide) 및 과산화수소(hydrogen peroxide)의 축적을 방지하는 중요한 효소로 셀레늄의 가장 대표적인 효능인 항산화 작용을 들 수 있음
- 항산화 작용이란 인체 내에서 노화를 촉진하는 활성산소를 제거해주는 기능을 말하며, 셀레늄의 항산화 작용은 또 다른 항산화제로 알려진 천연비타민 E 보다는 1,970배, 합성비타민 E 보다는 2,940배 정도 강력한 효과를 냄(Van Ryssen 등., 1989)

[적용 사례 및 작용기전]

- 사료에 셀레늄을 첨가하여 조직 내 셀레늄함량을 강화시킨 축산물을 섭취한 인체에서 생리활성을 나타내는 다양한 종류의 셀레늄함유단백질

(selenoproteins)의 발현이 증가될 수 있을 뿐만 아니라 셀레늄 부족으로 발생할 수 있는 각종 질병예방에 도움을 줄 수 있음(Finley, 1999)

- 축산물 내 셀레늄의 축적정도는 축종에 따라 달라지는데, Wright와 Bell(1966)은 반추동물과 단위동물간의 비교연구에서 단위동물이 반추동물보다 2.5배 이상 그 축적효율이 높다고 보고하였으며, 이는 반추위 내 미생물의 작용에 의하여 기인한다고 함
- 또한 가축에 화학적 형태가 다른 셀레늄급원(유기 및 무기)을 급여하였을 때, 유기셀레늄이 무기셀레늄보다 장관 내 흡수 및 축적효율이 높은 것으로 보고 됨(Ortman과 Pehrson, 1999; Lawler 등, 2004)
- 아울러, 유기셀레늄은 체내 단백질에 비특이적으로 결합하여 저장되므로(McConnell과 Hoffman, 1972), 각종 축산물(우유, 고기, 계란 등)내 셀레늄 함량의 증가는 유기셀레늄 급여에 의하여 가능한 것으로 알려지고 있음
- 특히, 반추동물에서 반추위내 환원된 환경으로 인하여 대부분의 무기셀레늄은 반추위내에서 불용성 selenide로 전환되어 하부장관에서 거의 흡수되지 못하고 분으로 배설되기에 셀레늄강화 축산물을 생산하는데 한계가 있는 것으로 보고(Butler와 Peterson, 1961; Hidirolou 등, 1968)
- 이에 따라 일반적으로 셀레늄강화 축산물을 생산하기 위하여 유기셀레늄을 사용하고 있고, 대표적인 유기셀레늄제제로 셀레늄강화효모를 들 수 있으며, 이는 주로 체내 이용효율이 높은 selenomethionine 형태의 셀레늄을 함유하고 있음(Kelly와 Power, 1995)
- 하지만 셀레늄강화 효모는 가격면에서 축산농가에서 사용하기에는 부담스런 면이 있음
- 한편, 최근 연구에서 가축의 유기셀레늄 공급기능 뿐만 아니라 부존사료 자원의 이용측면에서 셀레늄강화 머신펜배지를 셀레늄강화 한우고기 생산의 사료로 활용한 바 있음

- 비용이 저렴한 셀레늄강화 버섯폐배지는 셀레늄강화 버섯을 생산한 후 폐기되는 부산물로서 여기에는 다량의 섬유질뿐만 아니라 버섯으로 전이하지 못한 다량의 셀레늄이 존재하여 비육후기 한우에 일정기간 급여하면 셀레늄강화 한우고기 생산이 가능한 것으로 보고(Lee 등, 2006)
- 또한 이 등(2005)의 연구보고에 의하면 버섯폐배지내 셀레늄은 셀레늄강화버섯을 재배하기 위하여 첨가된 무기셀레늄이 폐배지내균사에 의하여 유기형태로 전환되어서 주로 유기셀레늄을 함유하는 것으로 조사됨
- 이 때 혈중 셀레늄농도, 조직 내 셀레늄 함량이 사료 내 셀레늄 농도가 증가함에 따라 비례적으로 증가하고, 혈중 항산화효소인 글루타치온 과산화효소(glutathione peroxidase, GSH-Px) 활성이 증가한다고 보고하였으며, 이들 변수는 사료내 셀레늄 농도가 가장 높은 수치를 나타냄

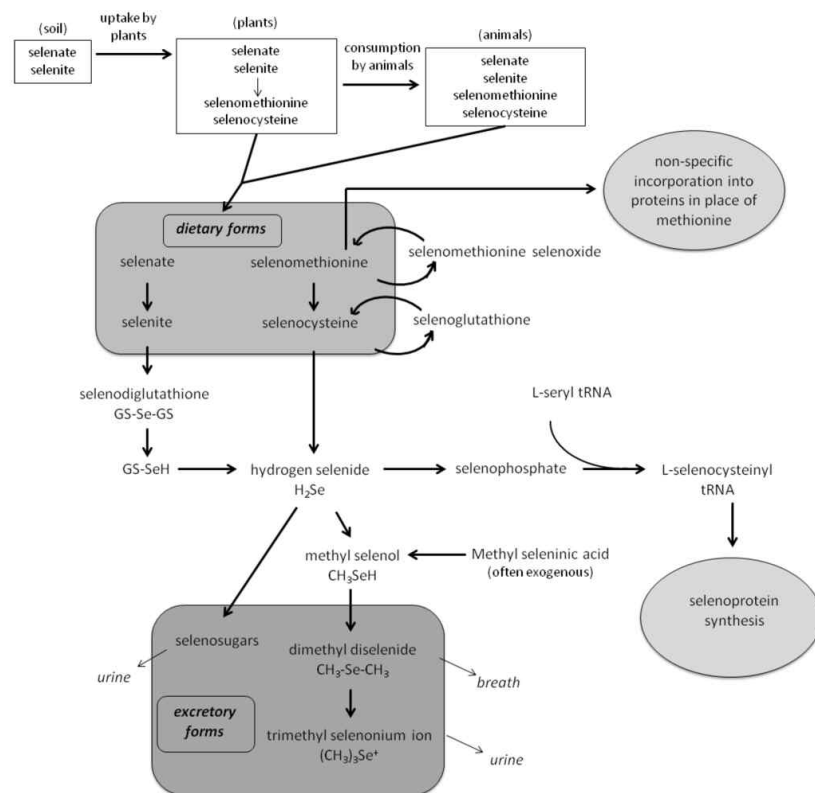


그림 8. 셀레늄의 생물학적 기작도

(출처: Chemistry MSU Education)

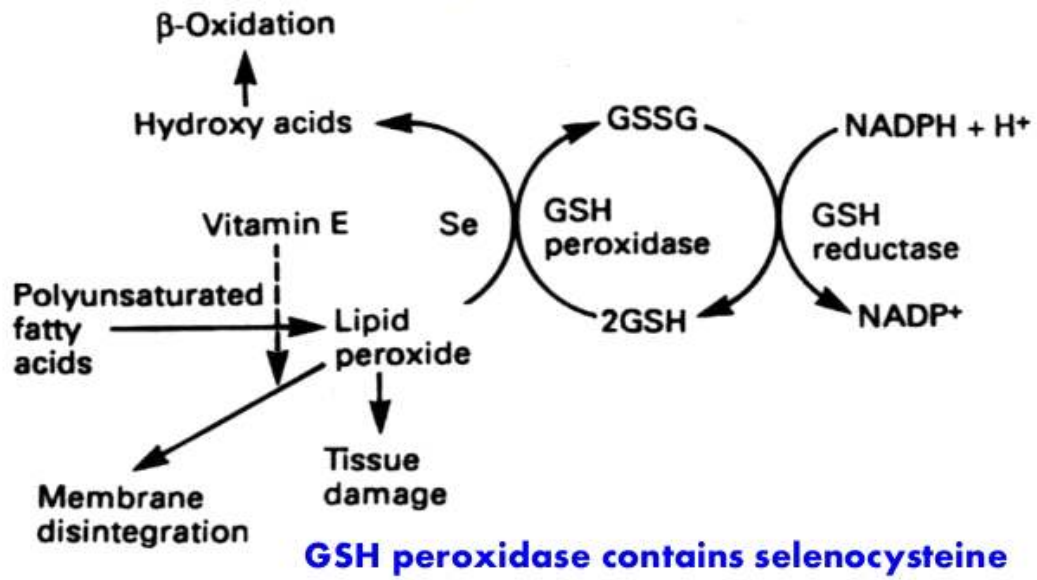


그림 9. 셀레늄의 항산화 작용 기작도

(출처: Chemistry MSU Education)

라. “P” 첨가제

- 성분 : 비타민C
- 효능 : 반추위 통과율 개선(73%), 총 소화율 개선(70%; 반추위 27%, 위 3%, 소장 40%), 장내 흡수율 증가, 근내지방합성 촉진(표 7)
- 사양실험 결과 : 1등급 이상 출현율 97.5%(1++ 등급: 28.2%, 1+ 등급: 38.5%, 1등급: 30.8%) 및 “P” 첨가제 첨가 시 육질등급 기준으로 649원/kg 의 효과발생

표 7. 첨가제 성분 및 효능

성분	효능	참고문헌
비타민C	GPDH, LPL 효소들의 활성을 증가시켜서 지방세포 성장 및 분화 촉진	Kawada et al., 1990
	지방세포들간에 collagen형성을 하여 지방조직이 더 잘생기게 하는 역할	Ono et al., 1990

▪ 작용기전 :

① 비타민C(vitamin C)

[일반적 특성]

- 비타민 C는 인체의 기능과 건강 유지를 위한 미량 원소 중의 하나로 아스코르빈산이라고도 함(그림 10)
- 인체가 감염에 대해서 저항하며 상처를 치유하고 조직을 건강하게 유지할 수 있도록 도우며 항산화제 중의 하나로서 자유기 (free radicals)에 의한 세포 손상을 방지 함(식품영양 위키)(그림 11)

[적용 사례 및 작용기전]

- 비타민C를 이용한 고급육 생산을 위한 비타민 급여기술은 크게 두가지로 나눌 수 있음

- 한가지는 비타민A의 급여량을 최소한으로 줄여 근내지방 축적을 늘리는 것인데 이 기술은 경우는 필수영양소의 공급을 줄여 소의 건강을 다소 해치면서 근내지방 증가에 의한 등급을 향상을 시키는 것(Ward 등, 2012)
- 다른 하나는 비타민C를 근내지방이 생기기 시작하는 비육전기부터 첨가 급여 함으로써 비육우의 건강도 증진시키고 근내지방도를 높여 소득을 향상시키는 역할을 함(Takahashi 등, 1999)
- 다만 비타민A 결핍 기술에 비해 비용적인 측면에서 추가적인 부담이 있지만 이를 급여함으로써 보다 안전한 고품질 한우고기를 생산하여 양축가는 물론 소비자도 만족할만한 기술이라 할 수 있음
- 비타민C는 자연에 존재하는 가장 강력한 항산화물질 중의 하나로 특히 사람과 물고기에게는 필수적인 영양소이지만 소와 같은 반추동물은 간에서 합성이 가능하여 그다지 중요한 위치를 차지하는 영양소는 아님
- 그러나 각 근육과 특히 혈관벽을 튼튼하게 하는 콜라겐 단백질을 구성하는 필수 요소로 이것이 부족하면 혈관 벽이 약해져 피가 계속 나는 괴혈병이 발생할 수 있음
- 한편 일본 교토대 야노 교수 연구팀(2007)의 실험결과 비타민C의 지방 합성효소의 활성도가 증가하고 근내지방 전구세포의 분화를 촉진시키는 것으로 나타남
- 반추동물은 기본적으로 필요한 비타민C를 체내에서 합성이 이루어지므로 전 기간보다는 근내지방이 축적되는 12개월령부터 급여하는 것이 바람직하고, 반추위에서는 모든 수용성비타민이 미생물에 의해 분해되어 활성이 사라지므로 반추위를 통과할 수 있도록 특수한 처리를 해 주는 것이 필요
- 한편 일본의 여러 시험장과 학계들의 다양한 연구결과 비육전기인 12개월령부터 비육후기 초반인 24개월령까지 두당 체중kg당 40mg을 급여할 경우, 근내지방은 물론 고기의 색택, 조직감 등이 많이 개선되는 결과를 보고됨(Padilla 등., 2007; Takahashi 등., 1999).

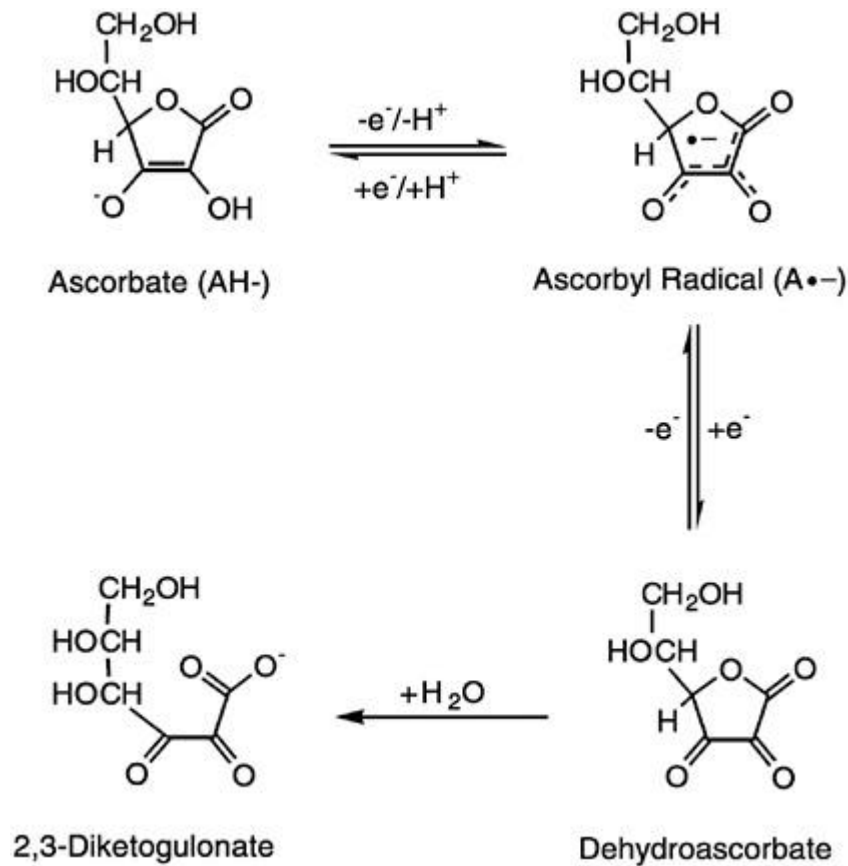


그림 10. 비타민C(ascorbic acid)의 화학구조

(출처: Yoon, 2013)

- Donate 1 e- $\longrightarrow$ semidehydroascorbate (ascorbyl radical)

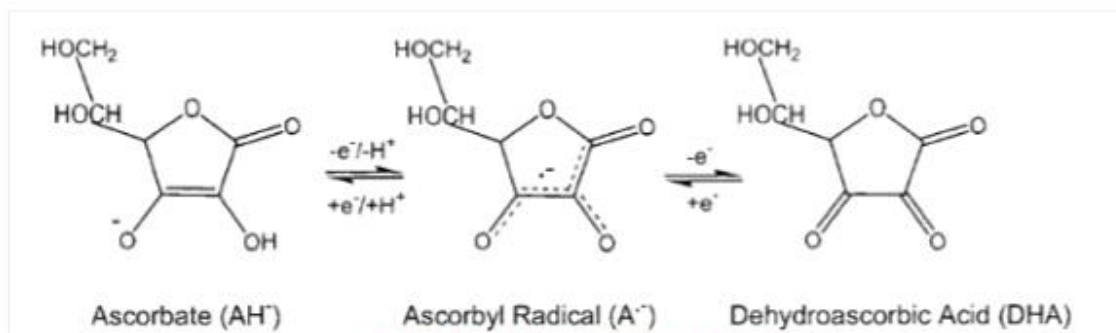


그림 11. 비타민C(Ascorbic acid)의 항산화 작용

(출처: McDowell, 2013)

마. “Q” 첨가제

- 유효 성분 : 비타민 A, D, E
- 효과 : 체내 지방대사 조절
- 작용기작 :

① 비타민A(vitamin A)

[일반적 특성]

- 네 단위의 이소프레노이드(isoprenoid)가 머리•꼬리의 형태로 결합하여 다섯 개의 이중결합을 갖는 화합물군에 속하며, 이들은 이중결합을 가지고 있어 산화에 매우 예민함
- 비타민 A는 ‘레티노이드(retinoids)’로 알려진 지용성 물질군으로 레티놀(retinol), 레티알데히드(retinaldehyde), 레티노인산(retinoic acid)의 3가지 형태가 존재(그림 12)
- 이들은 상호전환될 수 있지만, 일단 레티노인산으로 되면 더 이상 전환되지 않는 것으로 알려짐
- 비타민 A는 시력, 성장 및 발달 그리고 면역의 3가지 기본적 생리기능을 유지하기 위해 필요함(식약처 건강기능식품 기능성원료, 2011., 식품의약품안전처)

[적용 사례 및 작용기전]

- 비타민은 동물에게 소량으로 필요한 여러 형태의 유기물로 모든 동물세포의 정상적 대사 작용에 필수물질이며, 대부분 조효소의 역할을 하여, 가축의 생리기능을 유지하고 성장과 번식에 필수적인 영양소
- 사료 중 비타민 A는 주로 retinyl ester형태로서 소장 상부의 체액에 함유되어 있는 retinol ester hydrolase에 의해 가수분해 되어 retinol을 형성한 다음 흡수
- 그 후 림프관의 chylomicon과 함께 체내에 흡수되어 비타민 A ester

(주로 retinyl palmitate)로 저장되고 혈중 retinol 결합단백에 의해 조직으로 이동됨(Hirota 등, 2001, 그림 13)

- 반추가축에서의 비타민 A의 필요성에 관한 내용으로는 동물의 시력, 생식기능, 골격성장, 상피세포 유지, 상피조직내의 거대분자의 합성 및 세포유지 등 동물의 건강과 면역기능의 유지 및 질병발생을 억제하기 위하여 필요한 영양소로 알려짐(McDowell, 1989)
- Chae 등(2003)의 연구에 따르면 비타민 A가 비육우의 육질에 미치는 영향에 대해서는 최근 일본을 중심으로 연구가 계속되고 있음
- 岡(1991)은 28-31개월령의 흑모화종 거세우 31마리에서 비타민 A와 근내지방도 사이에 서로 부(負)의 상관($r=-0.37$)이 있어, 혈액 중 비타민 A 수준이 낮으면 근내지방도가 높아진다고 보고 함
- 失野(1992)는 흑모화종 거세우에서 간장 중 비타민 A의 함량과 BMS(beef marbling score) 사이에는 부(負)의 상관, BCS(beef color standard)와는 정(正)의 상관이 있다고 보고됨
- 高橋 등(1993)은 혈중 비타민A 수준이 낮으면 BMS치가 높아지며, 비타민A와 BMS간에는 부(負)의 상관($r=-0.503$)이 있다고 보고 됨
- 또한, 甫立(1995)은 거세우와 미경산우 공히 혈장 중 비타민 A 수준과 BMS 간에는 부(負)의 상관($P<0.01$)이, BCS와는 정(正)의 상관이 있다고 보고 됨
- 미경산우의 경우 비타민 A와 배최장근단면적간에는 부(負)의 상관이 나타났으며, 비타민 A가 육질에 미치는 영향은 비육후기가 아니라 좀 더 빠른 시기 즉, 비육전기에 비타민 A값이 저하되면 BMS가 향상된다고 보고 됨
- 비타민 A의 제어기간이 긴 구의 경우 배최장근의 조지방 함량이 높고, 전단력가는 조지방 함량과의 사이에 부(負)의 상관이 나타난다고 보고 됨(常石, 1999)

- 이는 쇠고기 중 지방 함량의 높음 즉, 근내지방도가 높을수록 고기의 연도가 증가하는데, 이는 비타민 A의 체어가 전단력가를 낮게 하고 연한 쇠고기를 생산하기 때문이라고 생각 됨
- 神辺 등(1997)에 의하면 비타민 A 급여를 조절한다고 해서 증체량, 체고, 흉위에 직접적인 영향은 없다고 보고 됨
- 또한 비타민 A는 생체내에서 약 80%가 간장에 축적되어 있기 때문에 그 생체가 가지고 있는 정확한 비타민 A량을 알기 위해서는 혈중 농도 뿐만 아니라, 간장 중의 비타민 A 함량을 측정할 필요가 있다고 하였지만, 혈중 비타민 A 농도를 측정함으로써 간장 중 비타민 A 함량을 어느 정도 추측할 수는 있다고 보고 됨(岡 등, 1999)
- 따라서 비육후기 비타민 A의 급여는 사료 섭취량 증가 및 육량의 증가는 물론 비육전기 상대적으로 낮은 비타민 A제한 급여로 인한 요석증 발병을 막을 수 있을 것으로 판단됨

② 비타민D(vitamin D)

[일반적 특성]

- 비타민 D는 동물체에서 구루병을 예방하고 치료하는 활성을 갖는 지용성 sterol의 모든 유도체를 이르는 일반 명칭으로 모두 6종류가 있으나 비타민 D2와 비타민 D3가 가장 흔한 형태(그림 14)
- 비타민 D2(ergosterol)는 식물체에 존재하는 ergosterol이 전구체이고, 비타민D3(cholecalciferol)는 동물체에 존재하는 7-dehydrocholesterol이 전구체이며, 이들 전구체는 각각 식물체와 동물체 내에서 자외선 조사에 의해 생성
- 비타민 D는 칼슘과 인의 흡수, 정상적인 골격형성 및 골격으로부터 칼슘의 동원에 필요하며(식약처 건강기능식품), 또한 면역세포 기능의 조절 역할도 보고됨(Karges 등, 1999).

[적용 사례 및 작용기전]

- 가축의 피부에서 합성되거나 사료에서 유래한 비타민 D는 즉시 간으로 이동하여 저장하여 간에서 비타민 D는 4배 정도나 활성이 강한 25-hydroxy 비타민 D로 전환되며, 이것은 다시 신장으로 이동하여 25-hydroxy 비타민 D보다 5배 정도 활성이 강한 호르몬인 1, 25-hydroxy 비타민 D로 전환됨(그림 15)
- 그러므로 비타민들 중에서도 비타민 D는 호르몬의 전구체가 된다는 것이 특징(Daniel 과 Bikle, 2013)
- 비타민 D2와 D3 모두 사료 내 첨가용으로 이용 가능하며, 소에서 이들 두 형태의 생물학적 활성은 같음
- 비타민 D 요구량은 일률적으로 제시하기가 매우 어려우나 가축이 충분한 일광에 노출되거나 심지어 일광 건조한 건초의 섭취만으로도 비타민 D 결핍증은 전혀 유발되지 않기 때문
- 그러나, 철저한 계류식 옥내 사양 방식에서는 결핍증의 발현에 유의해야 하며 비타민 D 첨가를 고려해 볼 필요가 있음
- 송아지에서 비타민 D 결핍증에서 가장 뚜렷한 증상은 구루병으로 흔히 수반하는 증상에는 혈액 내 칼슘과 인 감소, 부종과 굳은 관절, 식욕부진, 신경과민, 경련 등이 있음
- 성축에서는 골연화증, 골절 및 후구마비로 인한 척추골절이 나타날 수 있으며 태어난 송아지는 허약하거나 기형 또는 아예 사산하기도 함
- 비타민 D의 일반적인 결핍증상은 식욕감퇴, 성장부진, 소화기능 이상, 호흡 이상 및 무력증임
- 과잉 급여도 다양한 증상을 유발하며 대개는 혈중 칼슘농도가 비정상적으로 상승하는데 이는 골격으로부터의 칼슘 재흡수와 소장에서의 칼슘 흡수가 증가되기 때문임
- 이는 체 내 연조직에 광범위한 칼슘 침착과 골격의 약화를 초래하며 그 밖의 비타민 D 중독 증상은 사료섭취 거부와 체중 감소임(Daniel 과

Bikle, 2013)

- 육성기 및 비육기 소의 비타민 D 요구량은 275 IU/kg DM로(NRC, 2000) Hidioglou 등(1979)은 비타민D 첨가와 계절의 변화가 축사 내, 외에서 사육되는 거세우의 혈중 비타민D 농도에 미치는 영향을 구명하는 연구를 실시함
- 일조량이 적은 11월부터 5월 중순까지 혈중 비타민 D 농도는 무첨가구보다 첨가구에서 높게 나타남(24 vs 14 ng/ml)
- 같은 기간 동안 축사 내, 외에서 사육되는 소의 비타민 D 농도에는 차이가 없음(19 ng/ml)
- 그러나 일조량이 많은 5월부터 7월까지의 경우, 축사 내에서 사육하는 소(21 ng/ml) 보다 축사 밖에서 사육하는 소(49 ng/ml)가 월등하게 혈중 비타민D 농도가 높게 나타남
- 특히 이 기간 동안에는 비타민D 첨가구와 무첨가구에서 혈중 비타민 D 농도의 차이가 없어서, 계절적 일조량에 따라 비타민 D의 혈중 농도가 크게 변화한다는 것을 제시함
- “비타민 A 조절을 통한 축우의 고급육 생산” 보고서(2015)에 Kreikemeier와 Mader(2004)는 겨울철에 사육된 비육우가 여름에 사육된 비육우에 비하여 마블링이 현저하게 향상된다고 보고
- 이러한 계절적 요인이 마블링에 영향을 미치는 것은 계절별로 비타민 D 혈중 농도가 다른 것과 관계가 있다고 생각할 수 있음
- 즉, 가을철 도축 비육우의 경우 육질등급이 낮은 이유는 일조량이 많아 비타민 D의 체내 합성이 높기 때문이고, 겨울철 도축 비육우의 경우 육질등급이 높은 이유는 일조량이 적은 가을과 겨울을 거치면서 비타민 D 혈중 농도가 낮기 때문인 것으로 추론됨
- 비타민D 조절에 있어 비타민 D의 제한이 지방전구세포의 분화를 촉진한다는 in vitro 실험은 많지만 비타민 D 제한을 통한 비육우 고급육 생산에 대한 in vivo 연구는 매우 제한적임

- 최근에 미국 오하이오대학의 Pickworth 등(2012)은 개시체중 약 260 kg 앵거스 거세우에게 184일 동안 비타민 D 제한 시험을 실시
- 첨가구에는 1,860IU/사료kg(DM)의 비타민 D를 첨가(SD)하였으며, 제한구(ND)에는 비타민 D를 비첨가 함
- 그 결과, 실험개시 시 혈(serum) 중 25(OH)D3 농도는 약 15ng/ml 이었는데 70일 이후부터 SD구는 약 4배 증가한 60ng/ml을 나타냈으며 ND구는 15ng/ml 이하를 나타냄으로서 비타민 D 제한이 혈중 비타민D 농도를 최대 60% 까지 감소시킴을 시사함
- SD구 및 ND구 모두 체중, 일당증체량, 사료섭취량 및 사료요구율에 아무런 영향을 미치지 않았으나, ND구에서 육질등급이 향상되는 경향을 보임
- 흥미로운 사실은 비타민 D의 농도가 제한수준인 혈중 농도 15ng/ml 이하로 감소하였음에도 불구하고 사료섭취량은 물론 산육성적에 아무런 영향을 미치지 않음
- 비타민A 제한의 경우와 같이 혈중 비타민 A 농도가 일정수준($90\mu\text{g}/\ell$; 30IU/dl) 이하로 감소하면 야맹증 등과 같은 부작용이 발생하지만 비타민 D 제한의 경우 상기의 연구에서 알 수 있듯이 산육성적에 아무런 영향을 미치지 않았다는 점은 비타민D 제한의 큰 장점임
- 따라서 비타민 D 제한의 경우 적정 첨가수준을 고려하지 않아도 된다고 말할 수 있으나, 무첨가 기간의 경우 Pickworth 등(2012a)의 연구에서 약 6개월 동안 비타민 D 무첨가구에서 앵거스 거세우의 육질을 향상시키는 경향을 보였지만 유의적인 수준에서 영향을 미치지 않았으므로 6개월 이상 비타민 D를 제한하는 것이 바람직할 것으로 제시 됨

③ 비타민E(vitamin E)

[일반적 특성]

- 비타민 E는 α -tocopherol의 생물학적 활성을 발현할 수 있는 모든 tocopherol과 tocotrienol에 대한 일반적인 용어
- 식물의 유지성분에 α -, β -, γ -, δ -tocopherol이 포함되어 있으며, 이 중 α -tocopherol의 생리 활성이 가장 강하고, 또한 사료 중에 함유된 비타민 E의 가장 흔한 형태이기도 함(그림 16)

[적용 사례 및 작용기전]

- 사료 내 비타민 E의 안정성에 영향을 미치는 요인은 열, 산소, 수분, 불포화 지방산, 미량광물질 및 높은 질산염 등과 같이 매우 다양하며 사료의 가공도 안정성에 영향을 미칠 수 있음
- 예를 들어 자연 건조 시에도 옥수수 내 비타민 E의 15-25%가 손실되며, 또한 고수분 사료는 저수분 사료에 비해 비타민 E가 더 빠르게 손실된다고 함
- 따라서 사료 내 비타민 E 함량이 일정하지 않아 적절한 첨가량을 결정하기가 매우 어려움
- 가축의 비타민 E 요구량은 사료 내 항산화제, 함황 아미노산 및 셀레늄 함량에 따라 다르므로 결정하기 매우 어려움
- 또한 비타민 E는 간과 지방조직에 가장 높은 농도로 나타나지만 특정기관에 국한되지 않고 전신에 분포되어 생물학적 항산화제 역할(그림 17)을 수행(Maret, 2013)
- 최근의 연구는 단지 결핍증을 예방하는 차원에 국한되어 있지 않음. 즉, 여타 비타민에 비해 비타민 E가 가축에게 미치는 다양한 영향에 관한 많은 연구가 수행되고 있음
- 비타민 E의 항산화제 효과, 면역 증진, 질병 저항성 증가 및 축산물의 품질 향상에 관한 고찰이 마련되어 있음

- 송아지에서 비타민 E와 셀레늄 첨가가 병원균으로부터 감염예방에 효과적이었으며(Martin 등, 1992), 사료 내 비타민 E 함량이 낮은 사료를 급여한 송아지에 비해 1일 125 IU의 비타민을 투여한 송아지에서 면역반응이 극대화된다고 보고됨(Lawley 등, 1994)
- 균형 잡힌 사료를 급여한 반추가축에서 비타민 E를 첨가했을 때도 체액성 면역을 증강시켰다는 결과를 볼 때 명백한 결핍증이나 성장지연 등의 증상을 근거로 한 비타민 E 요구량은 가축에게 최상의 건강을 보장할 수는 없는 것으로 사료됨
- 장기간의 수송과 청초에서 고농후사료의 비육우용 사료로 전환한 육성우에게 1일 두당 비타민 E(α -tocopherol acetate) 450 IU를 첨가 급여했을 때 초기 생산성에 긍정적인 효과가 있음(Schubert 등, 1997)
- 비육우에게 266일간 1일 비타민 E 300 IU를 급여했을 때 도축한 쇠고기의 냉장기간 중 근육조직에서 변색 정도가 적었으며, 비타민 E 급여량을 늘린 단기간의 급여(67일간 1일 비타민 E 1,266 IU 또는 30일간 1,317 IU)에서도 유사한 효과가 있음(Krlahbial 등, 2003)
- 이는 비타민 E가 세포막에서 지용성 항산화제 역할을 하기 때문이며, 조직 수준에서 고기 내 색소와 지방을 안정화시키기 때문인 것으로 풀이됨
- 비타민 E 결핍증은 불포화 지방 섭취에 의해 촉진되거나 악화될 수 있어서 어린 송아지의 전형적인 결핍증상은 백색근 병으로 주로 근육장애와 간 괴사를 나타냄
- 비타민 E 과잉증에 대해 반추가축에서는 보고된 바가 없으며 대부분의 동물에서 비타민 E 허용 수준 범위가 매우 넓은 것으로 관찰됨
- 연구 보고에 따르면 비타민 E는 비육우의 증체량과 사료요구율을 유의적으로 증가시킨다고 보고됨(Pehrson 등, 1991)
- 또한 비타민 E를 첨가했을 때 쇠고기 육색이 선명하게 안정되고 저장기간이 길어진다고 하였으며(Irie 등, 1999; Liu 등, 1996), 이는 비타민 E를 첨가한 사료를 먹고 생산된 쇠고기에서 metmyoglobin 생성이 감소

되고 지질의 산화가 현격하게 억제되기 때문임

- 또한 쇠고기 중에 비타민 E 함량이 많으면 고기 색깔의 변색이 지연되고 지질산화도 억제된다고 보고 됨 (Kuriki 등, 2000)

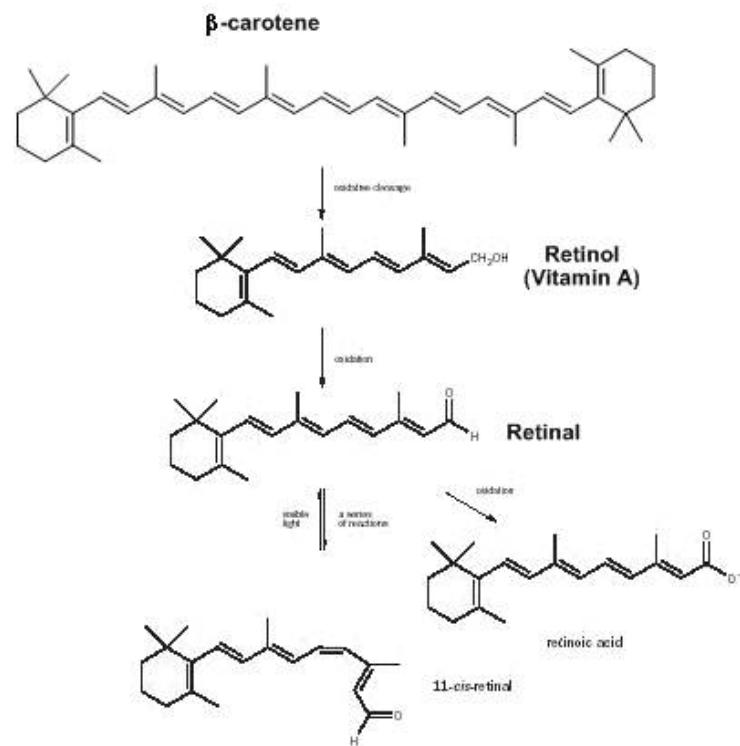


그림 12. 비타민A의 화학구조 및 합성 경로

(출처: Yano 등., 1998)

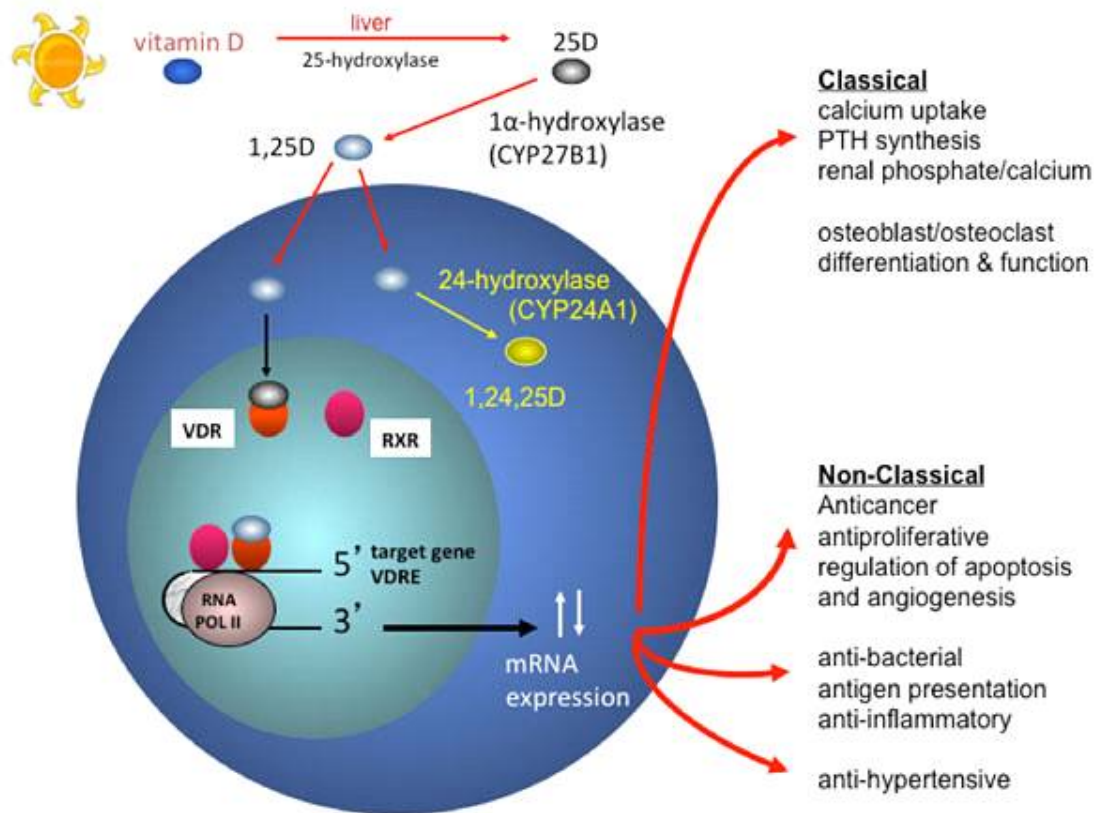


그림 15. 비타민D의 대사과정 기작도

(출처 : Schulerer 등, 2007)

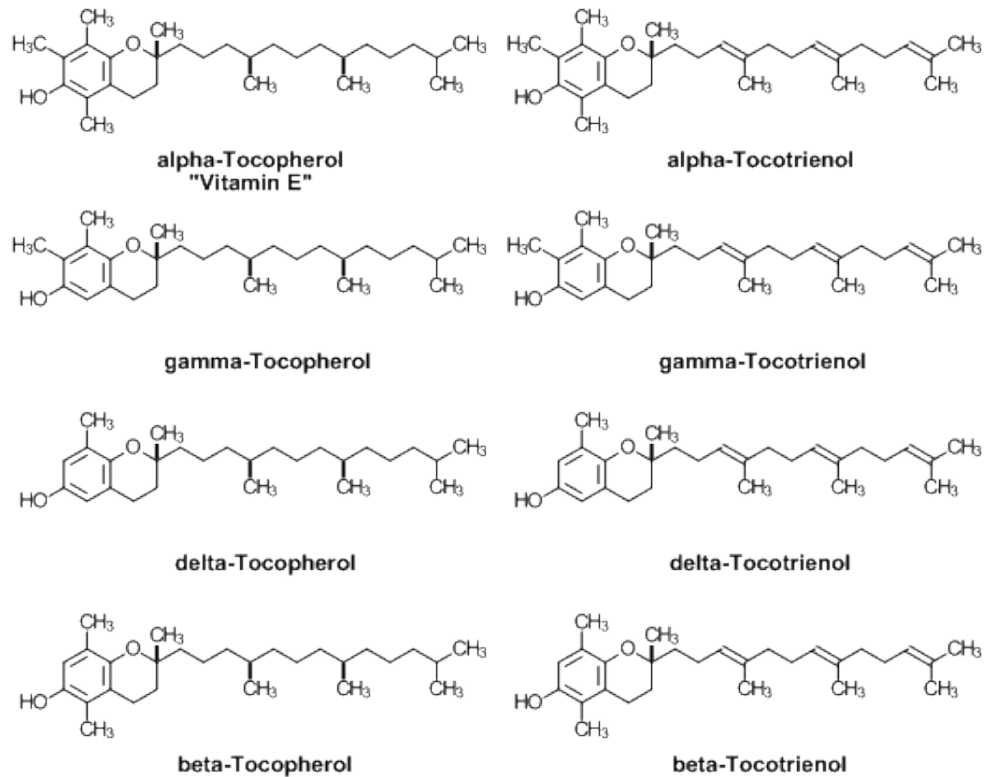


그림 16. 비타민E의 화학구조

(출처: vita-dose.com/benefits-of-vitamin-e.html)

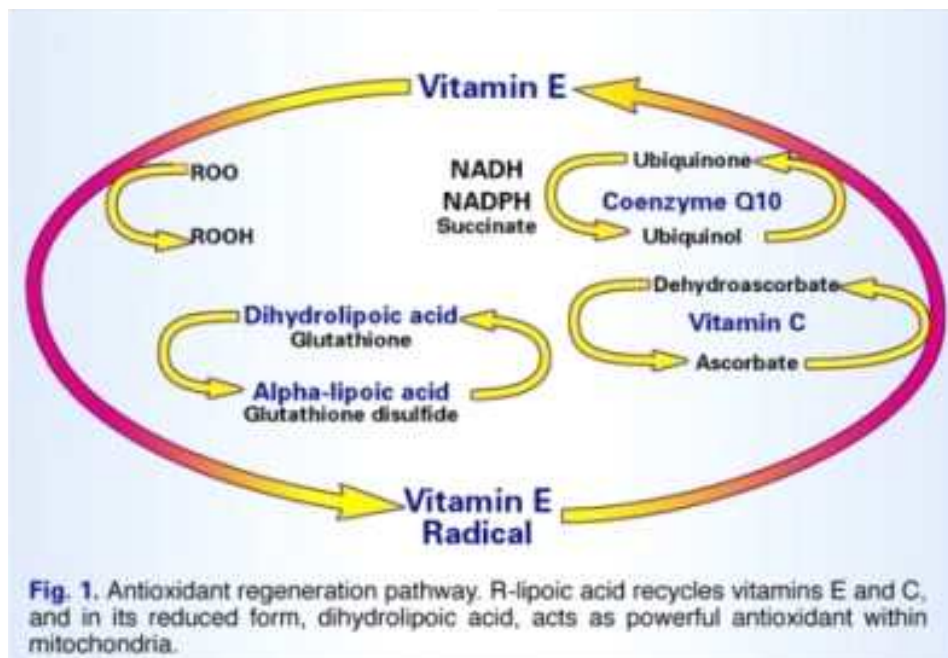


그림 17. 비타민E의 항산화 작용 기작도

(출처 : Lawley 등, 2007)

제 2절. 한우사료 첨가제(5종)의 사양시험

1) 연구 목적

- 국내에서 시판되고 있는 비육후기 거세한우 첨가제를 농가, 배합사료 회사 및 TMR 컨설턴트와의 면담과 각종 국내외 논문 및 보고서를 통해 선정 된 최종 첨가제 5종에 대하여 그 효과를 재검증하여 거세한우 농가의 첨가제 이용에 대한 실증자료를 제공하기 위하여 본 연구를 실시함

2) 연구 방법

(1) 시험 농가 선정

- 본 사양시험은 충남 및 경기도에 위치한 3개(이하, “가, 나, 다” 농가)의 농가를 선정하여 평균 24개월령 거세 한우를 총 96두* 선발을 통해 동일한 첨가제를 3개의 서로 다른 농가에서 진행함

※ 당초 연구계획서에서는 78두를 이용할 예정이었으나, 18두를 추가하여 총 96두 선정

표 8. 농가별 공시동물 평균 개월령 및 기초 급여 사료

구분	“가” 농가	“나” 농가	“다” 농가
평균 개월령	23.6±0.12	23.7±0.09	23.7±0.25
기초급여사료	자가TMR	자가TMR+배합사료	배합사료+조사료

< “가” 농가 >



< “나” 농가 >



< “다” 농가 >



그림 18. 시험목장의 전경

(2) 개시체중 및 근내지방도에 따른 그룹화 작업

- 농가별 개시체중 측정 및 초음파(근내지방도) 분석을 진행하여 그룹 간 유의적 차이를 보이지 않게 펜(Pen)당 5-6두로 배치함(표 9)

표 9. 농가별 시험축의 평균 개시체중 및 초음파 결과에 따른 그룹화

	대조구 ¹⁾	시험구				
	무첨가구	I	L	O	P	Q
“가” 농가						
두수, n	5	5	5	5	5	5
개시체중, kg	609±25.5	608±25.3	596±12.9	605±19.8	595±22.3	601±26.7
근내지방도, No	3±0.5	3±0.6	4±0.4	3±0.5	3±0.5	3±0.2
“나” 농가						
두수, n	6	6	6	6	6	6
개시체중, kg	628±29.7	639±13.0	622±25.9	644±27.9	624±12.1	624±18.6
근내지방도, No	4±0.5	4±0.3	4±0.4	4±0.6	4±0.6	4±0.5
“다” 농가						
두수, n	5	5	5	5	5	5
개시체중, kg	652±20.9	640±25.2	653±19.6	650±29.4	652±33.6	656±19.3
근내지방도, No	3±0.2	3±0.4	3±0.3	3±0.2	3±0.4	3±0.2

Values are expressed as means ± SEM (n = 5-6).

¹⁾대조구: 농가별 기초사료



그림 19. 체중 및 초음파 작업 전경

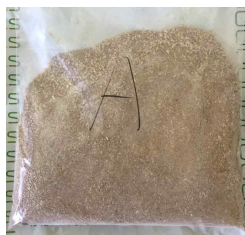
(3) 첨가제(5종) 급여량 및 급여방법

- 통계적 분석을 통한 그룹화 작업 후, 첨가제에 제시된 권장 급여량을 기준으로 개별 포장하여 농가에 제공, 이를 농가별 매일 아침 기초사료 급여 시 탑드레싱 형태로 총 180일간 첨가제를 급여함(표 10)

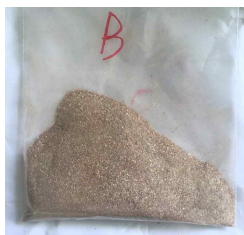
표 10. 농가별 시험 두수 및 첨가제별 두당 급여량

배치명	적용량	두당 급여량 (g/일)	단가 (원)	시험일수 (일)	농가별 시험 두수		
					“가” 농가	“나” 농가	“다” 농가
무첨가구	—	—	—	180	5	6	5
I	100g/일/두	100	8	180	5	6	5
L	사료 ¹⁾ 톤 당 1-2kg	30	3.3	180	5	6	5
O	사료 내 0.1%	15	9	180	5	6	5
P	10g/일/두	10	10	180	5	6	5
Q	사료 내 0.1%	15	6.5	180	5	6	5
					30	36	30
					총 96두		

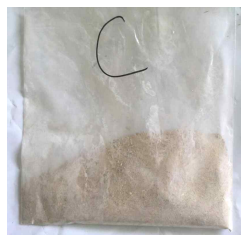
¹⁾기초 사료 두당 15kg 기준



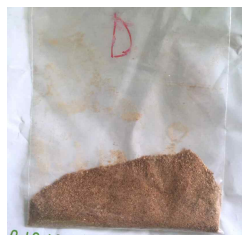
“I” 첨가제



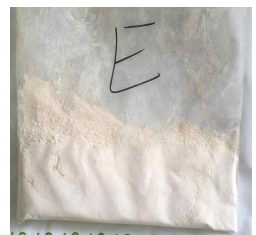
“H” 첨가제



“O” 첨가제



“P” 첨가제



“Q” 첨가제

그림 20. 첨가제별 성상 및 일일 급여량

(4) 샘플링 일정 및 분석

가. 사료분석

- 농가별 기초사료 샘플을 채취한 후 사료 분석 전까지 -20℃에서 보관 후 일반사료성분(수분, 조단백, 조지방, 조회분, ADF, NDF, 칼슘, 인, 칼륨, 나트륨, pH)을 분석함

나. 체중 측정

- 아침 사료 급여 전 공시동물의 개시체중과 시험종료일(출하일)에 체중을 측정함
- 공시동물의 일당 증체량은 시험종료일(출하일)과 시험개시일의 생체중 차이를 출하일수로 나눈 값을 산출함

다. 사료섭취량 측정

- 전 시험구를 대상으로 우방 당 30일 간격으로 총 사료급여량과 잔량을 조사하여 사료섭취량을 산출
- 사료요구율은 개체별 일당 사료섭취량/체중 증체량의 값을 각 농가별로 산출함

라. 도체 성적

- 각 농가별 출하 대상 한우 거세우의 육량(등지방두께, 등심면적, 도체중, 육량지수, 육량등급) 및 육질(근내지방, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도, 육질등급) 성적을 조사함

(5) 경제성 분석

- 출하 대상으로 시험기간(180일) 동안의 총 지출항목(사료비, 사료첨가제) 대비 총 수입항목(도체성적)을 산출하여 두 당 거세 한우의 경제성 분석을 평가함
- 도체성적에 따른 총 수입은 통계청 자료의 한우 거세우의 3년간(2014.01-2016.12) 평균 등급별 가격에 따라 산정(표 11)

표 11. 한우 거세우의 3년간 평균 등급별 가격 산정표

(단위, 원)

등급		‘14.01-12	‘15.01-12	‘16.01-12	평균가
1++	A	18,209	20,129	22,987	20,442
	B	17,434	19,244	22,054	19,577
	C	16,275	17,748	20,582	18,202
1+	A	16,274	18,383	20,859	18,505
	B	15,808	17,892	20,096	17,932
	C	14,770	16,588	18,669	16,676
1	A	14,862	16,772	19,622	17,085
	B	14,573	16,466	19,125	16,721
	C	13,606	15,187	17,730	15,508
2	A	13,202	15,105	17,408	15,238
	B	12,995	14,815	16,968	14,926
	C	12,180	13,785	15,750	13,905

(출처, 통계청 자료)

(6) 통계 분석

- 성장성적(체중, 사료섭취량, 사료효율) 및 도체성적(육량, 육질 항목)은 각 첨가제 처리 후 대조구 대비 처리구의 유의적 차이를 통계적으로 비교 분석함
- 이들 수치값들은 $\text{means} \pm \text{SEM}$ 으로 표현하고, JMP 5.0 software package(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 Turkey test로 5% 수준에서 유의성 검정을 각각 실시 함

3) 연구 결과

(1) 기초사료의 두당 급여량 및 일반성분 분석

- 기초사료(무첨가구)로서 자가TMR, 자가TMR+배합사료 및 배합사료+라이글라스를 1일 두 당 12 - 15kg로 급여하는 것으로 조사되었으며, 이들 기초사료의 일반성분 분석 결과는 다음과 같음(표 12)

표 12. 농가별 기초사료 급여형태와 일반성분 분석 결과

급여사료	“가” 농가	“나” 농가		“다” 농가	
	자가TMR	자가TMR	배합사료	배합사료	라이글라스
두당 급여량, kg/일	15	10.5-11.5	3-4	10	1.5-2
일반성분, %					
수분	17.34	12.23	12.16	12.67	10.08
조단백질	14.77	13.12	12.34	12.52	3.70
조지방	3.53	3.53	2.67	2.92	0.91
조회분	5.00	5.99	5.39	6.74	4.98
ADF ¹⁾	11.28	8.98	12.11	11.52	36.58
NDF ²⁾	21.61	26.23	26.25	25.74	61.26
칼슘	0.45	0.81	0.35	1.09	0.27
인	0.35	0.49	0.32	0.46	0.17
칼륨	0.74	0.98	0.75	0.82	1.16
나트륨	0.17	0.31	0.26	0.39	0.04
pH	4.89	5.03	5.34	5.40	6.59

¹⁾ADF : Acid Detergent Fiber

²⁾NDF : Neutral Detergent Fiber

(2) 첨가제 급여에 따른 거세 한우의 성장성적 결과

- 농가별 비육기 거세 한우 대상 첨가제 급여에 따른 종료체중, 일당 증체량, 사료 섭취량, 및 사료요구율은 대조구와 비교하여 유의적 차이는 보이지 않았지만, 증·감 경향을 보였으며 그 결과는 다음과 같음(표 13)
- “가” 농가
 - 통계적 유의차는 보이지 않았지만 대조구의 일당 증체량과 비교하여 모든 첨가제 시험구에서 증가하는 경향이 관찰 됨
 - 사료요구율의 경우도 모든 첨가제 시험구는 대조구 대비 낮은 수준의 사료 요구율을 보이는 것으로 관찰 됨
- “나” 농가
 - 비육기 거세 한우 대상 “O” 첨가제 급여는 대조구와 비교하여 낮은 수준의 일당 증체량이 관찰되었으나, “P, Q” 첨가제 급여는 대조구 대비 높은 수준의 일당 증체량 결과가 관찰 됨
 - 한편, “O, Q” 첨가제를 제외한 모든 첨가제 시험구에서 대조구와 비교하여 낮은 비율의 사료요구율이 관찰 됨
- “다” 농가
 - “다” 농가의 사양시험에서 “I, Q” 첨가제 급여는 대조구 대비 비육기 거세 한우의 일당 증체량 증진에 영향을 주는 것으로 나타남
 - “L” 첨가제는 대조구의 사료 섭취량과 비교하여 “다” 농가에서 증가하는 경향을 보였음
 - 대조구의 사료요구율과 비교하여 “I” 첨가제 급여는 높은 수준의 그것을 나타내는 반면, “L, P, Q” 첨가제는 대조구 대비 낮은 수준이 관찰 됨

표 13. 농가별 첨가제 급여에 따른 두 당 거세 한우의 체중변화, 사료섭취량, 일당 증체량 및 사료 효율 결과

	대조구 ¹⁾	시험구				
	무첨가구	I	L	O	P	Q
“가” 농가						
출하두수, n	5	5	5	5	5	5
개시체중, kg	609±25.5	608±25.3	596±12.9	605±19.8	595±22.3	601±26.7
종료체중, kg	726±31.1	728±28.7	734±12.4	730±29.9	726±10.1	731±27.1
일당 증체량, kg/일	0.51±0.043	0.58±0.063	0.62±0.032	0.60±0.064	0.59±0.052	0.61±0.041
사료 섭취량, kg/일	14.9±0.07	14.8±0.16	15.0±0.14	15.0±0.15	15.0±0.08	15.0±0.09
사료요구율 ²⁾	30.1±2.69	27.3±3.11	24.5±1.37	26.1±2.32	26.3±2.40	25.0±1.57
“나” 농가						
출하두수, n	6	6	6	6	6	6
개시체중, kg	628±29.7	639±13.0	622±25.9	644±27.9	624±12.1	624±18.6
종료체중, kg	728±38.1	747±14.8	720±25.6	732±28.0	743±23.6	745±33.6
일당 증체량, kg/일	0.53±0.095	0.57±0.055	0.51±0.017	0.44±0.065	0.61±0.074	0.62±0.109
사료 섭취량, kg/일	14.3±0.17	14.3±0.17	14.3±0.17	14.3±0.17	14.3±0.17	14.3±0.17
사료요구율	32.5±6.57	26.4±2.55	28.4±0.95	37.6±7.34	25.2±3.10	38.1±18.14
“다” 농가³⁾						
출하두수, n	5	4	5	5	4	5
개시체중, kg	652±20.9	640±25.2	653±19.6	650±29.4	652±33.6	656±19.3
종료체중, kg	745±19.5	711±38.5	773±31.9	752±12.2	792±56.8	749±15.7
일당 증체량, kg/일	0.52±0.082	0.41±0.007	0.62±0.095	0.57±0.108	0.73±0.143	0.52±0.035
사료 섭취량, kg/일	9.2±0.24	9.3±0.24	10.2±0.26	9.3±0.25	9.7±0.28	9.5±0.30
사료요구율	19.9±3.52	25.4±4.62	17.8±2.58	19.9±5.31	14.5±2.18	18.6±1.49

Values are expressed as means ± SEM (n = 4-6).

¹⁾대조구: 농가별 기초사료 급여

²⁾사료요구율: 두 당 1일 사료섭취량 / 일당 증체량

(3) 첨가제 급여에 따른 거세 한우의 육량 변화 분석

- 농가별 비육기 거세 한우 대상 첨가제 급여에 따른 육량(도체중, 등지방 두께, 등심면적, 육량지수) 변화는 대조구와 비교하여 유의적 차이는 보이지 않지만, 증·감 경향을 보였으며 그 결과는 다음과 같음(표 14)
- “가” 농가
 - 대조구의 도체중과 비교하여 “O” 첨가제를 제외 한 모든 첨가제 시험구에서 대조구와 동일한 결과가 관찰 되었으며, 그 중 “L” 첨가제 급여는 높은 수준의 도체중 결과가 관찰 됨
 - “L, O, P” 첨가제 급여는 대조구 대비 비육기 거세 한우의 등지방 두께를 감소하는 것으로 나타남
 - 등심면적의 경우, 대조구와 비교하여 “L, O, P, Q” 첨가제 급여는 등심면적의 증가 효능을 보이는 것으로 관찰 됨
 - 또한 “P” 첨가제 급여로 대조구의 육량지수 보다 높은 육량을 보이는 것으로 나타남
- “나” 농가
 - “나” 농가의 비육기 거세 한우 대상 첨가제 급여한 결과 대조구 대비 모든 첨가제 시험구에서 도체중이 증가하는 것으로 관찰 됨
 - 한편, 대조구의 등지방 두께와 비교하여 첨가제별 급여는 등지방 두께의 감소 효과가 있는 것으로 나타남
 - 등심면적의 경우, 대조구 대비 “O” 첨가제 급여로 등심면적이 증가하는 결과가 관찰 됨
 - 육량지수는 대조구와 비교하여 모든 첨가제 시험구에서 다소 증가하는 결과가 관찰 됨
- “다” 농가
 - “다” 농가의 경우, 대조구 대비 “L, O, P, Q” 첨가제 급여로 비육기 거세 한우의 도체중이 증가하는 결과를 나타냄
 - 등지방 두께는 대조구와 비교하여 “L” 첨가제 급여로 다소 감소하였음

표 14. 농가별 첨가제 급여에 따른 두 당 거세 한우의 등지방두께, 등심면적, 도체중, 도체율 및 육량지수 결과

	대조구 ¹⁾		시험구			
	무첨가구	I	L	O	P	Q
“가” 농가						
출하두수, n	5	5	5	5	5	5
도체중, kg	466±8.2	462±8.7	475±9.4	452±10.6	468±18.7	465±24.3
등지방 두께, mm	18.0±2.70	18.8±2.13	14.4±1.69	15.8±2.18	12.4±1.50	18.2±3.18
등심면적, cm ²	89.8±3.87	87.0±4.67	100.8±6.22	93.±3.92	96.6±4.85	95.1±3.65
육량지수	60.6±1.97	59.9±1.67	62.1±1.42	62.7±1.48	65.0±0.92	61.2±2.38
“나” 농가						
출하두수, n	6	6	6	6	6	6
도체중, kg	429±24.9	451±11.7	438±16.1	458±19.5	434±14.6	446±21.0
등지방 두께, mm	18.0±3.83	14.3±1.94	15.2±0.79	14.0±1.00	14.8±1.62	16.0±1.59
등심면적, cm ²	89.5±5.55	89.3±2.89	89.8±4.40	96.2±5.76	86.8±3.16	88.5±2.08
육량지수	61.5±24.6	63.3±1.28	63.1±0.64	64.2±0.87	63.0±1.03	62.2±0.64
“다” 농가						
출하두수, n	5	4	5	5	4	5
도체중, kg	434±8.2	413±19.4	466±19.2	455±6.7	481±38.8	448±11.8
등지방 두께, mm	16.8±0.49	16.8±1.11	14.6±2.69	20.0±4.11	18.5±2.96	16.6±1.08
등심면적, cm ²	93.6±2.42	89.0±3.54	96.2±4.73	95.6±3.06	98.3±2.39	91.0±2.37
육량지수	62.7±0.55	62.6±0.65	63.4±2.36	60.4±2.88	61.1±2.46	62.1±0.82

Values are expressed as means ± SEM(n = 4-6).

¹⁾대조구: 농가별 기초사료 급여

(4) 첨가제 급여에 따른 거세 한우의 육질 변화 분석

- 농가별 비육기 거세 한우 대상 첨가제 급여에 따른 육질(근내지방, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도, 1등급 이상 출현율) 변화 결과는 다음과 같음(표 15)
- “가” 농가
 - “L, P” 첨가제 급여구에서는 대조구와 비교하여 높은 수준의 근내 지방도가 관찰 됨
 - 육색의 경우, 대조구 대비 “L” 첨가제 급여로 다소 높은 수준을 보였음
 - 대조구 대비 “O” 첨가제 급여는 유의적으로 높은 수준의 조직감이 관찰되었음
 - “L, P, Q” 첨가제 급여는 대조구 대비 높은 수준의 1+ 등급 이상 출현율을 보이는 것으로 나타남
- “나” 농가
 - 대조구의 육색과 비교하여 “L, O, P” 첨가제는 다소 높은 수준의 육색을 보였음
 - 대조구 대비 “L, Q” 첨가제 급여는 비육기 거세 한우의 1+ 등급 이상 출현율에 높은 수준으로 효과를 보이는 것으로 관찰 됨
- “다” 농가
 - 대조구의 근내지방도와 비교하여 “I, L, O” 첨가제 급여는 근내지방도 수준을 증가할 수 있는 것으로 나타남
 - 1+ 등급 이상 출현율은 대조구와 비교하여 “I, L, O, P” 시험구에서 높은 1+ 등급 이상 출현율이 관찰 됨

표 15. 농가별 첨가제 급여에 따른 두 당 거세 한우의 근내지방, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도 및 1 등급 이상 출현율 결과

	대조구 ¹⁾	시험구				
	무첨가구	I	L	O	P	Q
“가” 농가						
출하두수, n	5	5	5	5	5	5
근내지방, No	5.8±0.92	5.2±0.58	6.8±0.66	4.6±0.75	6.4±0.81	6.0±0.63
육색, No	4.8±0.20	4.8±0.20	5.2±0.20	5.0±0.00	5.0±0.32	4.8±0.20
지방색, No	3.0±0.00	3.0±0.00	3.0±0.00	3.0±0.00	3.0±0.00	3.0±0.00
조직감, No	1.0±0.00 ^b	1.2±0.20 ^{ab}	1.0±0.00 ^b	1.6±0.24 ^a	1.0±0.00 ^b	1.0±0.00 ^b
성숙도, No	2.2±0.20	2.4±0.24	2.4±0.24	2.0±0.00	2.2±0.20	2.0±0.00
≥1 등급, %	100	100	100	80	100	100
– ≥1 ⁺ 등급, %	40.0	40.0	80.0	40.0	80.0	80.0
“나” 농가						
출하두수, n	6	6	6	6	6	6
근내지방, No	6.7±0.84	5.5±0.50	6.5±0.34	5.5±0.85	6.3±0.49	5.5±0.72
육색, No	4.5±0.22	4.8±0.17	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	4.8±0.17
지방색, No	3.0±0.00	3.0±0.00	3.0±0.00	3.0±0.00	3.0±0.00	3.0±0.00
조직감, No	1.0±0.00	1.0±0.00	1.0±0.00	1.3±0.21	1.0±0.00	1.2±0.17
성숙도, No	2.2±0.17	2.2±0.17	2.3±0.21	2.2±0.17	2.0±0.00	2.0±0.00
≥1 등급	100	100	100	66.7	100	83.3
– ≥1 ⁺ 등급	66.7	66.7	100	66.7	66.7	83.3
“다” 농가						
출하두수, n	5	4	5	5	4	5
근내지방, No	5.4±1.08	6.5±0.29	6.4±0.87	7.2±0.20	5.8±0.95	5.2±0.73
육색, No	5.0±0.00	5.0±0.00	4.6±0.24	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.41
지방색, No	3.0±0.00	3.0±0.00	3.0±0.00	3.0±0.00	3.0±0.00	3.0±0.00
조직감, No	1.2±0.20	1.0±0.00	1.0±0.00	1.0±0.00	1.0±0.00	1.0±0.00
성숙도, No	2.0±0.00	2.0±0.00	2.0±0.00	2.0±0.00	2.0±0.00	2.0±0.00
≥1 등급	80.0	100	80.0	100	100	80.0
– ≥1 ⁺ 등급	60.0	100	80.0	100	75.0	60.0

Values were expressed as means ± SEM(n = 4-6).

^{a,b} indicates significant difference as compared to control(P < 0.05).

¹⁾ 대조구: 농가별 기초사료 급여

(5) 첨가제별 경제성 분석

- 농가별 첨가제 급여에 따른 두 당 거세 한우의 경제성 분석 결과는 다음과 같음(표 16)
- “가” 농가의 결과 분석
 - “가” 농가의 경우 대조구 대비 “L, P, Q” 첨가제 시험구에서 이익이 발생하는 것으로 나타남
- “나” 농가의 결과 분석
 - “나” 농가를 보면, 시험기간 동안 “I” 첨가제는 다른 첨가제 대비 높은 소요 비용에도 불구하고 대조구와 비교하여 이익(41,502원)을 창출하는 것으로 나타남
 - 또한 대조구의 발생이익 대비 “I, L, O” 첨가제 급여는 거세 한우 대상 이익을 창출하는 것으로 나타남
- “다” 농가의 결과 분석
 - “다” 농가의 거세 한우 대상 첨가제 급여는 “L, O, P, Q” 첨가제 시험구에서 이익이 발생하는 것으로 조사 됨

표 16. 농가별 첨가제 급여에 따른 두 당 거세 한우의 경제성 분석

(단위, 원)

	대조구 ¹⁾	시험구				
	무첨가구	I	L	O	P	Q
“가” 농가						
출하두수, n	5	5	5	5	5	5
총 지출	675,100	819,200	686,700	691,200	693,000	686,880
－ 사료비 ²⁾	675,100	675,200	675,000	675,000	675,000	675,000
－ 사료첨가제 ³⁾	0	144,000	11,700	16,200	18,000	11,880
총 수입(도축) ⁴⁾	7,986,327	7,621,980	8,382,530	7,340,270	8,350,277	7,998,183
발생이익	7,311,227	6,802,780	7,695,650	6,649,070	7,657,277	7,311,483
차액 ⁵⁾		－508,447	+384,423	－662,157	+346,050	+256
“나” 농가						
출하두수, n	6	6	6	6	6	6
총 지출	763,384	907,680	775,232	779,880	781,532	775,560
－ 사료비	763,384	763,680	763,532	763,680	763,532	763,680
－ 사료첨가제	0	144,000	11,700	16,200	18,000	11,880
수입(도축)	7,637,715	7,823,513	7,687,253	7,759,743	7,451,057	7,337,308
발생이익	6,874,331	6,915,833	6,912,021	6,979,863	6,669,525	6,561,748
차액		+41,502	+37,690	+105,532	－204,806	－312,583
“다” 농가						
출하두수, n	5	4	5	5	4	5
총 지출	765,168	912,395	860,401	783,673	822,076	797,516
－ 사료비	765,168	768,395	848,701	767,473	804,076	785,636
－ 사료첨가제	0	144,000	11,700	16,200	18,000	11,880
수입(도축)	7,114,142	7,004,432	8,055,129	7,960,221	8,161,143	7,313,483
발생이익	6,348,974	6,092,037	7,194,728	7,176,548	7,339,067	6,515,967
차액		－256,937	+845,754	+827,574	+990,093	+166,993

¹⁾대조구: 농가별 기초사료 급여

²⁾사료비: 시험기간 동안 각 농가별 기초사료 kg 당 단가 x 두 당 사료 섭취량(180일)

³⁾사료첨가제 비용: g 당 소매단가(A: 8원, B: 3.3원, C: 9원, D: 10원, E: 6.5원) x 두 당 일일 첨가량(A: 100g, B: 30g, C: 15g, D: 10g, E: 15g) x 180일

⁴⁾한우 거세우의 3년(2014.01-2016.12)간 등급별 평균 가격 산정(통계청)

⁵⁾차액: 첨가제별 발생이익 금액 - 무첨가구 발생이익 금액

제 3장. 연구 수행 결과 요약 및 결론

표 17. 농가별 첨가제 급여에 따른 비육기 거세 한우의 성장성적, 육량, 육질 및 경제성 평가 요약

	시험구																	
	I			L				O				P				Q		
	가	나	다	가	나	다		가	나	다		가	나	다		가	나	다
성장성적																		
- 일당증체량	▲	-	▼	▲	-	▲		▲	▼	-		▲	▲	▲	◎	▲	▲	-
- 사료섭취량	-	-	-	-	-	▲		-	-	-		-	-	-		-	-	-
- 사료요구율	▼	▼	▲	▼	▼	▼	◎ ²⁾	▼	▲	-		▼	▼	▼	◎	▼	▲	▼
육량																		
- 도체중	-	▲	▼	▲	▲	▲	◎	▼	▲	▲		-	▲	▲		-	▲	▲
- 등지방 두께	-	▼	-	▼	▼	▼	◎	▼	▼	▲		▼	▼	▲		-	▼	-
- 등심면적	-	-	-	▲	-	-		▲	▲	-		▲	▼	-		▲	-	-
- 육량지수	-	-	-	-	-	-		-	▲	-		▲	-	-		-	-	-
육질																		
- 근내지방	-	▼	▲	▲	-	▲		▼	▼	▲		▲	-	-		-	▼	-
- 육색	-	-	-	▲	▲	▼		-	▲	-		-	▲	-		-	-	-
- 지방색	-	-	-	-	-	-		-	-	-		-	-	-		-	-	-
- 조직감	-	-	-	-	-	-		▲	-	-		-	-	-		-	-	-
- 성숙도	-	-	-	-	-	-		-	-	-		-	-	-		-	-	-
- $\geq 1^+$ 등급	-	-	▲	▲	▲	▲	◎	-	-	▲		▲	-	▲		▲	▲	-
경제성																		
- 차액 ³⁾	▼	▲	▼	▲	▲	▲	◎	▼	▲	▲		▲	▼	▲		▲	▼	▲

¹⁾ ▲: 증가, -: 차이 없음, ▼: 감소

²⁾ ◎: 모든 농가에서 동일한 효능을 보임

³⁾ 차액: 무첨가구 대비 첨가제 시험구의 발생이익

참고문헌

1. Ascorbic acid phosphate stimulates type IV collagen synthesis and accelerates adipose conversion of 3T3-L1 cells. *Exp Cell Res.* 1990 Apr;187(2):309-14.
2. Barajas, R., et al. "Chromium methionine supplementation on feedlot performance and carcass characteristics of bulls: II. Results including trough hot and humidity season in the northwest of Mexico." *Proceeding of West Section of American Society of Animal Science, USA* 59 (2008): 374.
3. Yang, W. Z., B. N. Ametaj, C. Benchaar, M. L. He, and K. A. Beauchemin. 2010. Cinnamaldehyde in feedlot cattle diets: intake, growth performance, carcass characteristics, and blood metabolites. *J. Anim. Sci.* 88:1082-1092.
4. Comparative investigation of vitamins and their analogues on terminal differentiation, from preadipocytes to adipocytes, of 3T3-L1 cells. *Comp Biochem Physiol A Comp Physiol.* 1990;96(2):323-6.
5. Kennedy, D. G., et al. "Cobalt-vitamin B12 deficiency and the activity of methylmalonyl CoA mutase and methionine synthase in cattle." *International journal for vitamin and nutrition research. Internationale Zeitschrift fur Vitamin-und Ernährungsforschung. Journal international de vitaminologie et de nutrition* 65.4 (1994): 241-247.
6. Dorton, Kristy L., et al. "Effects of copper source and concentration on copper status and immune function in growing and finishing steers." *Animal Feed Science and Technology* 110.1 (2003): 31-44.
7. Griffiths, L. M., et al. "Effects of supplementing complexed zinc, manganese, copper and cobalt on lactation and reproductive performance of intensively grazed lactating dairy cattle on the South Island of New

Zealand." *Animal Feed Science and Technology* 137.1 (2007): 69–83.

8. Choi, Young Sook Oh and Chang Bon, and Young Sook Oh. "Effects of zinc on lipogenesis of bovine intramuscular adipocytes." *Asian-australasian journal of animal sciences* 17.10 (2004): 1378–1382.
10. Miazzo RC, Rosa AR, De queiroz Carvalho EC, Magnoli C, Chiacciera SM 2000 Efficacy of synthetic zeolite to reduce the toxicity of aflatoxin in broiler chicks, *Poultry Sci* 79:1–6.
11. schell TC, Lindemann MD, Komegay ET, Blodgett DJ 1993 Effects of feeding aflatoxin contaminated diets with and without clay to weaning and growing pigs on the performance, liver function and mineral metabolism *J Anim Sci* 71:1209–1208.
12. Willis WL, Quarles CL, Fagerberg DJ, Shutze JV 1982 Evaluation of zeolites fed to male broiler chickens, *Poultry Sci* 61:438–442.
13. Atteh, J. O., O. M. Onagbesan, K. Tona, E. Decuypere, J. M. Geuns, and J. Buyse. 2008. Evaluation of supplementary stevia (*Stevia rebaudiana*, bertonii) leaves and stevioside in broiler diets: Effects on feed intake, nutrient metabolism, blood parameters and growth performance. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 92:640–649.
14. Busquet, M., S. Calsamiglia, A. Ferret, P. W. Cardozo, and C. Kamel. 2005. Effects of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen microbial fermentation in a dual flow continuous culture. *J. Dairy Sci.* 88:2508–2516.
15. Bryant, T. C., J. D. Rivera, M. L. Galyean, G. C. Duff, D. M. Hallford, and T. H. Montgomery. 1999. Effects of dietary level of ruminally protected choline on performance and carcass characteristics of finishing beef steers and on growth and serum metabolites in lambs. *J. Anim. Sci.* 77:2893–2903.

16. Huerta, M., et al. "Interaction of dietary zinc and growth implants on weight gain, carcass traits and zinc in tissues of growing beef steers and heifers." *Animal feed science and technology* 95.1 (2002): 15–32.
17. Beede, D. K. and J. K. Shearer. 1991. Nutritional management of dairy cattle during hot weather. *Agric. Pract.* 12:5–13.
18. Scoot ML, Nesheim MC, Young RJ 1976 *Nutrition of the chicken*(2nd Ed) 손용석, 1999 점토광물급여에 의한 생산성 향상, 제 8회 사료 가공 단기 과정 자료집 p.269–268.
19. Greene, L. W., et al. "Performance and carcass quality of steers supplemented with zinc oxide or zinc methionine." *Journal of animal science* 66.7 (1988): 1818–1823.
20. Śliwiński, B. J., et al. "Rumen fermentation and nitrogen balance of lambs fed diets containing plant extracts rich in tannins and saponins, and associated emissions of nitrogen and methane." *Archives of Animal Nutrition* 56.6 (2002): 379–392.
21. Sharman, Evin D., et al. "The effects of trace mineral source on performance and health of newly received steers and the impact of cobalt concentration on performance and lipid metabolism during the finishing phase." *The Professional Animal Scientist* 24.5 (2008): 430–438.
22. Aderman, G. 1985. Prediction of the energy of compound feeds. In recent advances in animal nutrition. Butter worths.
23. Allaway, W. H. 1973. Selenium in the food chain. *Vet.* 63(Suppl. 3):151–170.
24. Ammer, J. R., McKenzie, R. C. and Beckett, G. J. 2003 ‘Selenium in the immune system. *J. Nutr(Suppl)*: 1457s–1459s.
25. Brown, K. M. and Arthur, J. R. 2001. Selenium ‘seleoproteins and human

health: a review. Public. Health Nutr. 4:593–599.

26. Banuelos, G. S and Mayland, H. F. 2000. Absorption and distribution of selenium in animal consuming canola grown for selenium phytoremediation Ecotoxicol. Environ. Saf. 6:322–328.
27. Clark, L. C., Combs, G. F. Turnbull B. W. Slate, E. H., Chalker, D. K., Chow, J., Davis, L. S., Glover, R. A., Gramham, E. G. Gross, E. G. Krongard, A., Leshner, J. L., Park, H. K., Sandes B. B., Smith, C. L. and Taylor, J. R. 1996. Effect of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin JAMA (J. Am. Med. Assoc.) 276:1957–1962.
28. Comb, G. F. Jr. and Comb ‘ S. B. 1986. Important role of selenium in nutrition. Academic Press, Orlando, Florida.
29. Finley’ J. W., Davis, C. D. and Feng. Y. 2000. Selenium from selenium broccoli protects rats from colon cancer. J. Nutr. 130: 2384–2389.
30. Gierus, M., Schwarz, F. J. and Kirchgessner, M. 2002. Selenium supplementation dietary of selenium status of dairy cows fed diets based on grass, grass silage or maize silage. J. Anim. Physiol. a. Anim. Nitr. 86:74–82.
31. Gunter, S. A., Beck, P. A. and Phillips, J. M. 2003. Effects of supplementary selenium source on the performance and blood measurements in beef cows and their calves. J. Anim. Sci. 81:856–864.
32. Hintze, K. J., Lardy, G. P. Marchello, M. J. and Finley J. W. 2001. Areas with high concentrations of selenium in the soil and forage produce beef with enhanced concentrations of selenium. J. Agric. Food Chem. 49: 1062–1067.
33. Hintze, K. J., Lardy G. F. Marchello, M. J. and Finley, J. W. 2002. Selenium accumulation in beef: Effect of dietary selenium and geographical

area of animal origin ' J. Agric. Food Chem. 50: 3938–3942.

34. Kim Y. Y. and Mahan D. C. 2001. Comparative effects of high dietary levels of organic and inorganic selenium on selenium toxicity of growing–finishing pigs. J. Anim. Sci. 79:942–948.
35. Kimbrough, D. E. Wakruwa, J. R. 1989 Acid digestion for sediments, sludges, soil, and solid wastes. Environ. Sci. Technol. 23:898.
36. Knowles, S. O., Grace, N. D., Wurms, K. and Lee, J. 1999. Significance of amount and form of dietary selenium on blood, milk, and casein selenium concentration on grazing cows. J. dairy Sci. 82:429–437.
37. Krehbiel, C. R., Rust, S. R. and Gilliland, S. E. 2003. Bacterial direct-fed microbials in ruminant diet: Performance response and mode of action. J. Anim. Sci. 81(E. Suppl. 2):E120–E132.
38. Lawler, T. L., Taylor, J. B., Finley, J. W. and Caton, J. S. 2004. Effect of supranutritional and organically bound selenium on performance, carcass characteristics, and selenium distribution in finishing beef steers. J. Anim. Sci. 82:1488–1493.
39. Martin, S. A. and Nisbet, D. J. 1992. Effect of direct-fed microbials on rumen microbial fermentation. J. dairy Sci. 75:1736–1744.
40. Mir, Z. and Mir, P. S. 1994. Effect of the addition of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth and carcass quality of steers fed high–forage or high–grain diets on feed digestibility and *in situ* degradability. J. Anim. Sci. 72:537–545.
41. Schubert, A., Hoden J. M. and Wolf, W. R. 1987. Selenium content of a core group of foods based on a critical evaluation of published analytical data. J. Am. Diet Assoc. 87:285–299.
42. Shi, B. and Spallholz, J. E. 1994. Selenium from beef is highly bioavailable as assessed by liver glutathione peroxidase activity (EC 1.11.1.9) and

tissue selenium. Br. J. Nutr. 72:873–881.

43. Van Ryssen J. B. J., Deagen J. T. Beilstein, M. A and Whanger ‘ P. D. 1989. Comparative metabolism of organic and inorganic selenium by sheep. J. Agric. Food Chem. 37:1358–1363.
44. McDowell, L R. 1989. Vitamins in Amino Nutrition. Academic Press, INC. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers.
45. Karges K, Owens F. N. Gill D. R. and Morgan J. B. 1999. Effects of supplemental vitamin D levels on feed intake and blood minerals of yearling steers. Ani Sci Res Report. 134–142.
46. 한국낙농육우협회, 2015. 반추위 보호콜린의 첨가를 통한 젖소의 생산성 향상
47. 농림수산식품부, 2014. Zn-Vit C 킬레이팅 화합물을 이용한 스트레스 저감 및 지방교잡강화 비육우 사료 첨가제 개발
48. Yang et al., 2010. Cinnamaldehyde in feedlot cattle diets: Intake, growth performance, carcass characteristics, and blood metabolites, J Anim Sci 56:247–251.
49. Atteh et al., 2008. Evaluation of supplementary stevia (*Stevia rebaudiana*, *bertoni*) leaves and stevioside in broiler diets: effects on feed intake, nutrient metabolism, blood parameters and growth performance. J Anim physio & Anim Nutri 78:475–481.
50. 廣田才之, 崔雨林, 蕪木佐衣子, 有信哲哉, 井上弘明, 関本邦敏, 横山次郎, 橋本秀樹. 2001. Metabolic effects between RBP(retinol binding protein)and Carotenoids fed Vitamin A deficient Rats. Biosci. Biotech. Biochem. 12:115–126.
51. 식약처 건강기능식품 기능성 원료.
(<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=777444&cid=58440&categoryId=58475>)

52. Daniel D. Bikle. 2014. Vitamin D Metabolism, Mechanism of Action, and Clinical Applications. *Chem & Bio.* 21:319–329.
53. Maret, J. 2013. Mechanisms for the prevent of vitamin E excess. *J Lipid Res* 54:2295–2306.
54. Ward AK1, McKinnon JJ, Hendrick S, Buchanan FC. 2012. The impact of vitamin A restriction and ADH1C genotype on marbling in feedlot steers. *J Anim Sci* 90:2476–2483.
55. Takahashi, E. (Kyoto Univ. (Japan)) Matsui, T. Wakamatsu, S. Yuri, N. Shiojiri, Y. Matsuyama, R. Murakami, H. Tanaka, S. Torii, S. Yano, H. 1999. Serum vitamin C concentration in fattening and fattened beef cattle [Bos taurus]. Food & Agri Organization of the UN.
56. Padilla L1, Matsui T, Shibano K, Katamoto H, Yano H. 2007. Relationship between plasma vitamin C and serum diagnostic biochemical markers in lactating cows. *J Vet Med Sci* 69:909–913.
57. Biology education. Cell membrane? (<http://biology.about.com/od/cellanatomy/ss/cell-membrane.htm>).
58. Wikipedia. Lysophospholipid ? (https://www.google.co.kr/?gws_rd=ssl#q=Lysophospholipids).
59. Rivera R and Chun J, 2008. Biological effects of lysophospholipids. *Rev Physiol Biochem Pharmacol.* 160:25–46.
60. 岡 章生. 1991. 黒毛和種肥肉牛におけるビタミンAと肉質の関係, 畜産コンサルタント, *Jpn.* 323:21–27.
61. 岡 章生. 1997. 肥肉牛の肉質に対するビタミンAの影響と、その効果的な給与法. 肥肉牛研究會報, *Jpn.* 62:2–8.
62. 岡 章生. 1999. 肉用牛飼養におけるビタミンA. 栄養生理研究會報, *Jpn.* 43(2):137–144.

63. 高橋 孝雄, 海老名眞一, 三澤 隆, 下部誥之, 酒井淳一, 渡辺榮次. 1993. 黒毛和種肥肉牛における肉質とビタミンAの関係, 家畜診療, Jpn. 359:5-11.
64. 高橋 孝雄. 1997. 飼料中ビタミンAと肉質について. 肥肉牛研究會報, Jpn. 62:49-51.
65. 渡辺大作, 河野 詒, 長谷川眞一, 板垣昌志, 阿部榮, 阿部省吾, 遠藤祥子, 今野幹 雄, 濟藤博水. 1999. 黒毛和種肥肉牛における 肥育成績と 血清ビタミンA, E, および 総コレステロールの 関連性. 栄養生理研究會報, Jpn. 43(2):119-128.
66. 木村 容子. 1997. ビタミンA缺乏と缺乏症状について. 肥肉牛研究會報, Jpn. 62:45-48.
67. 甫立京子. 1995. ビタミンAと 肥肉牛の 肉質との関係, 栄養生理研究會報, Jpn. 39(2):157-171.
68. 常石 英作. 1999. ビタミンA給 与と肉質との関連, 栄養生理研究會報, Jpn. 43(2):129-136.
69. 松崎克彦, 平井啓一, 日浦千尋, 中西直人, 相川勝弘, 村元隆行. 2000. 高知産褐毛和種の産育特性. 肥肉牛研究會報, Jpn. 68:34-39.
70. 神辺佳弘, 阿久濤和弘, 増山秀人, 西形勝雄, 川田智弘, 福田修, 田中實. 1997. 微量元素か黒毛和種肥肉牛の 肉質に与える 影響. 肥肉牛 研究會報, Jpn. 62:20-21.
71. 日本ビタミン學會 編著. 1990. Vitamin Handbook(ビタミン分析法). 化学同人.
72. 鳥居伸一郎, 松本和典, 松井 徹, 矢野秀雄. 1995. ビタミンA, Cおよび D ヒツツ 來培養脂肪前驅細胞のグリセロール酸デヒドロゲナーゼ活性に及ぼす影響. 日畜會報, Jpn. 66(12):1039-1042.
73. 矢野秀雄, 1992. 肥育牛とビタミンA. 臨床獣医, Jpn. 10:2137-2142.
74. 竹迫良和, 猪八重悟, 横山喜世志, 1993. ビタミンAE欠乏が黒毛和種肥育牛の肉質並びに筋肉水腫に及ぼす影響, 肉用牛研究會報, Jpn. 56:12.

75. Liu, Q., Lanari, M. C. and Scheafer, D. M.. 1995. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. J. Anim. Sci. 73(10):3131-3140.
76. Faustman, C., Cassens, R. G., Schaefer, D. M., Buege, D. R., Williams, S. N. and Scheller, K. K. 1989. Improvement of pigment and lipid stability in Holstein steer beef by dietary supplementation with vitamin E. J. Food Sci. 54:858-862.
77. Mitsumoto, M., Ozawa, S., Mitsuhashi, T., Kono, S., Harada, T., Fujita, K. and Koide, K. 1995. Improvement of color and lipid stability during display in Japanese black steer beef by dietary vitamin E supplementation for 4 weeks before slaughter. Jpn. Anim. Sci. Techn. 66:962-968.
78. 통계청 홈페이지, <http://kostat.go.kr/portal/korea/index.action>
79. Choline, <http://homesteadontherange.com/choline/>
80. 김무섭, 오성훈, 오평수. 1997. 천연감미료 스테비오사이드의 산업적 이용 현황. 식품산업과 영양 2(1), 48-55.

주의 사항

- 본 연구결과는 농장의 환경, 사료급여 형태 및 사양체계, 유전적 형질에 따라 그 결과가 다르게 나타날 수 있으며, 제한된 공시두수와 시험기간 등의 이유로 추가연구가 요구됨
- 본 보고서의 연구결과를 연구자 및 한우자조금관리위원회의 승낙 없이 언론 등에 유출, 홍보 및 기업의 이윤추구 목적으로 이용할 수 없음