

사료효율 증진을 위한 영양학적 접근

조진호 교수
충북대학교 축산학과



목차

1. 연구의 필요성
2. 사료효율에 영향을 미치는 요인
 - 2-1) 스트레스
 - 2-2) 영양소 소화율
 - 2-3) 소화효소 분비
 - 2-4) 장 건강
 - 2-5) 면역능력
3. 영양소 함량 변화에 따른 사료효율 증진
 - 3-1) 아미노산 : 라이신
 - 3-2) 미네랄
 - 3-3) 비타민
4. 사료 가공 및 입자도에 따른 사료효율 증진
 - 4-1) 가공방법
 - 4-2) 입자도
5. 다양한 원료에 따른 사료효율 증진
 - 5-1) 에너지원
 - 5-2) 단백질원
6. 아연 저감사료와 사료효율 연구
 - 6-1) 저단백질
 - 6-2) 산화아연 대체제

1. 연구의 필요성

국제 곡물가격 상승



✓ 옥수수, 대두박, 밀 가격 3년간 약 100% 상승 (2019년 ⇒ 2022년)

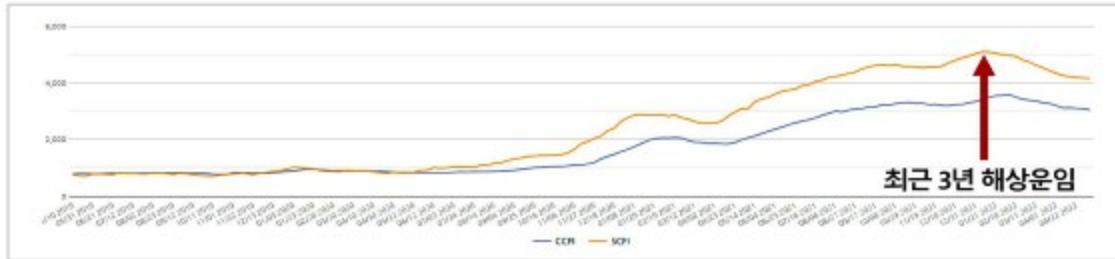
- 기후 위기로 인한 곡물 생산량 불안정
- 코로나19 사태에 따른 중국 내 곡물 생산량 감소
- 전쟁에 따른 러시아-우크라이나 곡물 생산량 감소

2022.05.09 CBOT 기준

유가 · 환율 · 운임비 상승



유가 · 환율 · 운임비 상승



✓ 유가, 환율 및 해상 운임비 최근 1년간 가파른 상승세

- 수급 불균형으로 인한 원유 가격 상승
- 국제 금리 인상에 따른 환율 상승
- 원유 가격 상승으로 인한 해상 운임비 상승

2022.05.09 CBOT 기준

친환경 축산 관련 규제

2050 탄소중립 시나리오 및 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC)					
농림축산식품부 2050 탄소감축위원회					
분류	현행		개정		인
	구리	아연	구리	아연	
포유자돈	135ppm	120ppm	100ppm	120ppm	0.80%
이유돈	ZnO 2,500ppm		ZnO 2,000ppm		
육성돈	130(전기)/60(후기)ppm	100(전기)/75(후기)ppm	60ppm	90ppm	0.60%
비육돈	25ppm	75ppm	25ppm	75ppm	0.60%
번식돈	25ppm	150ppm	25ppm	150ppm	0.70%

✓ 친환경 축산 관련 규제 개정(질소, 구리, 아연, 인)

- 질소 : 양돈 전 구간 조단백질 함량 제한 1~3% 강화
- 구리 : 자돈 구간 (135ppm ⇒ 100ppm), 육성돈 전기 (130ppm ⇒ 60ppm)
- 아연 : 이유돈 구간 (2,500ppm ⇒ 2,000ppm), 육성돈 전기 (100ppm ⇒ 90ppm)

양돈현황 대응방안 필요



i. 생산성 향상

PSY, MSY, WSY

ii. 친환경 양돈

질소균형, 탄소중립

iii. 생산비 절감

사료효율, 사료요구율

✓ 국내외 사료산업 여건 변화

- 2022년 유례없는 원자재 및 곡물가 상승
- 2050 탄소중립 정책 및 2030 온실가스 감축 정책에 따른 친환경 축산 관련 규제 시행
- 여건 변화에 따른 대응 방안 마련 필요

국내 양돈산업 생산비 및 사료효율



사료비

: 생산비중 60~70% 차지

사료효율 개선

: 사료비, 생산비 감소

✓ 국내 양돈사업 생산비(사료비) 증가 ⇒ 사료효율 개선 필요

- 출하 두당 생산비(사료비) 2019년 ⇒ 2022년(예상) 약 50% 증가
- 사료효율 개선을 통한 사료비 및 생산비 감소 필요

2022. 부경양돈농협 사보

최근 3년간 국내외 사료요구율(FCR) 차이



✓ 국외 비교 **현저히 높은 국내 FCR** ⇒ **영양학적 접근을 통한 사료효율 개선**

- 비육돈 기준 국내 FCR은 국외 대비 0.57 높음
- 비육돈 기준 FCR 0.57 감소 시 ⇒ 두당 66kg의 사료 절감 효과

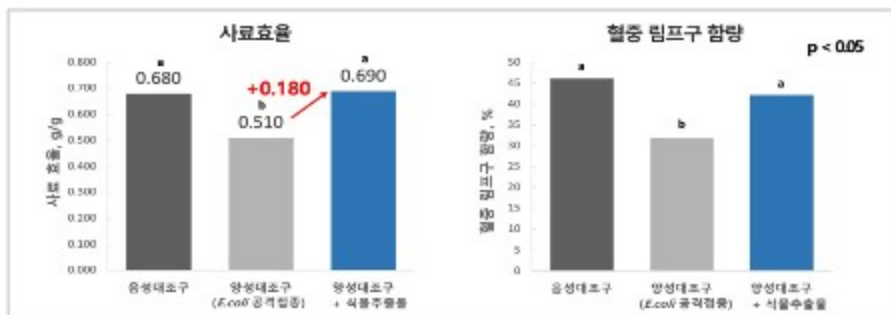
2020~2022
Google Scholar Article

2. 사료효율에 영향을 미치는 요인

2-1. 스트레스

1) 식물 추출물 첨가에 따른 사료효율 증진 및 스트레스 저감 효과

자돈(ini BW : 8.03kg, feeding trial : 21 days) Chang et al, unpublished



✓ **이유 후 스트레스(E. coli 공격 접종)**

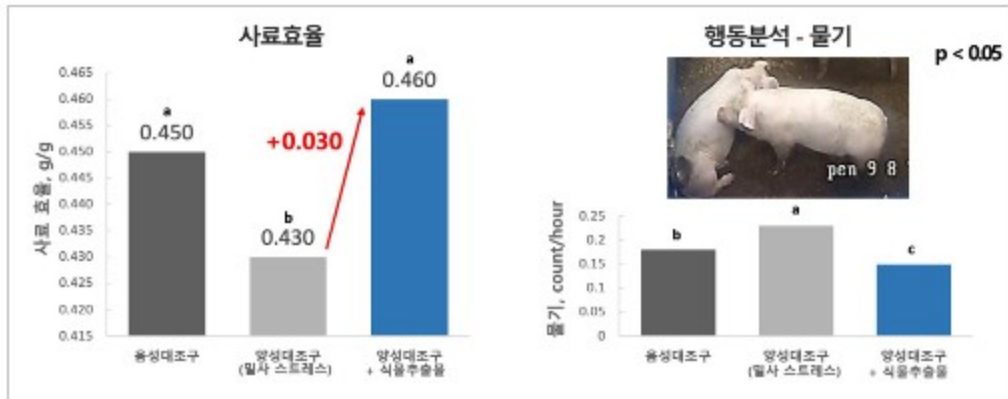
식물 추출물(bitter citrus extract + essential oil) 0.1% 첨가 ⇒ **사료효율 0.180 증가**

✓ **혈중 림프구 함량 12% 증가** = 항염작용 + 스트레스 완화 효과

2-1. 스트레스

2) 식물 추출물 첨가에 따른 사료효율 증진 및 스트레스 저감 효과

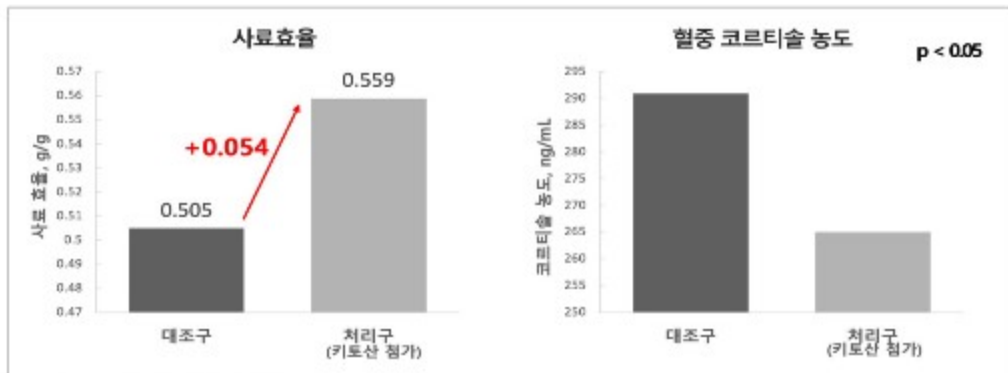
육성-비육돈(ini BW : 28.23kg, feeding trial : 10 weeks) Cho et al, unpublished



- ✓ 밀사 스트레스(평사, 0.55m²/두 ; 밀사, 0.40m²/두)
식물 추출물(bitter citrus extract + essential oil) 0.1% 첨가 ⇒ 사료효율 0.030 증가
- ✓ 스트레스 행동인 무는 행동 35% 감소

3) Prebiotic 첨가에 따른 사료효율 증진 및 스트레스 저감 효과

자돈(ini BW : 7.62kg, feeding trial : 28 days) Xu et al, 2020; Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition

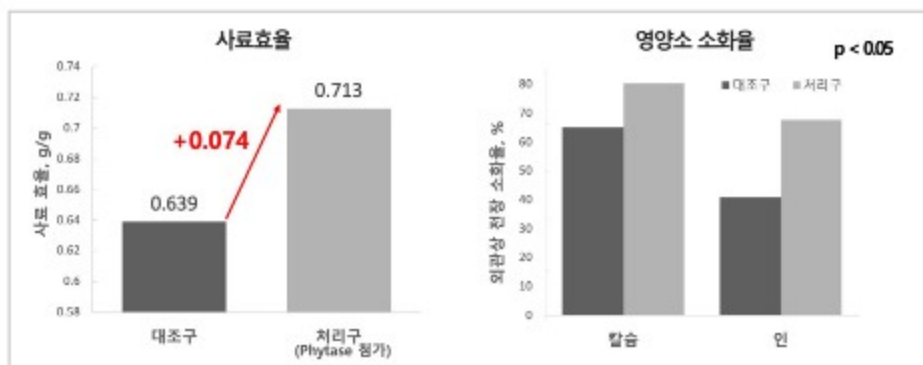


- ✓ Prebiotic(키토산) 0.04% 첨가 ⇒ 사료효율 0.054 증가
- ✓ 혈중 코르티솔 농도 8.93% 감소 = 내분비 시스템 조절 스트레스 완화 작용

2-2. 영양소 소화율

1) Phytase 첨가에 따른 사료효율 및 영양소 소화율 증진 효과

자돈(ini BW : 6.06kg, feeding trial : 42 days) Ren et al, 2021; Biological Trace Element Research

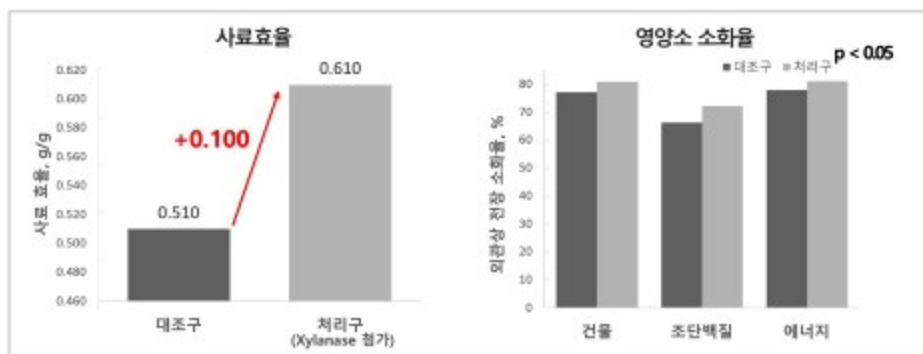


✓ phytase 1,500 FTU/kg 첨가 ⇒ 사료효율 0.074 증가

✓ 칼슘, 인 소화율 각각 15.15%, 26.87% 증가

2) Xylanase 첨가에 따른 사료효율 및 영양소 소화율 증진 효과

자돈(ini BW : 8.47kg, feeding trial : 28 days) Dong et al, 2018; Asian-Australasian Journal of Animal Sciences



✓ xylanase 2,000 Unit/kg 첨가 ⇒ 사료효율 0.100 증가

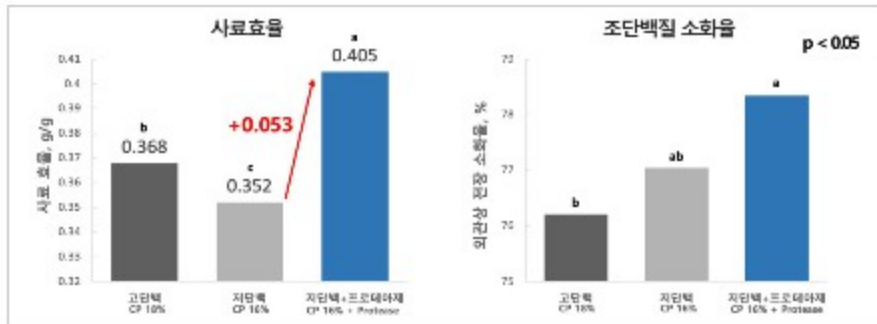
✓ 건물, 조단백질 및 에너지 소화율 각각 3.75%, 5.92%, 3.19% 증가

✓ Xylanase의 비전분성 다당류 가수분해 효과에 따른 영양소 흡수율 증가

2-2. 영양소 소화율

3) Protease 첨가에 따른 사료효율 및 영양소 소화율 증진 효과

육성돈(ini BW : 27.91kg, feeding trial : 42 days) Kim et al, 2020; Journal of Animal Science and Technology

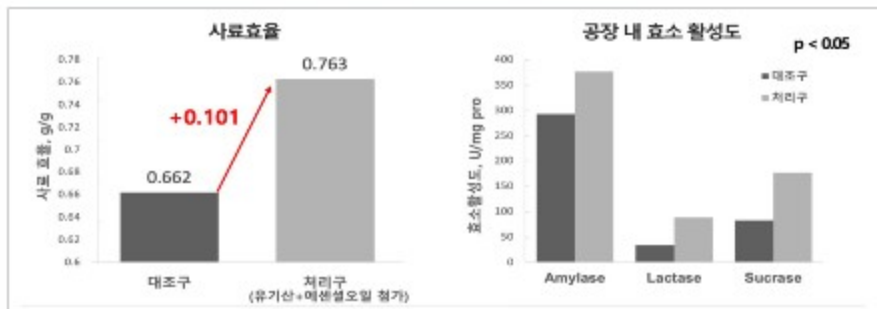


- ✓ 저단백 사료 내 프로테아제 0.03% 첨가
⇒ 고단백 사료 대비 사료효율 0.037 증가 / 저단백사료 대비 사료효율 0.053 증가
- ✓ 조단백질 소화율 2.14% 증가

2-3. 소화효소 분비

1) 유기산 및 에센셜 오일 첨가에 따른 사료효율 및 소화효소 분비 증진 효과

자돈(ini BW : 6.03kg, feeding trial : 14 days) Diao et al, 2015; Asian-Australasian Journal of Animal Sciences

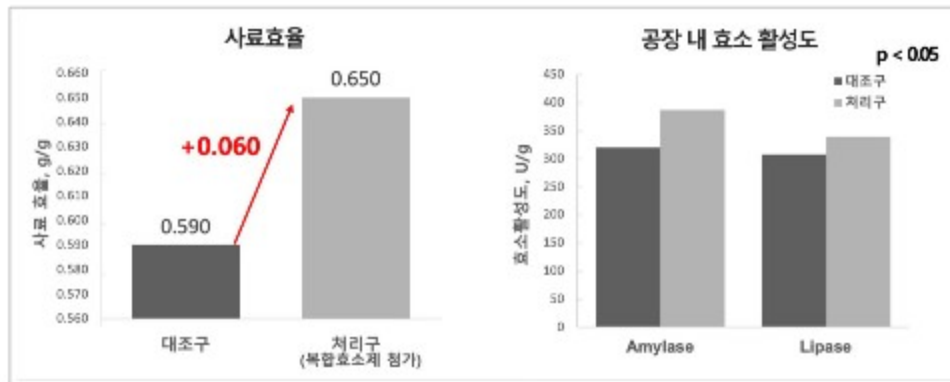


- ✓ 유기산(benzoic acid) 0.2% + 에센셜오일(thymol) 0.01% 첨가 ⇒ 사료효율 0.101 증가
- ✓ 효소활성도 95% 증가

2-3. 소화효소 분비

2) 복합효소제 첨가에 따른 사료효율 및 소화효소 분비 증진 효과

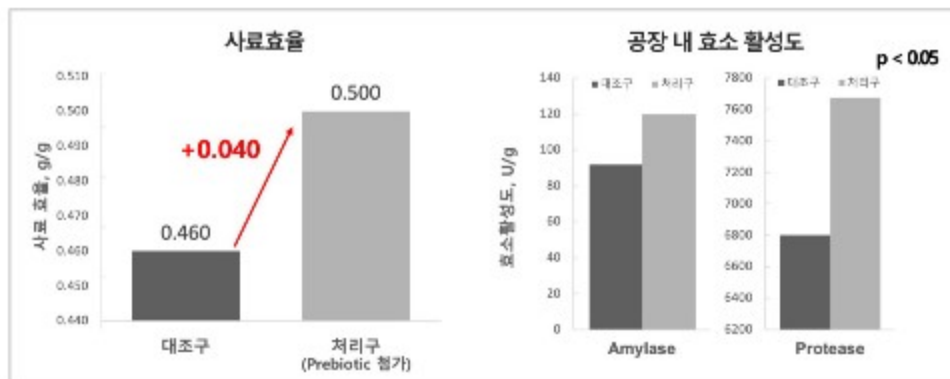
자돈(ini BW : 9.59kg, feeding trial : 28 days) Zhang et al, 2014; Asian-Australasian Journal of Animal Sciences



- ✓ 복합효소제(amylase, protease, xylanase) 0.035% 첨가 ⇒ 사료효율 0.060 증가
- ✓ 효소활성도 각각 19% 및 10% 증가

3) Prebiotic 첨가에 따른 사료효율 및 소화효소 분비 증진 효과

자돈(ini BW : 15.8kg, feeding trial : 42 days) Zhang et al, 2019; Livestock Science

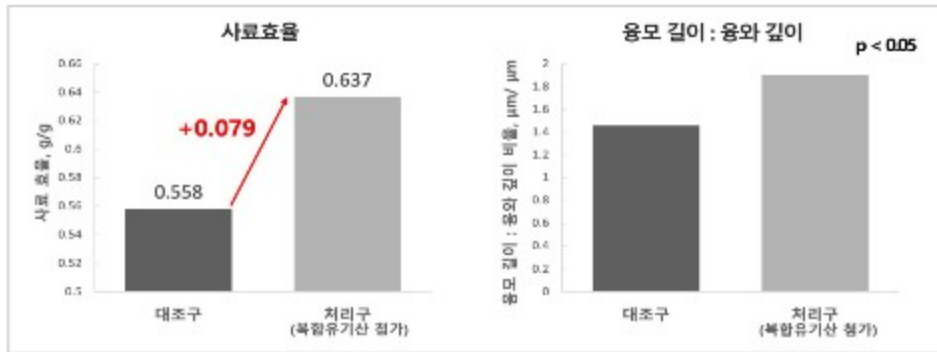


- ✓ Prebiotic(alfalfa polysaccharides) 0.05% 첨가 ⇒ 사료효율 0.040 증가
- ✓ 효소활성도(amylase & protease) 각각 30% 및 13% 증가

2-4. 장 건강

1) 유기산 첨가에 따른 사료효율 및 장 건강 증진 효과

자돈(ini BW : 7.81kg, feeding trial : 28 days) Jiayu et al, 2021; Animal Nutrition



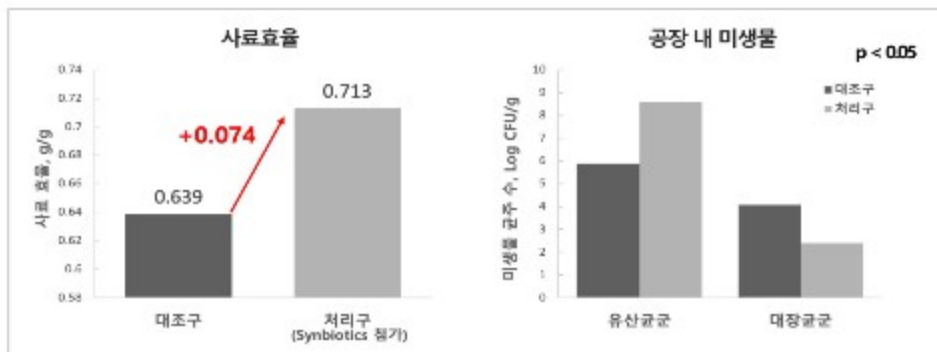
✓ 복합 유기산 0.3% 첨가 ⇒ 사료효율 0.079 증가

– Formic acid(11%), ammonium formate(13%), propionic acid(10%), acetic acid(5.1%), citric acid(3.7%)

✓ 용모 길이 : 용와 깊이 비율 23% 증가

2) Synbiotics(Pro + Prebiotics) 첨가에 따른 사료효율 및 장 건강 증진 효과

육성-비육돈(ini BW : 55.1kg, feeding trial : 56 days) Giannenas et al, 2017; Animal Feed Science and Technology



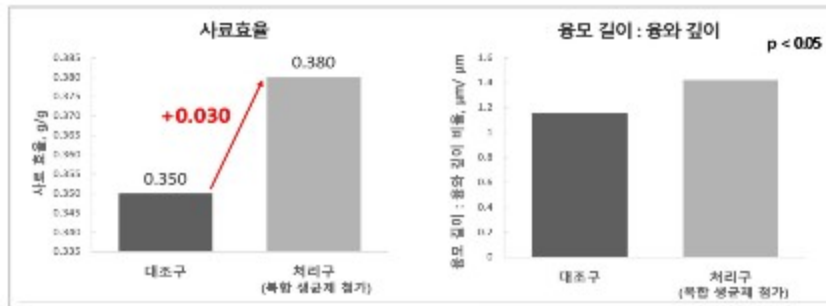
✓ Synbiotics(*Enterococcus faecium* + mannan oligosaccharides) 0.1% 첨가 ⇒ 사료효율 0.074 증가

✓ 공장 내 유산균군 함량 46% 증가, 대장균군 함량 41% 감소

2-4. 장 건강

3) 복합 생균제 첨가에 따른 사료효율 및 장 건강 증진 효과

육성-비육돈(ini BW : 65.4kg, feeding trial : 42 days) Kwak et al, 2021; Journal of Animal Science and Technology



✓ 복합 생균제 0.2% 첨가 ⇒ 사료효율 0.030 증가

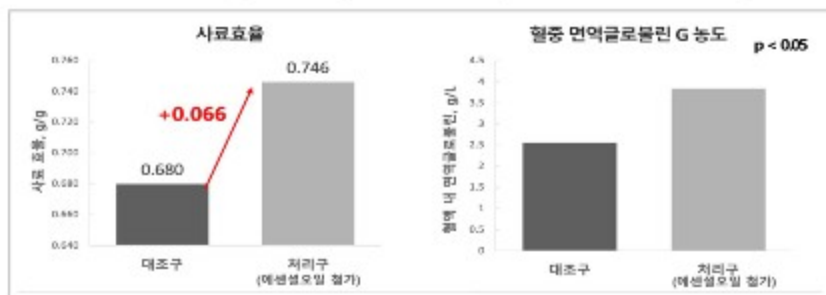
- *L. plantarum*, *L. fermentum*, *L. salivarius*, *B. subtilis* and *B. licheniformis*, *Leuconostoc paramesenteroides*

✓ 공장 내 용모 길이 : 융와 깊이 비율 23% 증가

2-5. 면역능력

1) 식물 추출물 첨가에 따른 사료효율 및 면역능력 증진 효과

자돈(ini BW : 9.19kg, feeding trial : 14 days) Su et al, 2018; Lipids in Health and Disease



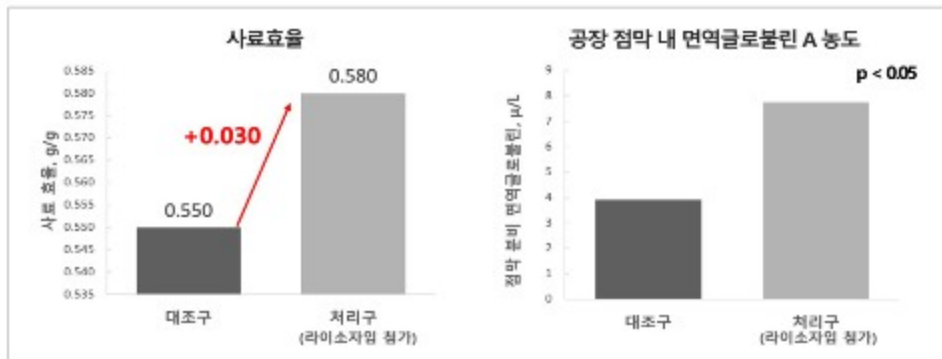
✓ 식물 추출물(essential oil) 0.005% 첨가 ⇒ 사료효율 0.066 증가

✓ 혈액 내 면역글로불린 G 농도 34% 증가

2-5. 면역능력

2) 효소제 첨가에 따른 사료효율 및 면역능력 증진 효과

육성돈(ini BW : 19.81kg, feeding trial : 30 days) Zou et al, 2018; Journal of the Science of Food and Agriculture

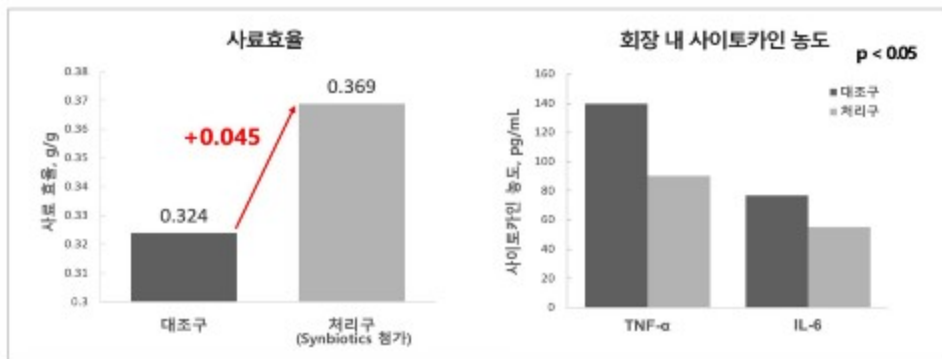


✓ 효소제(lysozyme) 0.01% 첨가 ⇒ 사료효율 0.030 증가

✓ 공장 점막 내 분비 면역글로불린 A 농도 49.55% 증가

3) Synbiotics(Pro + Prebiotics) 첨가에 따른 사료효율 및 면역능력 증진 효과

육성-비육돈(ini BW : 27.61kg, feeding trial : 80 days) Méndez Palacios et al, 2018; Animal Science Journal



✓ Synbiotics(*Saccharomyces cerevisiae* + *Lactobacillus* spp. + *Bacillus* spp.) 0.5% 첨가 ⇒ 사료효율 0.045 증가

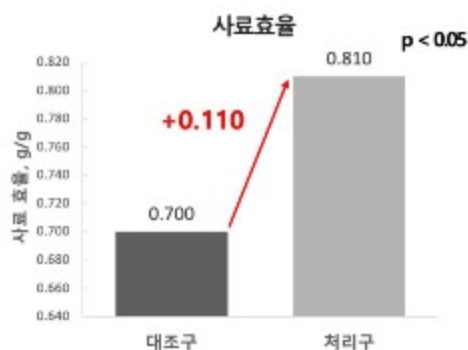
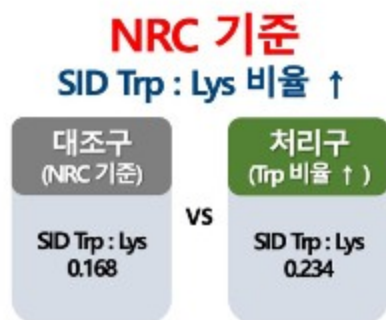
✓ 회장 내 TNF-α 및 IL-6 농도 각각 35.35%, 28.16% 감소

3. 영양소 함량 변화에 따른 사료효율 증진

3-1. 아미노산 : 라이신 비율

1) 사료 내 트립토판 : 라이신 비율 상승에 따른 사료효율 증진 효과

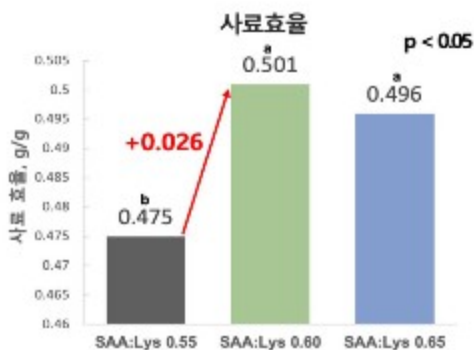
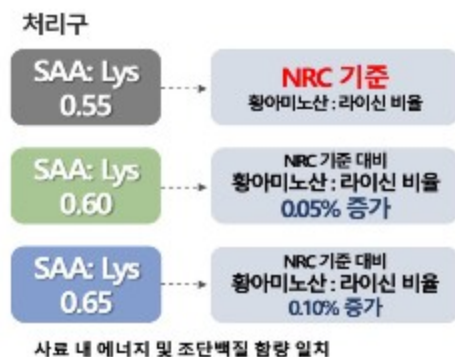
이유자돈(ini BW : 6.3kg, feeding trial : 15 days) Capozzalo et al, 2020; Animal Feed Science and Technology



- ✓ SID 트립토판 : 라이신 비율 0.234 급여
⇒ 사료효율 0.110 증가

2) 사료 내 황함유 아미노산 : 라이신 비율 상승에 따른 사료효율 증진 효과

육성돈(ini BW : 32.9kg, feeding trial : 21 days) Ho et al, 2018; Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition

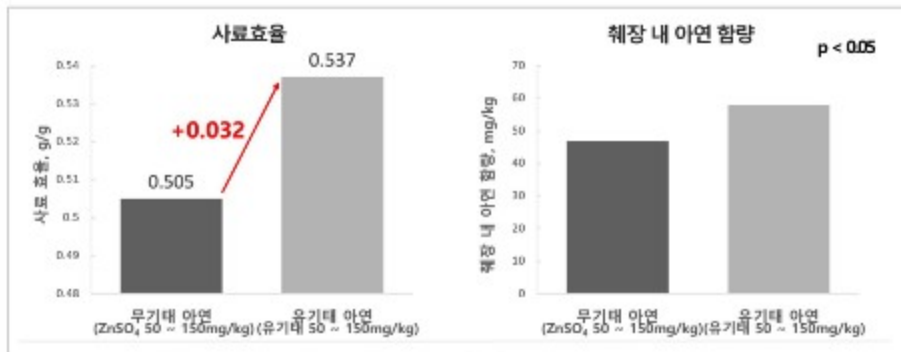


- ✓ SID 황함유 아미노산 : 라이신 비율 0.05~0.10% 증가
⇒ 사료효율 0.021~0.026 증가

3-2. 미네랄

1) 이유자돈 사료 내 유기태 아연 첨가에 따른 사료효율 증진 효과

이유자돈(ini BW : 6.3kg, feeding trial : 42 days) Ma et al, 2021; Animals

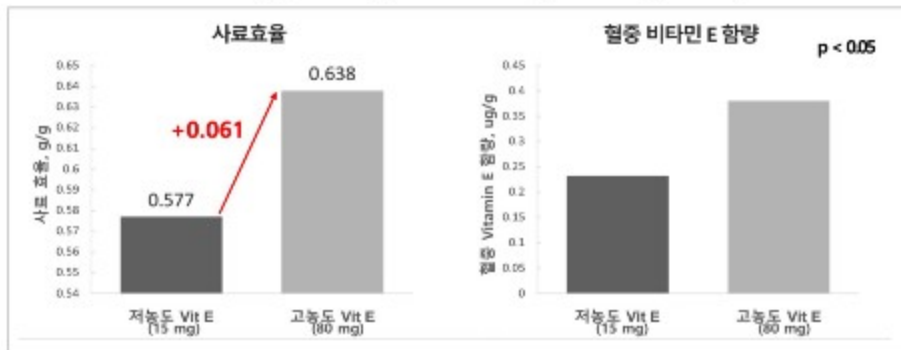


- ✓ 유기태 아연 50~150 mg/kg⁻¹ 대체 첨가 ⇒ 사료효율 0.032 증가
- ✓ 췌장 내 아연 함량 24% 증가 ⇒ 췌장 효소 활성도 증가

3-3. 비타민

1) 이유자돈 사료 내 Vitamin E 첨가에 따른 사료효율 증진 효과

이유자돈(ini BW : 6.1kg, feeding trial : 42 days) Orengo et al, 2021; Animals



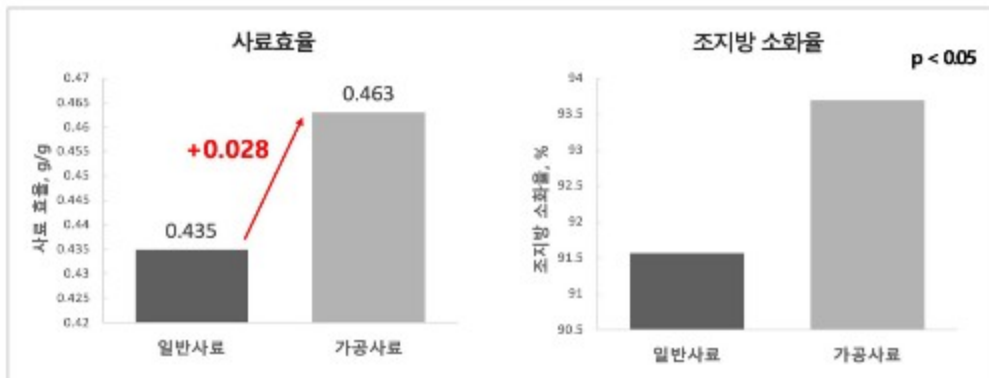
- ✓ 고농도 비타민 E (80mg DL- α -tocopherol acetate kg⁻¹) 첨가 ⇒ 사료효율 0.061 증가
- ✓ 혈중 비타민 E 함량 64% 증가 ⇒ 항산화 효과

4. 사료 가공 및 입자도에 따른 사료효율 증진

4-1. 가공방법

1) 사료 펠릿 가공에 따른 사료효율 증진 효과

육성-비육돈 (ini BW : 22.64kg, feeding trial : 12 weeks) Jo et al, 2021; Animal Bioscience

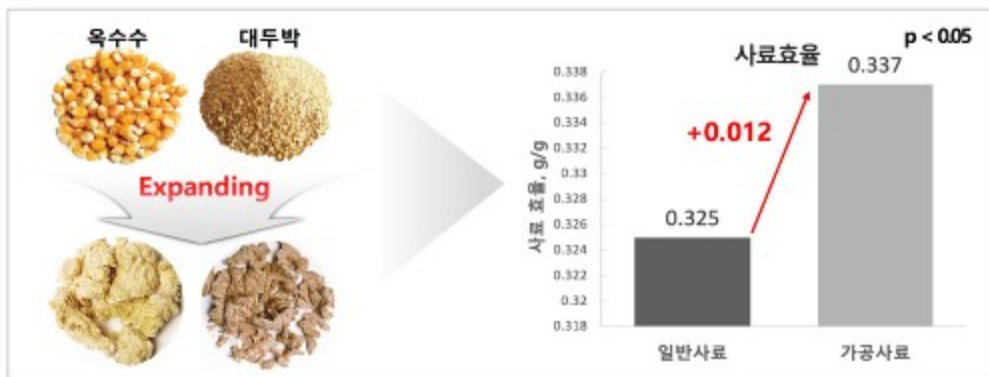


✓ 펠릿 가공 ⇒ 사료효율 0.028 증가

✓ 조지방 소화율 2.18% 증가

2) 옥수수 및 대두박 Expanding 가공에 따른 사료효율 증진 효과

비육돈 (ini BW : 92.0kg, feeding trial : 3 weeks) Lei et al, 2019; Indian Journal of Animal Research

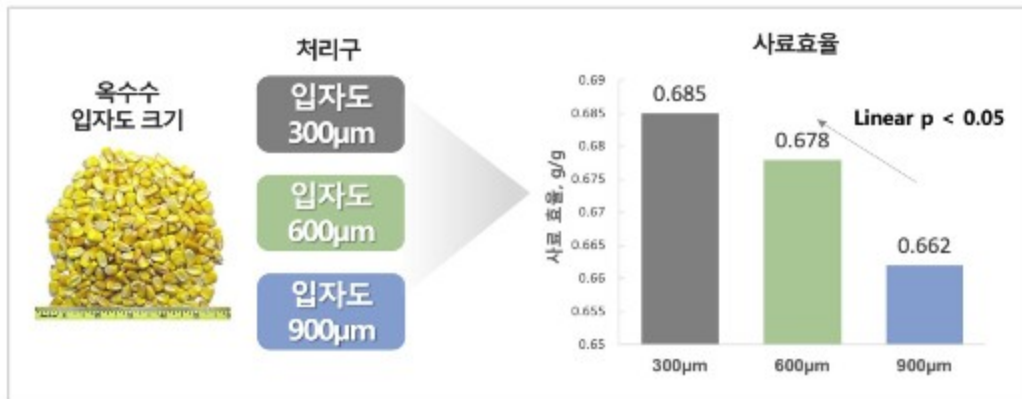


✓ 옥수수-대두박 Expanding 가공 ⇒ 사료효율 0.012 증가

4-2. 입자도

1) 옥수수 입자도에 따른 사료효율 증진 효과

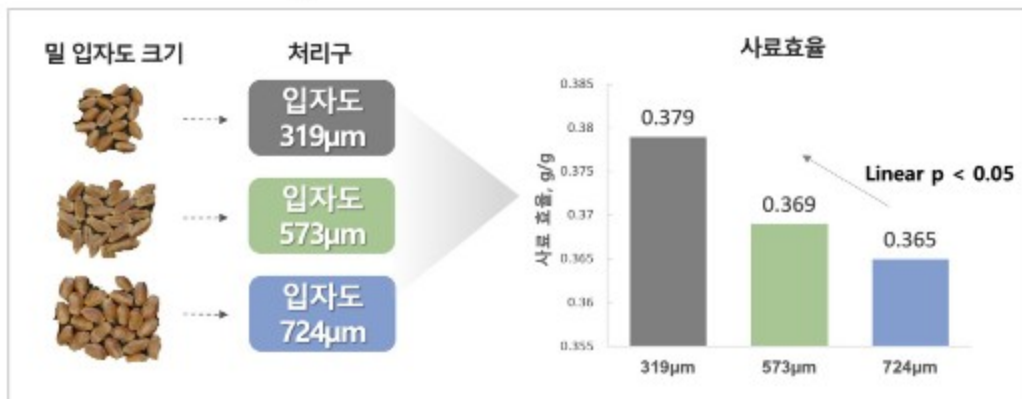
이유자돈 (ini BW : 6.6kg, feeding trial : 35 days) Williams et al, 2021; Translational Animal Science



- ✓ 옥수수 입자도 감소 \Rightarrow 사료효율 선형적 증가
- ✓ 300 μ m의 옥수수 입자도 \Rightarrow 사료효율 0.023 증가

2) 밀 입자도에 따른 사료효율 증진 효과

육성-비육돈 (ini BW : 46.8kg, feeding trial : 69 days) Paulk et al, 2015; Animal Feed Science and Technology



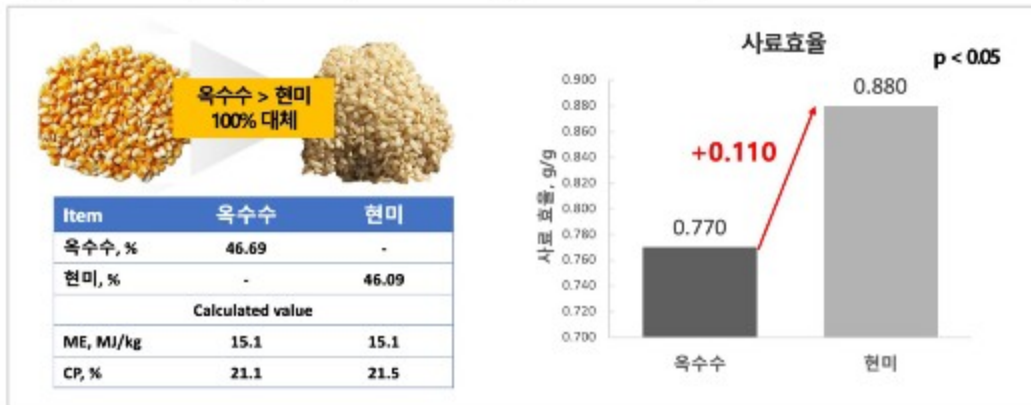
- ✓ 밀 입자도 감소 \Rightarrow 사료효율 선형적 증가
- ✓ 319 μ m의 밀 입자도 \Rightarrow 사료효율 0.014 증가

5. 다양한 원료에 따른 사료효율 증진

5-1. 에너지원

1) 옥수수 대체원으로 현미 급여에 따른 사료효율 증진 효과

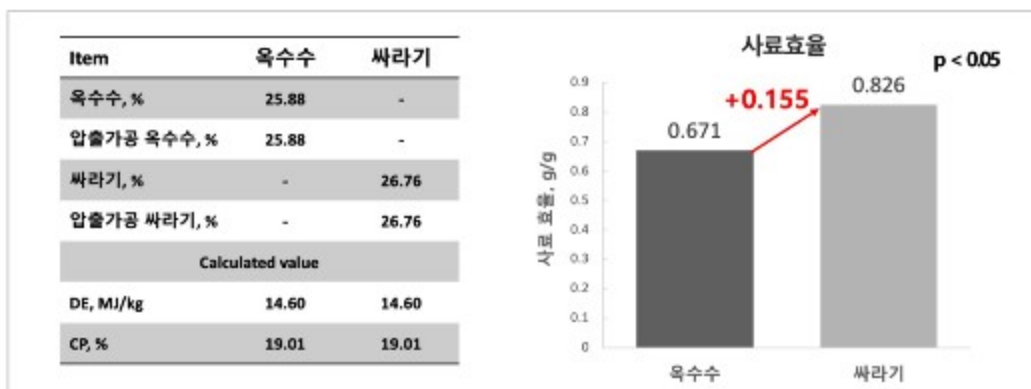
자돈(ini BW : 7.45kg, feeding trial : 14 days) Tasaka et al, 2020; Animal Science Journal



- ✓ 옥수수를 현미로 100% 대체
⇒ 사료효율 0.110 증가

2) 옥수수 대체원으로 찐라기 급여에 따른 사료효율 증진 효과

자돈(ini BW : 7.28kg, feeding trial : 7 days) Liu et al, 2016; Animal Science Journal

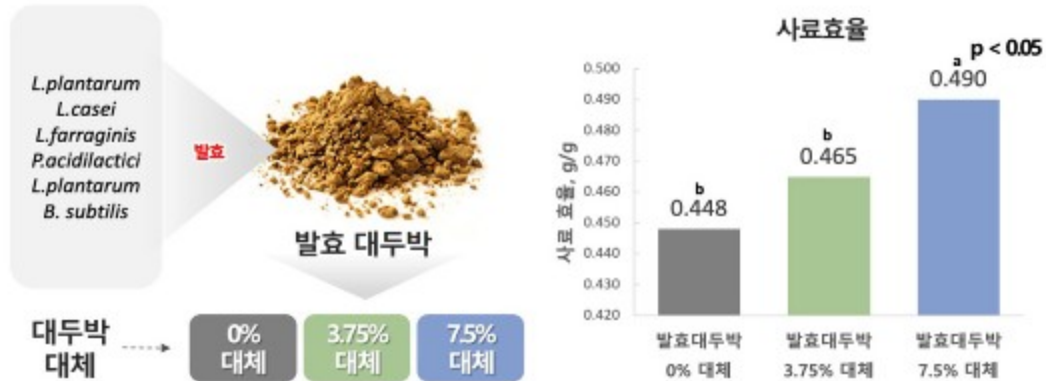


- ✓ 옥수수를 찐라기로 100% 대체
⇒ 사료효율 0.155 증가

5-2. 단백질원

1) 대두박 대체원으로 발효 대두박 급여에 따른 사료효율 증진 효과

자돈(ini BW : 10.63kg, feeding trial : 30 days) Yuan et al, 2016; Animal Nutrition



- ✓ 대두박을 발효 대두박으로 7.5% 대체
⇒ 사료효율 0.042 증가

2) 대두박 대체원으로 농축대두단백 급여에 따른 사료효율 증진 효과

자돈(ini BW : 6.69kg, feeding trial : 30 days) Ma et al, 2019; Livestock Science

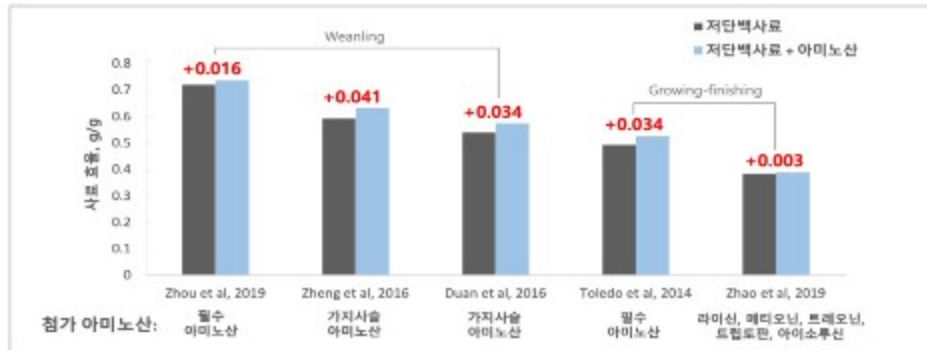


- ✓ 대두박을 농축대두단백으로 50% 대체
⇒ 사료효율 0.040 증가

6. 아연 저감사료와 사료효율 연구

6-1. 저단백질

1) 저단백질 사료 내 아미노산 첨가에 따른 사료효율 증진 효과

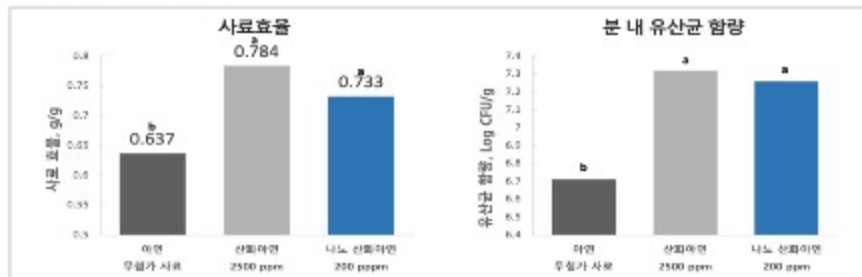


✓ 저단백질 사료 내 필수아미노산 및 가지사슬 아미노산 첨가 ⇒ 사료효율 0.003~0.041 증가

6-2. 산화아연 대체제

1) 나노 산화아연 첨가에 따른 사료효율 증진 및 고용량 산화아연 대체 효과

이유자돈 (ini BW : 6.8kg, feeding trial : 28 days) Oh et al, 2022; Italian Journal of Animal Science



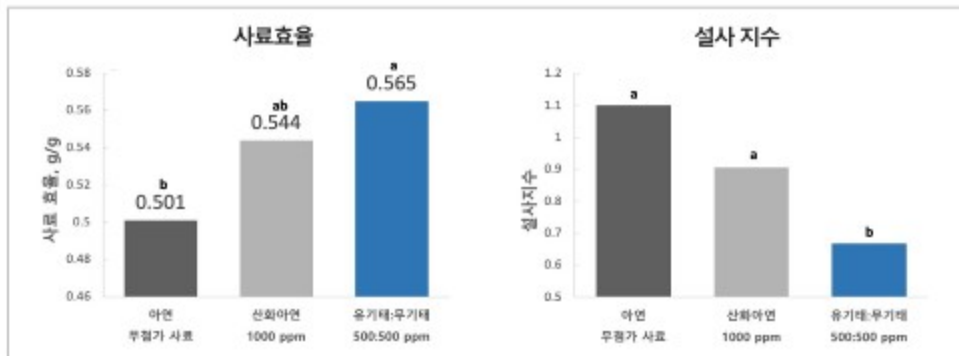
✓ 나노 산화아연 200ppm 첨가 ⇒ 사료효율 0.096 증가

✓ 분 내 유산균 함량 9.1% 상승

✓ 고용량 산화아연과 사료효율, 분 내 미생물 함량 유의차 없음

6-2. 산화아연 대체제

2) 유기태 : 무기태 혼합 아연 첨가에 따른 사료효율 증진 및 고용량 산화아연 대체 효과
이유자돈(ini BW : 9.3kg, feeding trial : 28 days) Oh et al, 2022; Animals



✓ 유기태 500ppm : 무기태 500ppm 혼합 첨가

⇒ 사료효율 0.064 증가

✓ 설사 지수 40% 감소

충북대학교 연구팀 실험 시설 및 장비



돼지 생산성 및 대사생리 변화 구명