

최 종
연구보고서

왕암게르마늄흑운모를 이용한 사료첨가제 개발

Development of feed additives using wangam
germanium biotite for animal

주관연구기관 : 서봉바이오베스텍

협동연구기관 : 단 국 대 학 교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “왕암게르마늄흑운모를 이용한 사료첨가제의 개발에 관한 연구” 과제 (협동과제 “왕암게르마늄흑운모를 함유한 사료의 평가”)의 최종보고서로 제출합니다.

2004년 8 월

주관연구기관명 : 서봉바이오베스텍

총괄연구책임자 : 정 연 권

세부연구책임자 : 정 연 권

연 구 원 : 허 보 산, 백 중 관
정 영 일, 박 중 욱

협동연구기관명 : 단국대학교

협동연구책임자 : 김 인 호

연 구 원 : 홍 중 욱, 홍 의 철
권 오 석, 이 상 환
민 병 준, 이 원 백
손 경 승

요 약 문

I. 제 목

왕암게르마늄흑운모를 이용한 사료첨가제의 개발에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

최근에 암모니아태 질소나 황화수소 등과 같은 환경오염물질에 대한 문제가 크게 대두되면서 축산업의 문제점이 제시 되었다. 또한 축산물에 대한 항생제 잔류문제들로 인해 규제가 강화되고 있다. 본 연구개발의 목적은 천연광물질인 게르마늄흑운모의 사료첨가제로서의 개발과 이를 이용한 환경친화성 사료 및 기능성 축산물의 생산에 있다.

우리나라와 같은 자원이 부족한 국가에서 산업의 경쟁력을 높이기 위해서는, 새로운 기술개발로 고부가가치의 신제품을 개발하지 않고서는 국제경쟁력을 확보할 수가 없다. 따라서 부가가치가 높은 제품의 생산전략과 부존자원을 최대한 개발하여 효과적인 활용이 동시에 필요하다.

오랫동안 축사로 부터의 폐수는 환경오염의 주된 원인으로 인식되어 왔다. 더욱이 국민 생활수준의 향상으로 환경보전에 대한 인식이 고조되면서 축산분뇨에 대한 규제와 감시가 엄격한 실정이다. 축산업에 있어서 생산성 향상 뿐만 아니라 환경 친화적인 축산을 위해서는 오염물질 배설량을 감소시키는 것이 가장 시급한 문제이다.

축산물의 생산자나 소비자의 입장에서 가축이 섭취한 영양소가 단백질 합성이 아닌 다른 부분으로 낭비되는 것은 비효율적이다. 더욱이 축산물이 상품화되면서 생산자의 입장에서는 더 높은 생산성의 향상을 요구하게 되었다. 또한 동물 품종의 개량과 함께 생산성을 저해하는 각종 질병의 예방, 치료 약제 및 성장 촉진과 사료효율을 개선할 수 있는 물질들이 사료첨가제로서 개발되어 사용되었다. 이제까지 알려진 환경친화적 물질로는 항생제, 생균제, 효모제와 효소제의 첨가효과를 구명하기 위한 실험이 수행된 바 있다. 기능성 물질들의 첨가효과는 성장단계에 따라 다소 차이가 있지만, 전반적으로 효소제와 항생제의 처리가 성장촉진효과가 있는 것으로 보이며, 질소화 인 배설량에 있어서는 복합효소제의 첨가 효과가 우수한 것으로 나타났다.

우리나라는 배합사료 원료의 대부분을 수입에 의존하고 있다. 이렇듯 자원이 부족한 국가에서 부존자원들을 사료자원으로서의 효율적 활용은 의미가 크다고 할 수 있을 것이다. 또한, 우리나라는 광상학상 규산염계 토양으로 구성되어 있으며 이에 속하는 광물 역시 다양한 종류가 있다. 이러한 측면에서 다양한 광물질의 사료가치 평가와 국내부존자원의 활용도에 대한 제고, 환경친화적인 저공해성 사료로서의 이용

가능성을 검토하여야 한다.

또한 국민 소득이 증가함에 따라 소비자들의 육류 소비가 증가하고 고품질의 육류에 대한 요구가 늘어가고 있는 실정이다. 또한 수출육에 대한 규격화가 시급히 이루어져야 할 시기이다. 따라서 본 연구에서는 사료내 게르마늄흑운모의 첨가로 고품질의 축산물을 생산하기 위한 목적과 항생제를 대체할 수 있는 가능성에 관한 연구도 수행하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 왕암게르마늄흑운모에 관한 기초 조사 및 안전성 평가

- 1) 마우스에 있어 게르마늄흑운모의 첨가가 성장 및 혈액내 ALT, AST에 미치는 영향
- 2) 육계 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 성장 및 면역반응에 미치는 영향

2. 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과 구명

- 1) 자돈에 대한 왕암게르마늄흑운모의 입자도 효과
- 2) 육성돈에 대한 왕암게르마늄흑운모의 입자도 효과

3. 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 사료첨가제의 개발 및 산업화(1)

- 1) 산란계에 대한 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과
- 2) 산란계에 있어 단백질 수준에 따른 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과

4. 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 환경친화성 효과 구명

- 1) 비육돈에 대한 왕암게르마늄흑운모 첨가효과
- 2) 비육돈에 있어 단백질 수준에 따른 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과

5. 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 사료첨가제의 산업화(2)

- 1) 육용계 있어 저 콜레스테롤 계육을 생산하기 위한 왕암게르마늄흑운모의 효과
- 2) 산란계 있어 저 콜레스테롤 계란을 생산하기 위한 왕암게르마늄흑운모의 효과

6. 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 축산생산물 및 환경친화성 사료개발

- 1) 비육돈에 있어 저 콜레스테롤 돈육을 생산하기 위한 왕암게르마늄흑운모의 효과

2) 육성돈에 대한 왕암게르마늄흑운모의 항생제 대체 효과

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구는 국내의 부존자원인 왕암게르마늄흑운모를 이용한 사료첨가제의 개발에 관한 연구를 최종 목표로 하여 천연광물질인 게르마늄흑운모의 사료첨가제로서의 타당성과 이를 이용한 환경친화성 사료 및 기능성 축산물의 생산을 위해 다음과 같은 연구를 수행하였다.

주관기관의 연구내용은 다음과 같다

1. 왕암게르마늄흑운모에 관한 기초 조사 및 안전성 평가

1) 마우스에 있어 게르마늄흑운모의 첨가가 성장 및 혈액내 ALT, AST에 미치는 영향

본 연구의 목적은 마우스 사료내 게르마늄흑운모의 첨가수준이 증가함에 따라 마우스에 미치는 독성을 조사하기 위하여 실시하였다. 사양실험은 6주령 ICR계 마우스 수컷 36수를 공시하였으며 처리구로는 마우스 기초사료(CON), 기초사료에 게르마늄흑운모를 0.5% 첨가한 구(GB0.5% 처리구), 기초사료에 게르마늄흑운모를 0.1% 첨가한 구(GB1.0% 처리구)로 3개 처리구로 구성되었다. 총 6일간의 사양실험기간동안 모든 투여구에서 폐사한 예는 전혀 관찰되지 않았으며 아울러 일반적인 임상증상에서도 아무런 이상이 발견되지 않았다. 증체량은 대조구와 GB0.5% 처리구, GB1.0% 처리구 모두 체중은 감소하였으나 유의적인 차이는 없었다. 혈액생화학치의 변화에서는 AST와 ALT에서 모두 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다(linear quadratic effect).

2) 육계 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 성장 및 면역반응에 미치는 영향

본 연구는 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 육계의 성장을 및 체내의 면역기능에 어떠한 영향을 주는가를 구명하기 위하여 실시하였다. 사양시험은 부화한 Arbor Acre Broiler(♂) 2일령 병아리 240수를 공시하였고 사양시험은 5주간 실시하였다. 시험설계는 육계전기사료를 대조구(Con ; basal diet)로 하여 기초사료에 게르마늄흑운모 200 mash를 0.5%첨가한 구(GB1), 게르마늄흑운모 325 mash를 0.5%첨가한 구

(GB2), 게르마늄흑운모 200 mash를 1.0%첨가한 구(GB3) 그리고 게르마늄흑운모 325 mash를 1.0%첨가한 구(GB4)로 5개 처리를 하였다. 처리당 4반복, 반복당 12수씩 완전임의 배치하였다. 전체 시험기간(5주)동안의 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율에서는 유의적인 차이를 나타내지는 않았다($P>0.05$). 건물의 소화율에서도 처리구간 유의적인 차이를 보이지는 않았다($P>0.05$). 혈청내 RBC, WBC, HCT, Hb, Lymphocyte, Monocyte 및 Platelet 함량에 있어서도 게르마늄흑운모를 사료내 첨가가 혈액학적인 변화에 영향을 미치지 못하였다($P>0.05$). 분중 암모니아태 질소의 함량에서는 GB1.0 처리구(GB3과 4)가 GB0.5 처리구(GB1과 2)에 비하여 유의적으로 낮게 평가되었다($P<0.03$). Propionic acid에서는 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 낮은 경향을 보였다($P<0.04$). Butyric acid에서도 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 낮은 경향을 보였다($P<0.04$). Acetic acid의 분 중 함량에서는 대조구와 비교하여 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구에서 낮게 평가되었으며($P<0.01$), GB1.0 처리구(GB3과 4)가 GB0.5처리구(GB1과 2)보다 유의적으로 낮은 경향을 보였다($P<0.02$). 이상의 결과로 볼 때, 게르마늄흑운모의 첨가는 단백질 또는 비단백태 질소화합물의 배설량을 감소시킴에 따라 암모니아성 질소의 감소효과가 있는 것으로 사료된다.

2. 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 사료첨가제의 개발 및 산업화(1)

1) 산란계에 대한 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과

본 연구는 산란계 사료내 게르마늄 흑운모의 첨가가 난각특성 및 분내 암모니아 함량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다. 사양시험은 40주령 ISA brown 갈색계 144수를이용하였으며, 옥수수-대두박 위주 대조사료 (CON), 기초사료에 게르마늄 흑운모를 0.5% (GB0.5), 1.0% (GB1.0) 및 1.5% (GB1.5) 첨가구 등 4개 처리구 구성되었다. 총 56일간의 사양시험 기간 동안, 산란율과 난각강도에서는 처리간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 난중은 게르마늄 흑운모의 첨가수준이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다 ($P<0.02$). 난각두께, 난황색 및 난황계수에서는 처리구간에 차이를 보이지 않았다. 혈장내 중성지방 함량에 있어서는 게르마늄 흑운모의 첨가수준이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다 ($P<0.05$). 분내 암모니아태 질소 농도에서는 게르마늄 흑운모의 첨가수준이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였다 ($P<0.01$). 또한 게르마늄흑운모의 첨가수준이 증가함에 따라 분내 propionic acid ($P<0.01$), Butyric acid ($P<0.05$) 그리고 Acetic acid ($P<0.04$)의 함량이 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 결과적으로 산란계 사료내 게르마늄 흑운모의 첨가는 분내 암모니아가스의 발생을 감소시

킬 수 있을 것으로 사료된다.

2) 산란계에 있어 단백질 수준에 따른 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과

본 연구의 목적은 단백질 수준이 산란계 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 생산성, 난각특성 및 분내 약취성분 함량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다. 사양시험은 51주령 ISA Brown 갈색계 144수를 공시하였으며, 처리구는 옥수수-대두박 위주의 저단백질 사료 (LPD), 고단백질 사료(HPD), LPD사료에 게르마늄흑운모를 1.0% 첨가한 처리구와(LPD-GB; LPD+1.0% germanium biotite, (주)서봉바이오베스텍), HPD사료에 게르마늄흑운모를 1.0%(HPD-GB; HPD+1.0% germanium biotite)로 4개 처리를 하여 처리당 3반복, 반복당 12마리씩 완전 임의배치하였다. 총 56일간의 사양시험 기간 동안, 산란율에서는 HPD 처리구가 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($P<0.01$). 난중은 게르마늄흑운모의 첨가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었으며($P<0.01$), 난각강도에서는 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ($P>0.05$). 둔단부 두께를 측정된 결과 게르마늄흑운모 첨가에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($P<0.02$). 예단부, 중앙부의 난각두께를 측정된 결과 처리구간 유의적 차이는 보이지 않았다. 난황계수에서는 HPD사료를 급여한 처리구가 LPD 사료를 급여한 처리구보다 낮았다($P<0.01$). 분중 Propionic acid($P<0.01$)와 butyric acid($P<0.03$)에서는 게르마늄흑운모를 첨가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. Butyric acid에서는 HPD처리구가 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며($P<0.02$), Acetic acid에서도 게르마늄흑운모 첨가 처리구가 무첨가 처리구보다 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($P<0.01$). $\text{NH}_3\text{-N}$ 에서는 LPD 사료의 경우보다 HPD 사료에서 게르마늄흑운모 첨가 효과가 나타난 것으로 보인다($P<0.05$). 결과적으로 산란계 사료내 게르마늄흑운모의 첨가는 분내 휘발성 지방산 발생을 감소시켜 축사환경의 개선효과가 있을 것으로 사료된다.

3. 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 사료첨가제의 산업화(2)

1) 육용계 있어 왕암게르마늄흑운모의 첨가가 성장률, 혈액성장 및 육내 콜레스테롤 함량에 미치는 영향

본 시험은 왕암게르마늄흑운모의 육계사료내 첨가가 육계의 성장률, 혈액성장 및 육내 콜레스테롤 함량에 어떠한 영향을 주는가를 구명하기 위하여 실시하였다. Arbor Acre Broiler(♂)병아리로 부화 후 2일령 480수를 공시하였고 사양시험은 5주간 실시하였다. 시험설계는 육계전기사료(Table 1)를 대조구(Con ; basal diet)로하여 왕암게르마늄흑운모를 200mesh 1.5(FGB1.5) 및 325mesh 1.5%(CGB1.5)를 첨가하여 제조

하였다. 처리당 8반복, 반복당 20수씩 완전 임의 배치하였다. 개시시부터 7일까지의 증체량에서는 대조구가 왕암게르마늄흑운모를 첨가한 처리구에 비하여 유의적인 감소를 보였다($P < 0.05$). 전체 시험기간 동안의 증체율과 사료요구량에 있어서 왕암게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 개선되는 경향을 보였지만 유의적인 차이는 보이지 않았다($P > 0.05$). 영양소 이용율에서는 처리구간의 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 복강내 지방무게에서는 대조구 30.27g, CGB1.5 28.68g, FGB1.5 26.81g으로 서로간의 유의적인 차이($p > 0.05$)는 나타나지 않았지만 대조구가 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구보다 약간 높은 경향을 보였다. 다리 근육내 콜레스테롤 함량은 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구에서 콜레스테롤이 감소하는 경향을 보였지만($P > 0.05$) 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 혈액내 콜레스테롤 함량에서도 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 LDL-콜레스테롤함량에서 대조구에 비해 낮게 나타났지만 처리구간의 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 이상의 결과로 볼때, 육계사료내 게르마늄흑운모의 첨가는 저 콜레스테롤 계육에 대한 가능성을 보이는 것으로 사료된다.

2) 산란계 있어 저 콜레스테롤 계란을 생산하기 위한 왕암 게르마늄 흑운모의 효과

본 연구는 산란계 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 난각특성 및 분내 유해가스 함량에 미치는 영향을 규명하기 위하여 실시하였다. 40주령 ISA brown 갈색계 144수를 공시하였으며, 사양시험은 7일간의 적응기간 후, 35일간 실시하였다. 옥수수-대두박 위주의 사료 (CON; 기초사료), 대조구 사료내 게르마늄흑운모를 2.0% (GB 200mesh; 기초사료+2.0% 200mesh germanium biotite, (주)서봉바이오베스텍), 2.0% (GB 325mesh; 기초사료+2.0% 325mesh germanium biotite) 3개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복당 6마리씩 완전 임의배치하였다. 산란율에서는 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 약간 높게 나타났지만 유의적인 차이는 보이지 않았다($P > 0.05$). 난각강도에서도 GB 325mesh 첨가군이 가장 높은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ($P > 0.05$). 둔단부, 예단부, 중앙부의 난각두께를 측정된 결과 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P < 0.05$). 혈장내 중성지방함량에 있어서는 게르마늄흑운모 325mesh를 첨가한 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다 ($P < 0.05$). 시험 종료시의 난황내 콜레스테롤 함량은 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 낮은 수치를 보였지만, 개시시와 종료시의 차이에서는 처리구간의 유의적인 차이를 보이지는 않았다($P > 0.05$). 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 산란계 사료내 게르마늄흑운모의 첨가는 생산성, 혈장내 콜레스테롤 함량 및 난황내 콜레스테롤 함량에 영향을 미치는 것으로 여겨진다.

협동연구기관의 연구내용은 다음과 같다.

1. 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과 구명

1) 자돈에 대한 왕암게르마늄흑운모의 입자도 효과

본 시험은 자돈 있어 급여수준 및 입자도에 따른 게르마늄 흑운모의 급여가 성장능력, 영양소 소화율 및 분내 유해가스 농도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시하였다. 3원 교잡종 자돈 100두를 공시하였으며, 시험 개시시 체중은 $13.12 \pm 0.15\text{kg}$ 이었다. 시험설계는 옥수수-대두박 위주의 기초사료에 게르마늄 흑운모 무첨가구(CON), 대조구 사료에 200 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구 (GB0.5-200) 및 1.0% 첨가구 (GB1.0-200) 그리고 대조구 사료에 325 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구 (GB0.5-325) 및 1.0% 첨가구(GB1.0-325)로 5개 처리로 하였다. 사양시험 기간동안, 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 분내 암모니아태 질소의 경우 GB200 처리구와 비교하여 GB325 처리구가 유의적으로 감소하였으며($P=0.01$), 분내 휘발성 지방산 농도에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 유의적으로 낮게 평가되었다 (propionic acid, $P=0.01$; butyric acid, $P=0.01$; acetic acid, $P=0.02$). 특히, 분내 propionic acid 농도는 GB200 처리구와 비교하여 GB325 처리구가 더 낮은 것으로 나타났다($P=0.02$). 결론적으로, 자돈에 있어서는 게르마늄 흑운모의 첨가가 성장에 영향을 미치지 않으면서 분내 유해가스 농도를 감소시키는 것으로 여겨진다.

2) 육성돈에 대한 왕암 게르마늄 흑운모의 입자도 효과

본 시험은 육성돈 있어 급여수준 및 입자도에 따른 게르마늄 흑운모의 급여가 성장능력, 영양소 소화율 및 분내 유해가스 농도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시하였다. 3원 교잡종 육성돈 75두를 공시하였으며, 시험 개시시 체중은 $21.18 \pm 0.15\text{kg}$ 이었다. 시험설계는 옥수수-대두박 위주의 기초사료에 게르마늄 흑운모 무첨가구 (CON), 대조구 사료에 200 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구 (GB0.5-200) 및 1.0% 첨가구(GB1.0-200) 그리고 대조구 사료에 325 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구 (GB0.5-325) 및 1.0% 첨가구(GB1.0-325)로 5개 처리로 하였다. 사양시험 기간동안, 일당증체량에 있어서는 GB1.0 처리구가 GB0.5 처리구와 비교하여 유의적으로 높은 것으로 나타났다($P=0.03$). 건물 및 질소 소화율에 있어서는 GB1.0 처리구가 GB0.5 처리구와 비교하여 향상되는 것으로 나타났다($P=0.01$). 칼슘 소화율에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 더 높은 것으로 나타났다($P=0.01$). 분내 암모니아태 질소 농도에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄흑운모 첨가구가 유의적으로 낮았으며($P=0.01$), GB200 처리구 보다는 GB325 처리구가 더 낮게 평가되었다($P=0.03$).

분내 butyric acid 농도에 있어서는 GB200 처리구와 비교하여 GB325 처리구가 유의적으로 낮은 것으로 나타났다($P=0.04$). 결론적으로, 육성돈에 있어서는 성장율을 향상시키면서 분내 유해가스 농도를 효과적으로 감소시킬 수 있는 것으로 여겨진다.

2. 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 환경친화성 효과 구명

1) 비육돈에 대한 왕암게르마늄흑운모 첨가효과

본 시험은 게르마늄흑운모의 비육돈 사료내 첨가가 비육돈의 성장율, 영양소이용율 및 분중 암모니아 가스의 양에 어떠한 영향을 주는가를 구명하기 위하여 실시하였다. 개시시 체중 $88.0 \pm 1.35\text{kg}$ 인 3원 교잡종 (Duroc \times Yorkshire \times Landrace) 비육돈 80두를 공시하였으며, 사양시험은 35일간 실시하였다. 처리구는 옥수수-대두박 위주의 1) 기초사료 (CON), 2) 200mesh WGB1.0(기초사료+고운 왕암게르마늄흑운모 1.0%), 3) 325mesh WGB1.0(기초사료+거친 왕암게르마늄흑운모 1.0%), 4) 200mesh WGB2.0(기초사료+고운 왕암게르마늄흑운모 2.0%), 5) 325mesh WGB2.0(기초사료+고운 왕암게르마늄흑운모 2.0%, (주)서봉바이오베스텍)로 5개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복당 4마리씩 완전 임의배치하였다. 총시험기간의 일당증체량을 보면 대조구와 처리구간의 유의적인 차이는 보이지 않았다($P>0.94$). 건물(DM)과 질소의 소화율은 대조구에 비해 처리구가 모두 증가하는 경향을 보였다($P<0.01$). 칼슘(Ca)과 인(P)의 소화율에서도 게르마늄 흑운모를 첨가한 모든 처리구가 대조구보다 증가하는 경향을 보였다($P<0.01$). 암모니아태 질소의 경우 대조구보다 처리구가 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며($P<0.01$), 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구에서 325 mesh 처리구가 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($P<0.01$). Propionic acid, Butyric acid, Acetic acid의 함량은 대조구 보다 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구에서 유의적으로 낮은 경향을 보였다($P<0.01$). 게르마늄 흑운모를 사료내 첨가하면, 소화율의 향상과 암모니아태 질소와 휘발성지방산의 배출을 저하시켜 축사내 환경을 개선시킬 수 있을 것으로 사료된다.

2) 비육돈에 있어 단백질 수준에 따른 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과

본 시험은 단백질 수준과 게르마늄흑운모의 첨가로 인한 성장 및 환경오염을 최소화하는 목적으로 실시하였다. 개시시 체중 $84.0 \pm 1.05\text{kg}$ 인 3원 교잡종 (Duroc \times Yorkshire \times Landrace) 비육돈 64두를 공시하였으며, 사양시험은 35일간 실시하였다. 시험설계는 Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 저단백질 사료 (LP), 고단백질 사료(HP), LP사료에 게르마늄흑운모를 1.0% 첨가한 처리구와(LP-GB; LP+1.0% germanium biotite, (주)서봉바이오베스텍), HP사료에 게르마늄흑운모를 1.0%(HP-GB; HP+1.0% germanium biotite)로 4개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복

당 4마리씩 완전 임의배치하였다. 총시험기간의 일당증체량을 보면 저영양소 사료보다 고영양소 사료에서 수치적인 증가를 보였으나 유의적인 증가는 보이지 않았다 ($P>0.36$). 사료효율에서는 고영양소 사료가 저영양소 사료보다 유의적인 증가를 보였다 ($P<0.06$). 건물(DM)의 소화율은 고영양소 사료가 저영양소 사료보다 증가하는 경향을 보였으며 ($P<0.01$), 게르마늄 흑운모 첨가시 유의적으로 증가하는 경향을 보였다 ($P<0.01$). 질소(N)의 소화율은 고영양소 사료에 게르마늄 흑운모를 첨가시 유의적인 증가를 보였으며 ($P<0.01$), Ca과 P의 소화율에 있어서도 저영양소 사료보다 고영양소 사료가, 게르마늄 흑운모 무첨가보다 첨가시 유의적인 증가를 보였다 ($P<0.01$). 암모니아 가스 농도의 경우 영양소 수준차이에서는 유의적인 차이를 보이지 않았지만 ($P>0.29$), 사료내 게르마늄 흑운모를 첨가에 따라서는 유의적으로 감소하였다 ($P<0.01$). Propionic acid의 경우 게르마늄 흑운모를 무 첨가시 고영양소 사료에서 유의적인 증가 ($P<0.02$)를 보였으나, 게르마늄 흑운모를 첨가하면 유의적인 감소를 보였다 ($P<0.01$). Butyric acid는 사료내 게르마늄 흑운모를 첨가시 유의적인 감소를 보였다 ($P<0.01$). 또한, Acetic acid도 게르마늄 흑운모를 첨가시 유의적인 감소를 보였다 ($P<0.01$). 이상의 결과로 볼 때, 게르마늄 흑운모의 첨가는 섭취한 사료의 이용성을 증가시키며, 암모니아태 질소 및 휘발성지방산의 배설량의 감소효과가 있는 것으로 사료된다.

3. 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 축산생산물 및 환경친화성 사료개발

1) 비육돈에 있어 저 콜레스테롤 돈육을 생산하기 위한 왕암게르마늄흑운모의 효과

본 시험은 게르마늄흑운모의 첨가가 성장률, 분내 유해가스 및 저 콜레스테롤 돈육 생산 가능성을 알아보기로 실시하였다. 개시시 체중 $80.7\pm 1.38\text{kg}$ 인 3원 교잡종 (Duroc × Yorkshire × Landrace) 비육돈 72두를 공시하였으며, 사양시험은 50일간 실시하였다. 시험설계는 Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 기초사료(CON), 기초사료에 200mesh 게르마늄 흑운모를 1.5% 첨가한 처리구(FGB), 기초사료에 325mesh 게르마늄 흑운모를 1.5% 첨가한 처리구(CGB)로 3개 처리를 하여 처리당 6반복, 반복당 4마리씩 완전 임의배치하였다. 총시험기간의 일당증체량을 보면 대조구와 FGB 처리구보다 CGB처리구가 높게 나타났지만, 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ($P>0.05$). 영양소 소화율에서도(DM, N, Ca 그리고 P) 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ($P>0.05$). 혈장내 HDL-cholesterol 함량에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄흑운모 첨가구가 유의적으로 증가하였다 ($P<0.05$). 또한

LDL+VLDL-cholesterol 함량에서도 처리구간의 유의적인 차이($P>0.05$)는 보이지 않았지만 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구에서 낮은 경향을 보였다. 분내 암모니아태 질소 농도에 있어서는 대조구 및 FGB처리구와 비교하여 게르마늄흑운모 325mesh 첨가구인 CGB 처리구가 유의적으로 낮은 경향을 보였다($P<0.05$). 밝기를 나타내는 L*값은 CGB 처리구가 다른 처리구에 비하여 유의적으로 높게 나타났지만($P<0.05$), Red를 나타내는 a*값은 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 높게 나타났지만, 유의적인 차이는 보이지 않았다($P>0.05$). 육내 콜레스테롤 함량에서는 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 대조구에 비해 낮게 나타났지만, 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P>0.05$). 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 비육돈 사료내 게르마늄흑운모의 첨가는 혈장 콜레스테롤 함량 및 육내 콜레스테롤 함량에도 영향을 미치는 것으로 판단된다.

2) 육성돈에 대한 왕암 게르마늄 흑운모의 항생제 대체 효과

본 연구는 게르마늄 흑운모를 성장시기에 있는 육성돈에 급여시 항생제 대체 평가를 하기 위해 실시하였다. 3원 교잡종(Duroc×Yorkshire×Landrace) 자돈 120두를 공시하였으며 시험개시시 체중은 $18.35\pm 0.15\text{kg}$ 이었다. 옥수수-대두박 위주의 기초사료에 항생제 무첨가구(NC ; basal diet), 기초사료에 항생제 첨가구(PC), 기초사료에 게르마늄 흑운모 0.5%(NCGB), 항생제 첨부사료에 게르마늄 흑운모 0.5%첨가구(PCGB)로 4개 처리를 처리당 6반복, 반복당 5마리씩 완전임의 배치하였다. 총 시험기간의 일당증체량을 보면 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 높은 경향을 보였으며 특히 PCGB 처리구가 NC, PC처리구보다 증가하는 경향을 보였지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P>0.11$). 사료섭취량에서도 처리구간의 유의적인 차이는 보이지 않았다($P>0.55$). 사료 효율에서는 NC 처리구가 다른 처리구들에 비하여 낮은 경향을 보였다($P<0.05$). 질소 소화율에 있어서는 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 GB를 첨가하지 않은 처리구와 비교하여 높은 경향을 보였다($P<0.05$). Ca 소화율에 있어서는 PCGB 처리구가 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($P<0.04$). RBC는 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 NC와 PC 처리구에 비하여 높게 나타났지만($P<0.07$). Lymphocyte에서는 NC 또는 PC 보다 게르마늄흑운모를 첨가한 NCGB와 PCGB 처리구가 높게 평가 되었다($P<0.10$). 이상의 결과로 볼 때 사료내 육성돈 사료내 게르마늄흑운모의 성장률, 영양소 소화율 및 면역기능에 좋은 영향을 미치며 항생제 대체가 가능할 것으로 여겨진다.

SUMMARY

I. Title of the Research Project

Development of feed additives using wangan germanium biotite for animal

II. Background and Objectives of the Project

Recently, the odorous substance like NH_3 and H_2S from manure play a critical point in livestock industry. Also antibiotics residues in carcass and dairy product by drug abuse show a serious public health. Therefore, the aim of this study was to develop environmentally feed additives in pigs and chickens and functional animal products.

As like insufficient resources nation is necessary to develop new technologies and products for standing on the international competitive power. Therefore, we should try to apply on efficiently development of natural resources and the added value products.

For a long time, it has been recognized that waste from animal farms are one of main causes to induce the environmental pollution. In recent, legislations have been strictly introduced to limit environmental pollution from animal production systems with the improvement of living standard and increases of public concern on environmental preservation. In livestock production, it is necessary for improving growth performance as well as reducing environmental pollution.

In the case of animal products consumer, it is not efficient that the nutrients which the livestock intakes are not used by insufficiently protein synthesis. In the view point of producer, as live stock product became commercializing, had needed more to improve producing portion. With the purpose of evaluating the efficacy of environmental friendly feed additives and their application to commercial animal diet formulation, experiments was conducted to evaluate the effects of addition of antibiotics, probiotics, yeastcultures and enzymes to livestock diet. It is conducted that their efficacy depends on the growth stage of livestock but, generally the addition of enzymes and antibiotics to diets have a positive effect on growth performance and enzyme treatment had an excellent effect on reduction of nitrogen and phosphorus excretion compared with any other feed additives.

Korea livestock feed resources depend on importing from other country. It necessary to utilize for natural resources that korea is lack in feed resources.

In korea, the consumption of meat increased steadily because of the increase of personal income, and the consumers demand more clean and quality animal products. And, In the future, the competition will be on the right track with foreign meat. Therefor, it is necessary to improve the quality of domestic animal products which will meet the international standard quality. This research was conducted to determine the effect of dietary germanium biotite on producing of high quality livestock products and as a substitute for antibiotics in animal.

III. Research Coverage and Scopes

This study was conducted by a link of the first sub-institution for developpment of wangam germanium biotite as feed additives, the second sub-institution for environment-friendly diet and the third sub-institution for producing on functional livestock products. This study has been conducted for 3 years. The detailed research contents can be summarized as following;

The 1st subject:

1. Fundamental investigation and stability evaluation on wangam germanium biotite

1) Influence of Germanium Biotite supplementation on growing and ALT and AST of serum in Mice

This study conducted to investigate the effects of germanium biotite supplementation on growing, ALT and AST in mice. Thirty six, 6 weeks old ICR commercial mice, were used in a 6 d growth assay with a 2 d adjustment period. Dietary treatments were 1) CON(basal diet), 2) GB0.5(basal diet+0.5% germanium biotite), 3) GB1.0(basal diet+1.0% germanium biotite). No death or abnormal clinical sign were observed through the dosing period. There were no differences in bady whight change, feed intake or water consumption among the

different dose groups. Serum biochemical values was tended to increase as increasing of supplementation germanium biotite in the diets.

2) Effects of Germanium biotite supplementation on growth and response of immunity in broiler chicks

This study was conducted to investigate the effect of germanium biotite on the growth performance, blood composition, fecal $\text{NH}_3\text{-N}$ and volatile fatty acid(VFA) in broiler chickens. Two hundred forty broiler chickens were randomly allocated into five treatments with four replicates for five weeks. Dietary treatments included 1) Control, 2) GB1(basal diet + 200 mesh 0.5%), 3) GB2(basal diet + 325 mesh 0.5%), 4) GB3(basal diet + 200 mesh 1.0%) and 5) GB4(basal diet + 325 mesh 1.0%). For overall period, Weight gain, feed intake and feed conversion were not significantly different among treatments($P>0.05$). Digestibilities of nutrients were not affected by adding GB($P>0.05$). No differences occurred in red blood cell(RBC), white blood cell(WBC), hematocrit(HCT), hemoglobin(Hb), lymphocyte, monocyte and platelet of blood among the treatments($P>0.05$). Fecal $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration of chicks fed GB1.0 diets(GB3 and GB4) was lower($P<0.03$) than chicks fed GB0.5 diets(GB1 and GB2). Propionic acid and butyric acid in chicks fed GB diets were lower($P<0.04$) than in chicks fed Control diet. GB diets tendency to reduce acetic acid compared to Control($P<0.01$). Also, acetic acid of chicks fed GB1.0 diets(GB3 and GB4) was lower($P<0.02$) than that of chicks fed GB0.5 diets(GB1 and GB2). In conclusion, supplemental germanium biotite was an effective means of decreasing fecal $\text{NH}_3\text{-N}$ and volatile fatty acid(VFA) emission.

2. Development and industrialization of as feed additives on wangan germanium biotite(1)

1) Influence of Dietary Germanium Biotite on Egg Quality and Fecal Noxious Gas in Laying Hens

This study conducted to investigate the effects of germanium biotite supplementation on egg quality and fecal noxious gas in laying hens. One hundred forty four 40-wk-old, ISA Brown layers were used in this experiment. Dietary treatments were 1) CON(control diet), 2) GB0.5(control diet+0.5%

germanium biotite), 3) GB1.0(control diet+1.0% germanium biotite) and 4) GB1.5(control diet+1.5% germanium biotite).Hen-day egg production and egg shell breaking strength were not influenced by germanium biotite supplementation. However, egg weight decrease as the levels of germanium biotite supplementation increased in the diets(Cubic effect, $P<0.02$). Eggshell thickness, yolk color and yolk index were not influenced by germanium biotite supplementation. Serum triglyceride concentration as dietary germanium biotite increased (linear effect $P<0.02$; quadratic effect, $P<0.05$). Dietary supplementation of germanium biotite reduced fecal $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration($P<0.01$), propionic acid($P<0.01$), butyric acid($P<0.05$) and acetic acid($P<0.01$) concentration in the fees. In conclusion, the results of this experiment indicated that dietary germanium biotite supplementation did not affect egg shell quality, but reduced fecal $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration.

2) Effect of protein level and dietary germanium biotite on egg production, egg quality and fecal volatile fatty acid in laying hens

This study conducted to investigate the effect of dietary germanium biotite by protein level in laying hen diets. One hundred forty four, 51 weeks old ISA brown commercial layer, were used in experiment. Dietary treatments were 1) low protein diet(LPD), 2) high protein diet(HPD), 3) LPD-GB(LPD + 1.0% germanium biotite) and 4) HPD-GB(HPD + 1.0% germanium biotite). Hen-day egg production tended to be increased as the concentration of protein in diets increased with significant difference($P<0.01$). Egg weight tended to decrease by increasing of supplementation germanium biotite in the diets($P<0.01$). Egg shell breaking was not influenced by germanium biotite supplementation($P>0.05$). Large band of egg decrease as increasing of supplementation germanium biotite in the diets($P<0.02$). Sharp and middle band of egg were not influenced by germanium biotite supplementation. Egg yolk index tended to decrease as increasing of supplementation germanium biotite in the diets($P<0.01$). Fecal propionic acid($P<0.01$) and butyric acid($P<0.03$) were decrease as the concentration of germanium biotite in the diet was increased. Also, butyric acid increased as the concentration of protein in diets increased with significant difference($P<0.02$). Supplementation germanium biotite in the diet reduced the fecal acetic acid($P<0.01$). Fecal $\text{NH}_3\text{-N}$ of hens fed HPD-GB diet was decreased($P<0.05$) compared to that LPD-GB diet. In conclusion, germanium biotite supplementation

to layer diets can reduce fecal volatile fatty acid components.

3. Development and industrialization of as feed additives on wangan germanium biotite(2)

1) Effect of dietary germanium biotite supplementation on growth performance, blood composition and meat cholesterol in broiler chicken.

This study was conducted to investigate the effect of dietary germanium biotite supplementation on growth performance, blood composition and meat cholesterol in broiler chicken. Four hundred eighty broiler chicks were randomly allocated into three treatments with eight replicates for five weeks. Dietary treatments included 1) Control, 2) FGB(basal diet + 200 mesh 1.5%) and 3) CGB(basal diet + 325 mesh 1.5%). From 0 to 1week, weight gain was higher in adding germanium biotite treatments than CON treatment($P>0.05$). For overall period, Weight gain, feed intake and feed conversion were not significantly different among treatments($P>0.05$). Nutrient digestibilities were not significant difference among the treatments($P<0.05$). Abdominal fat weight was lower in FGB(26.81g) and CGB(28.68g) than CON treatment(30.27). However, there were not significant difference among the treatments($P>0.05$). Cholesterol contents of leg meat tended to decrease in addition germanium biotite compared to CON treatment. However, there were not significant difference($P>0.05$). LDL-cholesterol content was lower in dietary germanium biotite treatment than CON. However, no differences occurred in cholesterol components among the treatments($P>0.05$). The result also suggest the possibility of germanium biotite to develop functioning meat in diets for broiler chickens.

2) Effect of dietary germanium biotite on egg production, egg quality and development of low cholesterol in laying hens

This study conducted to investigate the effect of dietary germanium biotite on egg production, egg quality and development of low cholesterol in laying hen diets. One hundred forty four, 40 weeks old ISA brown commercial layer, were used in experiment. Dietary treatments were 1) CON(basal diet), 2) FGB(basal diet + 200mesh germanium biotite 2.0%) and 3) CGB(basal diet + 325mesh

germanium biotite 2.0%). Hen-day egg production tended to be increased as supplementaion germanium biotite in diets. However, There was not significantly difference in among treatments($P>0.05$). Egg shell breaking and egg shell thickness were not influenced by germanium biotite supplementation($P>0.05$). Triglyceride in plasma was higher in chickens fed 325mesh Germanium biotite compared to CON treatment($P<0.05$). Total cholesterol of yolk was tended to decrease as suplementaion germanium biotite in diet was decreased without significant difference($P>0.05$). In conclusion, dietary germanium biotite in laying hens diet can be used to improve egg production, cholesterol of plasma and cholesterol of egg yolk.

The 2nd subject:

1. Evaluation of dietary wangam germanium biotite supplementation in diet

1) Effects of feeding levels and particle size of germanium biotite on nursery pig performance

This experiment was conducted to investigate the effect of germanium biotite (GB) on growth performance, nutrient digestibility and fecal gas emission in nursery pigs. A total of one hundred nursery pigs (initial body weight 13.12 ± 0.15 kg) were used in a 21 d growth assay. The five treatments were control (CON, basal diet), GB0.5-200 (basal diet + 0.5% GB, 200mesh), GB1.0-200 (basal diet + 1.0% GB, 200mesh), GB0.5-325 (basal diet + 0.5% GB, 325mesh), GB1.0-325 (basal diet + 1.0% GB, 325mesh). Each treatment had four replicates with five pigs per replicate. ADG, ADFI and gain/feed were not significantly different among the treatments. Fecal $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration of pigs fed the GB325 diet was lower than that of pigs fed the GB200 diet ($P=0.01$). The GB treatments reduced fecal volatile fatty acids significantly compared to the CON (propionic acid, $P=0.01$; butyric acid, $P=0.01$; acetic acid, $P=0.02$). Especially, fecal propionic acid concentration of pigs fed the GB325 diets was lower than that of pigs fed the GB200 diets ($P=0.02$). In conclusion, the results obtained from these feeding trials suggest that the dietary GB for nursery pigs affects fecal noxious gas emission.

2) Effects of feeding levels and particle size of germanium biotite on growing pig performance

This experiment was conducted to investigate the effect of germanium biotite (GB) on growth performance, nutrient digestibility and fecal gas emission in growing pigs. A total of seventy five pigs (initial body weight $21.18 \pm 0.15\text{kg}$) were used in a 28 d growth assay. The five treatments were control (CON, basal diet), GB0.5-200 (basal diet + 0.5% GB, 200mesh), GB1.0-200 (basal diet + 1.0% GB, 200mesh), GB0.5-325 (basal diet + 0.5% GB, 325mesh), GB1.0-325 (basal diet + 1.0% GB, 325mesh). Each treatment had five replicates with three pigs per replicate. The GB1.0 treatments significantly increased the ADG compared to the GB0.5 treatments ($P=0.03$). The DM and N digestibility of pigs fed the GB1.0 diets were higher than that for pigs fed the GB0.5 diets ($P=0.01$). Also, the Ca digestibility of pigs fed the GB diets was higher than that for pigs fed the CON diets ($P=0.01$). The fecal $\text{NH}_3\text{-N}$ concentrations for the GB treatments were lower than that for the CON ($P=0.01$). The GB325 treatments significantly decreased the fecal $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration compared to the GB200 treatments ($P=0.03$). The fecal butyric acid concentration for the GB325 treatments was lower than that for the GB200 treatment ($P=0.04$). In conclusion, the results obtained from these feeding trials suggest that dietary GB in growing pigs was effective to improve ADG and decrease fecal noxious gas emission.

2. Evaluation of environment-friendly aspects using of wangan germanium biotite

1) The effect of dietary germanium biotite supplementation in finishing pig

This study was conducted to determine the effect of dietary germanium biotite on growth performance, nutrients digestibilities and fecal ammonia gas concentration in finishing pigs. A total of eighty finishing pigs (initial body weight $88.0 \pm 1.35\text{kg}$) were used in this experiment. This study was carried out for 35 days. The treatments included 1) Control (CON; basal diet) 2) 200mesh WGB1.0(basal diet + germanium biotite 1.0% 200mesh), 3) 325mesh WGB1.0(basal diet + germanium biotite 1.0% 325mesh), 3)200mesh WGB2.0(basal diet + germanium biotite 2.0% 200mesh) and 5)325mesh WGB2.0(basal diet +

germanium biotite 1.0% 325mesh). There were four pigs per pen and four pens per treatment. Through the entire experimental period, there was not significant differences($P>0.05$) among the treatments in ADG. As the addition of germanium biotite in diets, dry matter and nitrogen digestibility were increased significant differences($P<0.01$). Also, calcium and phosphorus digestibility tended to increase in dietary germanium biotite compared to CON treatment($P<0.01$). Fecal $\text{NH}_3\text{-N}$ in pigs fed 325mesh germanium biotite treatments was decreased($P<0.01$) compared to other treatments. Supplementation germanium biotite in the diet reduced the fecal propionic acid, butyric acid and acetic acid($P<0.01$) than CON treatment. In conclusion, germanium biotite supplementation to finishing pig diets can increase nutrients digestibilities and reduce fecal volatile fatty acid components.

2) Effect of dietary germanium biotite in according as protein levels in finishing pigs

This study was conducted to determine the effect of dietary germanium biotite according to protein levels on growth performance and fecal ammonia gas concentration in finishing pigs. A total of sixty four finishing pigs (initial body weight $84.0\pm 1.05\text{kg}$) were used in this experiment. This study was carried out for 35 days. This experiment was carried out. The treatments included 1) LP(low protein diet), 2) HP(high protein diet), 3) LP-GB(low protein diet + 325mesh germanium biotite 1.0%) and 4) HP-GB(high protein diet + 325mesh germanium biotite 1.0%). There were four pigs per pen and four pens per treatment. Through the entire experimental period, average daily gain(ADG) tended to increase in HP-GB treatment. However, there was not significant differences($P>0.05$) among the treatments. Gain/feed increased in HP and HP-GB compared to LP and LP-GB($P<0.05$). As the addition of germanium biotite in diets, digestibility of dry matter(DM) and nitrogen(N) were increased significant difference($P<0.01$). Also, digestibility of calcium(Ca) and phosphorus(P) were increased significant difference($P<0.01$) as like DM and N. Supplementation germanium biotite in diet reduced the ammonia emissions in feces($P<0.01$). Supplementation germanium biotite in the diet reduced the fecal propionic acid, butyric acid and acetic acid($P<0.01$) than not containing germanium biotite treatment. In conclusion, independent of germanium biotite supplementation to

finishing pig diets can increase nutrients digestibilities and reduce fecal volatile fatty acid components.

3. Development of livestock products and environment-friendly diet on wangan germanium biotite

1) Effect of dietary germanium biotite supplementation on producing for low cholesterol pork

This Experiment was conducted to determine the effect of dietary germanium biotite supplementation for producing on low cholesterol pork. A total of seventy two finishing pigs (initial body weight 80.7 ± 1.38 kg) were used in this experiment. This study was carried out for 50 days. The treatments included 1) Control (CON; basal diet) 2) FGB(basal diet + germanium biotite 1.5% 200mesh) and 3) CGB(basal diet + germanium biotite 1.5% 325mesh). There were four pigs per pen and six pens per treatment. Through the entire experimental period, average daily gain(ADG) tended to increase in CGB treatment compared to FGB and CON treatment($P > 0.05$). Nutrients digestibilities(DM, N, Ca and P) was not affected to among the treatments($P > 0.05$). HDL-cholesterol concentration in plasma of the pig fed germanium biotite(GB) was significantly increased compared to those in pigs fed CON diet ($P < 0.05$). LDL+VLDL-cholesterol concentrations in plasma of pigs fed GB diets treatments were higher than pig fed CON diet. However, there was not significant differences($P > 0.05$) among the treatments. Fecal $\text{NH}_3\text{-N}$ in pigs fed 325mesh germanium biotite treatments(CGB) was decreased($P < 0.05$) compared to other treatments. L*(lightness) value of loin was higher in CGB than CON and FGB($P < 0.05$). Although a*(redness) value of loin was lower in CON than other treatments, there was not significantly difference among the treatments($P > 0.05$). Cholesterol of loin was higher in CON than supplementation GB treatments. However, there was not affected by dietary GB($P > 0.05$). The result also suggest dietary supplementation of germanium biotite in finishing pigs was an effective means for improving cholesterol in plasma and for decreasing cholesterol in meat.

2) Evaluation of Germanium biotite as a substitute for antibiotics in growing pig diets

This study was conducted to investigate the effect of germanium biotite(GB) as a substitute for antibiotics in growing pigs. A total of one hundred twenty pigs (initial body weight 18.35 ± 0.15 kg) were used in a 28 d growth assay. The four treatments were NC (basal diet without antibiotics), PC(basal diet with 200ppm CTC), NCGB(NC diet + 0.5% 200mesh germanium biotite) and PCGB(PC diet + 0.5% 200mesh germanium biotite). Each treatment had six replicates with five pigs per replicate. Through the entire experimental period, average daily gain(ADG) tended to increase in addition germanium biotite treatments. However, there were not significant differences($P < 0.11$) among the treatments. ADFI was not significantly differences among the treatments($P < 0.55$). Gain/feed was lower in NC treatment compared to other treatments($P < 0.05$). N digestibility was significantly differences in dietary germanium biotite supplementation compared to NC and PC($P < 0.05$). Ca digestibility was higher in PCGB than other treatments($P < 0.04$). RBC component was higher in pigs fed germanium biotite(NCGB and PCGB) than in pigs not fed germanium biotite(NC and PC)($P < 0.07$). Also, lymphocyte contents were higher in NCGB and PCGB than NC and PC($P < 0.10$). In conclusion, supplementation of germanium biotite in diet have possibility as alternative substances of antibiotics in the diet of growing pigs.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	2
Section 1. Background of the Research Project	29
Section 2. Objectives of the Research Project	41
Chapter 2. Fundamental investigation and stability evaluation on wangan germanium biotite (1st subject)	
2. 1. Influence of Germanium Biotite supplementation on growing and ALT and AST of serum in Mice	46
2. 1. 1. Introduction	46
2. 1. 2. Material and Methods	46
2. 1. 3. Results and discussions	48
2. 1. 4. Summary	51
2. 1. 5. References	51
2. 2. Effects of Germanium biotite supplementation on growth and response of immunity in broiler chicks	53
2. 2. 1. Introduction	53
2. 2. 2. Material and Methods	53
2. 2. 3. Results and discussions	56
2. 2. 4. Summary	59
2. 2. 5. References	60
Chapter 3. Evaluation of dietary wangan germanium biotite supplementation in diet (2nd subject)	
3. 1. Effects of Feeding Levels and Particle Size of Germanium Biotite on Nursery Pig Performance	64
3. 1. 1. Introduction	64
3. 1. 2. Material and Methods	65
3. 1. 3. Results and discussions	67
3. 1. 4. Summary	69
3. 1. 5. References	70

3. 2. Effects of Feeding Levels and Particle Size of Germanium Biotite on Growing Pig Performance	72
3. 2. 1. Introduction	72
3. 2. 2. Material and Methods	72
3. 2. 3. Results and discussions	74
3. 2. 4. Summary	77
3. 2. 5. References	78
Chapter 4. Development and industrialization of as feed additives on wangan germanium biotite(1) (1st subject)	
4. 1. Influence of Dietary Germanium Biotite on Egg Quality and Fecal Noxious Gas in Laying Hens	79
4. 1. 1. Introduction	79
4. 1. 2. Material and Methods	79
4. 1. 3. Results and discussions	82
4. 1. 4. Summary	88
4. 1. 5. References	89
4. 2. Effect of dietary germanium biotite in according as protein levels in finishing pigs	91
4. 2. 1. Introduction	91
4. 2. 2. Material and Methods	92
4. 2. 3. Results and discussions	94
4. 2. 4. Summary	97
4. 2. 5. References	98
Chapter 5. Evaluation of environment-friendly aspects using of wangan germanium biotite (2th subject)	
5. 1. The effect of dietary germanium biotite supplementation in finishing pig	100
5. 1. 1. Introduction	100
5. 1. 2. Material and Methods	101
5. 1. 3. Results and discussions	103
5. 1. 4. Summary	106
5. 1. 5. References	107
5. 2. Effect of dietary germanium biotite in according as protein levels in finishing pigs	109
5. 2. 1. Introduction	109

5. 2. 2. Material and Methods	109
5. 2. 3. Results and discussions	112
5. 2. 4. Summary	114
5. 1. 5. References	115
Chapter 6. Development and industrialization of as feed additives on wagam germanium biotite(2) (1st subject)	
6. 1. Effect of dietary germanium biotite supplementation on growth performance, blood composition and meat cholesterol in broiler chicken.	117
6. 1. 1. Introduction	117
6. 1. 2. Material and Methods	118
6. 1. 3. Results and discussions	120
6. 1. 4. Summary	124
6. 1. 5. References	124
6. 2. Effect of dietary germanium biotite on egg production, egg quality and development of low cholesterol in laying hens	127
6. 2. 1. Introduction	127
6. 2. 2. Material and Methods	128
6. 2. 3. Results and discussions	131
6. 2. 4. Summary	134
6. 2. 5. References	134
Chapter 7. Development of livestock products and environment -friendly diet on wagam germanium biotite (2th subject)	
7. 1. Effect of dietary germanium biotite supplementaion on producing for low cholesterol pork	136
7. 1. 1. Introduction	136
7. 1. 2. Material and Methods	137
7. 1. 3. Results and discussions	139
7. 1. 4. Summary	143
7. 1. 5. References	144
7. 2. Evaluation of Germanium biotite as a substitute for antibiotics in growing pig diets	147
7. 2. 1. Introduction	147
7. 2. 2. Material and Methods	147

7. 2. 3. Results and discussions	149
7. 2. 4. Summary	152
7. 2. 5. References	153

목 차

요약문	2
SUMMARY	12
영문목차	22
한글목차	26
제 1 장	
제 1 절 연구개발의 필요성	29
제 2 절 연구의 목적	41
제 2 장 왕암게르마늄흑운모에 관한 기초 조사 및 안전성 평가	
2. 1. 마우스에 있어 게르마늄흑운모의 첨가가 성장 및 혈액내 ALT, AST에 미치는 영향	46
1. 서론	46
2. 재료 및 방법	46
3. 결과 및 고찰	48
4. 요약	51
5. 참고문헌	51
2. 2. 육계에 대한 왕암 게르마늄 흑운모의 첨가 효과	53
1. 서론	53
2. 재료 및 방법	53
3. 결과 및 고찰	56
4. 요약	59
5. 참고문헌	60
제 3 장 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과 구명	
3. 1. 자돈에 대한 왕암게르마늄흑운모의 입자도 효과	64
1. 서론	64
2. 재료 및 방법	65
3. 결과 및 고찰	67
4. 요약	69
5. 참고문헌	70
.	

	3. 2. 육성돈에 대한 왕암 게르마늄 흑운모의 입자도 효과	72
	1. 서론	72
	2. 재료 및 방법	72
	3. 결과 및 고찰	74
	4. 요약	77
	5. 참고문헌	78
제 4 장	왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 사료첨가제의 개발 및 산업화(1)	
	4. 1. 산란계에 대한 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과	79
	1. 서론	79
	2. 재료 및 방법	79
	3. 결과 및 고찰	82
	4. 요약	88
	5. 참고문헌	89
	4. 2. 산란계에 있어 단백질 수준에 따른 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과	91
	1. 서론	91
	2. 재료 및 방법	92
	3. 결과 및 고찰	94
	4. 요약	97
	5. 참고문헌	98
제 5 장	왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 환경친화성 효과 구명	
	5. 1. 비육돈에 대한 왕암게르마늄흑운모 첨가효과	100
	1. 서론	100
	2. 재료 및 방법	101
	3. 결과 및 고찰	103
	4. 요약	106
	5. 참고문헌	107
	5. 2. 비육돈에 있어 단백질 수준에 따른 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과	109
	1. 서론	109
	2. 재료 및 방법	109
	3. 결과 및 고찰	112
	4. 요약	115
	5. 참고문헌	116

제 6 장 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 사료첨가제의 산업화(2)

6. 1. 육용계 있어 저 콜레스테롤 계육을 생산하기 위한 왕암 게르마늄 흑운모의 효과 117

1. 서론 118

2. 재료 및 방법 118

3. 결과 및 고찰 120

4. 요약 124

5. 참고문헌 124

6. 2. 산란계 있어 저 콜레스테롤 계란을 생산하기 위한 왕암 게르마늄 흑운모의 효과 127

1. 서론 127

2. 재료 및 방법 128

3. 결과 및 고찰 131

4. 요약 134

5. 참고문헌 134

제 7 장 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 축산생산물 및 환경친화성 사료개발

7. 1. 비육돈에 있어 저 콜레스테롤 돈육을 생산하기 위한 왕암 게르마늄 흑운모의 효과 136

1. 서론 136

2. 재료 및 방법 137

3. 결과 및 고찰 139

4. 요약 143

5. 참고문헌 144

7. 2. 육성돈에 대한 왕암 게르마늄 흑운모의 항생제 대체 효과 147

1. 서론 147

2. 재료 및 방법 147

3. 결과 및 고찰 149

4. 요약 152

5. 참고문헌 153

제 1장 서 론

제 1절 연구개발의 필요성

가. 개발 대상기술의 개요

우리나라와 같은 자원이 부족한 국가에서 산업의 경쟁력을 높이기 위해서는, 새로운 기술개발로 고부가가치의 신제품을 개발하지 않고서는 국제경쟁력을 확보할 수가 없다. 따라서 부가가치가 높은 제품의 생산전략과 부존자원을 최대한 개발하여 효과적인 활용이 동시에 필요하다. 현재 우리나라의 사료원료의 대외의존도는 높은 실정이다.

축산분야에서도 여러 가지 부존자원들을 찾아볼 수 있지만, 그 중에서도 아직 인식이 덜 되어 있어 연구 개발을 필요로 한다. 이러한 물질 중에는 점토광물(clay mineral)이 있다. 국내에서는 이미 오래전부터 kaolinite, zeolite, bentonite, vermiculite 등의 규산염(silicate) 점토광물이 가지는 고유의 성질을 이용하여 일반 농업, 수산, 환경정화 등에 널리 사용되어 왔으며, 축산업에서도 가축의 발육촉진, 소화율 및 사료효율 개선, 축분의 수분조절 및 축사 내 악취제거 등을 위하여 부분적으로 활용되고 있다. 그 중에서도 zeolite의 첨가는 돼지와 닭의 근육과 지방 특성에 유리한 영향을 준다고 보고(Pond 등, 1988; Hagedorn 등, 1990; Kovar 등 1990)도 있다.

왕암게르마늄흑운모(wangam germanium biotite)는 36ppm의 게르마늄을 함유하고 있다. 왕암게르마늄흑운모내에는 게르마늄 이외에도 백운모, 흑운모와 미량광물질로 장석, 전기석 등이 포함되어 있다. 게르마늄은 회백색의 반금속원소로서 원적외선이 방출되어 면역력 강화, 인터페론 생성·자극으로 암세포를 방어하는 기능을 하며, 독성물질, 바이러스 등으로부터 생체를 보호하는 것으로 알려져 있다. 운모에 있어서는 세종대왕 의학경전(향약집성방)에 ‘몸의 피부에 균살이 생긴 것, 중풍, 추웠다 열이 났다 하는 것, 수레나 배 멀미 등을 치료하는데 이용하며, 사기를 없애고 오장을 편안하게 하며 기를 내리우고 살을 단단하게 하며 부러진 것을 이어주고 중초를 보한다’ 라고 하여 운모를 만가지 약재의 서열 중에 으뜸이라고 하였다. 또한 인체나 가축에 해로운 가스에 대한 탈취율이 높은 것으로 알려져 있어 각종 건축용 자재의 이용뿐만 아니라, 돈사내의 암모니아 가스의 흡착제로 이용 가능성을 시사하고 있다.

나. 개발 대상기술의 중요성 및 국내·외 관련기술의 현황

1) 개발 대상기술의 중요성

사료의 수급 및 가격의 안정을 도모하고, 그 품질향상 및 안전성의 확보에 관한 사항을 규정해 놓은 사료관리법은 사료 생산의 안정과 축산업 발전에 기여하게 함을 목적으로 한다. 그 가운데 보조사료라 함은 사료의 품질저하 방지 또는 사료의 효용을 높이기 위하여 사료에 첨가하는 것으로 2000. 7. 8에 개정된 사료관리법 시행규칙에 따르면 규산염제 사료원료 항목에 흑운모가 첨가되어 흑운모에 대한 국가적 차원의 중요성 인식과 함께 사용 가능성이 증대되고 있다(표 1).

표 1. 보조사료

구 분	세 분	개정전	개정후
효용의 증대를 위하여 사료에 첨가하는 것	다. 규산염제	조라이트, 벤토나이트, 카오린, 일라이트와 그혼합물	조라이트, 벤토나이트, 카오린, 일라이트, 흑운모, 견운모와 그혼합물

(사료관리법 시행규칙)

2) 국내·외 관련기술 현황

국내 규산염계 광물질을 상업적 이용 가치에 있어서 제오라이트의 경우 표 2와 같다.

표 2. 제오라이트의 사용 용도

분 류	사 용 용 도
농업용	토양개량제, 비료혼합제, 농약증량제, 상토혼합제 등
수산용	해양오염방지제, 적조현상방지제, 잉어사료용 등
축산용	악취제거제, 설사치료제, 정수제, 사료첨가제 등
공업용	제지충진제, 폐수처리제, 건조제, 요업원료, 의약품원료, 조경제, 건축제, 담배필터용 등

제오라이트는 탈취제, 폐수처리제 및 토성개량제 등으로 사용되었고 가축에 있어서는 생리적으로 불활성인 것으로 판단되어 왔으나 최근 연구결과에 의하면 양돈 및 가금 사료에 3-5%이하로 사용하면 증체율, 산란율, 사료효율의 개선효과가 있으며 또한, 연변방지 등의 효과가 있음이 입증되어 사료로서의 가치가 인정되고 있다. 이러한 효과로 인하여 제오라이트와 벤토나이트 등을 이용한 사료첨가제가 개발되어 상업적으로 이용되고 있으나 주로 약취제거용으로 이용되고 있는 실정이다.

현재 국내에서 규산염계 광물질을 사료첨가제로 이용하여 브랜드 돈육을 생산하는 사료업체로 우성사료가 있다. 우성사료는 황토에 포함되어 있는 일라이트를 사료에 첨가하여 브랜드 돈육인 황토포크를 생산하여 유통시키고 있다.

일라이트는 원적외선을 93%까지 방사하는 매우 희귀한 연질운모 광물로서, 미국의 일리노이 지방에서 산출되는 퇴적암층에 있는 미세한 점토모양의 운모에 일라이트라는 이름이 처음으로 붙여졌으며 국내에서는 충북영동에서 발견되어 생산되고 있다. 일라이트는 원적외선을 방사하는 이중작용으로 수증의 증기속과 유기질 이온, 약취를 흡착하는 뛰어난 성질로 각종 정수제로 쓰이고 있다. 가축의 사료에 첨가하여 급여할 경우 육질이 좋아지고 사료비를 절감할 수 있는 가능성이 있는 것으로 알려져 있다.

게르마늄을 이용한 가축 사료 제조에 관한 지적재산권에 있어서는 게르마늄 원석분을 이용한 가축의 사육방법에 관한 특허가 출원중에 있다(출원번호 10-2000-0017145). 그러나 현재 출원중에 있는 발명내용은 오리 사육방법에 관한 것이며, 오리 사료내에 게르마늄 원석분을 0.1-1.0% 첨가하였을 경우 오리의 성장이 촉진되며 오리고기내의 게르마늄이 kg당 1.0ppb 함유된 특성화된 고기를 생산할 수 있다고 하였다. 그러나 본 발명의 내용은 오리라는 축종에 한정된 것으로 본 연구에서 개발하고자 하는 기능성 양돈 사료 개발과는 부합되지 않는다.

따라서 본 연구에서 개발하고자 하는 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 기능성 양돈 사료는 국내에서 아직까지 게르마늄 혹은 흑운모에 대한 체계적인 연구가 이루어진 바 없으며, 또한 개발이후 이를 상업적으로 이용하는데 있어서 어려움이 없을 것으로 판단된다.

다. 기술개발의 효과

1) 항생제 대체물질 개발

항생제를 양돈사료내 첨가하였을 경우 질병의 예방 및 치료효과와 함께 성장률 축

진 그리고 사료효율이 개선된다는 보고와 더불어 항생제는 1950년대 이후부터 양돈 사료내에 폭넓게 이용되어 왔다. 그러나, 육제품 내의 항생제 잔류와 함께 항생제 내성균에 대한 공중보건학적 관심이 고조되면서, 양돈사료업에서 항생제 대체물질 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

신선하고 고품질의 축산물 생산과 유지를 위하여 가축의 위생관리와 안정적 사양 관리가 요구되고 있는 반면, 항생제, 설과제 및 약제 첨가제의 장기간 투약으로 인한 잔류물질의 축적, 내성균 출현, 균 교대감염, 약제사용에 따른 부작용 등이 현실적인 문제점으로 이에 대한 해결책으로 국내 생산 가능한 향균능력을 가진 부존자원을 이용하는 것이다.

본 연구에서 개발하고자 하는 왕암 게르마늄 흑운모를 이용하여 육성돈에서 항생제를 대체한 예비 사양시험을 결과를 표 3에 나타내었다.

표 3. 육성돈에 있어 왕암 게르마늄 흑운모의 첨가가 성장에 미치는 영향^a

비 고	항생제 무첨가구	항생제 첨가구	왕암게르마늄 흑운모 0.3%
0-35 days			
일당증체량, g	385	451	438
일당사료섭취량, g	1191	1371	1318
사료효율	0.323	0.329	0.332

^a개시시 체중 32.47kg 육성돈 54마리 공시

사양시험 결과, 시험사료를 급여한 육성돈에 있어 일당증체량이 항생제 무첨가구와 비교하여 왕암 게르마늄 흑운모 0.3% 첨가구가 14%(385 vs. 438, g/d) 더 높게 평가되었으며, 사료효율에 있어서도 왕암 게르마늄 흑운모 0.3% 첨가구가 항생제 무첨가구와 비교하여 통계적으로 높게 평가되었다. 이러한 결과는 왕암 게르마늄 흑운모가 방출하는 원적외선에 의하여 면역력이 강화되어 성장률이 향상된 것으로 사료된다.

표 4. 육성돈에 있어 왕암 게르마늄 흑운모의 첨가에 따른 경제성 분석

비 고	항생제 무첨가구	왕암 게르마늄 흑운모 0.3%
A. 개시시 체중, kg	32	32
B. 일당증체량, kg	0.385	0.438
C. 50kg 도달일령(50-32/B), 일	47	41

표 4는 육성돈에 있어 왕암 게르마늄 흑운모 첨가에 따른 경제성 분석을 나타낸 것으로, 항생제를 대체하여 왕암 게르마늄 흑운모를 0.3% 첨가하였을 경우 50kg까지 도달 일령이 6일이 단축되며, 이러한 결과로 1999년 12월 2-4개월령 전국 돼지 사육 두수가 1,964,008두이며, 일당 사료섭취량을 1.3kg이라고 했을 때 전국 2-4개월령 돼지의 6일간의 사료섭취량은 $1,964,008 \times 1.3 \times 6 = 15,319$ 톤이다. **항생제를 첨가하지 않고 성장률을 높이면서 사료를 15,319톤을 줄일 수 있는 것이다.** 이것은 사료 곡물의 대부분을 수입하는 한국이 처한 상황에서 그 가치를 크게 부여할 수 있다.

2) 성인병 예방용 브랜드 돈육 생산

요즘 현대인들의 건강에 대한 관심이 부족 높아지고 있다. 바쁜 생활에 쫓기다 보면 자칫 소중한 건강을 관리하는데 소홀해지기 쉬우며 편중되고 잘못된 식습관과 운동부족으로 각종 현대병에 걸릴 위험성이 점차 증가하는 추세입니다. 특히, 콜레스테롤이란 고등동물의 세포성분으로 널리 존재하는 스테로이드 화합물으로써, 콜레스테롤이라고도 한다. 이것은 18세기 말 사람의 담석에서 발견되었는데, 식물에서는 발견되지 않으며, 동물에만 볼 수 있다. 특히 뇌나 신경조직에 많이 함유되어 있다. 콜레스테롤은 인지질과 함께 세포의 막계(膜系)를 구성하는 주요 성분이며, 막 구조나 기능에 큰 역할을 한다고 생각되지만, 그 상세한 메커니즘은 거의 알려져 있지 않다. 소화관에서 콜레스테롤을 그대로 직접 흡수하고, 또 그대로의 형태로 배설된다. 생체 내에서는 이것을 출발물질로 하여 비타민 D · 성호르몬(테스토스테론 · 프로게스테론 등) · 부신피질 호르몬 · 쓸개즙산(빌산) 등이 합성된다. 또, 고혈압은 혈중의 콜레스테롤이 혈관에 침착하여 동맥경화증을 일으켜 혈관의 기능을 약화시킨 결과 생긴다는 설도 있다.

오늘날 동맥경화나 순환기계 질환은 선진외국은 물론 우리나라에서도 주요 사망의 원인이 되고 있는 질병으로서 이들 질환의 발병에 콜레스테롤이 주요인자로서 작용한다는 사실은 많은 연구결과에 의해 잘 밝혀져 있다(Connor 등, 1981). 미국의 American National Heart, Lung and Blood Institute(NHLB)에서는 이와 같은 질환의 예방을 위해서 하루에 섭취하는 콜레스테롤량을 300 mg 이하로 제한하고 있으나 사실상 이는 실천하기가 매우 어렵다.

근래 들어 국내에서는 육류소비의 꾸준한 증가와 더불어 소비자들은 더욱 위생적이고 품질이 우수한 식육을 요구하는 추세에 있다. 또한 사료자원이 풍부하고 사육환경 여건이 유리할 뿐만 아니라 생산비가 저렴하고 육질이 우수한 외국의 냉장돈육이 수입되었을 때, 가격과 품질면에서 국내산 돈육이 경쟁력을 갖추기 위해서는 육질이 보다 우수한 브랜드화한 돈육의 생산이 절실히 요구된다. 브랜드 돈육 사업은 1993년 WTO 체제가 출범하면서 수입 돈육에 대응하기 위한 하나의 방법으로 시작

되어 현재는 40여개의 업체가 참여하고 있고 계속해서 늘어날 것으로 예측되고 있다.

최근에 브랜드화한 일본의 돈육은 일반 돈육과의 차별화 전략에 치중하고 있다. 이에 따라 판매량이 증가 경향에 있고 일정한 시장을 형성하고 있다. 브랜드화한 돈육은 일반적으로 흑돈, SPF돈, 그 외에 여러 종류가 있다. 이러한 돈육은 생산자, 식육도매업자, 소매업자가 전략적 제휴관계를 맺고, 품질의 안전성을 지향하는 상품이 많고, 저가 판매전략은 거의 활용하지 않는다.

일본 소비자를 대상으로 브랜드 돈육에 대한 선호도를 조사한 결과, 브랜드 돈육을 구입하는 소비자는 전체의 58.4%를 차지하고 있다. 이것을 가사 담당 연령층으로 보면 30세 미만에서 47.5%, 40-49세 그리고 50-59세에서는 각각 60.9%로 나타났고, 소득이 높다고 생각되는 연령층에서 선호도가 높았다. 구입세대별로 보면 90% 이상을 브랜드 돈육을 구입하는 세대가 32.5%, 50-90%를 구입하는 세대가 32.5%를 차지하고 있다. 돈육 전체의 반 이상을 구입하는 세대는 54.4%를 차지하고, 특히 연령층이 높은 소비자의 선호도가 높았다.

표 4는 일본 소비자의 브랜드 돈육에 대한 평가를 나타내었다. “맛이 있다”가 50.3%로 최고로 높았으며, “건강에 좋다”가 35.2%로 나타나서 품질과 안전성을 추구하는 소비자가 많은 것으로 분석되었다. 반면에 “보통 돈육과 차이가 없다”도 20.5%를 나타내서 브랜드 돈육에 대한 불신감도 의외로 높은 결과를 보이고 있다. 연령층별로 보면 “맛이 있다” “건강에 좋다”는 평가가 40-49세, 50-59세 현저하게 높았다.

표 4. 브랜드 돈육의 평가

구 분	가사 담당자 연령					계
	30미만	30-39	40-49	50-59	60이상	
구입세대수, 호	29	202	322	334	280	1,167
맛이 있다, %	41.4	43.1	53.1	49.4	54.3	50.3
고급감이 있다, %	10.3	9.4	5.9	7.8	5.4	7.0
가격에 비해 맛이 없다, %	-	2.5	1.9	2.1	2.9	2.2
건강에 좋다, %	24.1	36.1	37.6	35.9	32.1	35.2
부드럽다, %	13.8	23.3	21.4	24.0	27.9	23.8
단단하다, %	10.8	5.0	4.7	2.1	1.8	3.4
보통과 차이가 없다, %	27.5	24.3	18.9	20.7	18.6	20.5
보통보다 조금 맛이 있다, %	-	1.5	0.6	0.9	-	0.7
요리하기 편하다, %	6.9	5.9	5.6	8.7	7.9	7.1
기 타, %	3.4	2.5	6.2	5.7	8.6	5.9
무응답, %	-	0.5	0.6	0.9	1.1	0.8

(일본 양돈의 벗, 1998-3)

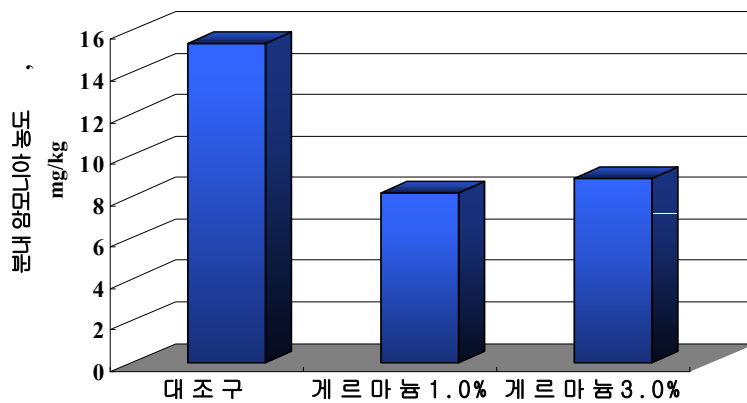
3) 환경개선용 사료개발

세계적으로 목장 폐수로 인한 환경오염 문제는 매우 심각하게 거론되고 있으며 특히 네덜란드, 덴마크, 영국 등과 같은 축산 선진국에서의 연구는 상당히 심도 있게 이루어져 왔다. 우리 나라의 경우도 최근 들어 양축업이 대규모 전업화 혹은 기업화 되면서 동물이 배설하는 분뇨가 심각한 수질 및 토양 오염원이 됨에 따라, 정부는 이들 목장 폐수를 억제하기 위한 일환으로 환경 관련법을 강화할 움직임을 보이고 있다. 또한, 농림부는 목장 폐수의 처리를 위한 시설 지원에 많은 노력을 기울이고 있다. 환경부나 환경 관련 단체의 활동이 강화되면서 일반 국민의 수질오염에 대한 관심이 고조되고 있고 축산업자들의 목장 오폐수 처리를 위한 노력이 일층 강화되고 있어 문제해결의 실마리가 잡혀가고 있는 중이다.

가축의 사육규모가 증대하고 집약화 함에 따라 가축의 분뇨에서 발생하는 악취는 축산환경에 크나큰 문제로 대두되고 있다. 특히 우리나라와 같은 국토면적이 적어 양축농장과 주변 거주지역과의 거리가 제한될 수밖에 없는 경우 분뇨악취는 지속축산의 커다란 장애물로 등장하고 있다. 실제 양축가의 제일 고민은 주변 거주지역과의 민원문제에 있는 것으로 평가되고 있어 실제 그에 따른 손실액은 엄청난 규모에 이른다고 할 것이다.

뿐만 아니라 분뇨취는 각종 해충 및 유해미생물의 서식을 유발시켜 가축의 건강유지 및 성장을 저해하며 주요 악취성분인 황화수소나 암모니아는 가축체내의 단백질 대사의 이상으로 그 발생량이 증가하므로 그 만큼 사료 이용성이 저해되고 있음을 의미한다고 하겠다.

그림 1은 본 연구에서 개발하고자 하는 왕암 게르마늄 흑운모를 비육돈 사료에 첨가하였을 때 분내 암모니아 가스 발생에 미치는 영향에 대한 예비시험 결과이다.



본 예비 시험 결과와 같이 일반 대조구 사료에 왕암게르마늄흑운모를 첨가하였을 경우 분내 암모니아 가스의 농도가 현저하게 감소하였음을 알 수 있으며, 이는 최근 도시 확장으로 인한 축산농가와 도시주민 사이에서 발생하는 농장 악취로 인한 민원을 일정 부분 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

또한, 이러한 악취저감효과는 산란계에게 왕암게르마늄흑운모를 급여하였을 경우 달걀내의 황 함량을 감소시켜 달걀을 기호성을 높여 상품적 가치를 증진시킬 수 있는 물질로서 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

라. 시장현황

국내 규산염제 보조사료 생산실적 및 판매실적은 표 5와 같다.

표 5. 규산염제 보조사료의 생산 및 판매현황 (단위 : 톤)

구 분	규산염제 보조사료	
	생산실적	판매실적
1999. 10	774	679
11	657	776
12	623	659
합 계	7736	7478
2000. 1	482.81	677.00
2	736.00	597.00
3	596.70	835.00
4	877.00	865.50
5	712.55	683.65
6	691.60	674.06
7	775.55	655.56
8	482.90	643.70
9	787.00	746.00
10	751.00	668.00
합 계	6893.11	7045.47

한국단미사료협회

국내 규산염제 보조사료의 생산량 및 판매량은 연간 약 7천여톤 정도이며, 이들 대부분은 표 6의 업체에서 생산되고 있다.

표 6. 2000. 10월 규산염제 보조사료 생산순위

(단위 : 톤)

업체명	생산량	업체명	생산량
(주)왕표화학	365.00	(주)한국수드케미	205.00
동해화학(주)	118.00	동창산업	63.00

한국단미사료협회

규산염제 보조사료 생산량의 큰 비중을 차지하는 (주)왕표화학의 경우 분체공업 기술을 화학, 농업, 식품, 요업, 의학, 향장품, 건설 등의 각종 산업분야에 폭넓게 응용하여 ZEOLITE, LIMESTONE, TALC, CLAY, DIATOMACEOUS EARTH 및 BENTONITE 등을 주원료로 하는 제품을 생산하고 있다. 그러나, 본 업체는 ZOLITE와 CaCO₃를 이용하여 보조사료를 생산하고 있다. 또한, 다량의 팽윤성 스�멕 타이트로 구성된 산업광물인 벤토나이트를 이용하여 보조사료를 생산하는 (주)한국수드케미와 동해화학(주)은 벤토나이트를 보조사료로 이용하기 위하여 생산하고 있으나 중요 이용 목적은 건축용도 이다. 동창산업의 경우 일라이트를 보조사료로 생산·판매하고 있다. 본 업체는 일라이트를 가축사료 제조업체인 우성사료에 판매하여 황토포크라는 브랜드 포크를 생산하고 있다.

현재 국내에서 게르마늄 흑운모를 이용한 보조사료의 생산과 이를 이용한 특성화된 돈육의 생산은 아직 이루어지지 않고 있으며, 게르마늄 흑운모를 이용한 사료첨가제의 개발 및 브랜드 돈육은 생산은 국내는 물론 수출 지향적 산업으로 발전될 가능성이 높은 것으로 판단된다.

마. 활용방안 및 사업화 계획

본 연구에서 개발된 보조사료의 특허권은 (주)서봉바이오베스텍과 단국대학교 김인호 교수와 공동으로 출원하여 지적재산권의 공동 소유를 기본으로 한다.

1) 사업화 계획

(1) 사료시장 규모

사료시장은 크게 배합사료와 단미사료로 나뉘어 진다. 2000년도 국내 전체 사료 생산량은 14,856천톤으로 공장시설 대비 가동률은 약 160%로 알려지고 있다. 이중 배합사료가 13,785천톤을 차지하며 단미사료는 1,071천톤으로 집계되고 있다. 본 연

구에서 개발될 왕암 게르마늄 흑운모를 함유한 보조사료는 단미사료에 속하며 배합 사료와 첨가하여 시장에 진출하게 된다.

표 7. 2000년도 국내 배합사료 생산 실적

	양축용	대유용	어류용	총계
생산량, ton	13,624,603	49,937	111,051	13,785,591
구성비, %	98.83	0.36	0.81	100.00

현재 (주)서봉바이오베스텍에서 생산하는 왕암 게르마늄 흑운모는 양축용과 어류 용에 적용할 수 있으며 배합사료 시장에서 100%적용되었을 경우 약 4조5천억원 규모의 시장이다.

(2) 향후 3년 사업추진 전략.

(주)서봉바이오베스텍에서 추진하고자하는 사업전략은 크게 ON 라인상에서와 OFF 라인으로 구분된다. 사료시장에서 대량 유통 제조 업체인 농협, 한농 등과 전략 적 제휴를 맺은 후 지속적으로 공급하여 시장점유율을 높여간다. 또한, 특화된 고기 를 생산하여 프랜차이즈를 통해 유통시켜 소비자들에 수요를 계속 불러일으키도록 한다.

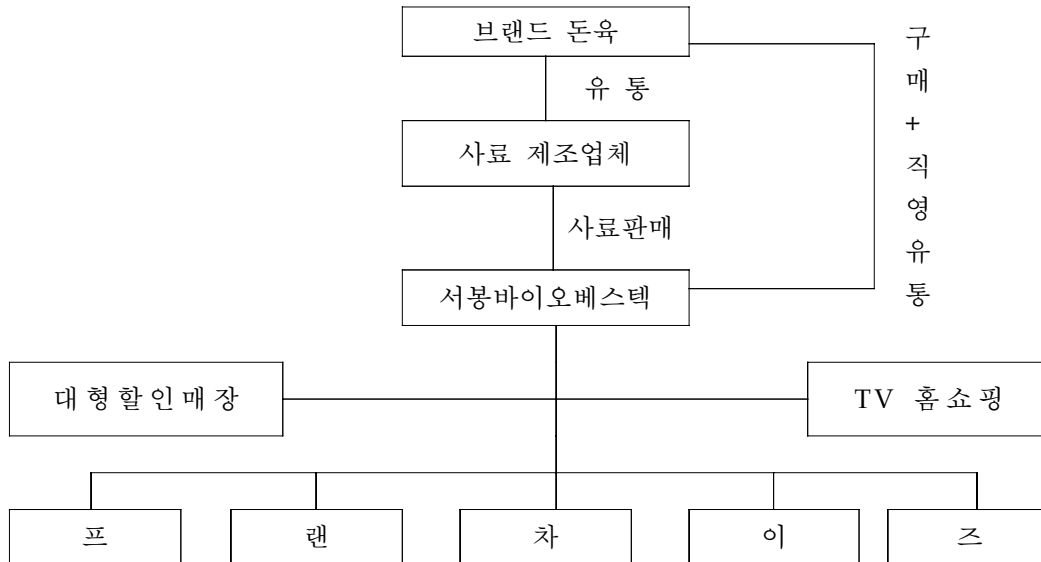
· OFF 라인

왕암 게르마늄 흑운모를 함유한 보조사료의 장점 중 하나는 혼합비율이나, 기 타 첨가물질에 영향을 받아 효과가 감소하는 현상이 없다는 것이다. 지금까지의 사 료에 결핍되어있던 뛰어난 광물질과 원적외선 물질의 공급으로 여러 가지 기능을 발 휘하는 것이다. 따라서 일반 배합사료에 소량(약 1%)을 첨가하여 주변 특화된 고기 를 생산할 수 있다.

이것은 기존 사료제조 업체와 손쉽게 연관될 수 있는 항목이기도 하다. 양돈 사료 뿐만 아니라 연간 4조 5000천억에 이르는 전체 가축사료에 적용시켜 매출의 증가를 가져올 것으로 기대된다.

- 대형 유통업체와 독점 공급 조건으로 왕암 게르마늄 흑운모 사료를 판매

- 생산되는 기능성 고기를 구매하여 다각도로 판매
- 특화된 기능성 고기를 대형할인 매장에 납품
- TV 홈쇼핑에서 판매하여 소비자들에게 기능성 고기와 사료를 홍보
- 전국 프랜차이즈 유통망을 확보하여 유통구조에 안정을 확보



· ON 라인

(주)서봉바이오베스텍은 지난 몇 년간 왕암 게르마늄 흑운모와 특화된 브랜드 돈육의 ON라인 상에서의 유통을 위해 준비해 왔다. 초고속 인터넷의 보급으로 OFF라인만큼 그 중요성과 거래가 이루어지고 있기 때문이다. 지금은 어느 한쪽에 편중할 수 없는 시기라는 의견에 이견이 있을 수 없다.

우리는 향후 3년간 인터넷 유통구조 환경의 변화를 주도하는 것은 초고속 인터넷망의 보급과 국민당 PC 보유확산, 셋톱박스의 보급으로 TV에서의 인터넷가능 등 주요 요인을 들 수 있다. 그것은 기존 유통구조를 무너뜨릴 만큼 가히 “혁명”이라 할 수 있다.

우리는 먼저 특화된 고기를 ON 라인상에서 판매하려고 할 때 가장 중요한 유력 한글도메인을 선점해 놓았다.

바이오.co.kr 돼지고기.co.kr 정육점.co.kr 포크.co.kr 바이오정육점.co.kr 소고기.co.kr
닭고기.co.kr 원적외선.com 신소재.com 서빙.com 흑운모.com 게르마늄.com

(3) 브랜드 등록 품질관리 계획

브랜드 등록이 많이 생기면서 선발 브랜드 메이커들이 차별화와 다변화 전략의 일환으로 지난 1996년부터는 본격적인 기능성 등록브랜드를 소비자에게 선보였다. 그러나 이들 기능성 브랜드는 기존의 브랜드에 비해 생산원가 등의 이유로 기존의 브랜드보다는 약 10%, 일반육 보다는 20%정도 고가로 판매가 되었으나, 소비자들의 인식부족과 유통업체나 외식업체들이 사용을 꺼리면서 그 당시 예측되었던 브랜드시장 외의 새로운 시장 형성이라기보다는 브랜드육 시장과 겹쳐서 형성이 되어 브랜드의 차별화보다는 다변화에 그 의미를 둘 수 있다.

(주)서빙바이오베스텍이 본 연구에서 개발할 왕암 게르마늄 흑운모를 함유한 보조사료를 이용한 브랜드 등록은 크게 3가지 전략을 가질 수 있다.

- 첫째 원가우위의 전략이다. 왕암 게르마늄 흑운모를 사용하게 된다면 기존 사료 첨가에 사용하는 항생제 및 기타 첨가물질에 대한 대체효과가 있으므로 등록을 생산하는데 약 15% 내외의 절감 효과가 기대되어 원가를 크게 줄일 수 있다.

- 둘째, 차별화전략이다. 가격경쟁을 뛰어 넘어 소비자를 확보할 수 있는 방법으로 육질을 향상시키며 뚜렷한 기능을 발휘하여 소비자들로부터 최고의 브랜드 메이커로 각인 받는 것이다. 생육시장이고 외식산업이고 HMR이고 간에 차별화되고 개성화되고 상표화되어 자기의 이름과 얼굴의 이미지를 높이고 부각시켜야 한다.

- 셋째는 세분화전략이다. 각각의 시장마다 독특한 환경이 존재한다. 정육점, 슈퍼, 외식체인점등은 각각의 수요층과 욕구가 다르기 때문에 소비자 요구를 정확히 분석하고 대응하는 자세가 중요하다.

제 2 절 연구의 목적

가. 기술개발의 최종 목표

최종목표 : 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 사료첨가제 개발

• 근래 축산업은 축사의 집약화, 대규모화로 빠른 성장과 더불어 가축분뇨의 생산량도 급증하였다. 과잉된 분뇨를 토양에 과다하게 살포할 경우 지표수와 지하수가 오염되기 때문에 가축의 분뇨가 환경에 미치는 영향은 국내는 물론 세계적으로 중요 관심사가 되었다.

• 이러한 오염의 주범 중에서도 특히 문제시되는 분중 영양소는 인과 질소이다. 이중 인은 수로를 따라 저수지나 강으로 유입되면서 조류와 수중식물의 성장을 과다하게 촉진시키는 부영양화의 원인이 되어 어류와 조류 등의 폐사를 유발시킨다(허 등, 1992; 김 등, 1995)

• 또한 질소는 토양미생물에 의해 질산염을 생성하며, 암모니아 가스를 발생하여 냄새를 유발하고, 증발되어 산성비의 원인이 된다.

• 본 연구과제의 목표는 왕암게르마늄흑운모를 이용하여 가축의 성장능력을 극대화하는 한편 영양소 소화율 향상 및 분내 유해가스 발생을 억제시킬 수 있는 사료첨가제를 개발하고자 함이다.

• 이와 더불어 왕암 게르마늄 흑운모를 함유한 사료를 급여하여 고품질의 기능성 돈육을 생산하여 양돈 농가의 생산성 및 소득증대 효과를 이루기 위함이다.

나. 연도별 주요개발 내용

	구 분	주요 개발내용 및 범위
1단계	주관연구기관	왕암게르마늄흑운모의 기초조사 및 안전성 평가
	협동연구기관	왕암게르마늄흑운모의 첨가효과 구명
2단계	주관연구기관	왕암게르마늄 흑운모를 이용한 사료첨가제의 개발 및 산업화
	협동연구기관	왕암게르마늄흑운모의 환경친화성 효과 구명
3단계	주관연구기관	왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 사료첨가제의 개발 및 산업화
	협동연구기관	왕암게르마늄흑운모를 이용한 축산생산물 및 환경친화성 사료 개발

다. 1단계 개발내용 및 개발 범위

1) 당해연도 개발목표 : 왕암 게르마늄 흑운모에 대한 기초 조사 및 안전성 평가

- 왕암 게르마늄 흑운모의 광물학적 기본 조성 조사를 통해 주요성분을 분석한 후, 문헌 검색을 통하여 주요성분이 갖는 생리학적 효능을 통해 왕암 게르마늄 흑운모의 효과를 종합적으로 평가한다.
- 왕암게르마늄흑운모를 마우스에게 급여하는 독성시험을 실시하여 안전성 여부를 판단한다.
- 왕암게르마늄흑운모를 함유한 가금사료를 제조하여 육계에게 급여한 후, 성장능력 및 면역체계에 미치는 영향을 조사하고 적절한 첨가수준 및 왕암게르마늄흑운모의 입자도를 결정한다.

2) 당해연도 개발내용 및 범위

- 게르마늄 및 흑운모의 생리학적 효능에 대한 문헌검색
- 왕암 게르마늄 흑운모의 주요성분 분석
- 왕암 게르마늄 흑운모의 원적외선 방사효율 검증
- 왕암 게르마늄 흑운모의 체내 안전성 평가
- 육계에 있어 왕암게르마늄흑운모의 적정 입자도 및 첨가수준 결정

3) 당해연도 개발기술의 평가방법 및 평가항목

가) 개발된 기술의 평가방법

- 왕암게르마늄흑운모의 원적외선 방사효율을 측정하여 원적외선에 의한 면역세포 활성화로 인해 가축의 성장 촉진효과 가능성을 평가할 수 있다.
- 안전성 시험에서 평가된 결과를 기초로 하여 왕암게르마늄흑운모의 독성 여부를 결정할 수 있다.
- 육계 사양시험에서 왕암게르마늄흑운모의 첨가수준 및 적정 입자도에 대한 사양성적을 평가한다.

나) 평가항목

- 왕암게르마늄흑운모의 기본 조성
- 왕암게르마늄흑운모의 원적외선 방사효율
- 왕암게르마늄흑운모의 독성 여부
- 육계에서 왕암게르마늄흑운모의 첨가수준 및 적정 입자도

다. 2단계 개발내용 및 개발 범위

1) 당해연도 개발목표 : 왕암게르마늄흑운모를 이용한 사료첨가제의 개발 및 산업화

2) 당해연도 개발내용 및 범위

- 1차년도와 2차년도에서 산출되는 협동연구기관의 사양시험 결과를 토대로 왕암게르마늄흑운모의 사업화를 준비한다.
- 왕암게르마늄흑운모를 사료첨가제로서 판매하기 위한 기업체의 원료등록 및 상

표등록 작업을 수행한다.

- 왕암게르마늄흑운모를 함유한 가금사료를 제조하여 산란계에게 급여한 후, 난각 특성 및 유해가스 발생정도와 사료내 단백질 수준에 미치는 왕암게르마늄흑운모의 적정 입자도, 첨가수준을 결정한다.

3) 당해연도 개발기술의 평가방법 및 평가항목

가) 개발된 기술의 평가방법

- 산란계 사양시험에서 왕암게르마늄흑운모의 첨가수준 및 적정 입자도에 대한 난각특성 및 유해가스 발생정도를 평가한다.

나) 평가항목

- 육계에서 왕암게르마늄흑운모의 첨가수준 및 적정 입자도
- 유해가스 발생정도(환경개선효과 평가항목)

다. 3단계 개발내용 및 개발 범위

1) 당해연도 개발목표 : 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 사료첨가제의 개발 및 산업화

- 1, 2단계에서 도출된 결과를 이용하여 사료첨가제를 개발한 후, 이를 기존 사료회사 및 현지 양돈장에 판매망 구축
- 브랜드 돈육 생산을 위하여 사료회사, 양돈장, 돈육 유통회사와의 계약 체결
- 저콜레스테롤 계육 및 난 생산

2) 당해연도 개발내용 및 범위

가) 사업화 및 시장개척

- 당해연도는 1, 2단계 사양시험 결과를 응용하여 사료첨가제를 개발하고, 이를 사업화에 대한 단계이다. 본 연구에서 개발될 사료첨가제에 대한 사업화는 제 1항의 기술개발의 필요성 항목중 “활용방안 및 사업화 계획” 항목

에 기술된 내용으로 대신할 수 있다.

나) 자금조달방안

- 현재 (주)서봉바이오베스텍은 서울지방중소기업청으로부터 벤처기업확인서를 획득한 업체이다(2000112938-3580호).
- 현재 국내에는 창업투자회사가 150여개에 달하며, 본 연구에서 개발된 기술을 이용하여 자금을 유치한 후, 이에 대한 응용기술을 계속적으로 개발한다.

다) 판로확보방안

- 판로확보방안은 제 1항의 기술개발의 필요성 항목중 “활용방안 및 사업화 계획” 항목에 기술된 내용으로 대신할 수 있다.

제 2 장 왕암게르마늄흑운모에 관한 기초 조사 및 안전성 평가

2. 1. 마우스에 있어 게르마늄흑운모의 첨가가 성장 및 혈액내 ALT, AST에 미치는 영향

가. 서 론

1886년 독일의 화학자 Clemen Winkler에 의해 최초로 발견된 게르마늄은 보양과 강장의 작용이 있다고 알려진 인삼, 영지, 마늘 등에 비교적 많은 유기게르마늄이 존재하는 것으로 알려져 있다. 유기게르마늄의 임상실험과 동물실험을 통하여 암, 치매, 고혈압, 당뇨병, 류마치스 관절염, 노화 등의 질병치료 효능이 있다고 알려졌으며, 유기게르마늄의 일종인 Ge-132의 경우 면역강화작용(Suzuki 등, 1986; Aso 등, 1985), 해열 및 진통작용(Komuro 등, 1986 ; Suzuki 와 Taguch, 1983), 중금속 해독 작용(Lee 등, 1991) 및 운동성 증가(Ho 등, 1990) 등의 다양한 작용을 가지는 것으로 보고되고 있다. 하지만 무기게르마늄(GeO_2)은 장기복용환자에게서 빈혈, 신기능장애, 신경변증, 근장해를 유발하는 것으로 알려져 있으며(Obara 등, 1992 ; Iijima 등, 1990), 랫드에서도 신기능 장애와 근장해를 일으키는 것으로 보고 되었다(Higuchi 등, 1991 ; Sanai 등, 1991). 유기게르마늄에서도 역시 독성을 나타내는 것으로 알려져 있는데 germanium-lactate-citrate는 복용환자에서 신부전증과 간종과 같은 독성이 유발되었으며(Van der Spoel 등, 1991 ; Raisin 등, 1992), 마우스에서 카테콜아민과 시로토닌 신경계의 활성을 억제한다고 보고되었다. 그러나 국내산 무기태 게르마늄 흑운모에 대한 독성실험은 아직 보고 되지 않았다.

본 실험의 목적은 국내에서 생산된 무기태 게르마늄흑운모의 경구투여시 안전성 평가를 위하여 실시하였다.

나. 재료 및 방법

1. 실험물질

실험에 사용한 게르마늄흑운모는 흑운모에 게르마늄이 36ppm이 함유되어 있는 광

물로서 충남 논산소재 광산에서 채광한 후 분쇄기를 이용하여 325mesh의 크기로 분쇄한 것을 사용하였다.

2. 실험동물

실험동물은 ICR((주) 대한바이오링크)계 마우스 6주령의 수컷 36마리를 공시하였으며 시험개시시 체중은 $27.30 \pm 0.7g$ 이었다. 사양실험은 6일간 실시하였다.

3. 실험설계 및 투여방법

사료는 삼양사(주) 마우스사료를 분쇄기로 분쇄한 대조구(CON; 기초사료), 대조구 사료내 게르마늄흑운모를 0.5% 첨가구(GB0.5; 기초사료 + 0.5% 게르마늄흑운모, (주) 서봉바이오베스텍), 대조구 사료내 게르마늄흑운모를 1.0% 첨가구(GB1.0; 기초사료 + 1.0% 게르마늄흑운모, (주) 서봉바이오베스텍)로 3개 처리를 하여 처리당 3반복 반복당 4마리씩 완전임의 배치하였다. 투여경로는 임상적용 경로인 경구투여를 택하였다.

4. 실험사료 및 사양관리

실험사료는 가루사료를 constarch를 이용하여 pellet형태로 제조한 후 이를 급여하였으며 물은 자유로이 마실 수 있도록 하였다. 또한 실험사료급여량은 1.5g/일/마리로 제한급여를 실시하였다. 실험종료시에 증체율 및 폐사율, AST(aspartate transaminase), ALT(alanine transaminase)를 측정하였다.

5. 조사항목

1) 혈액생화학적 검사

혈액생화학적 검사를 위해 실험종료시 심장에서 직접채혈한 후 4℃에서 2,000×g로 30분간 원심분리하여 혈청내 AST, ALT를 측정하였다.

2) 체중 측정

모든 시험군에 대해 실험기간동안 2일 간격으로 체중을 측정하였다.

3) 일반증상 관찰

실험기간을 통해 마우스의 폐사 및 일반상태를 매일 2회 실시하였다.

6. 통계처리

모든 자료는 SAS(1996)의 general linear model procedure를 이용하여(Petersen, 1985) 게르마늄흑운모의 첨가 수준에 대한 linear 와 quadratic 효과를 결정하기 위하여 사용되었다.

다. 결과 및 고찰

1. 일반증상 관찰

실험기간동안 대조구, GB0.5 처리구 및 GB1.0 처리구에서 폐사한 개체는 관찰되지 않았으며, 게르마늄흑운모 투여에 기인하는 것으로 사료되는 증상은 관찰되지 않았다(Table 1).

Table 1. Effect of germanium biotite supplementation on mortality of mice

Sex	Dose (%)	No. of animal	Days after administration						Final mortality
			0	1	2	3	4	5	
Male	CON	12	0	0	0	0	0	0	0/12
	0.5%	12	0	0	0	0	0	0	0/12
	1.0%	12	0	0	0	0	0	0	0/12

2. 증체량

실험기간동안 대조구, GB0.5 처리구 및 GB1.0 처리구 모두 체중이 감소하였으나 유

의적인 차이는 없었다. 체중의 감소현상은 제한급여를 실시한 이유로 사료되며, 이는 유기게르마늄(Ge-132)의 랫드와 마우스에 경구 급여한 경우 체중의 변화가 없었던 보고(서 등, 1997)와 건조효모분말-Ge의 랫드에 경구독성시험 연구(안 등, 2001)와 유사한 결과를 보였다.(Table 2)

Table 2. Effect of germanium biotite supplementation on mean body weight changes in mice administered oral with germanium biotite for six days

Treatment	Days after administration			
	0	2	4	6
CON	28.0	27.8 ^a	25.5	24.9 ^a
GB0.5	27.2	25.8 ^b	25.2	24.0 ^b
GB1.0	26.8	25.8 ^b	24.9	23.8 ^b
SE	0.6	0.5	0.2	0.2

* ^{ab} : Different alphabet letters are significantly different at P<0.05.

3. 혈액생화학적 검사

간 조직 손상지표로 이용되고 있는 AST와 ALT활성(Zimmerman, 1981)은 게르마늄복합물의 첨가수준이 증가함에 따라 혈액내 AST(linear effect, P<0.01 ; quadratic effect, P<0.03)와 ALT(linear effect, P<0.02)가 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 건조효모분말-G를 랫드에게 경구투여한 결과(안 등, 2001)와 상이한 경향을 보였다

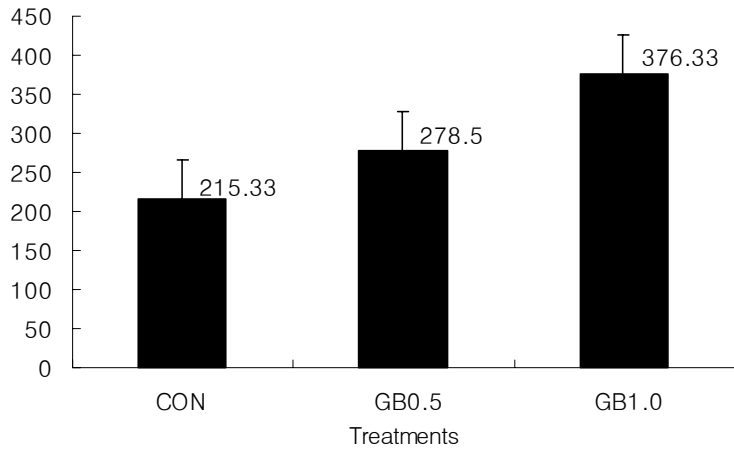


Fig 1. Effects of germanium biotite supplementation on the ALT in mice.
 Linear effect of increasing levels of germanium biotite.

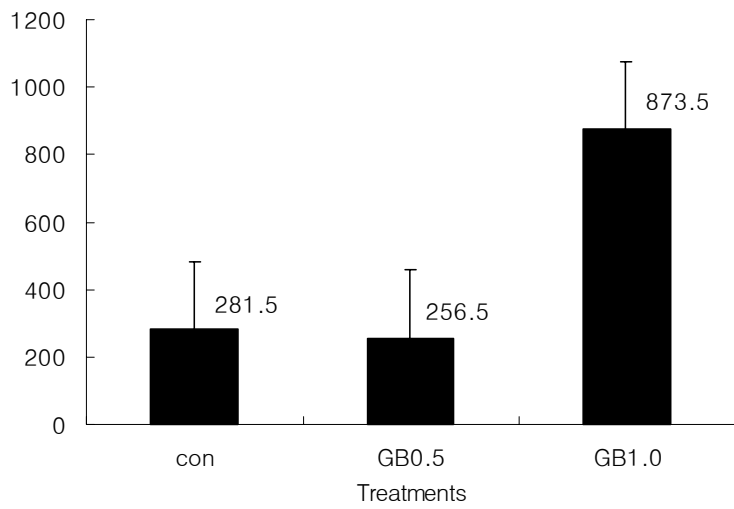


Fig 2. Effects of germanium biotite supplementation on the AST in mice.
 Linear, Quadratic effect of increasing levels of germanium biotite.

라. 요약

본 연구의 목적은 마우스 사료내 게르마늄흑운모의 첨가수준이 증가함에 따라 마우스에 미치는 독성을 조사하기 위하여 실시하였다. 사양실험은 6주령 ICR계 마우스 수컷 36수를 공시하였으며 처리구로는 마우스 기초사료(CON), 기초사료에 게르마늄흑운모를 0.5% 첨가한 구(GB0.5% 처리구), 기초사료에 게르마늄흑운모를 0.1% 첨가한 구(GB1.0% 처리구)로 3개 처리구 구성되었다. 총 6일간의 사양실험기간동안 모든 투여구에서 폐사한 예는 전혀 관찰되지 않았으며 아울러 일반적인 임상증상에서도 아무런 이상이 발견되지 않았다. 증체량은 대조구와 GB0.5% 처리구, GB1.0% 처리구 모두 체중은 감소하였으나 유의적인 차이는 없었다. 혈액생화학치의 변화에서는 AST와 ALT에서 모두 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다(linear quadratic effect).

마. 참고문헌

- Aso, H, Suzuki, F, Ebina, T. and Ishida, N: Antiviral activity of carboxyethylgermanium sesquioxide(Ge-132) in mice infected with influenza virus. *J. Biol. Reapose Mod.*, 8(2), 180-189(1989).
- Aso, H, Suzuki, F, Yamaguchi, T, Hayashi, Y, Ebina, T. and Ishida, N.: Induction of interferine and activation of NK cells and macrophages in mice by oral ad-ministration of Ge-132, and organic germnium com-pound. *Microbiol. Immunol.*, 29(1), 65-74(1985).
- Ho, C.C., Cherm, Y.F. and Lin, M.T.: Effects of or-germanium compound 2-carboxyethylgermanium sesquioxide on cardiovascular function and motor activity in rats. *Pharmacology*, 41*5), 286-291(1990).
- Higuchi, I., Takahashi, K., Nakahara, K., Izumo, S., Nak-agawa, M. and Osama, M.: Experimental germanium myopathy. *Acta-Neuropathol-(berl)*, 82(1), 55-59(1991).
- Iijima, M., Mugishma, M., Takeuchi, M., Uchiyama, S., Kobayashi, I. and Maruyama, S.: A case of inorganic ger-manium poisoning with peripheral and cranal nephro-pathy, myopathy and autonomic dysfunction, 42(9), 851-856(1990).
- Komuro, T, Kaimoto, N., Katayama, T. and Hazato, T.: Inhibitory effects of GE-132 derivatives on enkephalin-de-grading enzymes. *Biotechnol. Appl. Piochem.*, 8, 379-386(1986).
- Lee, H.M. and Chung, y.: Effect of organic germanium on metallothionein induction in liver and kidney of cad-mium and mercury intoxicated rats.

- Yakhak Hoeji, 35(2), 99-110(1991).
- Obara, K., Saito, T., Sato, H., Yamakage, K., Watanabe, T., Kakizawa, M., Tsukamoto, T., Kobatashi, K., Hongo, M. and Yoshinaga, K.: Germanium poisoning; Clinical symptoms and renal damage caused by long-term intake of germanium. Japanese Journal of medicine, 30(1), 67-72(1992).
- Raisin, J., Hess, B., Blatter, M., Zimmermann, A., Descoedres, C., Horber, F.F. and Jaeger, P.: Toxicity of an organic germanium compound; Deleterious consequences of a "Natural Remedy". Schweiz-Med-Wocheuschr, 112(1-2). 11-13(1992).
- SAS 1996 SAS user guide. release 6.12 edition. SAS Inst Inc Cary NC. USA.
- Sauter EA, Stadelman WJ, Harns V, McLaren BA 1951 Methods for measuring yolk index. Poultry Sci 30:629-630.
- Suzuki, F, Brutkiewicz, R.R. and Pollard, R.B : Cooperation of lymphokine(s) and macrophages in expression of antitumor activity of carboxyethylgermanium(Ge-132). Antitumor Res. 62(2), 177-182(1986).
- Suzuki, Y. and Taguchi, K. : Pharmacological studies of carboxyethylgermanium sesquioxide(Ge-132). Pharmacometrics, 26(5), 803-810(1983).
- Van der Spoel, J.L., Strcker, B.H., Schipper, M.E., de Breijin, W., de Smet, P.A. and Esseveld, M.R.: Toxic damage of kidney, liver and muscle attributed to the administration of germanium-lactate-citrate. nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde, 135(25), 1134-1137(1991).
- Zimmerman, H.J. 1981. Chemical hepatic injury and its detection. In : Toxicology of the liver, Plaa G.I. and Ittwitt W.R.(Eds.). Raven press. PP.1.
- 안동춘, 최연식, 박대훈, 박수연, 한충택, 송인수, 김은진, 이명석; 권명상. 2001 건조효모분말-G의 랫드에 대한 10개월 반복경구독성시험연구. 한국실험동물학회지 17(1) March 2001, pp. 109~118.
- 서경원, 이경민, 오미현, 김효정. 1997. 유기게르마늄(Ge-132)의 랫드와 마우스에 대한 급성경구독성. 한국식품위생 안전성학회지 12(4): 271-276.

2. 2. 육계에 대한 왕암 게르마늄 흑운모의 첨가 효과

서 론

가축영양에서 미량 광물질의 역할과 요구량이 구명되어 가축 사료에 결핍된 광물질의 첨가는 가축의 생산성 향상에 필수적이다. 이러한 역할을 할 수 있을 것으로 기대되는 규산염계 광물질은 전 세계적으로 약 40여종이 존재하며(Scheidler, 1990), 우리나라는 광물학적으로 규산염계 토양으로 구성되어 있으며 이에 속하는 점토광물 역시 다양하게 분포되어 있다(엄 등, 1993). 규산염 광물질에서 zeolite, bentonite 및 kaolin 등은 가축용 사료 첨가제로서 이용되며(이 등, 1996), biotite도 보조사료로서 지정되어 있다.

우리나라와 같이 자원이 부족한 국가에서 점토광물(clay mineral)과 같은 부존자원의 활용으로 외화를 절약할 수 있다. 가축 사료내 광물질의 첨가 효과에 대한 연구 결과로서, 손과 박(1997)은 육계 사료내 0.3% 맥반석 첨가가 배설물의 수분함량 감소 및 사료의 영양소를 효율적으로 이용할 수 있다고 하였으며, 양 등(2000)은 적갈색을 갖는 다공성 화산쇄설물인 scoria를 육성-비육돈 사료에 첨가하여 급여시에 도체 A 등급 출현율이 유의적으로 높았다고 하였다.

게르마늄 흑운모는 미량광물질로 장식, 전기석 등이 포함되어 있으며, 면역강화 작용(Suzuki 등, 1986) 및 virus 감염치료(Asc 등, 1989), 산소공급증진(Levine와 Kidd, 1986), 혈액정화(Sandra, 1988), 인터페론 분비 유도(Aso 등, 1982) 등 다양한 약리작용을 지닌 게르마늄을 36ppm 함유하고 있다. 이러한 측면에서 수천만톤이 매장된 것으로 추정되는 게르마늄 흑운모를 양계사료에 첨가하면 생산성과 사육환경은 개선될 수 있을 것으로 사료된다.

그러므로 본 연구는 게르마늄 흑운모의 사료첨가제로서 가치 평가 및 환경친화적 저공해성 사료개발을 위하여 육계사료내 게르마늄 흑운모의 첨가가 성장 및 혈액성상과 분내 암모니아태 질소에 미치는 영향을 구명하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물 칩 설계

본 시험은 2일령의 Arbor Acre Broiler(♂)병아리 240수(평균 35.3±0.2)를 공시하였고 사양시험은 5주간 케이지에서 실시하였으며, 사육실의 온도는 초기 34℃±1℃에서 매일 1℃씩 감온하여 약 22℃로 시험 종료시까지 유지하였다. 점등은 입추시부터 3

일령까지는 24시간 점등, 4일령부터 7일령까지는 23시간 점등: 1시간 소등, 이후부터 실험 종료시까지 야간 간헐 점등은 1L:2D로 실시하였으며, 사료와 물은 자유로 섭취하도록 하였다.

시험설계는 일반 육계 전기사료(Table 1)를 대조구(Control ; basal diet)로 하여 기초사료에 게르마늄 흑운모((주)서봉바이오 베스텍) 200 mesh를 0.5% 첨가한 구(GB 0.5~200), 게르마늄 흑운모 200 mesh를 1.0% 첨가한 구(GB 1.0~200), 게르마늄 흑운모 325 mesh를 0.5% 첨가한 구(GB 0.5~325) 그리고 게르마늄 흑운모 325 mesh를 1.0% 첨가한 구(GB 1.0~325)로 5개 처리를 하였으며, 처리당 4반복, 반복당 12수씩 완전임의 배치하였다.

2. 조사항목 및 방법

(1) 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

증체량은 개시시와 1주, 3주 그리고 종료시에 처리구별로 체중을 측정하여 구하였다. 사료섭취량은 1주, 3주 그리고 종료시의 사료급여량으로부터 잔량을 제하여 구하였고, 사료요구율은 시험 기간중의 사료섭취량을 증체량으로 나누어 구하였다.

(2) 영양소 이용율

사양시험 종료 10일전 사료와 배설된 분을 전분채취법으로 채취하여 60℃의 건조기에서 72시간 건조시킨 다음 분쇄하여 건물과 질소소화율 분석에 이용하였다. 모든 화학분석은 AOAC(1995)에 의해 분석하였다.

(3) 혈액성상

사양 시험 종료 시 처리구당 임의로 8수씩 채취 후 분석에 이용하였다. 혈액 채취는 마리당 4.0ml씩 익정맥에서 채혈하였고 채혈 즉시 4℃의 냉장고에 보관한 다음 1시간 이내에 4℃에서 2,000×g에서 30분간 원심분리하여 혈장을 채취하였다. 혈액 검사는 자동혈액분석기(ADVID120, Bayer, USA)를 이용하여 red blood cell(RBC), white blood cell(WBC), hematocrit(HCT), hemoglobin(Hb), lymphocyte, monocyte 그리고 platelet count를 측정하였다.

Table 1. Basal diet composition

Ingredients	%
Corn	46.31
Soybean meal	36.04
Wheat bran	10.00
Soybean oil	4.32
Dicalcium phosphate	1.16
Limestone	1.40
Salt	0.40
DL-methionine(98%)	0.16
Vitamin premix ¹	0.10
Trace mineral premix ²	0.10
Total	100.00
Chemical composition ³	
ME, kcal/kg	3,200
Ca, %	0.92
Available P, %	0.32
Crude protein, %	21.00
Lysine, %	1.18
Methionine, %	0.50
Met+cys, %	0.83

¹ Provided the following per kg of diet: vitamin A, 16,250IU: vitamin D₃, 3,250IU: vitamin E, 8IU: vitamin K₃, 4mg: vitamin B₂, 10mg: vitamin B₁₂, 12μg: Ca-pantothenic acid, 40mg: Niacin, 50mg: Choline chloride, 180mg and Folic acid, 0.6mg.

² Provided the following per kg of diet: Mn, 120mg: Zn, 90mg: Fe, 40mg: Cu, 5mg: I, 1.5mg and Se, 0.1 mg.

³ Calculated value.

(4) 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도 측정

시험종료시 각 처리구에서 동일한 시간동안 배설된 분을 채취한 후, 동결건조기 (PVTFD10A)를 이용하여 건조시킨후, 분석에 이용하였다. 분내 암모니아태 질소 농도 측정은 Chaney와 Marbach(1962)의 방법에 따라 실시 하였다.

분내 휘발성 지방산의 농도 측정은 시료 5g을 취하여 10NH₂SO₄ 25ml과 증류수를 첨가한 후, 수증기를 증류하였다. 유출액에 phenolphthalein 2~3방울을 첨가한 수, 0.1N NaOH를 첨가하였다. 이 용액을 rotary evaporator(HEIDOLPH)를 이용하여 건조시킨 후에 phosphoric acid 1ml를 첨가하여 용해시킨후에 ethyl ether 5ml를 첨가하여 수회 교반한 후, 포화 NaCl 2ml를 첨가하여 층을 분리시켰다. 층이 분리되면 ether 층을 취하여 0.45μm membrane filter를 이용하여 여과한 후 시험용액을 gas chromatography(Hewlett Packard 6890 Plus, USA)에 주입하였다.

4. 통계처리

모든 자료는 SAS(1996)의 GLM procedure를 이용하여 처리간의 평균을 orthogonal contrast를 이용하여 1) 대조구 vs GB첨가구, 2) 200 mesh vs 325 mesh, 3) 0.5% vs 1.0%로 분리하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

게르마늄 흑운모의 사료내 첨가가 육계의 증체량, 사료섭취량, 사료요구율에 미치는 영향은 Table 2에 나타났다. 전체 사양시험기간 5주간에 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율은 통계적인 차이를 나타내지 않았다.($P>0.05$)

이러한 연구결과는 문과 백(1989)이 규산염 광물질인 zeolite의 수준별 첨가시험에서 증체량과 사료섭취량은 zeolite 2% 처리구에서 높았지만 처리구간 유의성은 없었으며, 이(1975), 민 등(1988)도 사료내 zeolite를 첨가시에 성장률과 사료효율에 영향을 미치지 않았다는 보고와 동일한 경향을 나타냈다. 그러나 Onagi(1966), 정 등(1978) Willis 등(1982) 및 장 등(1983)의 zeolite 첨가시에 증체량이나 사료효율이 향상 되었다는 보고와는 다른 경향을 보였다.

2. 건물 및 영양소 이용율

육계 사료내 게르마늄 흑운모의 첨가에 따른 영양소 소화율에 미치는 영향은 Table 3에 나타내었다. 외관상 건물과 질소 소화율은 처리구간에 통계적인 차이가 없었으며, 칼슘과 인의 소화율도 동일한 경향을 보였지만 문(1990)이 zeolite 1.5%첨가와 Ca의 수준별 첨가로 건물 이용율이 증가하는 경향을 보였다는 결과와는 다른 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 사료에 규산염 광물질 게르마늄 흑운모를 첨가하여 가축에 미치는 영향에 대한 연구가 앞으로 더욱 필요함을 시사한다.

Table 2. Effects of dietary germanium biotite on growth performance in broiler chickens

Item	Particle size					SE	Contrast ²		
	200mesh		300mesh		Con		1	2	3
	GB0.5 ¹	GB1.0 ¹	GB0.5 ¹	GB1.0 ¹					
Week 0 to 1									
Weight gain(g)	100.51	105.38	106.00	105.06	103.31	2.39	0.12	0.54	0.82
Feed intake(g)	117.03	111.95	118.13	121.73	116.73	5.34	0.99	0.45	0.91
Feed/gain	1.16	1.06	1.11	1.16	1.13	0.08	0.21	0.27	0.76
Week 1 to 3									
Weight gain(g)	525.16	539.67	524.02	539.77	521.66	9.24	0.57	0.91	0.90
Feed intake(g)	476.00	468.08	486.13	460.00	478.53	20.32	0.9	0.39	0.71
Feed/gain	0.9*1	0.87	0.93	0.85	0.92	0.04	0.84	0.37	0.59
Week 3 to 5									
Weight gain(g)	811.12	824.66	849.38	862.06	852.02	20.42	0.14	0.35	0.73
Feed intake(g)	1273.20	1270.85	1298.63	1287.83	1251.63	33.00	0.92	0.66	0.9
Feed/gain	1.57	1.54	1.53	1.49	1.47	0.02	0.78	0.04	0.26
Week 0 to 5									
Weight gain(g)	1436.79	1469.71	1479.40	1506.89	1476.99	23.06	0.66	0.57	0.75
Feed intake(g)	1866.23	1850.88	1902.89	1869.56	1846.89	37.34	0.98	0.84	0.77
Feed/gain	1.30	1.26	1.29	1.24	1.25	0.02	0.48	0.54	0.99

¹Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite

²Probability for contrast: 1)CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs 1.0%

Table 3. Effects of dietary germanium biotite on nutrient digestibility in broiler chicks

Item	Particle size					SE	Contrast ²		
	200mesh		300mesh		Con		1	2	3
	GB0.5 ¹	GB1.0 ¹	GB0.5 ¹	GB1.0 ¹					
Dry matter	72.56	71.17	70.89	74.80	74.69	1.76	0.87	0.91	0.06
Nitrogen	61.05	60.91	62.36	61.50	62.92	4.33	0.86	0.75	0.90
Calcium	47.08	46.68	47.28	49.05	47.92	2.05	0.78	0.90	0.48
Phosphorus	39.73	38.76	41.73	39.09	40.16	4.67	0.97	0.67	0.90

¹Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite

²Probability for contrast: 1)CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs 1.0%

3. 혈청내 RBC, WBC, HCT, Hb, Lymphocyte, Monocyte 및 Platelet 함량

게르마늄 흑운모의 사료내 첨가에 따른 혈청내 RBC, WBC, HCT, Hb, Lymphocyte, Monocyte 및 Platelet 함량은 Table 4에 수록하였다. RBC와 WBC는 각각 $2.52\sim 2.58(\times 10^6/\text{mm}^3)$ 와 $314.19\sim 335.0(\times 10^3/\text{mm}^3)$ 으로 처리구간에 유의적인 차이가 없었다. HCT는 26.5~26.88(%)로 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 오(1986)는 쥐에서 혈평전가운모와 운모의 첨가구가 대조구에 비해 유의적인 증가를 보였다고 하였지만, 본 연구에서 Hb는 8.73~9.50(g/dl)로서 처리구간에 차이를 보이지 않았다. Brij와 Rawnsley(1990)는 닭의 정상적인 헤모글로빈 농도는 7.50~13.18g/dl라고 하였는데 본 연구에서는 정상적인 수치를 나타낸 것으로 보인다. Lymphocyte 및 monocyte는 처리구간의 유의적인 차이는 없었으며 Platelet의 값도 동일한 경향을 보였다. 이러한 결과로, 규산염계 다공성 광물질인 germanium biotite은 가금에서 혈청의 변화에 미치는 영향이 적었지만 연구결과들이 소수에 불과하므로 이 부분에 대한 연구는 추후에 진행되어야 할 것이다.

Table 4. Effects of dietary germanium biotite on blood in broiler chicks

Item	Particle size					SE	Contrast ²		
	200mesh		300mesh				1	2	3
	Con	GB0.5 ¹	GB1.0 ¹	GB0.5 ¹	GB0.1.0 ¹				
RBC ³ ($\times 10^6/\text{mm}^3$)	2.55	2.58	2.54	2.54	2.52	0.07	0.92	0.67	0.67
WBC ⁴ ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	335.0	323.21	314.19	328.84	332.81	17.87	0.68	0.47	0.88
HCT 5%	26.69	26.75	26.88	26.5	26.63	0.82	1.0	0.75	0.87
Hb 6(g/dl)	9.32	8.73	9.05	9.35	9.50	0.51	0.81	0.27	0.62
Lymphocyte(%)	85.10	82.38	86.75	84.38	85.25	1.93	0.86	0.89	0.17
Monocyte(%)	6.0	5.88	5.96	6.61	6.84	1.67	0.85	0.66	0.93
Platelet($\times 10^3/\text{mm}^3$)	4.24	5.58	4.88	5.38	4.25	0.83	0.48	0.6	0.25

¹Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite ; GB1.0, added 1.0%. of germanium biotite

²Probability for contrast : 1) con vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs1.0%

³RBC(red blood cell), ⁴ WBC(whigh blood cell), HCT(hematocrit), HB(hemoglobin)

4. 분중 암모니아태 질소 및 휘발성지방산의 측정

분중 암모니아태 질소와 휘발성 지방산의 함량에 미치는 효과는 Table 5에 나타냈다. 분중 암모니아태 질소의 함량에서는 GB1.0 처리구에서 GB0.5 처리구에 비하여 유의적으로 낮았다($P < 0.03$). Propionic acid에서는 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 낮은 경향을 보였다($P < 0.04$). Butyric acid는 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구가 대조구에 비하여 낮게 나타났다($P < 0.04$). Acetic acid는 분에서 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구에서 현저하게 낮았으며 ($P < 0.01$), GB1.0 처리구는 GB0.5처리구보다 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.02$).

본 연구에서 일관성은 없지만 규산염 광물질(zeolite)의 첨가 수준이 높았을 때 단백질 소화율 개선되며(한 등, 1975) 축분의 탈취효과를 인정할 수 있었다는 보고(Kiling 등, 1974)와 동일한 경향을 보였으며, 광물질사료에 첨가한 경우 축사내 악취 발생을 감소시켰다는 보고(Watanabe 등, 1971)와 유사한 경향을 나타냈다.

그러므로 본 실험의 결과, 규산염 광물질에 속하는 게르마늄 흑운모의 첨가는 분내 암모니아성 질소 발생을 저하시키는 작용을 할 것으로 사료된다.

Table 5. Effects of dietary germanium biotite on $\text{NH}_3\text{-N}$ and volatile fatty acids concentrations of feces in broiler chicks

Item(PPM)	Particle size					SE	Contrast ²		
	200mesh		300mesh		1		2	3	
	Con	GB0.5 ¹	GB1.0 ¹	GB0.5 ¹					GB1.0 ¹
$\text{NH}_3\text{-N}$	237.63	225.93	187.93	230.40	204.51	12.53	0.09	0.41	0.03
Propionic acid	9.30	7.83	5.84	6.59	4.25	3.35	0.04	0.69	0.54
Butyric acid	174.96	116.08	110.87	119.30	113.01	8.65	0.04	0.77	0.52
Acetic acid	219.3	179.81	145.51	181.32	153.06	12.17	0.01	0.72	0.02

¹Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite

²Probability for contrast: 1)CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs 1.0%

라. 요약

본 연구는 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 육계의 성장을 및 체내의 면역기능에 어떠한 영향을 주는가를 구명하기 위하여 실시하였다. 사양시험은 부화한 Arbor Acre Broiler(♂) 2일령 병아리 240수를 공시하였고 사양시험은 5주간 실시하였다. 시험설계는 육계전기사료를 대조구(Con ; basal diet)로 하여 기초사료에 게르마늄흑

운모 200 mash를 0.5%첨가한 구(GB1), 게르마늄흑운모 325 mash를 0.5%첨가한 구(GB2), 게르마늄흑운모 200 mash를 1.0%첨가한 구(GB3) 그리고 게르마늄흑운모 325 mash를 1.0%첨가한 구(GB4)로 5개 처리를 하였다. 처리당 4반복, 반복당 12수씩 완전임의 배치하였다. 전체 시험기간(5주)동안의 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율에서는 유의적인 차이를 나타내지는 않았다($P>0.05$). 건물의 소화율에서도 처리구간 유의적인 차이를 보이지는 않았다($P>0.05$). 혈청내 RBC, WBC, HCT, Hb, Lymphocyte, Monocyte 및 Platelet 함량에 있어서도 게르마늄흑운모를 사료내 첨가가 혈액학적인 변화에 영향을 미치지 못하였다($P>0.05$). 분중 암모니아태 질소의 함량에서는 GB1.0 처리구(GB3과 4)가 GB0.5 처리구(GB1과 2)에 비하여 유의적으로 낮게 평가되었다($P<0.03$). Propionic acid에서는 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 낮은 경향을 보였다($P<0.04$). Butyric acid에서도 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 낮은 경향을 보였다($P<0.04$). Acetic acid의 분 중 함량에서는 대조구와 비교하여 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구에서 낮게 평가되었으며($P<0.01$), GB1.0 처리구(GB3과 4)가 GB0.5처리구(GB1과 2)보다 유의적으로 낮은 경향을 보였다($P<0.02$). 이상의 결과로 볼 때, 게르마늄흑운모의 첨가는 단백질 또는 비단백태 질소화합물의 배설량을 감소시킴에 따라 암모니아성 질소의 감소효과가 있는 것으로 사료된다.

마. 참고문헌

- AOAC. 1994. Official method of analysis.(16th Ed.). Association of official analytical chemists. Washington, D.C.
- Asc, H., Suzuki, F., Ebina, T., Ishida, N. 1989. Antiviral activity of carboxyethylgeramium sesquioxide(Ge-132) in mice infected with influenza virus. J. Biol. Respose. Mod. 8(2):180.
- Aso, H., Suzuki, F., Yamaguchi, T., Hayashi, Y. 1982. Induction of interferon and activation of NK cells and macrophages in mice by oral administration of Ge-132, an organic germanium compound. Gantokagakuryoho 9:1976-1980.
- Brij, M.M., Rawnsley, H. M. 1990. Clinical biochemical and hematological reference values in normal experimental animals and humans. Masson Publishing USA.
- Chaney, A. L. and Marbach, E. P. 1962. Modified regents for determination of urea and ammonia. Clinical Chemistry. 8:131.
- Colvin, B. M., Sangster, L. T., Haydon, K. D., Beaver, R. W., Wilson, D. M. 1989.

- Effect of a high affinity aluminosilicate sorbent on prevention of aflatoxicosis in growing pigs. *Vet. Hum. Toxicol.* 31:46-48.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics.* 11:1.
- Erwin, E., Marco, G. J. and Emory, E. M. 1961. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44:1768.
- Hagedom, T. K., Ingram, D. R., Kovar, S. J., Achee, V. N., Barnes, D. G. and Laurent, S. M. 1990. Influence of sodium zeolite-A on performance, bone condition and liver lipid content of white leghorn hens. *Poult. Sci.* 69(Suppl. 1):169(Abstr.).
- Hodges, R. D. 1970. Blood pH and cation levels in relation to eggshell formation. *Anim. Biochem. Biophys.* 10:191, 200-213.
- Huff, W. E., Kubena, L. F., Harvey, R. B. and Phillips, T. D. 1992. Efficacy of hydrated sodium calcium aluminosilicate to reduce the individual and combined toxicity of aflatoxin and ochratoxin A. *Poult. Sci.* 71:64-69.
- Kling, H. F., Quarles, C. L. 1974. Effect of atmospheric ammonia and the stress of infectious bronchitis vaccination on Leghorn males. *Poult. Sci.* 53:1161-1167.
- Kovar, S. J., Ingram, D. R., Hagedom, T. K., Achee, V. N., Barnes, D. G. and Laurent, S. M. 1990. Broiler performance as influenced by sodium zeolite-A. *Poult. Sci.* 69(Suppl. 1):174(Abstr.).
- Kubena, L. F., Harvey, R. B., Huff, W. E., Corrier, D. E., Phillips, T. D. and Rottinghaus, G. E. 1990. Efficacy of hydrated sodium calcium aluminosilicate to reduce the toxicity of aflatoxin and T-2 toxin. *Poult. Sci.* 69:1078-1086.
- Levine, S. A., Kidd, P. M. 1986. Oxygen-nutrition for super health. *J. Orthomol Medicine.* 1:145-148.
- Onagi, T. 1966. Treating experiments of chicken droppings with zeolite tuff powder. 2. Experimental use of zeolite-tuffs as dietary supplements for chickens. *Yamagata Stock Raising Ints.* 7-18.
- Phillips, T. D., Kubena, L. F., Harvey, R. B., Taylor, D. R. and Heidelbaugh, N. D. 1988. Hydrated sodium calcium aluminosilicate: A high affinity sorbent for aflatoxin. *Poult. Sci.* 67:243-247.
- Pond, W. G., Yen, J. T. and Varel, V. H. 1988. Response of growing swine to dietary copper and clinoptilolite supplementation. *Nutr. Rep. Int.* 37:795.
- Sandra, G. 1988. Therapeutic effects of organic germanium. *Med Hypotheses.* 26:207-215.

- SAS. 1996. SAS user's guide : Statistics, SAS Inst, Inc., Cary, NC.
- Scheideler, S. E. 1990. Aluminosilicates in poultry rations. Feed Management. 41(1):22-26.
- Schell, T. C., Lindemann, M. D., Kornegay, E. T. and Blodgett, D. J. 1993. Effects of feeding aflatoxin-contaminated diets with and without clay to weanling and growing pigs on performance, liver function, and mineral metabolism. J. Anim. Sci. 71:1209-1218.
- Smith, T. K. 1984. Spent canola oil bleaching clays: potential for treatment of T-2 toxicosis in rats and short-term inclusion in diets for immature swine. Can. J. Anim. Sci. 64:725-732.
- Suzuki, F., Brutkiewicz, R. R., Pollard, R. B. 1986. Cooperation of lymphokine(s) and macrophages in expression of antitumor activity of carboxyethylgermanium (Ge-132). Antitumor Res. 62:177-182.
- Waldroup, P. W., Spencer, G. K. and Smith, N. K. 1984. Evaluation of zeolite in the diet of broiler chickens. Poult. Sci. 63:1833-1836.
- Watanabe, S., Y. Yanaka and A. Juroda. 1971. Report on the experimental use of zeolite tuff as dietary supplement for cattle. Rep. Okayama Prefecture Feder. Agr. Coop. Ass. April. pp.18.
- Wills W. L., Quarles, G. L., Fagerberg, D. J. and Shutze, J. V. 1982. Evaluation of zeolites fed to male broiler chickens. Poult. Sci. 61:438-442.
- 김대성, 문점동. 1980. 돼지의 혈액상에 관한 연구. 진주농전논문. 15:45-48.
- 문윤영, 백인기. 1989. Zeolite의 첨가가 육계생산의 경제성에 미치는 영향. 가금지. 16(3):149-156.
- 문윤영. 1990. 육계에 있어서 Zeolite의 사료적 가치에 관한 연구. 중앙대학교 석사학위논문.
- 민병석, 김영일, 오세정. 1988. Zeolite의 첨가수준이 육계의 생산성에 미치는 영향. 한축지 15:31-38.
- 손장호, 박창일. 1997. 사료내 맥반석의 첨가가 성장중인 육계의 배설물 수분함량, 장내 암모니아 함량 및 혈액성상에 미치는 영향. 가금지. 24:179-184.
- 양창범, 김진동, 조원탁, 한인규. 2000. 사료중 제주 화산암 분말(Scoria)이 돼지의 산육능력에 미치는 영향. 동물자원지. 42(4):467-476.
- 엄명호, 정필균, 엄기태, 임형식. 1993. 회색정암에서 유래된 토양점토 광물의 특성, 한국토양비료학회지. 26:1-9.
- 오수일. 1986. 운모 및 혈평전가운모가 흰쥐의 혈압과 혈액상에 미치는 영향. 경희대학교 석사학위 논문.

- 이승환, 서상훈, 엄재상, 백인기. 1996. 규산염 광물질 MAXIMINERAL(72)[®] 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향. 가금지. 23(3):121-128.
- 이택원. 1975. 영계사료에 있어서 Bentonite와 Zeolite의 사료적 가치에 미치는 영향. 한축지. 17:625-628.
- 장윤환, 이상진, 이규호, 강태홍. 1983. 한국산 Zeolite의 염기치환용량이 Broiler의 증체, 사료효율 및 영양소 이용율에 미치는 영향. 한축지. 25:95-100.
- 정천용, 이규호, 최대웅, 한인규. 1978. Zeolite의 염기치환 용량 및 입자도가 Broiler의 증체, 사료효율 및 사료영양소 이용효율에 미치는 영향. 한축지. 20:226-230.
- 한인규, 하종규, 김춘수. 1975. Zeolite의 사료화에 관한 연구, 1.육성돈에 대한 zeolite 급여효과에 관한 연구. 한축지. 17(5):595-599.

(본 논문은 한국가금학회지 제 30권 1호, p67-72에 발표된 논문임)

제 3 장 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과 구명

3. 1. 자돈에 대한 왕암게르마늄흑운모의 입자도 효과

가. 서 론

제오라이트, 벤토나이트, 카올린 등은 국내 사료관리법상 보조사료로서 인정되고 있는 비금속 광물질이다. 이와 같은 사료첨가제에 의해 성장율이나 생산성 개선과 더불어 돼지의 배설물 중 환경 오염 물질인 질소와 인을 줄이기 위한 연구가 다각적으로 진행되어 왔다. 그러나 대부분의 연구가 제오라이트를 중심으로 이루어져 왔으며, 규산염광물질의 돼지 급여는 돼지 분의 과잉수분조절, 독소 및 가스발생 억제, 연변 또는 설사증 방지 등의 효과가 있는 것으로 보고되었다(Kondo 등, 1968; Honda 등 1976; Ramos 등, 1996). England (1975)는 제오라이트를 육성돈 사료에 5% 첨가하여 급여한 결과, 설사의 발생이 감소하였고, Nishimura (1973)도 가축사료에 제오라이트 첨가시 가축분의 탈취, 수분조절 그리고 질소 배출 감소효과를 보고하였다. 또한, 제오라이트의 첨가는 돼지와 닭의 근육과 지방특성에 유리한 영향을 준다는 보고(Pond 등, 1988; Hagedorn 등, 1990; Kovar 등 1990)도 있었다. 양돈영양에 있어서 규산염광물질인 제오라이트의 영양적 가치와 탈취제로서의 효과 및 분내 질소 함량의 감소에 관한 연구는 많이 이루어져 왔으나 게르마늄을 함유한 흑운모에 관한 연구는 전무한 편이다. 현재 알려진 유기태 게르마늄의 효과는 혈액정화(Sandra, 1988), 체내 중금속 배출 촉진 (Asai, 1980), 면역강화 작용(Suzuki, 1986), 산소공급증진(Levine와 Kidd, 1986) 및 바이러스 감염치료(Asc 등, 1989) 등 다양한 약리작용이 있음이 밝혀졌다.

본 연구에 사용한 게르마늄흑운모(Germanium biotite)는 36ppm의 게르마늄을 함유(대한광업진흥공사 기술연구소 분석)하고 있는 흑운모이다. 게르마늄은 1886년에 발견되었으며, 주기율표상에서 탄소, 규소, 주석 및 납과 함께 IVA에 속하며 32번의 원자번호를 가지며 분자량은 72.6인 미량원소이다. 게르마늄흑운모에는 게르마늄 이외에도 장석, 전기석 등과 같은 미량광물질이 포함되어 있다.

본 연구는 자돈에 있어 게르마늄흑운모 첨가 효과를 구명하기 위해 첨가수준 및 입자도를 달리하여 사료에 첨가하여 급여시 성장능력, 영양소 소화율 및 분내 유해가스 함량에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 시험동물 및 시험설계

개시시 체중 $13.12 \pm 0.15\text{kg}$ 인 3원 교잡종 [(Duroc×Yorkshire)×Landrace] 자돈 100두를 공시하였으며, 사양시험은 21일간 실시하였다. 시험설계는 Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 기초사료에 게르마늄 흑운모 무첨가구(CON), 대조구 사료에 200 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구(GB0.5-200) 및 1.0% 첨가구(GB1.0-200) 그리고 대조구 사료에 325 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구(GB0.5-325) 및 1.0% 첨가구(GB1.0-325)로 5개 처리로 하여 처리당 4반복, 반복당 5마리씩 완전임의 배치하였다.

본 시험에 사용된 게르마늄흑운모는 게르마늄 36 ppm, SiO_2 61.90%, Al_2O_3 23.19%, Na_2O 3.36%, Fe_2O_3 3.97% 함유한 것을 사용하였다.

(2) 시험사료 및 사양관리

대조구 사료는 3,340kcal 대사에너지/kg, 21.00% 조단백질, 1.25% 라이신, 0.80% 칼슘, 0.70% 인을 함유토록 하였다(Table 1). 시험사료는 가루형태로 급여하였으며 건식급이기를 이용하여 자유채식토록 하였다. 체중 및 사료섭취량은 시험종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 계산하였다.

(3) 영양소 소화율 측정

영양소 소화율을 측정하기 위해 시험 종료 7일전에 표시물로서 산화크롬 (Cr_2O_3)을 0.2% 첨가하였다. 크롬이 첨가된 시험사료 급여 5일 후에 각각의 돈방에서 3마리씩 분 시료를 항문 마사지법으로 채취한 후, 이를 혼합하여 1개의 시료로 하였으며, 이와 같은 방법으로 각 처리구당 4개의 분 시료를 채취하였다. 채취한 분은 60°C의 건조기에서 72시간 건조시킨 후 Wiley mill로 분쇄, 분석에 이용하였다.

(4) 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도 측정

시험종료시 각 처리구에서 동일한 시간동안 배설된 분을 채취한 후, 동결건조기를 이용하여 건조시킨 후, 분석에 이용하였다. 분내 암모니아태 질소 농도 측정은 Chaney와 Marbach (1962)의 방법에 따라 실시하였다.

분내 휘발성 지방산의 농도 측정은 시료 5g을 취하여 10N H_2SO_4 25ml과 증류수를 첨가한 후, 수증기를 증류하였다. 유출액에 phenolphthalein 2~3방울을 첨가한 후, 0.1N NaOH를 첨가하였다. 이 용액을 rotary evaporator를 이용하여 건조시킨 후, phosphoric acid 1ml를 첨가하여 용해시킨 후에 ethyl ether 5ml를 첨가하여 수회 교반한 후, 포화 NaCl 2ml를 첨가하여 층을 분리시켰다. 층이 분리되면 ether 층을 취하여 0.45m membrane filter를 이용하여 여과한 후 시험용액을 gas chromatography

(Hewlett Packard 6890 Plus, USA)에 주입하여 휘발성 지방산 농도를 측정하였다.

(5) 화학분석 및 통계처리

사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC (1995)에 의해 분석하였다.

모든 자료는 SAS (1996)의 GLM procedure를 이용하여 처리간의 평균을 orthogohal contrasts를 이용하여 1) 대조구 vs GB 첨가구, 2) 200 mesh vs 325 mesh, 3) 0.5% vs 1.0%로 분리하여 유의성을 검정하였다.

Table 1. Basal diet composition (as-fed basis)

Ingredient, %	CON	GB0.5 ¹⁾	GB1.0 ¹⁾
Corn	55.26	54.22	53.17
Soybean meal (CP 44%)	33.43	33.56	33.70
Animal fat	5.33	5.75	6.16
Molasses	2.50	2.50	2.50
Dicalcium phosphate	1.93	1.93	1.94
Limestone	0.78	0.77	0.76
Germanium biotite	-	0.50	1.00
Salt	0.20	0.20	0.20
L-Lysine · HCl	0.17	0.16	0.16
DL-Methionine	0.03	0.04	0.04
Vitamin premix/trace mineral premix ²⁾	0.22	0.22	0.22
Antibiotic ³⁾	0.10	0.10	0.10
Antioxidant (Ethoxyquin 25%)	0.05	0.05	0.05
Chemical composition ⁴⁾			
ME, kcal/kg	3,340	3,340	3,340
Crude protein, %	21.00	21.00	21.00
Lysine, %	1.25	1.25	1.25
Methionine, %	0.35	0.35	0.35
Calcium, %	0.80	0.80	0.80
Phophorus, %	0.70	0.70	0.70

¹⁾ Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

²⁾ Provided per kg of complete diet : 20,000 IU of vitamin A; 4,000 IU of vitamin D₃; 80 IU of vitamin E; 16 mg of vitamin K₃; 4 mg of thiamin; 20 mg of riboflavin; 6 mg of pyridoxine; 0.08 mg of vitamin B₁₂; 120 mg of niacin; 50 mg of Ca-pantothenate; 2 mg of folic acid; 0.08 mg of biotin; 140 mg of Cu; 179 mg of Zn; 12.5 mg of Mn; 0.5 mg of I; 0.25 mg of Co and 0.4 mg of Se.

³⁾ Provided by 50mg carbadox per kg of complete diet.

⁴⁾ Calculated values.

다. 결과 및 고찰

1. 일당증체량, 사료섭취량 및 사료효율

게르마늄 흑운모를 급여한 자돈에 대한 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율을 Table 2에 나타내었다. 사양시험기간동안 일당증체량에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 일당사료섭취량 및 사료효율에서도 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 권 등(2003)은 15kg의 자돈에게 게르마늄흑운모를 0.1, 0.3, 0.6, 1.0% 수준으로 급여하였을 경우, 성장능력에 미치는 효과를 평가하였다. 시험 결과에서, 일당증체량 및 사료효율에 있어서는 처리구내 표준편차가 크기 때문에 처리구간에 유의적인 차이는 보이지 않았으나, 자돈 사료내 0.3~0.6%를 첨가하면 일당증체량이 대조구와 비교하여 약 7~9% 향상되는 것으로 나타났다. 이러한 결과가 나타난 요인 중에는 본 사양시험에 사용한 게르마늄 흑운모내 함유되어 있는 게르마늄의 약리작용(Suzuki 등, 1986)에 의한 것으로 사료된다. 일반적으로 게르마늄은 원적외선을 방사하는 것으로 알려져 있는데, 권 등(2001)은 원적외선 방사물질을 15kg의 자돈에게 급여하였을 경우, 혈청내 IgG의 농도가 유의적으로 증가하였다고 보고하였으나, 혈청내 IgG 농도 증가가 성장에 미치는 상관성에 대한 조사는 실시하지 않았다. 지금까지 게르마늄을 포함한 원적외선 방사물질이 가축의 건강도 증진과 이에 따른 성장능력 향상과의 상관성에 대해서는 밝혀진 바 없다. 따라서 본 사양시험에 사용한 게르마늄 흑운모와 가축 성장능력 향상에 대한 상관성 조사가 계속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

2. 영양소 소화율

게르마늄 흑운모를 급여한 자돈에 대한 영양소 소화율은 Table 2과 같다. 건물과 질소 소화율에 있어서 모든 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 권 등(2003)은 15kg의 자돈에게 게르마늄흑운모를 0.1, 0.3, 0.6, 1.0% 수준으로 급여하였을 경우, 건물 및 질소 소화율에 미치는 효과를 조사하였다. 그들은 시험결과에서, 게르마늄 흑운모의 급여가 건물 및 질소 소화율에 영향을 주지 않은 것으로 보고하였다. 또한, 육계에게 게르마늄흑운모를 급여한 시험에서도 건물과 질소 소화율에 영향을 미치지 않은 것으로 보고하였다(이 등, 2003a). 이러한 결과들은 다공성 광물질이 갖을 수 있는 영양소 흡착에 따른 소화율 저하 가능성과는 다른 결과를 나타낸 것이다.

칼슘과 인 소화율에 있어서도 모든 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 양 등(2000)의 시험결과와 일치하는 것으로, 대조구와 비교하여 scoria 첨가구의 영양소 소화율이 향상되는 경향을 보였다고 보고하였다.

Table 2. Effect of dietary germanium biotite on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs

Item	CON	325 mesh		200 mesh		SE ³	Probability (P=) ⁴		
		GB0.5 ₂	GB1.0 ₂	GB0.5 ₂	GB1.0 ₂		1	2	3
Growth performance									
ADG, g	457	476	446	468	473	10	0.48	0.40	0.29
ADFI, g	843	853	872	869	873	20	0.30	0.69	0.59
Gain/feed	0.54	0.56	0.51	0.54	0.54	0.02	0.96	0.60	0.33
Nutrient digestibility, %									
Dry matter	72.51	72.04	71.90	71.50	71.19	0.43	0.10	0.84	0.61
Nitrogen	71.01	73.00	70.22	70.37	71.57	0.53	0.62	0.37	0.52
Calcium	50.18	49.59	50.03	48.42	50.88	0.86	0.65	0.85	0.12
Phosphorus	39.61	40.97	40.93	39.24	41.83	1.00	0.33	0.69	0.23

¹ One hundred pigs with an average initial body weight of 13.15 ± 0.15kg.

² Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

³ Standard error.

⁴ Probability for contrast : 1) CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs 1.0%

3. 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도 측정

게르마늄흑운모를 자돈에게 급여하였을 때 분내 암모니아 가스 및 휘발성 지방산 농도에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다. 분내 암모니아태 질소 농도의 경우 게르마늄흑운모의 입자도가 클수록(325mesh) 유의적으로 감소하였으나(P=0.01), 게르마늄흑운모의 첨가수준이 분내 암모니아태 질소농도에 영향을 미치지 못하였다. 분내 휘발성 지방산 농도에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 유의적으로 낮게 평가되었다(Propionic acid, P=0.01; butyric acid, P=0.01; acetic acid, P=0.02). 특히, 분내 propionic acid 농도는 게르마늄흑운모의 입자도가 클수록 감소하는 것으로 나타났다 (P=0.02). 권 등(2003)은 비육돈에게 게르마늄 흑운모를 1.0, 3.0% 첨가하여 급여하였을 경우, 분내 암모니아 가스 농도에 미치는 영향을 조사하였다. 시험결과에서 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구가 62~64% 감소하였다고 보고하였다. 또한, 이 등(2003a)은 육계 게르마늄 흑운모를 200과 300 mesh로 구분하여 첨가수준을 0.5와 1.0%으로 각각 급여하였을 경우, 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도에 미치는 영향을 평가하였다. 시험 결과에서, 육계에 게르마늄 흑운모를 급여하면 분내 휘발성 지방산 농도가 대조구와 비교하여 유의적으로 감소하였다. 이와 같이 게르마늄 흑운모를 가축에게 급여하였을 경우, 분내 유해가스 농도 감소 효과에 관한 작용 기전은 아직까지 알려져 있지 않다. 그러나 한국원적외선응용평가연구원에

Table 3. Effect of dietary germanium biotite on fecal NH₃-N and volatile fatty acids concentrations in nursery pigs

Item	CON	200 mesh		325 mesh		SE ³	Probability (P=) ⁴		
		GB0.5 ²	GB1.0 ²	GB0.5 ²	GB1.0 ²		1	2	3
NH ₃ -N									
Volatile fatty acids	580.17	575.40	509.41	423.67	329.19	49.17	0.06	0.01	0.14
Propionic acid	215.45	163.83	138.91	66.22	51.67	30.09	0.01	0.02	0.52
Butyric acid	366.75	170.04	140.80	125.06	75.80	35.78	0.01	0.15	0.28
Acetic acid	61.51	46.45	23.83	23.61	11.79	10.56	0.02	0.14	0.14

¹ One hundred pigs with an average initial body weight of 13.15 ± 0.15kg.

² Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

³ Standard error.

⁴ Probability for contrast : 1) CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs 1.0%

의뢰하여 게르마늄 흑운모의 암모니아 가스 탈취율에 관한 실험 결과를 보면, 실험 개시 후 60분에 측정된 탈취율이 80% 인 것으로 나타났다 (data not shown). 이러한 결과는 게르마늄 흑운모의 유해가스 발생 억제 가능성을 보여주는 것으로 사료되나, 좀 더 체계적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

라. 요약

본 시험은 자돈 있어 급여수준 및 입자도에 따른 게르마늄 흑운모의 급여가 성장능력, 영양소 소화율 및 분내 유해가스 농도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시하였다. 3원 교잡종 자돈 100두를 공시하였으며, 시험 개시시 체중은 13.12±0.15kg이었다. 시험설계는 옥수수-대두박 위주의 기초사료에 게르마늄 흑운모 무첨가구(CON), 대조구 사료에 200 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구 (GB0.5-200) 및 1.0% 첨가구 (GB1.0-200) 그리고 대조구 사료에 325 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구 (GB0.5-325) 및 1.0% 첨가구(GB1.0-325)로 5개 처리로 하였다. 사양시험 기간동안, 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 분내 암모니아태 질소의 경우 GB200 처리구와 비교하여 GB325 처리구가 유의적으로 감소하였으며(P=0.01), 분내 휘발성 지방산 농도에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 유의적으로 낮게 평가되었다 (propionic acid, P=0.01; butyric acid, P=0.01; acetic acid, P=0.02). 특히, 분내 propionic acid 농도는 GB200 처리구와 비교하여 GB325 처리구가 더 낮은 것으로 나타났다(P= 0.02). 결론적으로, 자돈에 있어서는 게르마늄 흑운모의 첨가가 성장에 영향을 미치지 않으면서 분내 유해가스 농도를 감소시키는 것으로 여겨진다.

마. 참고문헌

- AOAC. 1995. Official Method of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., U.S.A.
- Asai, K. 1980. Miracle Cure: Organic Germanium. Japan Publications Inc., Japan.
- Asc, H., Suzuki, F., Ebina, T. and Ishida, N. 1989. Antiviral activity of carboxyethyl-germanium (Ge-132) in mice infected with influenza virus. J. Biol. Respose Mod. 8:180.
- Chaney, A. L. and Marbach, E. P. 1962. Modified regents for determination of urea and ammonia. Clinical Chemistry. 8:131.
- England, D. C. 1975. Effect of zeolite on incidence and severity of scouring and level of performance of pigs during suckling and early postweaning. Rep. 17th Swine Day, Spec. Rep. 447, Agr. Exp. Sta., Oregon State Univ., 30-33
- Hagedorn, T. K., Ingram, D. R., Kovar, S. J., Achee, V. N., Barnes, D. G. and Laurent, S. M. 1990. Influence of sodium zeolite-A on performance, bone condition and liver lipid content of white leghorn hens. Poult. Sci. 69 (Suppl. 1): 169 (Abstr).
- Honda, S. and Koizumi, M. 1976. The use of zeolite mudstone in hog raising at Ikawa-machi, Akita prefecture, Japan. Proc. & Abstracts, WEOLITE '76-Inter. Cont Occur. Prop/ Util Nat. Zeolites, Tucson, Ar., June (Abstr).
- Kondo, N. and Wagai, B. 1968. Experimental use of clinoptilolite-tuff as dietary supplements for pigs. Yonkai, May. 1-4.
- Kovar, S. J., Ingram, D. R., Hagedorn, T. K., Achee, V. N., Barnes, D. G. and Laurent, S. M. 1990. Broiler performance as influenced by sodium zeolite-A. Poult. Sci. 69 (Suppl. 1): 174 (Abstr)
- Levine, S. and Kidd, P. M. 1986. Oxygen-nutrition for super health. J. Orthomol. Medicine 1:145-148
- Nishimura, T. 1973. Properties and Utilization of zeolote. J. Clay Sic. Japan. 13:23
- Pond, W. G., Yen, J. T. and Varel, V. H. 1988. Response of growing swine to dietary copper and clinoptilolite supplementation. Nutr. Rep. Int. 37:795
- Ramos, A. J., Fink, G. T. and Hernandez, E. 1996. Prevention on toxic effect of mycotoxins by mean of nonnutritive adsorbent compounds. J. Feed Protection. 59:631-641
- Sandra, G. 1988. Therapeutic Effects of Pigs. National Research Council, Academy Press. Washington, D.C., U.S.A.

SAS. 1996. SAS user's guide. Release 6.12 edition. SAS Institute. Inc., Cary, N.C., U.S.A.

Suzuki, F., Brutkiewicz, R. R. and Pollard, R. B. 1986. Cooperation of lymphokine (e) and macrophages in expression of antitumor activity of carboxyethyl-germanium (Ge-132). Anticancer Res. 62:177.

권기범, 김인호, 홍종욱, 문태현, 최상열, 석호봉. 2001. 폐지에 있어 원격외선 방사물질의 첨가가 면역반응 및 분증 미생물의 변화에 미치는 영향. 대한수의학회지. 41:37-42.

권오석, 김인호, 홍종욱, 이상환, 정연권, 민병준, 이원백, 손경승. 2003. 이유자돈, 육성돈 및 비육돈에 있어 게르마늄흑운모의 급여 효과. 한국동물자원과학회지. 45:355-368.

양창범, 김진동, 조원탁, 한인규. 2000. 사료중 제주 화산암 분말 (Scoria)이 폐지의 산육 능력에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42:467-476.

이원백, 김인호, 홍종욱, 권오석, 민병준, 손경승, 정연권. 2003a. 육계에 있어 게르마늄 흑운모의 첨가가 성장 및 혈액성상에 미치는 영향. 한국가금학회지. 30:67-72.

(본 논문은 동물자원지 제 45권 5호, p787-796에 발표된 논문임)

3. 2. 육성돈에 대한 왕암 게르마늄 흑운모의 입자도 효과

가. 서 론

국내 사료관리법상 보조사료로서 인정되고 있는 비금속 광물질에는 제오라이트, 벤토나이트, 카올린 등이 있으며, 이와 같은 사료첨가제에 의해 성장율이나 생산성 개선과 더불어 돼지의 배설물 중 환경 오염 물질인 질소와 인을 줄이기 위한 연구가 다각적으로 진행되어 왔다. 그러나 대부분의 연구가 제오라이트를 중심으로 이루어져 왔으며, 규산염광물질의 돼지 급여는 돼지 분의 과잉수분조절, 독소 및 가스발생 억제, 연변 또는 설사증 방지 등의 효과가 있는 것으로 보고되었다(Kondo 등, 1968; Honda 등 1976; Ramos 등, 1996). England (1975)는 제오라이트를 육성돈 사료에 5% 첨가하여 급여한 결과, 설사의 발생이 감소하였고, Nishimura (1973)도 가축사료에 제오라이트 첨가시 가축분의 탈취, 수분조절 그리고 질소 배출 감소효과를 보고하였다. 또한, 제오라이트의 첨가는 돼지와 닭의 근육과 지방특성에 유리한 영향을 준다는 보고(Pond 등, 1988; Hagedorn 등, 1990; Kovar 등 1990)도 있었다. 양돈영양에 있어서 규산염 광물질인 제오라이트의 영양적 가치와 탈취제로서의 효과 및 분내 질소 함량의 감소에 관한 연구는 많이 이루어져 왔으나 게르마늄을 함유한 흑운모에 관한 연구는 전무한 편이다. 현재 알려진 유기태 게르마늄의 효과는 혈액정화(Sandra, 1988), 체내 중금속 배출 촉진 (Asai, 1980), 면역강화 작용(Suzuki, 1986), 산소공급증진 (Levine와 Kidd, 1986) 및 바이러스 감염치료(Asc 등, 1989) 등 다양한 약리작용이 있음이 밝혀졌다.

본 연구에 사용한 게르마늄흑운모(Germanium biotite)는 36ppm의 게르마늄을 함유(대한광업진흥공사 기술연구소 분석)하고 있는 흑운모이다. 게르마늄흑운모에는 게르마늄 이외에도 장석, 전기석 등과 같은 미량광물질이 포함되어 있다.

본 연구는 육성돈에 있어 게르마늄흑운모 첨가 효과를 구명하기 위해 첨가수준 및 입자도를 달리하여 사료에 첨가하여 급여시 성장능력, 영양소 소화율 및 분내 유해가스 함량에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시하였다.

나. 재료 및 방법

(1) 시험동물 및 시험설계

개시시 체중 21.18 ± 0.15 kg인 3원 교잡종 [(Duroc×Yorkshire)×Landrace] 육성돈 75두를 공시하였으며, 사양시험은 28일간 실시하였다. 시험설계는 Table 1과 같이 옥수수

- 대두박 위주의 기초사료에 게르마늄 흑운모 무첨가구(CON), 대조구 사료에 200 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구(GB0.5-200) 및 1.0% 첨가구(GB1.0-200) 그리고 대조구 사료에 325 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구(GB0.5-325) 및 1.0% 첨가구(GB1.0-325)로 5개 처리를 처리당 3반복, 반복당 5마리씩 완전임의 배치하였다.

본 시험에 사용된 게르마늄흑운모는 게르마늄 36 ppm, SiO₂ 61.90%, Al₂O₃ 23.19%, Na₂O 3.36%, Fe₂O₃ 3.97% 함유한 것을 사용하였다.

(2) 시험사료 및 사양관리

대조구 사료는 3,320kcal 대사에너지/kg, 18.00% 조단백질, 1.00% 라이신, 0.70% 칼슘, 0.60% 인을 함유토록 하였다(Table 1). 시험사료는 가루형태로 급여하였으며 건식급이기를 이용하여 자유채식토록 하였다. 체중 및 사료섭취량은 시험종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 계산하였다.

(3) 영양소 소화율 측정

영양소 소화율을 측정하기 위해 시험 종료 7일전에 표시물로서 산화크롬 (Cr₂O₃)을 0.2% 첨가하였다. 크롬이 첨가된 시험사료 급여 5일 후에 각각의 돈방에서 3마리씩 분 시료를 항문 마사지법으로 채취한 후, 이를 혼합하여 1개의 시료로 하였으며, 이와 같은 방법으로 각 처리구당 4개의 분 시료를 채취하였다. 채취한 분은 60℃의 건조기에서 72시간 건조시킨 후 Wiley mill로 분쇄, 분석에 이용하였다.

(4) 화학분석 및 통계처리

시험종료시 각 처리구에서 동일한 시간동안 배설된 분을 채취한 후, 동결건조기를 이용하여 건조시킨 후, 분석에 이용하였다. 분내 암모니아태 질소 농도 측정은 Chaney와 Marbach (1962)의 방법에 따라 실시하였다.

분내 휘발성 지방산의 농도 측정은 시료 5g을 취하여 10N H₂SO₄ 25ml과 증류수를 첨가한 후, 수증기를 증류하였다. 유출액에 phenolphthalein 2~3방울을 첨가한 후, 0.1N NaOH를 첨가하였다. 이 용액을 rotary evaporator를 이용하여 건조시킨 후, phosphoric acid 1ml를 첨가하여 용해시킨 후에 ethyl ether 5ml를 첨가하여 수회 교반한 후, 포화 NaCl 2ml를 첨가하여 층을 분리시켰다. 층이 분리되면 ether 층을 취하여 0.45m membrane filter를 이용하여 여과한 후 시험용액을 gas chromatography (Hewlett Packard 6890 Plus, USA)에 주입하여 휘발성 지방산 농도를 측정하였다.

모든 자료는 SAS (1996)의 GLM procedure를 이용하여 처리간의 평균을 orthogohal contrasts를 이용하여 1) 대조구 vs GB 첨가구, 2) 200 mesh vs 325 mesh, 3) 0.5% vs 1.0%로 분리하여 유의성을 검정하였다.

Table 1. Basal diet composition (as-fed basis)

Ingredient, %	CON	GB0.5 ¹⁾	GB1.0 ¹⁾
Corn	64.15	63.82	63.26
Soybean meal (CP 44%)	25.63	25.51	25.47
Animal fat	4.67	4.64	4.76
Molasses	2.50	2.50	2.50
Dicalcium phosphate	1.55	1.54	1.54
Limestone	0.81	0.80	0.78
Germanium biotite	-	0.50	1.00
Salt	0.20	0.20	0.20
L-Lysine · HCl	0.12	0.12	0.12
Vitamin premix/trace mineral premix ²⁾	0.22	0.22	0.22
Antibiotic ³⁾	0.10	0.10	0.10
Antioxidant (Ethoxyquin 25%)	0.05	0.05	0.05
Chemical composition ⁴⁾			
ME, kcal/kg	3,320	3,320	3,320
Crude protein, %	18.00	18.00	18.00
Lysine, %	1.00	1.00	1.00
Methionine, %	0.28	0.28	0.28
Calcium, %	0.70	0.70	0.70
Phosphorus, %	0.60	0.60	0.60

¹⁾ Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

²⁾ Provided per kg of complete diet : 20,000 IU of vitamin A; 4,000 IU of vitamin D₃; 80 IU of vitamin E; 16 mg of vitamin K₃; 4 mg of thiamin; 20 mg of riboflavin; 6 mg of pyridoxine; 0.08 mg of vitamin B₁₂; 120 mg of niacin; 50 mg of Ca-pantothenate; 2 mg of folic acid; 0.08 mg of biotin; 140 mg of Cu; 179 mg of Zn; 12.5 mg of Mn; 0.5 mg of I; 0.25 mg of Co and 0.4 mg of Se.

³⁾ Provided by 50mg carbadox per kg of complete diet.

⁴⁾ Calculated values.

다. 결과 및 고찰

1. 일당증체량, 사료섭취량 및 사료효율

게르마늄 흑운모의 급여가 육성돈의 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율에 미치는 영향을 Table 2에 나타내었다. 사양시험 기간동안 일당증체량을 보면 GB325 처리구가 GB200 처리구와 비교하여 높은 경향을 나타내었으며 (P=0.08), GB0.5 처리구 GB1.0 처리구 보다 유의적으로 더 높은 것으로 나타났(P=0.03). 일당사료섭취량에

있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 높은 경향을 나타냈으나 (P=0.06), 사료효율에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 권 등 (2003)은 32kg의 육성돈에게 게르마늄 흑운모의 항생제 대체효과를 평가하였다. 일당 증체량 및 일당사료섭취량에 있어서 항생제 첨가구와 비교하여 게르마늄 흑운모 0.3% 첨가구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한, 비육돈에게 게르마늄 흑운모를 1.0% 첨가하였을 경우 대조구와 비교하여 성장율이 7% 향상된 것으로 보고하였다. 권 등(2003)이 보고한 결과와 본 사양시험의 결과를 기초로 하여 볼 때, 게르마늄 흑운모는 자돈시기보다는 육성돈 및 비육돈 시기에 성장율에 유의적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.

Table 2. Effect of dietary germanium biotite on growth performance and nutrient digestibility in growing pigs

Item	CON	200 mesh		325 mesh		SE ³	Probability (P=) ⁴		
		GB0.5 ²	GB1.0 ²	GB0.5 ²	GB1.0 ²		1	2	3
Growth performance									
ADG, g	726	738	754	744	840	20	0.11	0.08	0.03
ADFI, g	969	995	996	1008	1028	20	0.06	0.18	0.51
Gain/feed	0.75	0.74	0.76	0.74	0.82	0.03	0.61	0.39	0.11
Nutrient digestibility, %									
Dry matter	77.74	73.72	75.19	73.51	74.90	0.28	0.01	0.40	0.01
Nitrogen	71.70	70.64	72.66	69.66	71.74	0.50	0.39	0.08	0.01
Calcium	47.87	51.52	54.40	52.28	54.76	1.70	0.01	0.75	0.15
Phosphorus	47.39	48.86	45.79	49.52	46.67	1.89	0.87	0.70	0.15

¹ Seventy five pigs with an average initial body weight of 21.18 ± 0.15kg.

² Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

³ Standard error.

⁴ Probability for contrast : 1) CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs 1.0%

2. 영양소 소화율

게르마늄 흑운모를 급여한 육성돈에 대한 건물, 질소, 칼슘, 인 소화율을 Table 2에 나타내었다. 건물 소화율에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 유의적으로 낮게 평가되었으나(P=0.01), GB1.0 처리구가 GB0.5 처리구와 비교하여 건물 및 질소 소화율이 유의적으로 높았다(P=0.01). 칼슘 소화율에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 더 높은 것으로 나타났다(P=0.01). 권 등(2003)은 육성돈에게 항생제 무첨가 사료에 게르마늄 흑운모를 0.3% 첨가할 경우, 항생제 첨가구와 비교하여 건물 및 질소 소화율이 감소하였으나 유의적인 차이는 보이지 않았다고 보

고하였다. 또한, 비육돈 시험에서도 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 건물 및 질소 소화율이 더 높은 것으로 보고하였다.

3. 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도 측정

육성돈 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다. 분내 암모니아태 질소 농도에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄흑운모 첨가구가 유의적으로 낮았으며(P=0.01), 200mesh 보다는 325mesh의 게르마늄흑운모를 급여한 처리구가 더 낮게 평가되었다(P=0.03). 분내 propionic acid에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 분내 butyric acid 농도에 있어서는 200mesh 보다는 325mesh 처리구가 유의적으로 낮은 것으로 나타났나(P=0.04). 또한, 분내 acetic acid 농도에 있어서는 200mesh 보다는 325mesh 처리구가 낮은 경향을 나타내었다(P=0.07). 게르마늄 흑운모의 분내 유해가스 감소 효과는 산란계의 시험에서 유사한 결과를 나타내었다. 산란계에게 게르마늄 흑운모를 0.5, 1.0, 1.5% 급여할 경우, 분내 암모니아 가스 및 휘발성 지방산 농도가 직선적인 효과를 나타내며 감소하였음을 보고하였다(이 등, 2003b). 이러한 결과는 규산염계 광물질이 갖는 고유의 성질 중 탈취 효과(Kling과 Quarles, 1974)에 의한 것으로 판단되며, 게르마늄흑운모의 분내 유해가스 감소 효과에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

Table 3. Effect of dietary germanium biotite on fecal NH₃-N and volatile fatty acids concentrations in growing pigs

Item	CON	200 mesh		325 mesh		SE ³	Probability (P=) ⁴		
		GB0.5 ²		GB1.0 ²			1	2	3
		GB0.5 ²	GB1.0 ²	GB0.5 ²	GB1.0 ²				
NH ₃ -N	951.68	673.15	643.04	573.30	341.20	78.37	0.01	0.03	0.13
Volatile fatty acids									
Propionic acid	277.96	261.56	248.88	232.59	126.94	45.11	0.26	0.13	0.23
Butyric acid	361.73	346.61	341.84	304.76	158.48	44.90	0.18	0.04	0.13
Acetic acid	95.29	85.97	80.45	71.94	40.15	12.96	0.11	0.07	0.19

¹ Seventy five pigs with an average initial body weight of 21.18 ± 0.15kg.

² Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite.

³ Standard error.

⁴ Probability for contrast : 1) CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 0.5% vs 1.0%

라. 요약

본 시험은 육성돈 있어 급여수준 및 입자도에 따른 게르마늄 흑운모의 급여가 성장 능력, 영양소 소화율 및 분내 유해가스 농도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시하였다. 3원 교잡종 육성돈 75두를 공시하였으며, 시험 개시시 체중은 21.18 ± 0.15 kg이었다. 시험설계는 옥수수-대두박 위주의 기초사료에 게르마늄 흑운모 무첨가구 (CON), 대조구 사료에 200 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구 (GB0.5-200) 및 1.0% 첨가구(GB1.0-200) 그리고 대조구 사료에 325 mesh 게르마늄 흑운모 0.5% 첨가구 (GB0.5-325) 및 1.0% 첨가구(GB1.0-325)로 5개 처리로 하였다. 사양시험 기간동안, 일당증체량에 있어서는 GB1.0 처리구가 GB0.5 처리구와 비교하여 유의적으로 높은 것으로 나타났다($P=0.03$). 건물 및 질소 소화율에 있어서는 GB1.0 처리구가 GB0.5 처리구와 비교하여 향상되는 것으로 나타났다($P=0.01$). 칼슘 소화율에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 더 높은 것으로 나타났다($P=0.01$). 분내 암모니아 질소 농도에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄흑운모 첨가구가 유의적으로 낮았으며($P=0.01$), GB200 처리구 보다는 GB325 처리구가 더 낮게 평가되었다($P=0.03$). 분내 butyric acid 농도에 있어서는 GB200 처리구와 비교하여 GB325 처리구가 유의적으로 낮은 것으로 나타났다($P=0.04$). 결론적으로, 육성돈에 있어서는 성장율을 향상시키면서 분내 유해가스 농도를 효과적으로 감소시킬 수 있는 것으로 여겨진다.

마. 참고문헌

- AOAC. 1995. Official Method of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., U.S.A.
- Asai, K. 1980. Miracle Cure: Organic Germanium. Japan Publications Inc., Japan.
- Asc, H., Suzuki, F., Ebina, T. and Ishida, N. 1989. Antiviral activity of carboxyethyl-germanium (Ge-132) in mice infected with influenza virus. J. Biol.Respose Mod. 8:180.
- Chaney, A. L. and Marbach, E. P. 1962. Modified regents for determination of urea and ammonia. Clinical Chemistry. 8:131.
- England, D. C. 1975. Effect of zeolite on incidence and severity of scouring and level of performance of pigs during suckling and early postweaning. Rep. 17th Swine Day, Spec. Rep. 447, Agr. Exp. Sta., Oregon State Univ., 30-33
- Hagedorn, T. K., Ingram, D. R., Kovar, S. J., Achee, V. N., Barnes, D. G. and Laurent, S. M. 1990. Influence of sodium zeolite-A on performance, bone condition and liver lipid content of white leghorn hens. Poult. Sci. 69 (Suppl. 1): 169 (Abstr).

- Honda, S. and Koizumi, M. 1976. The use of zeolite mudstone in hog raising at Ikawa-machi, Akita prefecture, Japan. Proc. & Abstracts, WEOLITE '76-Inter. Cont Occur. Prop/ Util Nat. Zeolites, Tucson, Ar., June (Abstr).
- Kling, H. F. and Quarles, C. L. 1974. Effect of atmospheric ammonia and the stress of infectious bronchitis vaccination on Leghorn males. Poult. Sci. 53:1161-1167.
- Kondo, N. and Wagai, B. 1968. Experimental use of clinoptilolite-tuff as dietary supplements for pigs. Yonkai, May. 1-4.
- Kovar, S. J., Ingram, D. R., Hagedorn, T. K., Achee, V. N., Barnes, D. G. and Laurent, S. M. 1990. Broiler performance as influenced by sodium zeolite-A. Poult. Sci. 69 (Suppl. 1): 174 (Abstr)
- Levine, S. and Kidd, P. M. 1986. Oxygen-nutrition for super health. J. Orthomol. Medicine 1:145-148
- Nishimura, T. 1973. Properties and Utilization of zeolite. J. Clay Sic. Japan. 13:23
- Pond, W. G., Yen, J. T. and Varel, V. H. 1988. Response of growing swine to dietary copper and clinoptilolite supplementation. Nutr. Rep. Int. 37:795
- Ramos, A. J., Fink, G. T. and Hernandez, E. 1996. Prevention on toxic effect of mycotoxins by mean of nonnutritive adsorbent compounds. J. Feed Protection. 59:631-641
- Sandra, G. 1988. Therapeutic Effects of Pigs. National Research Council, Academy Press. Washington, D.C., U.S.A.
- SAS. 1996. SAS user's guide. Release 6.12 edition. SAS Institute. Inc., Cary, N.C., U.S.A.
- Suzuki, F., Brutkiewicz, R. R. and Pollard, R. B. 1986. Cooperation of lymphokine (e) and macrophages in expression of antitumor activity of carboxyethyl-germanium (Ge-132). Anticancer Res. 62:177.
- 권오석, 김인호, 홍종욱, 이상환, 정연권, 민병준, 이원백, 손경승. 2003. 이유자돈, 육성돈 및 비육돈에 있어 게르마늄흑운모의 급여 효과. 한국동물자원과학회지. 45:355-368.
- 이원백, 김인호, 홍종욱, 권오석, 이상환, 민병준, 정연권. 2003b. 산란계 사료에 게르마늄 흑운모의 첨가가 난각특성 및 분내 유해가스 함량에 미치는 영향. 한국가금학회지. 30:61-66.

(본 논문은 동물자원지 제 45권 5호, p787-796에 발표된 논문임)

제 4 장 왕암게르마늄흑운모를 이용한 사료첨가제의 개발 및 산업화(1)

4. 1. 산란계에 대한 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과

가. 서 론

최근에 국내 축산업이 대규모화 혹은 기업화되면서 가축사육시설이 밀집한 일부 지역에서는 가축분뇨로 인한 수질 및 토양오염 문제가 발생하였다. 가축분뇨는 산업 폐수에 비하여 배출량은 적지만, 고농도의 유기물이 함유되어 하천과 호수의 부영양화 등의 수질 악화를 초래하며, 병원성 미생물에 의한 지하수 오염 및 농업용수 오염 등의 문제를 초래한다(손광수, 2000). 이러한 환경오염 문제의 방지를 위하여 가축사육에 환경친화형 사료첨가제의 필요성은 더욱 대두되어왔다. 이러한 분류에 속하며 국내에도 다량으로 존재하는 규산염 광물질 중에서 zeolite, bentonite 및 kaolin 등은 가축용 사료 첨가제로서 이용되었다(이승환 등, 1996).

규산염 광물질인 sodium zeolite를 산란계에 급여할 경우 난각질 개선과 함께 골격 길이가 증가하며 (Rolans 등, 1985; Miles 등, 1986; Fery 등, 1992), 양돈사료에 clinoptilolite 계통의 zeolite를 6% 첨가 급여하였을 때 질병발생 및 폐사율이 현저히 감소하였다고 하였다(Torii, 1974). 이외에도 규산염 광물질을 사료에 첨가로 축사내 악취가 감소되었다고 하였다(Watanabe 등, 1971). 양돈사료에 규산염 광물질 계통의 게르마늄흑운모의 첨가는 콜레스테롤 저하 작용 및 항생제 대체효과 그리고 분의 암모니아 가스 발생 억제 작용을 갖는 것으로 알려져 있다 (권오석, 2001). 양돈영양에 있어서 규산염 광물질의 영양적 효과와 분내 질소함량의 감소에 관한 연구는 많이 이루어졌으나 산란계에 있어서는 연구는 미진한 편이다.

따라서 본 연구는 산란계 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 난각의 특성 및 분내 암모니아 함량에 미치는 영향을 규명하기 위하여 실시되었다.

나. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 사료

40주령 ISA Brown 갈색계 144수를 시험에 사용하였으며, 사양시험은 7일간의 적응기간 후, 56일간 실시하였다.

Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 사료 (CON; 대조구사료), 대조구 사료내 게

르마늄흑운모(germanium biotite, (주)서봉바이오베스텍)를 0.5% (GB0.5), 1.0% (GB1.0) 및 1.5% (GB1.5)로 4개 처리를 하여 처리당 6반복, 반복당 6마리씩 완전 임의배치하였다. 시험사료를 가루형태로 만들어 자유채식토록 하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 섭취할 수 있도록 하였다. 총 점등시간은 일일 17시간이 되도록 조절하였다. 시험에 사용된 게르마늄 흑운모는 흑운모에 게르마늄이 36ppm 함유되어 있는 광물질로서, 충남 논산 소재 광산에서 채광된 후 분쇄기를 이용하여 325mesh의 크기로 분쇄하였다.

Table 1. Diet composition(as-fed basis)

Ingredients	%
Corn	50.40
Wheat grain	10.00
Soybean meal(CP 46%)	18.70
Corn gluten meal	2.00
Wheat bran	5.00
Animal fat	4.40
Limestone	7.50
Tricalcium phosphate(P 18%)	1.40
Salt	0.30
DL-methionine(50%)	0.10
Vitamin premix ¹	0.10
Mineral premix ²	0.10
Chemical composition ³	
Metabolic energy, kcal/kg	2,904
Crude protein, %	15.45
Crude fiber, %	1.80
Lysine, %	0.70
Methionine, %	0.32
Calcium, %	3.25
Phosphorus, %	0.61

¹Provided per kg of premix: 12,500,000 IU vitamin A, 2,500,000 IU vitamin D₃, 10,000mg vitamin E, 2,000 mg vitamin K₃, 50 mg biotin, 500 mg folic acid, 35,000 mg niacin, 10,000 mg Ca-Pantothenate, 1,000 mg vitamin B₆, 5,000 mg vitamin B₂, 1,000 mg vitamin B₁ and 15 mg vitamin B₁₂.

²Provided per kg of premix: 25,000 mg Cu, 40,000mg Fe, 60,000 mg Zn, 80,000 mg Mn, 1,500 mg I, 300 mg Co and 150 mg Se.

³Calculated values.

2. 산란율 및 난의 품질

산란율은 사양시험 기간중 매일 채집하여 처리구별로 총산란수를 사육두수로 나누어 백분율로 표시하였다. 난중은 채집한 계란을 전자저울을 이용하여 측정하였다. 난각강도는 난각강도계 (Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하여 측정하였으며, 난각두께는 Dial pipe gauge (Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하여 난각의 둔단부, 예단부 그리고 중앙부를 측정하였다. 난황색은 Yolk colour fan (Roche, Switzerland)을 이용하여 측정하였다. 난황계수는 Ozaki사의 캘리퍼스를 이용하여 난황의 높이와 직경을 측정하여 Sauter 등 (1951)의 방법에 의하여 난황의 높이를 난황의 직경으로 나누어 난황계수를 계산하였다.

3. 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도 측정

시험종료시 각 처리구에서 동일한 기간에 배설한 분을 처리당 10마리로부터 채취한 후, 동결건조기를 이용하여 건조시킨 후, 분석에 이용하였다. 분내 암모니아태 질소 농도 측정은 Chaney와 Marbach (1962)의 방법에 따라 실시되었다.

분내 휘발성 지방산의 농도를 측정하기 위하여 시료 5g을 취하여 10N H₂SO₄ 25mL과 증류수를 첨가한 후, 수분을 증류하였다. 유출액에 phenolphthalein 2-3방울을 첨가한 후, 0.1N NaOH를 첨가하였다. 이 용액을 회전식 증발기를 이용하여 건조시킨 후, H₃PO₄ 1ml를 첨가하여 용해시킨 후에 ethyl ether 5ml를 첨가하여 수회 교반한 후, 포화 NaCl 2ml를 첨가하여 층을 분리시켰다. 층이 분리되면 에테르층을 취하여 0.45 μ m membrane filter를 이용하여 여과한 후 시험용액을 gas chromatography (Hewlett Packard 6890 Plus, USA)에 주입하였다. Gas chromatography의 분석조건은 Table 2에 나타냈다.

4. 혈청 콜레스테롤 조사

처리당 10마리씩 시험종료시에 익정맥에서 혈액을 채취하여 4°C에서 2,000×g로 20분간 원심분리하여 혈청을 분석하였다. 분리된 혈청은 효소적 비색법(Allain 등, 1974)에 의하여 총 콜레스테롤, HDL 콜레스테롤 및 중성지질의 농도들은 각 검사시약(Boehringer Mannheim Co., Germany)에 반응시켜 자동 생화학 분석기(Hitachi

747, Hitachi, Japan)를 이용하여 측정되었다. LDL+VLDL 콜레스테롤 농도는 Naoyuki와 Yoshiharu (1995)의 방법에 따라 평가하였다.

5. 통계처리

모든 자료는 SAS (1996)의 GLM을 이용하여 (Petersen, 1985) 게르마늄 흑운모의 첨가 수준에 대한 linear, quadratic 그리고 cubic 효과를 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

1. 산란율 및 난의 품질

산란율에서는 처리구간에 차이가 없었으나, 난중에 있어서는 게르마늄 흑운모의 첨가수준이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다(Cubic effet, $P < 0.02$). 난각강도에서는 게르마늄 흑운모의 첨가수준이 0.5%일 때 가장 높았으나 유의적인 차이는 없었다(Table 2). 난각두께를 측정한 결과 GB0.5 처리구가 가장 높게 평가되었으나 유의적 차이는 없었다(Table 3). 이는 sodium zeolite를 급여한 산란계의 경우 난각질 개선과 골격길이의 증가를 가져온다는 보고(Roland 등, 1985; Miles 등, 1986; Frey 등, 1992)와 상이한 결과이다. zeolite는 다공성 광물질로 이온치환 능력이 뛰어나며 칼슘의 이용성을 증대시킨다는 보고가 있었으나 같은 규산염 광물질인 게르마늄 흑운모의 기전에 대해서는 본 연구 결과로 추정하기 어렵다. 난황색 및 난황계수도 처리구간에 통계적으로 차이가 없었다(Table 4).

Table 2. Effects of germanium biolite on the hen-day egg production, egg shell weight and egg shell breaking strength in laying hens

Item	CON	GB0.5 ¹	GB1.0 ¹	GB1.5 ¹	SE ²	Contrast ³		
						1	2	3
Hen-day egg production, %	88.26	88.64	89.86	89.77	1.20	NS ⁴	NS	NS
Egg weight, g/egg	62.06	62.46	60.03	61.74	0.67	NS	NS	0.02
Egg shell breaking strength, kg/cm ²	3.49	3.77	3.38	3.35	0.16	NS	NS	NS

¹Abbreviated: GB0.5, added 0.5% of germanium biolite; GB1.0, added 1.0% of germanium biolite; GB1.5, added 1.5% of germanium biolite.

²Pooled standard error

³Contrasts were: 1) linear; 2) quadratic; 3) cubic

⁴ NS: not significant($P > 0.05$)

Table 3. Effects of germanium biotite on the egg shell thickness in laying hens

Item	CON	GB0.5 ¹	GB1.0 ¹	GB1.5 ¹	SE ²	Contrast ³		
						1	2	3
Large band, mm	0.43	0.49	0.44	0.44	0.01	NS ⁴	NS	NS
Sharp end, mm	0.43	0.44	0.44	0.44	0.01	NS	NS	NS
Middle, mm	0.43	0.45	0.44	0.44	0.01	NS	NS	NS

¹Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite; GB1.5, added 1.5% of germanium biotite.

²Pooled standard error.

³Contrasts were: 1) linear; 2) quadratic; 3) cubic.

⁴NS: not significant (P>0.05).

Table 4. Effects of germanium biotite on the yolk color and yolk index in laying hens

Item	CON	GB0.5 ¹	GB1.0 ¹	GB1.5 ¹	SE ²	Contrast ³		
						1	2	3
Yolk color unit	5.93	5.88	5.49	6.04	0.23	NS ⁴	NS	NS
Egg yolk index	0.39	0.38	0.40	0.40	0.01	NS	NS	NS

¹Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite; GB1.5, added 1.5% of germanium biotite.

²Pooled standard error.

³Contrasts were: 1) linear; 2) quadratic; 3) cubic.

⁴NS: not significant (P>0.05).

2. 콜레스테롤 함량 조사

Table 5에서 혈장내 Total, HDL, LDL+VLDL 콜레스테롤 함량은 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 혈장내 중성지질함량에 있어서는 게르마늄 흑운모의 첨가수준이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다.(linear effect, P<0.02; quadratic effect, P<0.05)

3. 유해가스 농도 조사

게르마늄 흑운모의 첨가수준이 증가함에 따라 분내 암모니아태질소 농도가 감소되었으며 (linear effect, P<0.01)(Fig.1), 규산염 광물질을 사료에 첨가한 경우 축사내 악취 감소효과가 있었다는 보고 (Watanabe 등, 1971)와 양돈사료내 게르마늄 흑운모

를 첨가시 암모니아 가스의 감소 (권오석, 2001)효과를 발표한 연구와 유사한 경향을 나타내었다. 일반적으로 사료내에 규산염 광물질을 첨가하면 분내 수분을 흡수로 인한 연변방지 효과 및 질소배출의 감소효과가 있으며, 규산염 광물질 게르마늄 흑운모도 수분흡수 능력이 있을 것으로 사료되며 기전에 대해서는 본 연구로는 추정하기 어렵다. Fig 2부터 Fig 4까지는 산란계 게르마늄 흑운모의 첨가가 분내 휘발성 지방산 농도에 미치는 영향을 나타내었다. 게르마늄 흑운모의 첨가수준이 증가함에 따라 분내 propionic acid (linear effect, $P<0.01$), butyric acid (linear effect, $P<0.05$) 그리고 acetic acid (linear effect, $P<0.01$; Cubic effect, $P<0.04$)의 함량이 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 가축에서 zeolite를 급여 후 장내의 유해한 균체, 독소 및 가스의 배출을 방지하는 효과(Ramos 등, 1996)가 있다는 보고와 유사하였다. 이러한 결과는 규산염계 광물질의 이온교환 및 흡착성과 관련이 되었을 것으로 사료되며, 이상의 결과를 토대로 게르마늄 흑운모를 사료내에 첨가하면 암모니아가스의 발생을 억제하여 축사내의 작업환경 개선 폐수처리 비용의 절감을 가져올 것으로 사료된다. 그러나 현재까지 규산염계 다공성 광물질인 germanium biotite에 대한 연구가 미진하므로 앞으로 지속적으로 연구가 진행되어야 할 것이다.

Table 5. Effects of germanium biotite on the cholesterol concentrations of plasma in laying hens

Item	CON	GB0.5 ¹	GB1.0 ¹	GB1.5 ¹	SE ²	Contrast ³		
						1	2	3
Plasma lipids(mg/mL)								
Total cholesterol	134	138	133	127	3.86	NS ⁴	NS	NS
Triglyceride	1303	1467	1487	1498	57.13	0.02	0.05	NS
HDL-cholesterol	13	14	12	13	0.84	NS	NS	NS
LDL+VLDL-cholesterol	122	124	121	114	3.53	NS	NS	NS

¹Abbreviated GB0.5, added 0.5% of germanium biotite; GB1.0, added 1.0% of germanium biotite; GB1.5, added 1.5% of germanium biotite.

²Pooled standard error.

³Contrasts were: 1) linear; 2) quadratic; 3) cubic.

⁴NS: not significant ($P>0.05$).

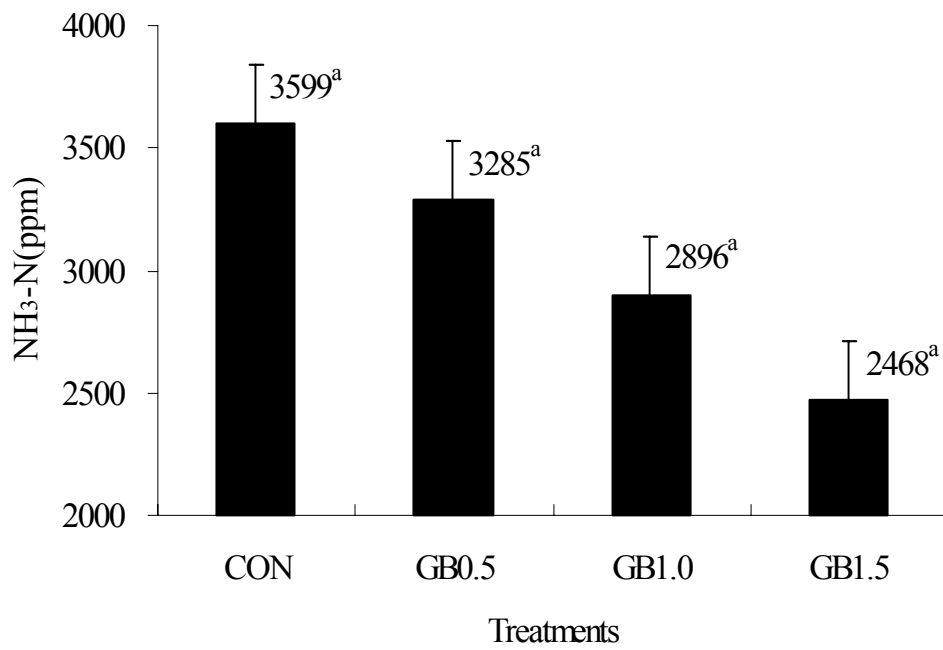


Fig 1. Effects of germanium biotite on the fecal NH₃-N concentration in laying hens. ^aLinear effect of increasing levels of germanium biotite (P<0.01).

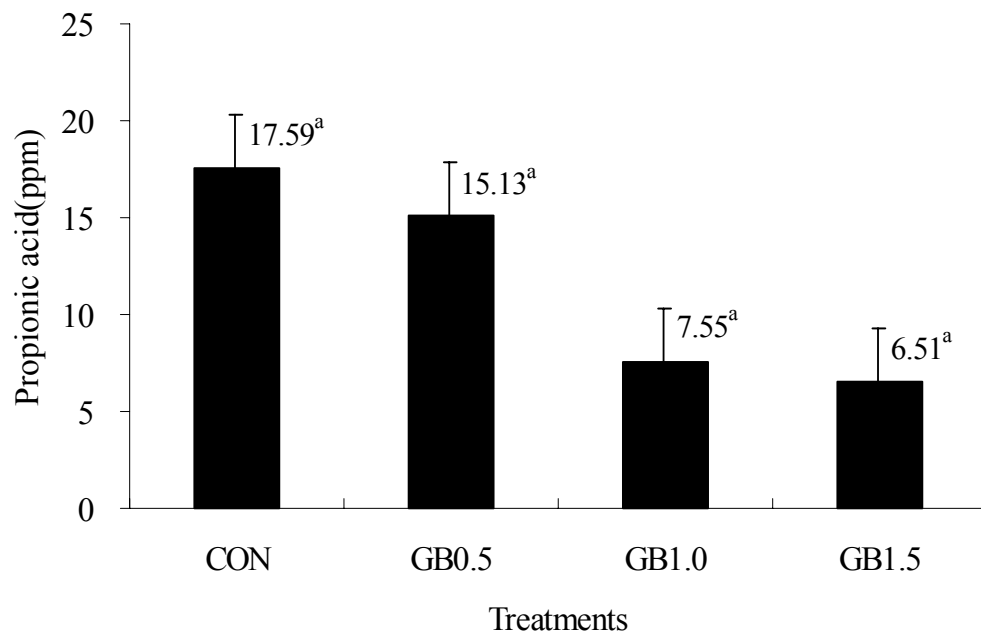


Fig 2. Effects of germanium bionite on the fecal propionic acid concentration in laying hens. ^aLinear effect of increasing levels of germanium bionite ($P < 0.01$).

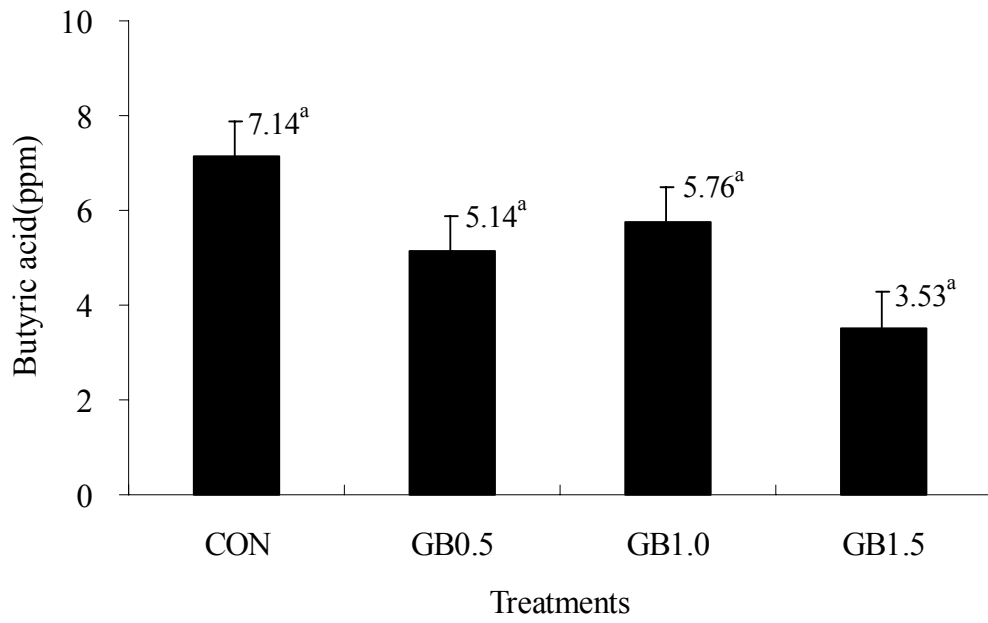


Fig 3. Effects of germanium biotite on the fecal butyric acid concentration in laying hens. ^aLinear effect of increasing levels of germanium biotite (P<0.05).

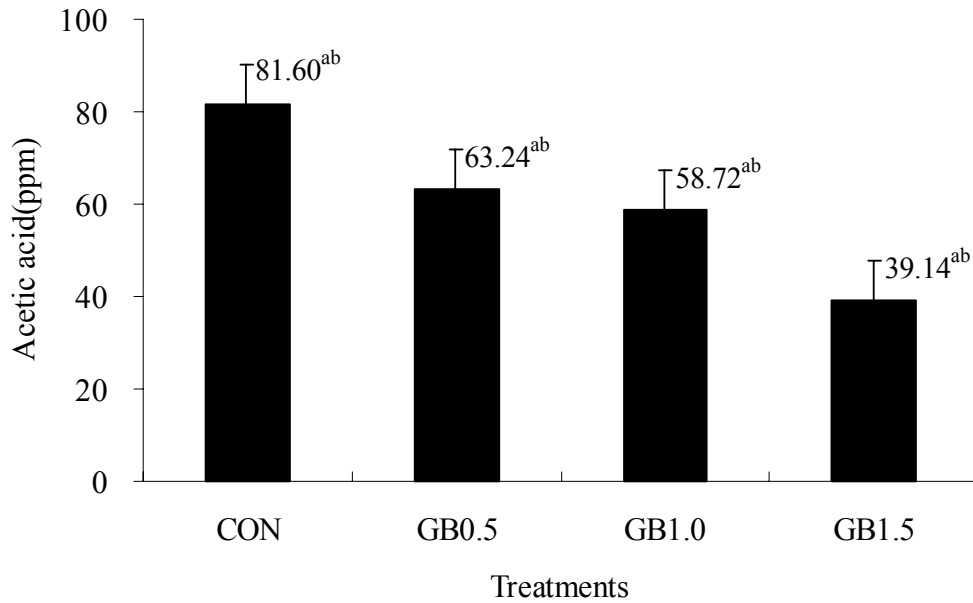


Fig 4. Effects of germanium biotite on the fecal acetic acid concentration in laying hens. ^aLinear effect of increasing levels of germanium biotite ($P<0.01$). ^bCubic effect of increasing levels of germanium biotite ($P<0.04$).

라. 요약

본 연구는 산란계 사료내 게르마늄 흑운모의 첨가가 난각특성 및 분내 암모니아 함량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다. 사양시험은 40주령 ISA brown 갈색계 144수를이용하였으며, 옥수수-대두박 위주 대조사료 (CON), 기초사료에 게르마늄 흑운모를 0.5% (GB0.5), 1.0% (GB1.0) 및 1.5% (GB1.5) 첨가구 등 4개 처리로 구성되었다. 총 56일간의 사양시험 기간 동안, 산란율과 난각강도에서는 처리간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 난중은 게르마늄 흑운모의 첨가수준이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다 ($P<0.02$). 난각두께, 난황색 및 난황계수에서는 처리구간에 차이를 보이지 않았다. 혈장내 중성지방 함량에 있어서는 게르마늄 흑운모의 첨가수준이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다 ($P<0.05$). 분내 암모니아태 질소 농도에서는 게르마늄 흑운모의 첨가수준이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였다 ($P<0.01$). 또한 게르마늄흑운모의 첨가수준이 증가함에 따라 분내 propionic acid ($P<0.01$), Butyric acid ($P<0.05$) 그리

고 Acetic acid ($P < 0.04$)의 함량이 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 결과적으로 산란계 사료내 게르마늄 혹은 흑운모의 첨가는 분내 암모니아가스의 발생을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

마. 참고문헌

- Allain, C. C, Poon, L. S, Chan CSG, Richmond, W. Fu PC. 1974. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clinic. Chem* 20:470-475.
- Chaney, A. L. Marbach, E. P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8:131.
- Frey, K. S., Potter, G. D., Odom, T. W., Senior, D. M., Reagan, V. D., Weir, V. H., Elslander, J., Webb, S. P., Morris, E. L., Smith, W. B., Weigand, K. E. 1992. Plasma silicon and radiographic bone density in weanling quarter horses fed sodium zeolite A. *Equine Vet. Sci.* 12:292-295.
- Honda, S., Mitsue, K. 1976. The use of zeolite mudstone in hog raising at Ikawa-machi, Akita prefecture, Japan. *Proc. & Abstracts, ZEOLITE '76-Inter. Cont Occur. Prop. Util Nat. Zeolites, Tucson, Ar, June (Abstr.)*.
- Miles, R. D., Laurent, S. M., Harms, R. H. 1986. Influence of sodium zeolite A on laying hen performance. *Poultry Sci.* 65:182 (Abstr.).
- Naoyuki, N. Yoshiharu, F. 1995. The elevation of plasma concentration of high-density lipoprotein cholesterol in mice fed with protein from proso millet. *Biosci Biotech Biochem.* 59:333-335.
- NRC. 1994. Nutrient requirement of poultry. National Academy Press. Washington D. C. U.S.A.
- Petersen, R. G. 1985. Design and analysis of experiments Marcel dekker, New York.
- Roland, D. A Sr, Laurent, S. M, Orloff, H. D. 1985. Shell quality as influenced by zeolite with high ion-exchange capability. *Poultry Sci.* 64:1177-1187.
- SAS. 1996. SAS user's guide. release 6.12 edition. SAS Institute. Inc, Cary, N. C, U.S.A.
- Sauter, E. A., Stadelman, W. J., Harms, V. McLaren, B. A. 1951. Methods for measuring yolk index. *Poultry Sci.* 30:629-630.
- Torii, K. 1974. Utilization of sedimentary zeolites in Japan. US-Japan Cooperative Science Program Seminar on Occurance, Origin and Utilization of Sedimentary

- Zeolites Circum-Pacific Region, Menlo Park, C. A. July. 1974. (Abstr).
- Watanabe, S. Y., Yanaka, Juroda, A. 1971. Report on the experimental use of zeolite tuff as dietary supplement for cattle. Rep. Okayama Prefecture Feder. Agr. Coop. Ass. April. pp. 18.
- 권오석. 2001. 돼지사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 양돈생산성에 미치는 영향 단국대학교 석사학위논문.
- 손광수. 2000. 영양과 사양관리를 통한 돼지분뇨 오염물질 및 악취 저하. 친환경 안전사료 연구회 심포지움. 친환경안전사료연구회. pp.43-60.
- 홍종욱, 김인호, 권오석, 이상환. 2001. 도계폐기물을 이용한 환경친화성 비육돈 사료 개발. 한국동물자원과학회지. 43:75-84.

(본 논문은 한국가금학회지 제 30권 1호, p61-66에 발표된 논문임)

4. 2. 산란계에 있어 단백질 수준에 따른 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과

가. 서 론

과거 축산업은 생산부분에서 이윤을 추구하기 위한 경영으로 추진해 왔으며, 환경오염에 관련된 부분은 배제하려는 경향이 있었다. 그러나 최근에 가축사육으로 인한 환경오염 문제에 대한 심각성이 부각되면서 사육시설이 밀집된 일부 지역에서는 가축 분뇨로 인한 수질 및 토양오염 문제가 발생하고 있다. 이러한 지역에서 수질악화, 병원성 미생물에 의한 지하수 오염 및 농업용수 오염 등의 문제점이 발생되고 있다(손, 2000). 이러한 문제점들 가운데 축사에서 발생하는 악취로 가축의 생산성 저하와 민원발생은 축산업의 지속적인 영위를 위하여 해결해야 할 것들이다. 축사내 암모니아 가스를 감소시키기 위한 방법으로는 적절한 환기 및 깔짚관리(Reece 등, 1979; O'Connor, 등 1988; Hartuny와 Phillips, 1994), 사료의 단백질 함량과 합성아미노산 첨가에 의한 조절(Jacob 등, 1994), 생균제 급여(김 과 여, 1995), zeolites와 같은 다공성 광물질 첨가(Nakaue 등 1981) 등의 방법들이 있다.

일반적으로 가축에 대한 규산염광물질의 급여효과는 장내 과잉수분을 흡수하여 하리의 방지, 소화율 향상 및 배설물중의 악취를 감소시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 이 중 육계사료에 zeolite를 3% 첨가혼합시 증체량 및 영양소 이용율이 개선되고 분중의 수분함량도 감소되었으며(정 등, 1978), 민 등(1988)은 육계사료에 zeolite를 2% 첨가하였을때 증체량 및 사료효율에 대한 개선효과는 있었지만 대조구와의 유의적인 차이는 없었으며 계분 중의 수분함량은 zeolite의 첨가수준이 증가할수록 감소하였다고 하였다. Ramos 등(1996)도 가축에게 zeolite를 급여할 경우 장내의 유해한 균체, 독소, 가스 및 과잉수분의 흡착과 배설, 연변 또는 설사를 방지한다고 하였다. 권 (2001)은 양돈사료내 게르마늄흑운모를 첨가할 경우 콜레스테롤 저하작용과 함께 분내 암모니아 가스 발생이 억제되었다고 보고하였다. 또한 이(2003)등은 산란계와 육계 사료내 게르마늄흑운모 1% 첨가시 분내 암모니아 가스 발생이 감소되었다고 보고하였다. 이와 같이 zeolite에 대한 연구는 많이 이루어졌으나, 규산염광물질인 게르마늄 흑운모의 첨가효과에 대한 시험은 아직 미진한 편이며 아직도 구명되어야 할 과제가 다양한 것으로 사료된다.

따라서 본 연구는 단백질 수준이 다른 산란계 사료에 게르마늄흑운모의 첨가가 산란생산성과 계란품질 특성 및 분내 악취성분 함량에 미치는 영향을 규명하기 위하여 실시하였다.

나. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험설계

51주령 ISA brown 갈색계 144수를 공시하였으며, 사양시험은 7일간의 적응기간 후, 56일간 실시하였다.

시험설계는 Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 저단백질 사료 (LPD), 고단백질 사료(HPD), LPD사료에 게르마늄흑운모를 1.0% 첨가한 처리구와(LPD-GB; LPD+1.0% germanium biotite, (주)서봉바이오베스텍), HPD사료에 게르마늄흑운모를 1.0%(HPD-GB; HPD+1.0% germanium biotite)로 4개 처리를 하여 처리당 3반복, 반복당 12마리씩 완전 임의배치하였다. 본 시험사료에 첨가된 게르마늄흑운모는 흑운모에 게르마늄이 36ppm 함유되어 있는 광물질로서, 충남 논산 소재 광산에서 채광한 후 분쇄기를 이용하여 325mesh의 크기로 분쇄하여 시험에 이용하였다.

2. 시험사료 및 사양관리

시험사료는 옥수수-대두박 위주의 사료로서 NRC (1994) 사양표준을 기초로 하여 2,904kcal ME/kg, 15.45% CP, 0.70% lysine, 3.25% Ca, 0.36% Available P를 함유토록 하였다 (Table 1). 시험사료는 가루 형태로 자유채식토록 하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 총 점등시간은 일일 17시간이 되도록 조절하였다.

3. 조사항목 및 방법

1) 산란율 및 난중

산란율은 사양시험 기간중 매일 계란을 채집하여 처리구별로 총산란수를 사육두수로 나누어 백분율로 표시하였으며, 난중은 정상란에 대하여 측정 후 평균난중으로 표시하였다.

2) 계란품질

측정 날 오후에 집락된 계란을 사용하여 난각강도는 난각강도계(Ozaki MFG. Co.,

Ltd., Japan)를 이용하여 측정하였으며, 난각두께는 Dial pipe gauge(Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하여 난각의 둔단부, 예단부 그리고 중앙부를 측정하였다. 난황색은 Yolk colour fan(Roche, Switzerland)을 이용하여 난황의 색도를 측정하였다. 난황계수는 Ozaki사의 켈리퍼스로 난황의 높이와 직경을 측정하여 Sauter 등(1951)의 방법에 의하여 난황의 높이를 난황의 직경으로 나누어 계산하였다.

Table 1. Diet composition(as-fed basis)

Ingredients	LPD	HPD
Corn	50.20	46.14
Wheat grain	10.00	11.00
SBM(CP46%)	18.70	19.80
Corn gluten meal	2.00	4.00
Wheat bran	5.00	5.00
Animal fat	4.50	4.55
Limestone	7.50	7.50
Tricalcium phosphate(P18%)	1.40	1.40
Salt	0.30	0.30
DL-methionine	0.15	0.11
Lysine, %	0.05	
Vitamin premix ¹	0.10	0.10
Mineral premix ²	0.10	0.10
Chemical composition ³		
Metabolic energy, kcal/kg	2901.00	2900.00
CP, %	16.00	17.50
Lysine, %	0.80	0.80
Methionine, %	0.43	0.43
Calcium, %	3.23	3.23
Phosphorus, %	0.61	0.61

¹Provided per kg of premix: 12,500,000 IU vitamin A, 2,500,000 IU vitamin D₃, 10,000mg vitamin E, 2,000 mg vitamin K₃, 50 mg biotin, 500 mg folic acid, 35,000 mg niacin, 10,000 mg Ca-Pantothenate, 1,000 mg vitamin B₆, 5,000 mg vitamin B₂, 1,000 mg vitamin B₁ and 15 mg vitamin B₁₂.

²Provided per kg of premix: 25,000 mg Cu, 40,000mg Fe, 60,000 mg Zn, 80,000 mg Mn, 1,500 mg I, 300 mg Co and 150 mg Se.

³Calculated values.

3) 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도 측정

시험종료시 각 처리구에서 동일한 시간동안 배설된 분을 처리당 10마리로부터 채취한 후, 동결건조기를 이용하여 건조시킨 후, 분석에 이용하였다. 분내 암모니아태

질소 농도 측정은 Chaney와 Marbach (1962)의 방법에 따라 실시하였다.

분내 휘발성 지방산의 농도 측정은 시료 5g을 취하여 10N H₂SO₄ 25ml과 증류수를 첨가한 후, 수증기를 증류하였다. 유출액에 phenolphthalein 2-3방울을 첨가한 후, 0.1N NaOH를 첨가하였다. 이 용액을 rotary evaporator를 이용하여 건조시킨 후, phosphoric acid 1ml를 첨가하여 용해시킨 후에 ethyl ether 5ml를 첨가하여 수회 교반한 후, 포화 NaCl 2ml를 첨가하여 층을 분리시켰다. 층이 분리되면 ether 층을 취하여 0.45 μ m membrane filter를 이용하여 여과한 후 시험용액을 gas chromatography (Hewlett Packard 6890 Plus, USA)에 주입하였다. Gas chromatography의 분석조건은 Table 2와 같다.

Table 2. Operating condition for gas chromatography

Item	Operating condition
Instrument	Hewlett Packard 6890 Plus
Detector	FID
Column	HP-INNOWax 0.25 μ m \times 30m \times 0.25mm ID
Injection port	260 $^{\circ}$ C
Detection port	270 $^{\circ}$ C
Carrier gas	N ₂

4) 통계처리

모든 자료는 SAS(1996)의 GLM procedure를 이용하여 처리간의 평균을 orthogonal contrasts를 이용하여 1) LPD vs HPD, 2) -GB vs +GB, 3) Interaction(LPD vs HPD \times -GB vs +GB)으로 분리하여 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

1. 산란율, 난중의 측정

Table 3는 게르마늄 흑운모 첨가가 산란율과 난중 및 난각강도에 미치는 영향을 나타내었다. 산란율에서는 HPD 처리구가 유의적으로 증가하는 경향을 보였다 (P<0.01). 난중에 있어서는 게르마늄 흑운모 첨가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다(P<0.01). 이러한 결과는 이(1975)가 산란계에 zeolite를 3% 이하 첨가

시 산란율은 증가하나 난중은 감소하였다는 보고와 유사하였으며, 산란계에 게르마늄흑운모를 급여시 난중이 감소하였다는 이 등(2003)의 보고와 유사하였다

Table 3. Effects of dietary germanium-biotite on hen-day egg production, egg weight and egg shell breaking strength in laying hens

Item	LPD ¹		HPD ¹		SE ²	Contrast ³		
	-GB	+GB	-GB	+GB		1	2	3
Hen-day egg production, %	84.38	84.79	88.75	88.33	1.34	0.01	1.00	0.76
Egg weight, g	64.20	63.34	66.61	62.93	0.66	0.13	0.01	0.03
Egg shell breaking strength, kg/cm ²	3.51	3.44	3.69	3.50	0.14	0.39	0.34	0.66

¹LPD, low protein diet; HPD, high protein diet.

²Pooled standard.

³Contrast were: 1)LPD vs HPD; 2)-GB vs +GB; 3) Interaction.

2. 계란품질 측정

난각강도에서는 처리구간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Table 4는 게르마늄흑운모의 첨가가 난각두께에 미치는 나타내었다. 둔단부 두께를 측정한 결과 게르마늄흑운모 첨가에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다(P<0.02). 예단부, 중앙부의 난각두께를 측정한 결과 처리구간 유의적 차이는 보이지 않았다. 이는 sodium zeolite를 급여한 산란계의 경우 난각질 개선과 골격길이의 증가를 가져온다는 보고 (Roland 등, 1985; Miles 등, 1986; Fery 등, 1992)와는 차이를 보였다. 산란계 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 난황색 및 난황계수에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. 난황계수에서는 HPD 사료를 급여한 처리구가 LPD 사료를 급여한 처리구보다 유의적으로 감소하였으며(P<0.01), 사료내 GB를 첨가하면 난황계수가 통계적으로 감소하는 것으로 나타내었다.(P<0.01)

Table 4. Effects of dietary germanium biotite on egg shell thickness in laying hens

Item	LPD ¹		HPD ¹		SE ²	Contrast ³		
	-GB	+GB	-GB	+GB		1	2	3
Large band, mm	0.44	0.42	0.44	0.43	0.01	0.44	0.02	0.44
Sharp end, mm	0.44	0.42	0.44	0.43	0.01	0.47	0.11	0.37
Middle, mm	0.44	0.43	0.44	0.44	0.01	0.48	0.08	0.48

¹LPD, low protein diet; HPD, high protein diet.

²Pooled standard.

³Contrast were: 1)LPD vs HPD; 2)-GB vs +GB; 3) Interaction.

Table 5. Effects of dietary germanium biotite on yolk color and egg yolk index laying hens

Item	LPD ¹		HPD ¹		SE ²	Contrast ³		
	-GB	+GB	-GB	+GB		1	2	3
Yolk color unit	6.25	6.43	7.42	7.41	0.23	0.01	0.71	0.70
Egg yolk index	0.46	0.43	0.42	0.41	0.01	0.01	0.01	0.16

¹LPD, low protein diet; HPD, high protein diet.

²Pooled standard.

³Contrast were: 1)LPD vs HPD; 2)-GB vs +GB; 3) Interaction.

3. 분중 암모니아태 질소 및 휘발성지방산의 측정

Table 6은 산란계 사료내 게르마늄흑운모 첨가가 분중 휘발성지방산 및 암모니아태 질소 함량에 미치는 영향을 나타내었다. Propionic acid에서는 게르마늄흑운모를 첨가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($P<0.01$). Butyric acid에서는 HPD 사료를 급여한 처리구가 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며($P<0.02$), 처리구간 게르마늄흑운모 첨가시 LHD와 HPD 모두 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($P<0.03$). Acetic acid에서도 LHD와 HPD 처리구 모두 게르마늄흑운모를 첨가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($P<0.01$). $\text{NH}_3\text{-N}$ 에서는 LPD 사료의 경우보다 HPD 사료에서 게르마늄흑운모 첨가 효과가 나타난 것으로 보인다($P<0.05$). 이는 규산염 광물질을 사료에 첨가한 경우 축사내 악취감소효과가 인정되었다는 보고(Watanabe 등, 1971)와 양돈사료내 게르마늄흑운모를 첨가시 분내 암모니아 가스의 감소(권 2001) 효과, 규산염 광물질 Scoria 3% 급여시 유의적인 감소효과(양, 1999),

그리고 산란계사료내 게르마늄흑운모를 급여시 유해가스 농도가 감소(이 등, 2003)되었다는 보고와 유사하였다. 이는 규산염계 광물질의 이온교환 및 흡착성과 관련이 되었을 것으로 사료되며, 이상의 결과를 토대로 게르마늄 흑운모를 사료내 첨가하면 암모니아가스 발생의 억제와 축사내의 작업환경의 개선을 가져올 것으로 사료된다.

Table 6. Effects of dietary germanium biotite addition on the NH₃-N and volatile acids concentration of feces in laying hens

Item	LPD ¹		HPD ¹		SE ²	Contrast ³		
	-GB	+GB	-GB	+GB		1	2	3
Propionic acid(ppm)	15.25	11.85	16.78	13.72	0.88	0.10	0.01	0.01
Butyric acid(ppm)	14.23	10.83	16.37	14.51	0.92	0.02	0.03	0.43
Acetic acid(ppm)	191.37	174.77	188.56	149.0	7.82	0.12	0.01	0.19
NH ₃ -N(ppm)	211.71	210.23	238.22	208.33	5.76	0.08	0.33	0.05

¹LPD, low protein diet; HPD, high protein diet.

²Pooled standard.

³Contrast were: 1)LPD vs HPD; 2)-GB vs +GB; 3) Interaction.(LPD vs HPD×-GB vs +GB)

라. 요약

본 연구의 목적은 단백질 수준이 산란계 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 생산성, 난각특성 및 분내 약취성분 함량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다. 사양시험은 51주령 ISA Brown 갈색계 144수를 공시하였으며, 처리구는 옥수수-대두박 위주의 저단백질 사료 (LPD), 고단백질 사료(HPD), LPD사료에 게르마늄흑운모를 1.0% 첨가한 처리구와(LPD-GB; LPD+1.0% germanium biotite, (주)서봉바이오베스텍), HPD사료에 게르마늄흑운모를 1.0%(HPD-GB; HPD+1.0% germanium biotite)로 4개 처리를 하여 처리당 3반복, 반복당 12마리씩 완전 임의배치하였다. 총 56일간의 사양시험 기간 동안, 산란율에서는 HPD 처리구가 유의적으로 증가하는 경향을 보였다(P<0.01). 난중은 게르마늄흑운모의 첨가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었으며(P<0.01), 난각강도에서는 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다 (P>0.05). 둔단부 두께를 측정된 결과 게르마늄흑운모 첨가에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다(P<0.02). 예단부, 중앙부의 난각두께를 측정된 결과 처리구간 유의적 차이는 보이지 않았다. 난황계수에서는 HPD사료를 급여한 처리구가 LPD 사료를 급여한 처리구보다 낮았다(P<0.01). 분중 Propionic acid(P<0.01)와 butyric acid(P<0.03)에서는 게르마늄흑운모를 첨가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. Butyric acid에서는 HPD처리구가 유의적으로 증가하는 경향을

보였으며($P < 0.02$), Acetic acid에서도 게르마늄흑운모 첨가 처리구가 무첨가 처리구보다 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($P < 0.01$). $\text{NH}_3\text{-N}$ 에서는 LPD 사료의 경우보다 HPD 사료에서 게르마늄흑운모 첨가 효과가 나타난 것으로 보인다($P < 0.05$). 결과적으로 산란계 사료내 게르마늄흑운모의 첨가는 분내 휘발성 지방산 발생을 감소시켜 축사환경의 개선효과가 있을 것으로 사료된다.

마. 참고문헌

- Chaney, A. L., Marbach, E. P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clin. Chem. 8:131.
- England, D. C. 1975. Effect of zeolite on incidence and severity of scouring and level of performance of pigs during suckling and early postweaning. Rep. 17th Swine Day, Spec. Rep. 447, Agr. Exp. Sta., Oregon State Univ., 30~33
- Frey, K. S., Potter, G. D., Odom, T. W., Senior, D. M., Reagan, V. D., Weir, V. H., Elslander, J., Webb, S. P., Morris, E. L., Smith, W. B., Weigand, K. E., 1992. Plasma silicon and radiographic bone density in weanling quarter horses fed sodium zeolite A. Equine Vet. Sci. 12:292-295.
- Hartuny, J. and Phillips, V. R., 1994. Control of gaseous emission from livestock buildings and manure storages. J. Anim. Sci. 61(suppl):492 (Abstr.).
- Jacob, J. P., Blair, R., Bennett, D. C., Scott, T. A. and Newberry, R. C., 1994. The effect of dietary protein and amino acid levels during the grower phase on nitrogen excretion of broiler chickens. page 309 in: Proceedings of Canadian Animal Scienc Meetings, University of Saskatchewan, Saskatoon, S. K., Canada.
- Kevin, L. W. and L. L. S., 1991. Effect of Dietary Sodium Zeolite A and Graded Levels of Calcium on Growth, Plasma, and Tibia Characteristics of Chicks. Poult Sci. 70:2295-2303.
- Miles, R. D., Laurent, S. M., Harms, R. H., 1986. Influence of sodium zeolite A on laying hen performance. Poult Sci. 65:182 (Abstr.).
- Nakaue, H. S., Koelliker, J. K. and Pierson, M. L. 1981. Studies with clinoptilolite in poultry. 2. Effect of feeding broiler and the direct application of clinoptilolite (zeolite) on clean and re-used broiler litter on broiler performance and house environment. Poult Sci. 60:1221.
- Nishimura. 1973. Properties and Utilization of zeolote. J. Clay Sic. Japan. 13:23
- NRC. 1994. Nutrient requirement of poultry. National Academy Press. Washington,

D.C. U.S.A.

- O'Connor, J. M., McQuitty, J. B. and Clark, P. C. 1988. Air quality and contaminated loads in three commercial broiler breeder barns. *Can Agrc Eng.* 30:273-276.
- Reece, F. N., Bates, B. J., Lott, B. D. 1979. Ammonia control in broiler house. *Poul Sci.* 58:754-755
- Roland, D. A. .Sr, Laurent, S. M., Orloff, H. D. 1985. Shell quality as influenced by zeolite with high ion-exchange capability. *Poul Sci.* 64:1177-1187.
- Ramos, A. J., Fink, G. T. and Hernandez, E. 1996. Prevention on toxic effect of mycotoxins by mean of nonnutritive adsorbent compounds. *J. of Feed Protection.* 59:631~641
- SAS. 1996. SAS user guide. release 6.12 edition. SAS Inst. Inc. Cary, N. C., USA.
- Sauter, E. A., Stadelman, W. J., Harns, V., McLaren, B. A. 1951. Methods for measuring yolk index. *Poult Sci* 30:629-630.
- Veloso, J. R., Hamilton, P. B. and Parkhurst, C. R. 1974. The use of formaldehyde flakes as an antimicrobial agent in built up poultry litter. *Poult Sci.* 53:78-83
- Watanabe, S. Y., Yanaka, JurodaA. 1971. Report on the experimental use of zeolite tuff as dietary supplement for cattle. *Rep. Okayama Prefecture Feder. Agr. Coop. Ass.* April. pp. 18.
- 김상호, 박진기, 이상진, 정순우, 차영호. 1995. 축산시험연구보고서.
- 권오석. 2001. 돼지사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 양돈생산성에 미치는 영향 단국대학교 석사학위논문.
- 손광수. 2000. 영양과 사양관리를 통한 돼지분뇨 오염물질 및 악취 저하. *친환경안전사료 연구회 심포지움. 친환경안전사료연구회.* pp.43-60.
- 양창범. 1999. Scoria 급여가 돼지의 성장, 도체특성 및 오염물질 배설량에 미치는 영향 서울대학교 박사학위논문.
- 오상집, 정연중, 이준엽, 이현용. 1995. *Sporulina platensis* 첨가가 산란계에서의 난 생산 및 난황 Cholesterol 함량이 미치는 영향 *가금학회지* 22:161~166.

(본 논문은 한국가금학회지 제 30권 4호, p275-280에 발표된 논문임)

제 5 장 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 환경친화성 효과 구명

5. 1. 비육돈에 대한 왕암게르마늄흑운모 첨가효과

가. 서 론

우리나라와 같은 자원이 부족한 국가에서 산업의 경쟁력을 높이기 위해서는, 새로운 기술개발로 고부가가치의 신제품을 개발하지 않고서는 국제경쟁력을 확보할 수가 없다. 따라서 부가가치가 높은 제품의 생산전략과 부존 자원을 최대한 개발하여 효과적인 활용이 동시에 필요하다. 현재 우리나라의 사료원료의 대외의존도는 매우 높은 실정이다.

축산분야에서도 여러 가지 부존자원들을 찾아볼 수 있지만, 그 중에서도 아직 인식이 덜 되어 있어 연구 개발을 필요로 한다. 이러한 물질 중에는 점토광물(Clay mineral)이 있다. 우리나라는 광상학적으로 규산염계 토양으로 구성되어 있으며 이에 속하는 점토광물(clay mineral) 역시 다양한 종류가 있다(엄 등, 1993). 국내에서는 이미 오래전부터 Kaolinite, Zeolite, Bentonite, Vermiculite 등의 규산염(Silicate) 점토광물이 가지는 고유의 성질을 이용하여 일반 농업, 수산, 환경정화 등에 널리 사용되어 왔으며, 축산업에서도 가축의 발육촉진, 소화율 및 사료효율 개선, 축분의 수분 조절 및 축사 내 악취제거 등을 위하여 부분적으로 활용되고 있다. 그 중에서도 zeolite의 첨가는 돼지와 닭의 근육과 지방 특성에 유리한 영향을 준다고 보고(Pond 등, 1988; Hagedorn 등, 1990; Kovar 등 1990)도 있다.

대부분 규산염계(silicate)에 속하는 점토광물들은 일반적으로 이온교환용량(ion exchange capacity)이 높고, 동물이 섭취하였을 때 미량 무기물을 비롯한 영양소 이용성을 개선하며, 장내 유해가스의 흡착 및 연변 방지 등의 효과가 인정되어 왔으며, 일부 점토광물은 보수력(Water Holding Capacity)과 양이온치환용량이 높아서 사료 배합 공정에서 펠렛제조에 결합제로 첨가 되어 사용되어 왔다. 또한 식품공업에서도 규조토(diatomaceous earth), 백도토(kaolin), 벤토나이트(bentonite), 산성백토(acid caly), 탈크(talc) 및 퍼라이트(perite)등 6종은 우리나라에서 식품첨가물로서 지정되어 있는 불용성광물성물질이다(김 등, 1999).

최근에 들어서 김 등(2000)은 황토성분(illite)의 비육돈 첨가급여는 근내지방도($p<0.05$)와 다즙성($p<0.05$)에서 대조구와 비교하여 우수하였다고 보고하였고, 조 등(2001)도 거세한우에서 점토광물의 첨가급여가 체내의 비특이적 면역반응에 기여할 것으로 사료된다고 보고한 바 있다.

게르마늄흑운모내에는 게르마늄이 36ppm을 함유하고 있으며, 이외에도 백운모, 흑

운모와 미량광물질로 장식, 전기석 등이 포함되어 있다. 게르마늄흑운모는 인체나 가축에 해로운 가스에 대한 탈취율이 높은 것으로 알려져 있어 각종 건축용 자재의 이용뿐만 아니라, 돈사내의 암모니아 가스의 흡착제로 이용 가능성을 시사하고 있다.

따라서 본 시험은 게르마늄흑운모의 비육돈 사료내 첨가가 비육돈의 성장율, 영양소이용율 및 분중 암모니아 가스의 양에 어떠한 영향을 주는가를 구명하기 위하여 실시하였다.

나. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험설계

개시시 체중 88.0 ± 1.35 kg인 3원 교잡종 (Duroc × Yorkshire × Landrace) 비육돈 80두를 공시하였으며, 사양시험은 35일간 실시하였다. 시험설계는 Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 1) 기초사료 (CON), 2) 200mesh WGB1.0(기초사료+고운 왕암게르마늄흑운모 1.0%), 3) 325mesh WGB1.0(기초사료+거친 왕암게르마늄흑운모 1.0%), 4) 200mesh WGB2.0(기초사료+고운 왕암게르마늄흑운모 2.0%), 5) 325mesh WGB2.0(기초사료+고운 왕암게르마늄흑운모 2.0%, (주)서봉바이오베스텍)로 5개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복당 4마리씩 완전 임의배치하였다.

2. 시험사료 및 사양관리

시험사료는 가루형태로 급여하였으며 습식급여기를 이용하여 자유채식토록 하였다. 체중 및 사료섭취량은 시험종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 계산하였다.

본 시험사료에 첨가된 게르마늄흑운모는 흑운모에 게르마늄이 36ppm 함유되어 있는 광물질로서, 충남 논산 소재 광산에서 채광한 후 분쇄기를 이용하여 200mesh, 325mesh의 크기로 분쇄하여 시험에 이용하였다.

Table 1. Basal diet composition for finishing pigs.

Ingredients	%
Corn	76.23
Soybean meal(47.5)	18.59
Molasses	2.50
Tallow	0.81
DCP	0.56
Limestone	0.80
Salt	0.20
Vitamin premix ¹	0.12
Mineral premix ²	0.10
Antioxidant	0.05
Lysine	0.04
Total	100.00
Chemical composition ³	
ME(cal/g)	3,365
Crude protein(%)	15.40
Lysine(%)	0.76
Calcium(%)	0.60
Phosphorus(%)	0.50

¹Provided per Kg of complete diet : 4,800 IU vitamin A, 960 IU vitamin D₃, 20 IU vitamin E, 2.4 mg vitamin K, 4.6 mg vitamin B₂, 1.2 mg vitamin B₆, 13 mg pantothenic acid, 23.5 mg niacin and 0.02 mg biotin.

²Provided per Kg of complete diet : 220 mg Cu, 175mg Fe, 191 mg Zn, 89 mg Mn, 0.32 mg I, 0.5 mg Co and 0.35 mg Se.

³Calculated values.

3. 조사항목 및 방법

(1) 영양소 소화율 측정

영양소 소화율을 측정하기 위해 시험 종료 7일전에 표시물로서 산화크롬

(Cr₂O₃)을 0.2% 첨가하였다. 크롬사료 급여 5일 후 분을 채취하였고, 채취한 분은 60°C의 건조기에서 72시간 건조 시킨 후 Wiley mill로 분쇄 및 분석에 이용하였다.

(2) 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도 측정

시험종료시 각 처리구에서 동일한 시간동안 배설된 분을 처리당 10마리로부터 채취한 후, 동결건조기를 이용하여 건조시킨 후, 분석에 이용하였다. 분내 암모니아태 질소 농도 측정은 Chaney와 Marbach (1962)의 방법에 따라 실시하였다.

분내 휘발성 지방산의 농도 측정은 시료 5g을 취하여 10N H₂SO₄ 25ml과 증류수를 첨가한 후, 수증기를 증류하였다. 유출액에 phenolphthalein 2-3방울을 첨가한 후, 0.1N NaOH를 첨가하였다. 이 용액을 rotary evaporator를 이용하여 건조시킨 후, phosphoric acid 1ml를 첨가하여 용해시킨 후에 ethyl ether 5ml를 첨가하여 수회 교반한 후, 포화 NaCl 2ml를 첨가하여 층을 분리시켰다. 층이 분리되면 ether 층을 취하여 0.45µm membrane filter를 이용하여 여과한 후 시험용액을 gas chromatography (Hewlett Packard 6890 Plus, USA)에 주입하였다.

4. 통계처리

사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC (1995)에 의해 분석하였다.

모든 자료는 SAS (1996)의 GLM procedure를 이용하여 처리간의 평균을 orthogonal contrasts를 이용하여 1) 대조구 vs GB첨가구, 2) 200 mesh vs 325 mesh, 3) 1.0% vs 2.0%로 분리하여 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

1. 일당증체량, 사료섭취량 및 사료효율

시험사료를 급여한 비육돈에 대한 일당증체량, 사료섭취량 및 사료효율은 Table 2에서 보는 바와 같다. 총시험기간의 일당증체량을 보면 대조구와 처리구간의 유의적인 차이는 보이지 않았다($P>0.94$). 또한, 입자도별 비교에서도 처리구간 유의적인 차이는 보이지 않았다($P>0.20$). 사료섭취량의 경우 모든 처리구간에 유의적인 차이는 나타나지 않았으며($P>0.29$), 사료효율에서도 대조구와 처리구간의 비교시 유의적인 증가나 감소는 없었다($P>0.56$). 입자도별 비교 및 첨가수준에서도 유의적인 차이는 보이지 않았다($P>0.06$). 양등(2000)의 시험에서 scoria와 zeolite를 각각 3% 급여한

시험에서 일당증체량은 대조구에 비하여 유의적인 차이를 보였다는 결과와 유사한 경향을 보였다. Kondo 등(1968)dl 비육돈에 제올라이트를 5% 첨가한 경우 사료효율이 개선되었다는 결과와는 조금 상이한 결과를 보였다.

Table 2. Effect of dietary germanium biotite on growth performance in finishing pigs¹

Item	CON	200 mesh		325 mesh		SE	Contrast ⁴		
		GB1.0 ²	GB2.0 ²	GB1.0 ²	GB2.0 ²		1	2	3
ADG, kg	0.714	0.690	0.712	0.710	0.730	0.02	0.94	0.20	0.24
ADFI, kg	2.812	2.920	2.891	2.773	2.893	0.05	0.29	0.35	0.15
Gain/Feed	0.253	0.247	0.252	0.258	0.252	0.01	0.56	0.69	0.06

¹ Eighty pigs with an average initial body weight of 88.0±0.05kg.

² Abbreviated GB1.0, added 1.0% of germanium biotite ; GB2.0, added 2.0% of germanium biotite.

³ Standard error.

⁴ Probability for contrast : 1) CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3)1.0% vs 2.0%

2. 영양소 소화율

영양소 소화율은 Table 3과 같다.

건물(DM)의 소화율은 대조구에 비해 처리구가 모두 증가하는 경향을 보였으며 (P<0.01), 325 mesh 보다 200mesh가 유의적으로 증가하는 경향을 보였다(P<0.01). 질소(N)의 소화율은 처리구가 대조구보다 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며 (P<0.01), 200mesh 처리구가 유의적으로 증가하였다(P<0.01). 칼슘(Ca)의 경우 게르마늄 흑운모를 첨가한 모든 처리구가 대조구보다 증가하는 경향을 보였다(P<0.01). 인(P) 또한 대조구와 비교해 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며(P<0.01), 200mesh 처리구가 325mesh 처리구보다 유의적인 증가를 보였다(P<0.02). 양 등 (2000b)은 비육돈 사료내 scoria를 3% 첨가한 사양시험에서, 분내 건물함량에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 분내 질소 함량에 있어서는 scoria 첨가구가 대조구와 비교하여 유의적으로 낮게 조사되었다고 보고하여 본 사양시험과 비슷한 경향을 보였다.

Table 3. Effect of dietary germanium biotite on nutrient digestibility in finishing pigs¹

Item, %	CON	200 mesh		325 mesh		SE	Contrast ⁴		
		GB1.0 ²	GB2.0 ²	GB1.0 ²	GB2.0 ²		1	2	3
Dry matter	68.65	71.84	70.38	70.04	71.04	0.16	0.01	0.01	0.19
Nitrogen	61.43	67.66	65.70	60.51	62.44	0.6	0.01	0.01	0.99
Calcium	23.21	46.80	43.85	41.77	46.13	0.77	0.01	0.10	0.38
Phosphorus	22.73	42.04	33.61	32.72	36.55	1.18	0.01	0.02	0.07

¹ Eighty pigs with an average initial body weight of 88.0±0.05kg.

² Abbreviated GB1.0, added 1.0% of germanium biotite ; GB2.0, added 2.0% of germanium biotite.

³ Standard error.

⁴ Probability for contrast : 1) CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 1.0% vs 2.0%

3. 분중 암모니아태 질소 및 휘발성지방산의 측정

분중 암모니아태 질소 및 휘발성지방산의 측정은 Table 4와 같다.

암모니아태 질소의 경우 대조구보다 처리구가 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며(P<0.01), 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구에서 325 mesh 처리구가 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(P<0.01). 또한 처리구간 첨가수준 비교에서 게르마늄 흑운모를 2% 첨가한 처리구가 유의적으로 감소하였다(P<0.01). Propionic acid는 처리구가 대조구보다 감소하였으며(P<0.01), 사료내 200mesh 보다 325 mesh를 첨가시 유의적인 감소를 나타내었다(P<0.03). 또한, 사료내 게르마늄 흑운모를 1% 첨가보다 2%첨가시 감소하는 경향을 나타내었다(P<0.01). Butyric acid는 대조구와 처리구간의 비교시 게르마늄 흑운모를 첨가한 모든 처리구가 유의적으로 감소하였으며(P<0.01), 사료내 게르마늄 흑운모 2%를 첨가한 처리구가 유의적으로 감소하였다(P<0.01). Acetic acid는 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구가 대조구보다 유의적으로 감소하는 경향을 나타냈으며(P<0.01), 게르마늄 흑운모 2%를 첨가한 처리구가 1%를 첨가한 처리구보다 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(P<0.03). Watanabe 등(1971)은 광물 질사료를 첨가한 경우 축사내 악취감소효과가 인정되었다고 보고하였다. 이는 규산염 광물질 (zeolite)의 첨가 수준을 증가시켰을 때 가축분 내 악취의 탈취효과가 있었음 보고한 것 (Kling과 Quarles, 1974)과 일치하는 것이다.

이상의 결과를 토대로 볼 때, 게르마늄 흑운모를 사료내 첨가하면, 소화율의 향상과 암모니아태 질소와 휘발성지방산의 배출을 저하시켜 축사내 환경을 개선시킬 수 있을 것으로 사료된다.

Table 4. Effect of dietary germanium biotite on NH₃-N and volatile acids in finishing pig¹

Item, ppm	CON	200 mesh		325 mesh		SE	Contrast ⁴		
		GB1.0 ²	GB2.0 ²	GB1.0 ²	GB2.0 ²		1	2	3
NH ₃ -N	725.53	694.29	680.16	593.11	557.11	5.56	0.01	0.01	0.01
Propioni acid	6873.75	5986.42	5583.52	5629.75	5279.45	120.49	0.01	0.03	0.01
Butyric acid	2470.3	2228.05	2167.08	2294.26	1979.84	69.79	0.01	0.41	0.03
Acetic acid	4937.6	4509.97	4220.66	4300.57	4043.53	104.48	0.01	0.10	0.03

¹ Eighty pigs with an average initial body weight of 88.0±0.05kg.

² Abbreviated GB1.0, added 1.0% of germanium biotite ; GB2.0, added 2.0% of germanium biotite.

³ Standard error.

⁴ Probability for contrast : 1) CON vs others ; 2) 200 mesh vs 325 mesh; and 3) 1.0% vs 2.0%

라. 요약

본 시험은 게르마늄흑운모의 비육돈 사료내 첨가가 비육돈의 성장율, 영양소이용율 및 분중 암모니아 가스의 양에 어떠한 영향을 주는가를 구명하기 위하여 실시하였다. 개시시 체중 88.0±1.35kg인 3원 교잡종 (Duroc × Yorkshire × Landrace) 비육돈 80두를 공시하였으며, 사양시험은 35일간 실시하였다. 처리구는 옥수수-대두박 위주의 1) 기초사료 (CON), 2) 200mesh WGB1.0(기초사료+고운 왕암게르마늄흑운모 1.0%), 3) 325mesh WGB1.0(기초사료+거친 왕암게르마늄흑운모 1.0%), 4) 200mesh WGB2.0(기초사료+고운 왕암게르마늄흑운모 2.0%), 5) 325mesh WGB2.0(기초사료+고운 왕암게르마늄흑운모 2.0%, (주)서봉바이오베스텍)로 5개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복당 4마리씩 완전 임의배치하였다. 총시험기간의 일당증체량을 보면 대조구와 처리구간의 유의적인 차이는 보이지 않았다(P>0.94). 건물(DM)과 질소의 소화율은 대조구에 비해 처리구가 모두 증가하는 경향을 보였다(P<0.01). 칼슘(Ca)과 인(P)의 소화율에서도 게르마늄 흑운모를 첨가한 모든 처리구가 대조구보다 증가하는 경향을 보였다(P<0.01). 암모니아태 질소의 경우 대조구보다 처리구가 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며(P<0.01), 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구에서 325 mesh 처리구가 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(P<0.01). Propionic acid, Butyric acid, Acetic acid의 함량은 대조구 보다 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구에서 유의적으로 낮은 경향을 보였다(P<0.01). 게르마늄 흑운모를 사료내 첨가하면, 소화율의 향상과 암모니아태 질소와 휘발성지방산의 배출을 저하시켜 축사내 환경을 개선시킬 수 있을 것으로 사료된다.

마. 참고문헌

- AOAC. 1995. Official method of analysis. (16th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Chaney, A. L and Marbach, E. P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clin. Chem. 8:131.
- Hagedorn, T. K., Ingram, D. R., Kovar, S. J., Achee, V. N., Barnes, D. G. and Laurent, S. M. 1990. Influence of sodium zeolite-A on performance, bone condition and liver lipid content of white leghorn hens. Poult. Sci. 69 (Suppl.1): 169 (Abstr.).
- Jacob, J. P., Blair, R., Bennett, D. C., Scott, T. A., and Newberry, R. C. 1994. The effect of dietary protein and amino acid levels during the grower phase on nitrogen excretion of broiler chickens. page 309 in: Proceedings of Canadian Animal Scienc Meetings, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada.
- Kovar, S. J., Ingram, D. R., Hagedorn, T. K., Achee, V. N., Barnes, D. G. and Laurent, S. M. 1990. Broiler performance as influenced by sodium zeolite-A. Poult. Sci. 69 (Suppl.1): 174 (Abstr.).
- Kling, H. F. and Quarles, C. L. 1974. Effect of atmospheric ammonia and the stress of infectious bronchitis vaccination on Leghorn males. Poult. Sci. 53:1161-116.
- Kondo, N and Wagi, B. 1968. Experimental use of clinoptilolite-tuff as dietary supplements for pigs. Yonokai, May 1-4.
- Nakaue, H. S., Koelliker, J. K., and Pierson, M. L. 1981. Studies with clinoptilolite in poultry. 2. Effect of feeding broiler and the direct application of clinoptilolite (zeolite) on clean and re-used broiler litter on broiler performance and house environment. Poult Sci. 60:1221.
- NRC. 1994. Nutrient requirement of poultry. National Academy Press. Washington DC. USA.
- Pond, W. G., Yen, J. T. and Varel, V. H. 1988. Response of growing swine to dietary copper and clinoptilolite supplementation. Nutr. Rep. Int. 37:79.
- Watanabe, S., Yanaka, Y., and Juroda, A. 1971. Report on the experimental use of zeolite stuff as dietary supplement for cattle. Rep. Okayama Prefecture feder. Agr. Coop. ASS. April. P.18.
- SAS 1996 SAS user guide. release 6.12 edition. SAS Inst Inc Cary NC. USA.
- 권오석. 2001. 폐지사료내 케르마늄흑운모의 첨가가 양돈생산성에 미치는 영향. 단국

대학교 석사학위논문.

- 김천제, 이의수, 송민석, 조진국. 2000. 황토성분 (Illite) 첨가 급여가 비육돈의 육질에 미치는 영향. 한국축산식품학회지. 20:152-158.
- 김희연, 이영자, 옹기형, 권용관, 김소희, 김현중, 이철원, 김길생, 이상훈. 1999. 식품 첨가물중 불용성광물질의 물리화학적 특성. 한국식품과학회지. 31(5):1188-1195.
- 백인기. 1997. 축산학의 최근동향. P214-288.
- 양창범, 김진동, 이지훈, 조원탁, 한인규. 2000b. 돼지사료중 제주 화산암 분말 (Scoria)과 Zeolite가 산육능력에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42:477-483.
- 엄명호, 정필균, 엄기태, 임형식. 1993. 회색정암에서 유래된 토양점토 광물의 특성. 한국토양비료학회지. 21:1-9.
- 조원모, 백봉현, 강수원, 김준식, 김용국. 2001. 거세한우에 있어 점토광물질 첨가 급여가 발육 및 면역기능에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 43:203-210.

5. 2. 비육돈에 있어 단백질 수준에 따른 왕암게르마늄흑운모의 첨가효과

가. 서 론

국내 양돈 사양가들은 높은 영양소의 사료를 급여하여 출하시기를 단축시키고자 비육시기에 적합하지 않은 사료를 급여함으로써, 즉 육성기와 비육기 사료를 급여하고 있는 실정이다. 이러한 육성 비육기의 사료를 급여시 도체내 항생제나 설파제의 잔류문제를 유발할 수 있다(Vanbell, 1989; Kim 등, 1999). 또한 농가 전체 생산비의 60% 이상이 사료비에 해당되는 점을 감안해 보면 이러한 문제는 양돈산업의 경쟁력을 약화시키는 주 원인이라 할 수 있다(Kim 등, 1992).

국내 양돈산업은 과거 소규모의 양돈에서 현재 가축사육규모의 대형화로 인한 축산폐기물의 과다생산과 이에대한 처리문제가 심각해지고 있다. 축산 분뇨의 양을 줄이기 위한 방법으로는 사료내 영양소 이용율을 높여 분뇨를 통한 영양소의 배설량을 줄이는데 목적이 있으며 효소제, 아미노산, 성장촉진제, 키레이트 광물질 등을 이용하여 질소, 인, 탄수화물, 광물질의 배설량을 줄이는 것이다(백 등, 1997). 또한 Jacob 등(1994)은 사료의 단백질 함량과 합성아미노산 첨가에 의해 축사내 암모니아 가스의 감소를 가져왔으며, zeolites와 같은 다공성 광물질 첨가(Nakaue 등 1981) 등의 방법들이 있다. 권 (2001)은 양돈사료내 게르마늄흑운모를 첨가할 경우 콜레스테롤 저하 작용과 함께 분내 암모니아 가스 발생이 억제되었다고 보고하였다. 그러나 대부분의 연구가 가축사료내 규산염계 광물질 첨가나 혹은 저단백질 사료에 합성아미노산을 첨가하여 분에서 발생하는 유해가스를 억제하려는 연구가 이루어졌으며, 단백질 함량에 따른 규산염계 광물질 첨가효과에 대한 시험은 미진한 편이다.

본 연구에 사용한 게르마늄흑운모(Germanium biotite)는 36ppm의 게르마늄을 함유(대한광업진흥공사 기술연구소 분석)하고 있는 흑운모이다. 게르마늄흑운모에는 게르마늄 이외에도 장석, 전기석 등과 같은 미량광물질이 포함되어 있다.

본 시험은 단백질 수준과 게르마늄흑운모의 첨가로 인한 성장 및 환경오염을 최소화하는 목적으로 실시하였다.

나. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험설계

개시시 체중 84.0 ± 1.05 kg인 3원 교잡종 (Duroc × Yorkshire × Landrace) 비육돈

64두를 공시하였으며, 사양시험은 35일간 실시하였다. 시험설계는 Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 저단백질 사료(LP), 고단백질 사료(HP), LP사료에 게르마늄흑운모를 1.0% 첨가한 처리구와(LP-GB; LP+1.0% germanium biotite, (주)서봉바이오테스텍), HP사료에 게르마늄흑운모를 1.0%(HP-GB; HP+1.0% germanium biotite)로 4개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복당 4마리씩 완전 임의배치하였다.

2. 시험사료 및 사양관리

시험사료는 가루형태로 급여하였으며 습식급여기를 이용하여 자유채식토록 하였다. 체중 및 사료섭취량은 시험종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 계산하였다.

본 시험사료에 첨가된 게르마늄흑운모는 흑운모에 게르마늄이 36ppm 함유되어 있는 광물질로서, 충남 논산 소재 광산에서 채광한 후 분쇄기를 이용하여 325mesh의 크기로 분쇄하여 시험에 이용하였다.

3. 조사항목 및 방법

(1) 영양소 소화율 측정

영양소 소화율을 측정하기 위해 시험 종료 7일전에 표시물로서 산화크롬(Cr_2O_3)을 0.2% 첨가하였다. 크롬사료 급여 5일 후 분을 채취하였고, 채취한 분은 60°C의 건조기에서 72시간 건조 시킨 후 Wiley mill로 분쇄, 분석에 이용하였다.

(2) 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도 측정

시험종료시 각 처리구에서 동일한 시간동안 배설된 분을 처리당 10마리로부터 채취한 후, 동결건조기를 이용하여 건조시킨 후, 분석에 이용하였다. 분내 암모니아태 질소 농도 측정은 Chaney와 Marbach (1962)의 방법에 따라 실시하였다.

분내 휘발성 지방산의 농도 측정은 시료 5g을 취하여 10N H_2SO_4 25ml과 증류수를 첨가한 후, 수증기를 증류하였다. 유출액에 phenolphthalein 2-3방울을 첨가한 후, 0.1N NaOH를 첨가하였다. 이 용액을 rotary evaporator를 이용하여 건조시킨 후, phosphoric acid 1ml를 첨가하여 용해시킨 후에 ethyl ether 5ml를 첨가하여 수회 교반한 후, 포화 NaCl 2ml를 첨가하여 층을 분리시켰다. 층이 분리되면 ether 층을 취

하여 0.45 μ m membrane filter를 이용하여 여과한 후 시험용액을 gas chromatography (Hewlett Packard 6890 Plus, USA)에 주입하였다.

Table 1. Basal diet composition (as-fed basis)

Ingredient	HP	LP
Corn	59.93	67.45
Soybean meal	23.75	18.14
Rice bran	5.00	5.00
Molasses	4.00	5.00
Animal fat	2.61	2.00
Rapeseed meal	2.00	-
Defl. phosphorus	1.16	1.12
Calcium carbonate	0.44	0.68
L-lysine(78%)	0.34	0.20
Mineral premix	0.25	0.15
Salt	0.15	0.15
Vitamin premix	0.10	0.05
L-threonine(98%)	0.09	0.02
DL-Methionine(98%)	0.10	-
Choline chloride(60%)	0.08	0.04
Chemical composition		
ME, kcal/kg	3,447	3,365
Crude protein, %	17.72	14.80
Lysine, %	1.02	0.89
Calcium, %	0.70	0.70
Phosphorus(%)	0.59	0.60

1Supplied per kg diet : 220mg Cu, 175mg Fe, 191mg Zn, 89mg Mn, 0.3mg I, 0.5mg Co, 0.4mg Se.

2Supplied per kg diet : 4,000IU vitamin A, 800IU vitamin D3, 17IU vitamin E, 2mg vitamin K, 4mg vitamin B2, 1mg vitamin B6, 16 μ g vitamin B12, 11mg pantothenic acid, 20mg niacin, 0.02mg biotin.

3Calculated values

4. 통계처리

사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC (1995)에 의해 분석하였다.

모든 자료는 SAS(1996)의 GLM procedure를 이용하여 처리간의 평균을 orthogonal contrasts를 이용하여 1) LP vs HP, 2) -GB vs +GB, 3) Interaction으로 분리하여 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

1. 일당증체량, 사료섭취량 및 사료효율

시험사료를 급여한 비육돈에 대한 일당증체량, 사료섭취량 및 사료효율은 Table 2에서 보는 바와 같다. 총시험기간의 일당증체량을 보면 저영양소 사료보다 고영양소 사료에서 수치적인 증가를 보였으나 유의적인 증가는 보이지 않았다($P>0.36$). 또한, 사료섭취량의 경우 모든 처리구간에 수치의 감소를 보였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, 사료효율에서는 고영양소 사료가 저영양소 사료보다 유의적인 증가를 보이지 않았다($P>0.06$). 권 등(2003)은 비육돈에게 게르마늄 흑운모를 1.0% 첨가하였을 경우 대조구와 비교하여 성장율이 7% 향상된 것으로 보고와 유사한 경향이라고 여겨진다. 비육돈은 자돈 및 육성돈과 달리 최고 성장점에 도달한 비육돈의 경우 영양소 함량이 일당증체량, 사료섭취량 및 사료효율에 차이가 없는 것으로 사료된다.

Table 2. Effects of dietary germanium biotite on growth performance in finishing pigs

Item	LP ¹		HP ¹		SE	Contrast ²		
	-GB	+GB	-GB	+GB		1	2	3
ADG, kg	0.682	0.700	0.706	0.709	0.02	0.36	0.65	0.77
ADFI, kg	2.915	2.881	2.800	2.739	0.07	0.12	0.54	0.86
Gain/Feed	0.234	0.241	0.252	0.260	0.01	0.06	0.37	1.00

¹LP, low protein diet; HP, high protein diet.

²Contrast were: 1)LP vs HP 2)-GB vs +GB; 3) Interaction(LP vs HP × -GB vs +GB).

2. 영양소 소화율

영양소 소화율은 Table 3과 같다.

건물(DM)의 소화율은 고영양소 사료가 저영양소 사료보다 증가하는 경향을 보였으며($P<0.01$), 게르마늄 흑운모 첨가시 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($P<0.01$). 질소(N)의 소화율은 고영양소 사료에 게르마늄 흑운모를 첨가시 유의적인 증가를 보였으며($P<0.01$), Ca과 P의 소화율에 있어서도 저영양소 사료보다 고영양소 사료가, 게르마늄 흑운모 무첨가보다 첨가시 유의적인 증가를 보였다($P<0.01$). 권 등(2003)은 육성돈에게 항생제 무첨가 사료에 게르마늄 흑운모를 0.3% 첨가할 경우, 항생제 첨가

구와 비교하여 건물 및 질소 소화율이 감소하였으나 유의적인 차이는 보이지 않았다고 보고하였다. 또한, 비육돈 시험에서도 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가구가 건물 및 질소 소화율이 더 높은 것으로 보고하였다. 양 등 (2000b)은 비육돈 사료내 scoria를 3% 첨가한 사양시험에서, 분내 건물함량에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 분내 질소 함량에 있어서는 scoria 첨가구가 대조구와 비교하여 유의적으로 낮게 조사되었다고 보고하였다. 이는 규산염계 광물질을 사료에 첨가하면 소화율을 증가시킬 것으로 사료된다.

Table 3. Effect of dietary germanium biotite on nutrient digestibility in finishing pigs

Item(%)	LP ¹		HP ¹		SE	Contrast ²		
	-GB	+GB	-GB	+GB		1	2	3
DM	63.91	67.80	66.15	70.18	0.36	0.01	0.01	0.85
N	56.90	66.70	63.49	68.28	0.51	0.01	0.01	0.01
Ca	33.72	40.38	35.28	43.78	1.10	0.05	0.01	0.43
P	27.55	36.79	27.87	40.64	1.38	0.16	0.01	0.23

¹LP, low protein diet; HP, high protein diet.

²Contrast were: 1)LP vs HP 2)-GB vs +GB; 3) Interaction(LP vs HP × -GB vs +GB).

3. 분중 암모니아태 질소 및 휘발성지방산의 측정

게르마늄 흑운모를 급여한 경우 분중 암모니아태 질소 및 휘발성지방산 농도 비교는 Table 4에서 보는 바와 같다.

암모니아 가스 농도의 경우 영양소 수준차이에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다 ($P>0.29$). 하지만 사료내 게르마늄 흑운모를 첨가시 유의적으로 감소하는 경향을 보였다 ($P<0.01$). Propionic acid의 경우 게르마늄 흑운모를 무 첨가시 고영양소 사료에서 유의적인 증가 ($P<0.02$)를 보였으나, 게르마늄 흑운모를 첨가하면 유의적인 감소를 보였다 ($P<0.01$). Butyric acid는 사료내 게르마늄 흑운모를 첨가시 유의적인 감소를 보였다 ($P<0.01$). 또한, Acetic acid도 게르마늄 흑운모를 첨가시 유의적인 감소를 보였다 ($P<0.01$). 이는 규산염 광물질(zeolite)의 첨가 수준을 증가시켰을 때 단백질 소화율 개선효과(한 등, 1975)와 축분의 탈취효과를 인정할 수 있었다는 보고(Kiling 등, 1974)도 있었다. 또한 광물질사료에 첨가한 경우 축사내 악취감소효과가 인정되었다는 보고(Watanabe 등, 1971)와 유사한 경향으로 사료된다.

이상의 결과로 볼 때, 게르마늄 흑운모의 첨가는 섭취한 사료의 이용성을 증가시키며, 암모니아태 질소 및 휘발성지방산의 배설량의 감소효과가 있는 것으로 사료된다.

Table 4. Effect of dietary germanium biotite on NH₃-N and volatile acids in finishing pigs

Item(ppm)	LP ¹		HP ¹		SE	Contrast ²		
	-GB	+GB	-GB	+GB		1	2	3
NH ₃ -N	688.13	685.89	703.8	652.27	7.76	0.29	0.01	0.02
Propionic acid	5488.55	5374.70	6514.25	5169.48	124.88	0.02	0.01	0.01
Butyric acid	2242.91	2168.79	2793.79	1839.44	85.97	0.25	0.01	0.01
Acetic acid	4027.79	4059.44	4909.40	3534.31	80.31	0.07	0.01	0.01

¹LP, low protein diet; HP, high protein diet.

²Contrast were: 1)LP vs HP 2)-GB vs +GB; 3) Interaction(LP vs HP × -GB vs +GB).

라. 요약

본 시험은 단백질 수준과 게르마늄 흑운모의 첨가로 인한 성장 및 환경오염을 최소화하는 목적으로 실시하였다. 개시시 체중 84.0±1.05kg인 3원 교잡종 (Duroc × Yorkshire × Landrace) 비육돈 64두를 공시하였으며, 사양시험은 35일간 실시하였다. 시험설계는 Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 저단백질 사료 (LP), 고단백질 사료(HP), LP사료에 게르마늄 흑운모를 1.0% 첨가한 처리구와(LP-GB; LP+1.0% germanium biotite, (주)서봉바이오베스텍), HP사료에 게르마늄 흑운모를 1.0%(HP-GB; HP+1.0% germanium biotite)로 4개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복당 4마리씩 완전 임의배치하였다. 총시험기간의 일당증체량을 보면 저영양소 사료보다 고영양소 사료에서 수치적인 증가를 보였으나 유의적인 증가는 보이지 않았다(P>0.36). 사료효율에서는 고영양소 사료가 저영양소 사료보다 유의적인 증가를 보였다(P<0.06). 건물(DM)의 소화율은 고영양소 사료가 저영양소 사료보다 증가하는 경향을 보였으며(P<0.01), 게르마늄 흑운모 첨가시 유의적으로 증가하는 경향을 보였다(P<0.01). 질소(N)의 소화율은 고영양소 사료에 게르마늄 흑운모를 첨가시 유의적인 증가를 보였으며(P<0.01), Ca과 P의 소화율에 있어서도 저영양소 사료보다 고영양소 사료가, 게르마늄 흑운모 무첨가보다 첨가시 유의적인 증가를 보였다(P<0.01). 암모니아 가스 농도의 경우 영양소 수준차이에서는 유의적인 차이를 보이지 않았지만(P>0.29), 사료내 게르마늄 흑운모를 첨가에 따라서는 유의적으로 감소하였다(P<0.01). Propionic acid의 경우 게르마늄 흑운모를 무 첨가시 고영양소 사료

에서 유의적인 증가($P < 0.02$)를 보였으나, 게르마늄 흑운모를 첨가하면 유의적인 감소를 보였다($P < 0.01$). Butyric acid는 사료내 게르마늄 흑운모를 첨가시 유의적인 감소를 보였다($P < 0.01$). 또한, Acetic acid도 게르마늄 흑운모를 첨가시 유의적인 감소를 보였다($P < 0.01$). 이상의 결과로 볼 때, 게르마늄 흑운모의 첨가는 섭취한 사료의 이용성을 증가시키며, 암모니아태 질소 및 휘발성지방산의 배설량의 감소효과가 있는 것으로 사료된다.

마. 참고문헌

- AOAC. 1995. Official method of analysis. (16th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Chaney, A.L. and Marbach, E.P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clin. Chem. 8:131.
- Jacob, J.P., Blair, R., Bennett, D.C., Scott, T.A. and Newberry, R.C. 1994. The effect of dietary protein and amino acid levels during the grower phase on nitrogen excretion of broiler chickens. Proceedings of Canadian Animal Science Meetings. University of Saskatchewan. Saskatoon. SK. Canada. pp.309.
- Kling, H. F. and Quarles, C. L. 1974. Effect of atmospheric ammonia and the stress of infectious bronchitis vaccination on Leghorn males. Poult. Sci. 53:1161-116.
- Nakaue, H.S., Koelliker, J.K. and Pierson, M.L. 1981. Studies with clinoptilolite in poultry. 2. Effect of feeding broiler and the direct application of clinoptilolite (zeolite) on clean and re-used broiler litter on broiler performance and house environment. Poult. Sci. 60:12-21.
- NRC. 1994. Nutrient requirement of poultry. National Academy Press. Washington, D.C. USA.
- SAS. 1996. SAS user guide. release 6.12 edition. SAS Institute. Inc., Cary, N.C., U.S.A.
- Vanbelle, M. 1989. The European perspective on the use of animal feed additives : A world without antibiotics, anabolic agents or growth hormones ? In : T. P. Lyons (Ed.) Biotechnology in the feed industry. pp 191. Proc. of Alltech's 5th Annu. Symp. Alleth Tech. Publ., Nicholasville, KY.
- Watanabe, S., Yanaka, Y., and Juroda, A. 1971. Report on the experimental use of zeolite stuff as dietary supplement for cattle. Rep. Okayama Prefecture feder. Agr. Coop. ASS. April. P.18.

- 권오석. 2001. 돼지사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 양돈생산성에 미치는 영향. 단국대학교 석사학위논문.
- 권오석, 김인호, 홍종욱, 이상환, 정연권, 민병준, 이원백, 손경승. 2003. 이유자돈, 육성돈 및 비육돈에 있어 게르마늄흑운모의 급여 효과. 한국동물자원과학회지. 45:355-368.
- 김희연, 이영자, 옹기형, 권용관, 김소희, 김현중, 이철원, 김길생, 이상훈. 1999. 식품첨가물중 불용성광물질의 물리화학적 특성. 한국식품과학회지. 31(5):1188-1195.
- 백인기. 1997. 축산학의 최근동향. 214-288.
- 양창범, 김진동, 이지훈, 조원탁, 한인규. 2000b. 돼지사료중 제주 화산암 분말 (Scoria)과 Zeolite가 산육능력에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42:477-483.
- 한인규, 하종규, 김춘수. 1975. Zeolite의 사료화에 관한 연구, 1.육성돈에 대한 zeolite 급여효과에 관한 연구. 한축지. 17(5):595-599.

제 6 장 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 사료첨가제의 산업화(2)

6. 1. 육용계에 있어 저 콜레스테롤 계육을 생산하기 위한 왕암게르마늄흑운모의 효과

가. 서 론

미량 광물질의 역할과 요구량이 밝혀짐과 동시에 가축 사료에 부족한 광물질의 첨가는 가축의 생산성 향상에 필수적이며 최근의 축산 경영에 있어서는 최대의 효과를 위해 미량 광물질의 공급이 반드시 필요로 한다.

규산염광물질은 그 종류가 40여가지가 넘으며(Scheideler, 1990) 이 중에서도 bentonite, zeolite, kaolin 등은 사료의 첨가제로서 이용되고 있다(이 등, 1996). 그 중 zeolite의 첨가는 돼지와 닭의 근육과 지방 특성에 유리한 영향을 준다고 하는 보고(Pond 등, 1988; Hagedorn 등, 1990; Kovar 등 1990)도 있다.

광물질의 사료내 첨가 효과에 대한 연구 결과를 보면, 손과 박(1997)은 육계 사료내 0.3% 맥반석 첨가가 배설물의 수분함량 감소 및 사료의 영양소를 효율적으로 이용할 수 있다고 보고 하였고 적갈색을 갖는 다공성 화산쇄설물인 scoria를 육성·비육돈 사료에 첨가함으로써 도체등급에 대한 A등급의 출현율이 유의적으로 높았음을 보고하였다(양 등, 2000). 또한 가축의 질병성과 관련하여 aluminosilicate를 급여한 경우 돼지의 aflatoxicosis와 mycotoxicoses 감염에 대한 감소 효과(Smith, 1984; Colvin 등, 1989; Schell 등, 1993)와 닭에 대하여서도 같은 감소 효과가 있음을 제시하였다(Phillips, 1988; Kubena 등, 1990; Huff 등, 1992).

왕암게르마늄흑운모(Wangam germanium biotite)는 36ppm의 게르마늄을 함유하고 있다. 왕암게르마늄흑운모내에는 게르마늄 이외에도 백운모, 흑운모와 미량광물질로 장석, 전기석 등이 포함되어 있다. 운모에 있어서는 세종대왕 의학경전(향약집성방)에 사기를 없애고 오장을 편안하게 하며 기를 내리우고 살을 단단하게 하며 부러진 것을 이어주고 증초를 보한다'라고 하여 운모를 만가지 약재의 서열 중에 으뜸이라고 하였다.

본 시험은 왕암게르마늄흑운모의 육계사료내 첨가가 육계의 성장율, 혈액성상 및 육내 콜레스테롤 함량에 어떠한 영향을 주는가를 구명하기 위하여 실시하였다.

나. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험설계

본 시험은 부화한 Arbor Acre Broiler(♂)병아리로 부화 후 2일령 480수를 공시하였고 사양시험은 5주간 실시하였다. 육추실의 온도는 초기 $34^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 1주 경과마다 3°C 씩 감온하여 약 22°C 로 시험 종료시까지 유지하였고, 점등은 24시간 실시하였다.

시험설계는 육계전기사료(Table 1)를 대조구(Con ; basal diet)로하여 왕암게르마늄 혹은 흑운모를 200mesh 1.5(FGB) 및 325mesh 1.5%(CGB)를 첨가하여 제조하였다. 처리당 8반복, 반복당 20수씩 완전 임의 배치하였다.

2. 사양관리

Arbor Acre Broiler(♂) 병아리는 평사에서 사육하였으며 사료와 물은 자유채식토록 하였다.

3. 조사항목 및 방법

(1) 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

사료섭취량은 사료급여량에서 잔량을 제거하여 구하였고 사료요구율은 시험 전기 간중의 사료섭취량을 증체량으로 나누어 구하였다. 증체량은 종료시와 개시시 체중을 측정하여 구하였다.

(2) 건물의 이용율 및 영양소 이용율

사양시험 종료 10일전 사료와 배설된 분을 진분채취법으로 채취하여 60°C 의 건조기에서 72시간 건조시킨 다음 분쇄하여 분석에 이용하였다. 모든 화학분석은 AOAC(1994)에 의해 분석하였다.

Table 1. Basal diet composition for broiler chickens

Ingredients	%
Corn	46.31
Soybean meal	36.04
Wheat bran	10.00
Soybean oil	4.32
Dicalcium phosphate	1.16
Limestone	1.40
Common salt	0.40
DL-methionine	0.16
Vitamin premix ¹	0.10
Mineral premix ²	0.10
Total	100.00
Chemical composition ³	
ME(cal/g)	3,200
Crude protein(%)	21.00
Lysine(%)	1.179
Methionine(%)	0.501
Met+cys(%)	0.831

¹Provided the following per kg of diet: vitamin A, 16,250IU: vitamin D₃, 3,250IU: vitamin E, 8IU: vitamin K₃, 4mg: vitamin B₂, 10mg: vitamin B₁₂, 12mg: Ca-pantothenic acid, 4000mg: Niacin, 50mg: Choline chloride, 180mg: Folic acid, 0.6mg.

² Provided the following per kg of diet: Mn, 120mg: Zn, 90mg: Fe, 40mg: Cu, 5mg: I, 1.5mg: Se, 0.1mg.

³Calculated value.

(3) 혈액채취

사양 시험 종료 후 처리구당 임의로 10수씩 채취 후 분석에 이용하였다. 이때 주사기를 이용하여 마리당 2.0ml씩 익정맥에서 채혈하였고 채혈 즉시 4℃의 냉장고에 보관한 다음 1시간 이내에 2,000×g(4℃)에서 30분간 원심분리하여 혈청을 채취하였다(Hodges, 1970). 왕암게르마늄 혹은 흑운모의 첨가가 혈액의 정상에 미치는 영향을 구명하기 위하여 Enzymatic calorimetric method(Allain 등, 1974)에 의해 Total cholesterol 농도는 T. chol Kit(BOEHRINGER MANNHEIM, Germany)를, HDL-cholesterol 농도는 HDL-C kit(BOEHRINGER MANNHEIM, Germany)를 이용하였다. Triglyceride 농도는 T.G kit(BOEHRINGER MANNHEIM, Germany)에 반응시켜 자동 생화학 분석기(HITACHI 747, HITACHI, Japan)를 이용하여 측정하였다.

(4) 복강내 지방 및 육내 콜레스테롤 함량

도체분석을 위해 처리별 10수씩 체중이 유사한 개체를 선발, 도살하여 복강내 지방량을 측정하였고, 육내 콜레스테롤 함량 측정을 위해 근육을 채취하였다. 근육의 콜레스테롤 분석을 위한 지질의 추출은 Folch 등(1957)의 방법을 따랐으며, 추출된 지질내의 총콜레스테롤 함량은 Sale 등(1984)의 효소방법에 의하여 정량하였다.

4. 통계처리

본 시험에서 얻어진 자료는 SAS(1988)의 General Linear Model procedure를 이용 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

1. 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

왕암게르마늄흑운모의 사료내 첨가에 따른 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율은 Table 2에서 보는 바와 같다. 개시시부터 7일까지의 증체량에서는 대조구가 왕암게르마늄흑운모를 첨가한 처리구에 비하여 유의적인 감소를 보였다($P < 0.05$). 또한 200mesh 왕암게르마늄흑운모에 비하여 325mesh의 왕암게르마늄흑운모를 급여한 처리구가 높게 평가 되었다($P < 0.05$). 하지만 사료섭취량과 사료요구율에서는 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P > 0.05$). 전체 시험기간 동안의 증체율과 사료요구율에 있어서 왕암게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 개선되는 경향을 보였지만 유의적인 차이는 보이지 않았다($P > 0.05$). 문과 백(1989)은 규산염광물질인 zeolite의 첨가시험에서 증체량이 4주까지는 zeolite 2% 첨가구의 증체량이 대조구보다 낮았으며 4주령의 주간 증체량에서는 대조구가 zeolite 2%첨가구보다 유의적($p < 0.01$)으로 무거웠다고 보고하였고, zeolite 2%첨가구에 비해 대조구의 사료섭취량이 높았지만 유의성은 없었다($p > 0.01$)고 하였다. 또한, Onagi(1966), 정 등(1978) Willis 등(1982) 및 장 등(1983)의 시험에서는 zeolite 첨가시 증체량이나 사료효율이 향상되었다고 보고하였다.

Table2. Effects of germanium biotite addition on growth performnce in broiler chickens

Item	Con	FGB1.5 ¹	CGB1.5 ¹	SE ²
0-7 days				
Weight gain(g)	73 ^c	81 ^b	86 ^a	2
Feed intake(g)	104	106	114	3
Feed/gain	1.42	1.31	1.33	0.44
7-21 days				
Weight gain(g)	525	524	538	14
Feed intake(g)	751	750	757	24
Feed/gain	1.43	1.43	1.41	0.06
21-35days				
Weight gain(g)	893	912	910	29
Feed intake(g)	1685	1707	1634	108
Feed/gain	1.89	1.87	1.80	0.09
0-35 days				
Weight gain(g)	1491	1517	1534	35
Feed intake(g)	2540	2563	2505	119
Feed/gain	1.70	1.69	1.63	0.05

¹Abbreviated CON, basal dietControl;FGB1.5, 0.15% 200mesh germanium biotite;CGB1.5, 325mesh germanium biotite.

²Pooled standard error.

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

2. 분중 건물과 질소의 이용율 및 함수율

분 중 건물 및 질소의 이용율은 Table 3에서 보는 바와 같이 대조구 80.94%, FCB1.5가 81.10%, CGB1.5는 82.06%로 분 중 건물의 이용율은 처리구간의 차이가 없었다($p > 0.05$). 질소의 이용율에서도 68~71%로 처리구간의 차이는 없었다($p > 0.05$). 분 중 함수율의 경우 서로간의 유의적인 차이는 보이지 않았지만($p > 0.05$) 대조구보다 게르마늄 혹은 모를 첨가한 처리구에서 분중 수분함량이 감소하는 경향을 보였다.

문(1990)의 시험에서는 zeolite 1.5%첨가와 Ca의 수준별 첨가가 건물이용율이 증가하는 경향을 보였다는 결과와 상이한 결과를 보였다. 하지만 다공성 물질인 게르마늄 흑운모는 첨가로 인해 분내 수분함량을 감소시키고 연변방지의 효과가 있을 것으로 사료된다.

Table3. Effects of dietary germaniumbiotite supplementationaddition on nutrient digestibility in broiler chickens

Item	Con	FGB1.5 ¹	CGB1.5 ¹	SE ²
DM(%)	80.94	81.10	82.06	0.42
N(%)	68.41	68.93	71.27	0.85
Fecal moisture(%)	75.11	71.27	69.93	2.26

¹Abbreviated CON, basal dietControl;FGB1.5, 0.15% 200mesh germanium biotite;CGB1.5, 325mesh germanium biotite.

²Pooled standard error.

3. 복강내 지방 및 육의 콜레스테롤 함량

Table 4는 게르마늄흑운모의 첨가가 복강내 지방 및 계육의 콜레스테롤 함량에 대해 나타내었다. 도체중은

복강내 지방무게에서는 대조구 30.27g, CGB1.5 28.68g, FGB1.5 26.81g으로 서로간의 유의적인 차이(p>0.05)는 나타나지 않았지만 대조구가 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구보다 약간 높은 경향을 보였다.

육계의 다리근육내 콜레스테롤 함량에 있어서도 처리구간의 유의적인 차이는 보이지 않았지만, 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구에서 콜레스테롤이 감소하는 경향을 보였다(P>0.05). 계육은 일반적으로 우육에 비해 지방이 적기 때문에 맛이 단백하다. 백색 Leghorn성계육은 수탉의 고기가 암탉보다 수분과 단백질이 많지만 지방은 암탉이 훨씬 많다(오와 박, 1984). 계육은 보통 적육과 백육으로 분류하는데 주로 다리, 넓적다리 부분의 적색이 짙은 적육과 가슴, 등 부분의 적색이 연한 백육이 있다. 적육은 육색소인 헤모글로빈의 함량이 많으므로 적색이 짙은 것으로 알려져 있다(오와 박, 1984).

Table 4. Effects of dietary germanium biotite supplementation addition on abdominal fat and leg meat cholesterol in broiler chickens

Item	Con	FGB1.5 ¹	CGB1.5 ¹	SE ²
Abdominal fat weight(g)	30.27	28.68	26.81	1.44
Leg meat cholesterol(mg/dl)	125.65	121.10	110.20	5.26

¹Abbreviated CON, basal diet;FGB1.5, 0.15% 200mesh germanium biotite;CGB1.5, 325mesh germanium biotite.

²Pooled standard error.

4. 혈청내 Total cholesterol, Triglyceride, HDL과 LDL-cholesterol

Table 5에서 보는 바와 같이 혈청내 Total cholesterol, Triglyceride, HDL-cholesterol과 LDL-cholesterol이 나타내었다. Total cholesterol의 처리별 수준은 136~141mg/dl로 차이가 없었다($p>0.05$). Triglyceride에서는 CGB1.5리구가 26.00 mg/dl로 대조구(23.00mg/dl)와 FGB1.5처리구(22.83mg/dl)에 비해서 약간 높은 경향을 보였지만 유의적인 차이는 보이지 않았다($p>0.05$). HDL-cholesterol은 CGB1.5처리구가 FGB1.5와 대조구에 비해서 약간 높은 경향을 나타내었지만 서로간의 유의적인 차이는 보이지 않았다($p>0.05$). LDL-cholesterol에서도 대조구와 처리구간에는 유의적인 차이는 보이지 않았다($p>0.05$).

이상의 결과로 종합하여 볼 때, 육계 사료내 게르마늄 혹은 흑운모의 첨가는 성장률 및 영양소 이용율에 좋은 영향을 미치며, 계육내 콜레스테롤에도 영향을 미칠 것으로 여겨진다.

Table 5. Effects of germanium biotite addition on serum cholesterol, triglyceride, HDL-cholesterol and LDL-cholesterol contents in broiler chickens

Item	Con	FGB1.5 ¹	CGB1.5 ¹	SE ²
Total cholesterol(mg/dl)	140.25	136.00	140.60	10.51
Triglyceride(mg/dl)	23.00	22.83	26.00	4.24
HDL-cholesterol(mg/dl)	105.00	101.33	107.20	7.82
LDL-cholesterol(mg/dl)	30.65	30.10	28.20	3.36

¹Abbreviated CON, basal diet;FGB1.5, 0.15% 200mesh germanium biotite;CGB1.5, 325mesh germanium biotite.

²Pooled standard error.

라. 요약

본 시험은 왕암게르마늄흑운모의 육계사료내 첨가가 육계의 성장율, 혈액성상 및 육내 콜레스테롤 함량에 어떠한 영향을 주는가를 구명하기 위하여 실시하였다. Arbor Acre Broiler(♂)병아리로 부화 후 2일령 480수를 공시하였고 사양시험은 5주간 실시하였다. 시험설계는 육계전기사료(Table 1)를 대조구(Con ; basal diet)로 하여 왕암게르마늄흑운모를 200mesh 1.5(FGB1.5) 및 325mesh 1.5%(CGB1.5)를 첨가하여 제조하였다. 처리당 8반복, 반복당 20수씩 완전 임의 배치하였다. 개시시부터 7일까지의 증체량에서는 대조구가 왕암게르마늄흑운모를 첨가한 처리구에 비하여 유의적인 감소를 보였다($P < 0.05$). 전체 시험기간 동안의 증체율과 사료요구량에 있어서 왕암게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 개선되는 경향을 보였지만 유의적인 차이는 보이지 않았다($P > 0.05$). 영양소 이용율에서는 처리구간의 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 복강내 지방무게에서는 대조구 30.27g, CGB1.5 28.68g, FGB1.5 26.81g으로 서로간의 유의적인 차이($p > 0.05$)는 나타나지 않았지만 대조구가 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구보다 약간 높은 경향을 보였다. 다리 근육내 콜레스테롤 함량은 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구에서 콜레스테롤이 감소하는 경향을 보였지만($P > 0.05$) 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 혈액내 콜레스테롤 함량에서도 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 LDL-콜레스테롤함량에서 대조구에 비해 낮게 나타났지만 처리구간의 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 이상의 결과로 볼때, 육계사료내 게르마늄흑운모의 첨가는 저 콜레스테롤 계육에 대한 가능성을 보이는 것으로 사료된다.

마. 참고문헌

- Allain, C. C, Poon, L. S, Chan CSG, Richmond, W. Fu PC. 1974. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clinic. Chem* 20:470-475.
- AOAC. 1994. Official method of analysis.(16th Ed.). Association of official analytical chemists. Washington, D.C.
- Colvin, B. M., Sangster, L. T., Haydon, K. D., Beaver, R. W., Wilson, D. M. 1989. Effect of a high affinity aluminosilicate sorbent on prevention of aflatoxicosis in growing pigs. *Vet. Hum. Toxicol.* 31:46-48.
- Folch, J. M., Lee, M., and Sloan, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol Chem.* 226:497-514.
- Hagedom, T. K., Ingram, D. R., Kovar, S. J., Achee, V. N., Barnes, D. G. and Laurent, S. M. 1990. Influence of sodium zeolite-A on performance, bone condition and liver lipid content of white leghorn hens. *Poult. Sci.* 69(Suppl.

- 1):169(Abstr.).
- Hodges, R. D. 1970. Blood pH and cation levels in relation to eggshell formation. *Anim. Biochem. Biophys.* 10:191, 200-213.
- Huff, W. E., Kubena, L. F., Harvey, R. B. and Phillips, T. D. 1992. Efficacy of hydrated sodium calcium aluminosilicate to reduce the individual and combined toxicity of aflatoxin and ochratoxin A. *Poult. Sci.* 71:64-69.
- Kovar, S. J., Ingram, D. R., Hagedorn, T. K., Achee, V. N., Barnes, D. G. and Laurent, S. M. 1990. Broiler performance as influenced by sodium zeolite-A. *Poult. Sci.* 69(Suppl. 1):174(Abstr.).
- Kubena, L. F., Harvey, R. B., Huff, W. E., Corrier, D. E., Phillips, T. D. and Rottinghaus, G. E. 1990. Efficacy of hydrated sodium calcium aluminosilicate to reduce the toxicity of aflatoxin and T-2 toxin. *Poult. Sci.* 69:1078-1086.
- Onagi, T. 1966. Treating experiments of chicken droppings with zeolite tuff powder. 2. Experimental use of zeolite-tuffs as dietary supplements for chickens. *Yamagata Stock Raising Ints.* 7-18.
- Phillips, T. D., Kubena, L. F., Harvey, R. B., Taylor, D. R. and Heidelbaugh, N. D. 1988. Hydrated sodium calcium aluminosilicate: A high affinity sorbent for aflatoxin. *Poult. Sci.* 67:243-247.
- Pond, W. G., Yen, J. T. and Varel, V. H. 1988. Response of growing swine to dietary copper and clinoptilolite supplementation. *Nutr. Rep. Int.* 37:795.
- Sale, F. O., Marchesini, S., Fishman, P. H., and Berra, B. 1984. A sensitive enzymatic assay for determination of cholesterol in lipid extracts. *Anal. Biochem.* 142:347-350.
- SAS. 1996. SAS user's guide : Statistics, SAS Inst, Inc., Cary, NC.
- Scheideler, S. E. 1990. Aluminosilicates in poultry rations. *Feed Management.* 41(1):22-26.
- Schell, T. C., Lindemann, M. D., Kornegay, E. T. and Blodgett, D. J. 1993. Effects of feeding aflatoxin-contaminated diets with and without clay to weanling and growing pigs on performance, liver function, and mineral metabolism. *J. Anim. Sci.* 71:1209-1218.
- Smith, T. K. 1984. Spent canola oil bleaching clays: potential for treatment of T-2 toxicosis in rats and short-term inclusion in diets for immature swine.
- Wills W. L., Quarles, G. L., Fagerberg, D. J. and Shutze, J. V. 1982. Evaluation of zeolites fed to male broiler chickens. *Poult. Sci.* 61:438-442.
- 문윤영. 1990. 육계에 있어서 Zolite의 사료적 가치에 관한 연구. 중앙대학교 석사학

위논문.

- 문윤영, 백인기. 1989. Zeolite의 첨가가 육계생산의 경제성에 미치는 영향. 가금지. 16(3):149-156.
- 손장호, 박창일. 1997. 사료내 맥반석의 첨가가 성장중인 육계의 배설물 수분함량, 장내 암모니아 함량 및 혈액성상에 미치는 영향. 가금지. 24:179-184.
- 양창범, 김진동, 조원탁, 한인규. 2000. 사료중 제주 화산암 분말(Scoria)이 돼지의 산육능력에 미치는 영향. 동물자원지. 42(4):467-476.
- 오세정, 박근식. 1984. 최신 가금 요론. 선진문화사.
- 이승환, 서상훈, 엄재상, 백인기. 1996. 규산염 광물질 MAXIMINERAL(72)[®] 첨가가 육계의 생산성에 미치는 영향. 가금지. 23(3):121-128.
- 장윤환, 이상진, 이규호, 강태홍. 1983. 한국산 Zeolite의 염기치환용량이 Broiler의 증체, 사료효율 및 영양소 이용율에 미치는 영향. 한축지. 25:95-100.
- 정천용, 이규호, 최대웅, 한인규. 1978. Zeolite의 염기치환 용량 및 입자도가 Broiler의 증체, 사료효율 및 사료영양소 이용효율에 미치는 영향. 한축지. 20:226-230.

6. 2. 산란계에 있어 저 콜레스테롤 계란을 생산하기 위한 왕암 게르마늄 흑운모의 효과

가. 서 론

시대가 변해감에 따라 소비심리도 변하고 있다. 과거 질 보단 양을 우선시 하던 모습들은 사라지고, 이제는 양 보단 질을 우선시 하는 시대가 되었다. 가족들의 건강을 우선으로 생각하게 되면서 점차 양질의 축산물을 찾는 소비자가 많아지고, 그에 따른 변화로 전 세계적으로 항생제 잔류문제가 이슈화 되었으며, 국내 소비자들 또한 이러한 변화에 빠르게 대응하기 시작했다. 하지만, 아직 우리나라의 축산업의 대부분은 이러한 변화에 대응하지 못하는 것이 현실이다. 보다 양질의 축산물을 소비자에게 공급하고자 항생제 및 기타 화학첨가물의 대체방안으로 유기산제와 생균제, 생약제, 기타 사료첨가제의 연구가 지속되고 있다. 이러한 사료첨가제 가운데 한가지인 규산염 광물질인 sodium zeolite를 산란계에 급여할 경우 난각질 개선과 함께 골격길이가 증가하며 (Rolans 등, 1985; Miles 등, 1986; Fery 등, 1992), Torii (1974)은 양돈사료에 clinoptilolite 계통의 zeolite를 6% 첨가 급여하였을때 질병발생 및 폐사율이 현저히 감소하였다고 보고하였다. 이외에도 규산염 광물질을 사료에 첨가할 경우 축사내 악취감소효과 (Watanabe 등, 1971)와 함께 분내수분함량의 감소 효과 (Honda 등 1976)가 있다. 적갈색을 갖는 다공성 화산쇄설물인 scoria를 육성-비육돈 사료에 첨가함으로써 도체 A등급 출현율이 유의적으로 높았음을 보고하였다(양 등, 2000). 이러한 규산염 광물질 중 zeolite의 첨가는 돼지와 닭의 근육과 지방 특성에 유리한 영향을 준다고 하는 보고(Pond 등, 1988; Hagedorn 등, 1990; Kovar 등 1990)도 있었다. 이러한 규산염 광물질 중 보조사료로서 지정되어 있는 것 중에는 운모류의 광물질이 있다. 본 시험에 사용된 게르마늄 흑운모는 흑운모, 백운모 이외의 미량광물질로 장식, 전기석 등의 포함되어 있으며, 면역강화 작용(Suzuki 등, 1986) 및 virus 감염치료(Asc 등, 1989), 산소공급증진(Levine와 Kidd, 1986), 혈액정화(Sandra, 1988), 인터페론 분비 유도(Aso 등, 1982) 등 다양한 약리작용을 지닌 게르마늄을 36ppm 함유하고 있다. 따라서 본 연구는 산란계 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 난각특성 및 분내 유해가스 함량에 미치는 영향을 규명하기 위하여 실시하였다.

나. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험설계

40주령 ISA brown 갈색계 144수를 공시하였으며, 사양시험은 7일간의 적응기간 후, 35일간 실시하였다.

시험설계는 Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 사료 (CON; 기초사료), 대조구 사료내 게르마늄흑운모를 2.0% (GB 200mesh; 기초사료+2.0% 200mesh germanium biotite, (주)서봉바이오베스텍), 2.0% (GB 325mesh; 기초사료+2.0% 325mesh germanium biotite) 3개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복당 12마리씩 완전 임의배치 하였다.

2. 시험사료 및 사양관리

시험사료는 옥수수-대두박 위주의 사료로서 NRC (1994) 사양표준을 기초로 하여 2,904kcal ME/kg, 15.45% CP, 0.70% lysine, 3.25% Ca, 0.61% P를 함유토록 하였다 (Table 1). 시험사료는 가루 형태로 체중을 고려하여 일정한 양을 급여하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 총 점등시간은 일일 17시간이 되도록 조절하였다.

본 시험사료에 첨가된 게르마늄흑운모는 흑운모에 게르마늄이 36ppm 함유되어 있는 광물질로서, 충남 논산 소재 광산에서 채광한 후 분쇄기를 이용하여 200, 325mesh의 크기로 분쇄하여 시험에 이용하였다.

3. 조사항목 및 방법

1) 산란율 및 난중

산란율은 사양시험 기간중 매일 채집하여 처리구별로 총산란수를 사육두수로 나누어 백분율로 표시하였으며, 난중은 채집한 계란을 전자저울을 이용하여 측정하였다.

Table 1. Diet composition(as-fed basis)

Ingredients	%
Corn	50.40
Wheat grain	10.00
Soybean meal(CP 46%)	18.70
Corn gluten meal	2.00
Wheat bran	5.00
Animal fat	4.40
Limestone	7.50
Tricalcium phosphate(P 18%)	1.40
Salt	0.30
DL-methionine(50%)	0.10
Vitamin premix ¹	0.10
Mineral premix ²	0.10
Chemical composition ³	
Metabolic energy, kcal/kg	2,904
Crude protein, %	15.45
Crude fiber, %	1.80
Lysine, %	0.70
Methionine, %	0.32
Calcium, %	3.25
Phosphorus, %	0.61

¹Provided per kg of premix: 12,500,000 IU vitamin A, 2,500,000 IU vitamin D₃, 10,000mg vitamin E, 2,000 mg vitamin K₃, 50 mg biotin, 500 mg folic acid, 35,000 mg niacin, 10,000 mg Ca-Pantothenate, 1,000 mg vitamin B₆, 5,000 mg vitamin B₂, 1,000 mg vitamin B₁ and 15 mg vitamin B₁₂.

²Provided per kg of premix: 25,000 mg Cu, 40,000mg Fe, 60,000 mg Zn, 80,000 mg Mn, 1,500 mg I, 300 mg Co and 150 mg Se.

³Calculated values.

2) 난각강도 및 난각두께

난각강도는 난각강도계 (Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하였으며, 난각두께는 Dial pipe gauge (Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하여 난각의 둔단부, 예단부 그리고 중앙부를 측정하였다.

3) 난황색 및 난황계수

난황색은 Yolk colour fan (Roche, Switzerland)을 이용하여 난황의 색도를 측정하였다. 난황계수는 Ozaki사의 캘리퍼스로 난황의 높이와 직경을 측정하여 Sauter 등 (1951)의 방법에 의하여 난황의 높이를 난황의 직경으로 나누어 계산하였다.

4) 혈청 콜레스테롤 조사

혈액 채취는 처리당 10마리씩 시험종료시에 익정맥에서 혈액을 채취하여 4℃에서 2,000×g로 20분간 원심분리하여 혈청을 분석에 이용하였다.

분리된 혈청은 enzymatic colorimetric method (Allain 등, 1974)에 의하여 총 콜레스테롤의 농도는 T. chol 검사시약 (Boehringer Mannheim Co., Germany)에 HDL 콜레스테롤의 농도는 HDL-C 검사시약 (Boehringer Mannheim Co., Germany)에, 또한 중성지질의 농도는 T.G. 검사시약 (Boehringer Mannheim Co., Germany)에 반응시켜 자동 생화학 분석기 (Hitachi 747, Hitachi, Japan)를 이용하여 측정하였다. LDL+VLDL 콜레스테롤 농도는 Naoyuki와 Yoshiharu (1995)의 방법에 따라 평가하였다.

5) 난황내 콜레스테롤 함량

난황내 콜레스테롤 함량을 측정하기 위하여 시험 개시시와 종료시에 처리구당 15개의 계란을 채집한 후, 각각의 계란에서 2g의 난황을 취하여 33% KOH 0.6ml와 EtOH 9.4ml 그리고 Internal standard 5 α -cholestanes(Sigma Co., USA) 1ml을 첨가하여 75℃에서 1시간동안 반응 시켰다. 반응이 끝나면 방냉한 후, 증류수 5ml, hexane 10ml을 넣고 혼합하여 방치시키고, 상층액을 Na₂SO₄로 탈수 한 후, 여과한 시험용액을 Gas Chromatography(HP 6890 Plus, USA)에 주입하여 분석하였다.

Table 2. Operating condition for gas chromatography

Item	Operating condition
Instrument	Hewlett Packard 6890 Plus
Detector	FID
Column	HP-INNOWax 0.25 μ m×30m×0.25mm ID
Injection port	260℃
Detection port	270℃
Carrier gas	N ₂

4. 통계처리

본 시험의 모든 자료는 SAS (1996)의 GLM procedure를 이용, Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

1. 산란율, 난중, 난각강도

Table 3은 게르마늄 흑운모 첨가가 산란율과 난중 및 난각강도에 미치는 영향을 나타내었다. 산란율에서는 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 약간 높게 나타났지만 유의적인 차이는 보이지 않았다($P>0.05$). 난중에 있어서는 대조구가 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구 보다 높았지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P>0.05$). 난각강도에서도 GB 325mesh 첨가군이 가장 높은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ($P>0.05$). 이는 제올라이트를 3% 이하 첨가시 산란율의 증가와 난중의 감소를 가져왔다는 이(1975)의 시험과 유사한 결과이다. 또한 이 등(2003)의 시험과 유사한 결과이다.

Table 3. Effects of germanium biotite on the hen-day egg production, egg weight and egg shell breaking strength in laying hens

Item	CON ¹	200mesh ¹	325mesh ¹	SE ²
Hen-day egg production, %	89.26	89.47	89.74	0.18
Egg weight, g	62.38	60.03	61.38	0.42
Egg shell breaking strength, kg/cm ²	3.53	3.58	3.62	0.11

¹Abbreviated CON, basal diet; 200mesh, added 2.0% of germanium biotite; 300mesh, added 2.0% of germanium biotite.

²Pooled standard error.

2. 난각두께

Table 4은 게르마늄흑운모의 첨가가 난각두께에 미치는 효과를 보여주고 있다. 둔단부, 예단부, 중앙부의 난각두께를 측정된 결과 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P<0.05$). 이는 sodium zeolite를 급여한 산란계의 경우 난각질 개선과 골

격길이의 증가를 가져온다는 보고 (Roland 등, 1985; Miles 등, 1986; Fery 등, 1992)와 상이한 결과를 나타내었다.

Table 4. Effects of germanium biotite on the egg shell thickness in laying hens

Item	CON ¹	200mesh ¹	325mesh ¹	SE ²
Large band, mm	0.45	0.45	0.44	0.01
Sharp end, mm	0.44	0.44	0.44	0.01
Middle, mm	0.44	0.45	0.44	0.01

¹Abbreviated CON, basal diet; 200mesh, added 2.0% of germanium biotite; 300mesh, added 2.0% of germanium biotite.

²Pooled standard error.

3. 난황색, 난황계수

산란계 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 난황색 및 난황계수에 미치는 영향을 Table 5에 나타내었다. 난황색 및 난황계수에 있어 처리구간에 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다 ($P>0.05$). 이 등(2003)의 시험에서 고단백질 사료를 급여한 처리구가 저단백질 사료를 급여한 처리구보다 유의적으로 감소하였으며($P<0.01$), 사료내 게르마늄흑운모를 첨가하면 난황계수가 통계적으로 감소($P<0.01$)한다는 보고와 다소 상이한 결과를 보였다.

Table 5. Effects of germanium biotite on the yolk color and egg yolk index in laying hens

Item	CON	200mesh	325mesh	SE ²
Yolk color unit	5.88	5.80	5.99	0.22
Egg yolk index	0.38	0.37	0.39	0.01

¹Abbreviated 200mesh, added 2.0% of germanium biotite; 300mesh, added 2.0% of germanium biotite.

²Pooled standard error.

4. 혈장내 콜레스테롤 함량 조사

게르마늄흑운모의 첨가가 혈장내 콜레스테롤 함량에 미치는 영향을 Table 6에 나타내었다. 혈장내 Total, HDL, LDL+VLDL 콜레스테롤 함량에 있어서 게르마늄흑운

모를 첨가한 처리구에서 낮았지만, 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다 ($P>0.05$). 그러나 혈장내 중성지질함량에 있어서는 게르마늄흑운모 325mesh를 첨가한 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다 ($P<0.05$). 이는 양돈 사료내에 게르마늄흑운모 첨가시 총콜레스테롤, LDL 콜레스테롤이 감소하였다고 보고한 권 (2001)의 보고와 유사한 경향을 나타내었다.

Table 6. Effects of germanium biotite on the cholesterol concentrations of plasma in laying hens

Item	CON ¹	200mesh ¹	325mesh ¹	SE ²
Plasma lipids(mg/ml)				
Total cholesterol	128	127	121	3.68
Triglyceride	1287 ^b	1481 ^{ab}	1492 ^a	7.11
HDL-cholesterol	11	10	11	0.78
LDL+VLDL-cholesterol	119	118	111	3.35

¹Abbreviated CON, basal diet; 200mesh, added 2.0% of germanium biotite; 300mesh, added 2.0% of germanium biotite.

²Pooled standard error.

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

5. 난황내 콜레스테롤 함량

난황내 콜레스테롤 함량은 Table 7에서 보는 바와 같다. 시험 종료시의 난황내 콜레스테롤 함량은 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 낮은 수치를 보였지만, 개시시와 종료시의 차이에서는 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$)

Table 7. Effects of germanium biotite on the cholesterol concentrations of plasma in laying hens

Item, mg/100g	CON ¹	200mesh ¹	325mesh ¹	SE ²
Initial	1587	1562	1553	30
Final	1408	1379	1371	24
difference	-179	-183	-182	35

¹Abbreviated CON, basal diet; 200mesh, added 2.0% of germanium biotite; 300mesh, added 2.0% of germanium biotite.

²Pooled standard error.

라. 요약

본 연구는 산란계 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 난각특성 및 분내 유해가스 함량에 미치는 영향을 규명하기 위하여 실시하였다. 40주령 ISA brown 갈색계 144수를 공시하였으며, 사양시험은 7일간의 적응기간 후, 35일간 실시하였다. 옥수수-대두박 위주의 사료 (CON; 기초사료), 대조구 사료내 게르마늄흑운모를 2.0% (GB 200mesh; 기초사료+2.0% 200mesh germanium biotite, (주)서봉바이오베스텍), 2.0% (GB 325mesh; 기초사료+2.0% 325mesh germanium biotite) 3개 처리를 하여 처리당 4반복, 반복당 6마리씩 완전 임의배치하였다. 산란율에서는 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 약간 높게 나타났지만 유의적인 차이는 보이지 않았다($P>0.05$). 난각강도에서도 GB 325mesh 첨가군이 가장 높은 경향을 보였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ($P>0.05$). 둔단부, 예단부, 중앙부의 난각두께를 측정된 결과 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P<0.05$). 혈장내 중성지질함량에 있어서는 게르마늄흑운모 325mesh를 첨가한 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다 ($P<0.05$). 시험 종료시의 난황내 콜레스테롤 함량은 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 낮은 수치를 보였지만, 개시시와 종료시의 차이에서는 처리구간의 유의적인 차이를 보이지는 않았다($P>0.05$). 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 산란계 사료내 게르마늄흑운모의 첨가는 생산성, 혈장내 콜레스테롤 함량 및 난황내 콜레스테롤 함량에 영향을 미치는 것으로 여겨진다.

마. 참고문헌

- Allain, C. C., Poon, L. S., Chan, C. S. G., Richmond, W., Fu, P. C. 1974. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clinic Chem* 20:470-475.
- Chaney, A. L., Marbach, E. P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8:131.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics.* 11:1.
- Frey, K. S., Potter, G. D., Odom, T. W., Senior, D. M., Reagan, V. D., Weir, V. H., Elslander, J., Webb, S. P., Morris, E. L., Smith, W. B., Weigand, K. E. 1992. Plasma silicon and radiographic bone density in weanling quarter horses fed sodium zeolite A. *Equine Vet. Sci.* 12:292-295.
- Honda, S., Mitsue, K. 1976. The use of zeolite mudstone in hog raising at Ikawa-machi, Akita prefecture, Japan. *Proc. & Abstracts, ZEOLITE '76-Inter. Cont Occur. Prop. Util Nat. Zeolites, Tucson, Ar, June (Abstr.)*.
- Miles, R. D., Laurent, S. M., Harms, R. H. 1986. Influence of sodium zeolite A

- on laying hen performance. Poultry Sci. 65:182 (Abstr.).
- Naoyuki, N., Yoshiharu, F. 1995. The elevation of plasma concentration of high-density lipoprotein cholesterol in mice fed with protein from proso millet. Biosci. Biotech. Biochem. 59:333-335.
- NRC. 1994. Nutrient requirement of poultry. National Academy Press. Washington DC. USA.
- Petersen, R. G. 1985. Design and analysis of experiments Marcel dekker, New York.
- Roland, D. A., Sr Laurent, S. M., Orloff, H. D. 1985. Shell quality as influenced by zeolite with high ion-exchange capability. Poultry Sci. 64:1177-1187.
- SAS 1996 SAS user guide. release 6.12 edition. SAS Inst Inc Cary NC. USA.
- Sauter EA, Stadelman WJ, Harns V, McLaren BA 1951 Methods for measuring yolk index. Poultry Sci 30:629-630.
- Torii, K. 1974. Utilization of sedimentary zeolites in Japan. US-Japan Cooperative Science Program Seminar on Occurance, Origin and Utilization of Sedimentary Zeorites Circum-Pacific Region, Menlo Park. CA, July 1974 (Abstr).
- Watanabe, S.,Y. Yanaka., Juroda, A. 1971. Report on the experimental use of zeolite tuff as dietary supplement for cattle. Rep. Okayama Prefecture Feder. Agr. Coop. Ass. April. pp. 18.
- 권오석. 2001. 돼지사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 양돈생산성에 미치는 영향 단국대학교 석사학위논문.
- 손광수. 2000. 영양과 사양관리를 통한 돼지분뇨 오염물질 및 악취 저하. 친환경안전사료 연구회 심포지움. 친환경안전사료연구회. pp.43-60.
- 이원백, 김인호, 홍종욱, 권오석, 이상환, 민병준, 정연권. 2003. 산란계 사료에 게르마늄흑운모의 첨가가 난각특성 및 분내 유해가스 함량에 미치는 영향. 한국가금학회지. 30:61-66.
- 이택원. 1975. 영계사료에 있어서 Bentonite와 Zeolite의 사료적 가치에 미치는 영향. 한축지. 17:625-628.
- 홍종욱, 김인호, 권오석, 이상환. 2001. 도계폐기물을 이용한 환경친화성 비육돈 사료 개발. 한국동물자원과학회지. 43:75-84.

제 7 장 왕암 게르마늄 흑운모를 이용한 축산생산물 및 환경친화성 사료개발

7. 1. 비육돈에 있어 저 콜레스테롤 돈육을 생산하기 위한 왕암게르마늄흑운모의 효과

가. 서 론

국민소득의 증대에 따라 식품에 대한 선호도가 양적인 면에서 질적인 면으로 전환되고 있으며, 또한 건강에 대한 관심이 집중되고 있는 실정이다. 이러한 소비자들의 욕구를 충족시키기 위해, 기능성 물질의 첨가에 대한 연구들이 많이 이루어지고 있다(Choi et al. 1996 Hong et al. 2001; Jin et al. 2003). 기능성 물질 첨가의 시험들로서 돼지, 육계 그리고 비육우에서 생약제(Hong et al. 2001), 한방부산물(Hong et al. 2002) 및 점토광물(Kang et al. 2002; Kim et al. 2000)의 첨가 등이 있으며, 오리에서는 유황(Choi와 Kim. 2002)의 첨가 시험 등이 이루어 졌다. 현대는 식생활패턴의 변화와 더불어 육류 소비에 있어 좀 더 좋은 육질을 찾고, 건강이 증진되는 육류를 소비자들이 원하고 있다. 하지만 국내 양돈 사양가들은 높은 영양소의 사료를 급여하여 출하시기를 단축시키고자 비육시기에 적합하지 않은 사료를 급여함으로써, 즉 육성기와 비육기 사료를 급여하고 있는 실정이다. 이러한 육성 비육기의 사료를 급여시 도체내 항생제나 설파제의 잔류문제를 유발할 수도 있다(Vanbell, 1989; Kim 등, 1999).

국내 양돈산업은 과거 소규모의 양돈에서 현재 가축사육규모의 대형화로 인한 축산폐기물의 과다생산과 이에대한 처리문제가 심각해지고 있다. 축산 분뇨의 양을 줄이기 위한 방법으로는 사료내 영양소 이용율을 높여 분뇨를 통한 영양소의 배설량을 줄이는데 목적이 있으며 효소제, 아미노산, 성장촉진제, 키레이트 광물질 등을 이용하여 질소, 인, 탄수화물, 광물질의 배설량을 줄이는 것이다(백 등, 1997). 또한 Jacob 등(1994)은 사료의 단백질 함량과 합성아미노산 첨가에 의해 축사내 암모니아 가스의 감소를 가져왔으며, zeolites와 같은 다공성 광물질 첨가(Nakaue 등 1981) 등의 방법들이 있다. 권 (2001)은 양돈사료내 게르마늄흑운모를 첨가할 경우 콜레스테롤 저하 작용과 함께 분내 암모니아 가스 발생이 억제되었다고 보고하였다.

본 시험에 사용한 게르마늄흑운모내에는 게르마늄이 36ppm을 함유하고 있으며, 이외에도 백운모, 흑운모와 미량광물질로 장석, 전기석 등이 포함되어 있다. 게르마늄 흑운모는 인체나 가축에 해로운 가스에 대한 탈취율이 높은 것으로 알려져 있어 각

중 건축용 자재의 이용뿐만 아니라, 돈사내의 암모니아 가스의 흡착제로 이용 가능성을 시사하고 있다. 따라서, 본 시험은 단백질 수준과 게르마늄흑운모의 첨가로 인한 성장, 도체특성 및 환경오염을 최소화하는 목적으로 실시하였다.

나. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험설계

개시시 체중 80.7 ± 1.38 kg인 3원 교잡종 (Duroc × Yorkshire × Landrace) 비육돈 72두를 공시하였으며, 사양시험은 50일간 실시하였다. 시험설계는 Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 기초사료(CON), 기초사료에 200mesh 게르마늄 흑운모를 1.5% 첨가한 처리구(FGB), 기초사료에 325mesh 게르마늄 흑운모를 1.5% 첨가한 처리구(CGB)로 3개 처리를 하여 처리당 3반복, 반복당 8마리씩 완전 임의배치하였다.

2. 시험사료 및 사양관리

시험사료는 가루형태로 급여하였으며 습식급여기를 이용하여 자유채식토록 하였다. 체중 및 사료섭취량은 시험종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료 효율을 계산하였다.

본 시험사료에 첨가된 게르마늄흑운모는 흑운모에 게르마늄이 36ppm 함유되어 있는 광물질로서, 충남 논산 소재 광산에서 채광한 후 분쇄기를 이용하여 200mesh와 325mesh의 크기로 분쇄하여 시험에 이용하였다.

3. 조사항목 및 방법

(1) 영양소 소화율 측정

영양소 소화율을 측정하기 위해 시험 종료 7일전에 표시물로서 산화크롬 (Cr_2O_3)을 0.2% 첨가하였다. 크롬사료 급여 5일 후 분을 채취하였고, 채취한 분은 60°C의 건조기에서 72시간 건조 시킨 후 Wiley mill로 분쇄, 분석에 이용하였다.

Table 1. Basal diet composition (as-fed basis)

Ingredient	%
Corn	59.93
Soybean meal	23.75
Rice bran	5.00
Molasses	4.00
Animal fat	2.61
Rapeseed meal	2.00
Defl. phosphorus	1.16
Calcium carbonate	0.44
L-lysine(78%)	0.34
Mineral premix	0.25
Salt	0.15
Vitamin premix	0.10
L-threonine(98%)	0.09
DL-Methionine(98%)	0.10
Choline chloride(60%)	0.08
Chemical composition	
ME, kcal/kg	3,447
Crude protein, %	17.72
Lysine, %	1.02
Calcium, %	0.70
Phosphorus(%)	0.59

1Supplied per kg diet : 220mg Cu, 175mg Fe, 191mg Zn, 89mg Mn, 0.3mg I, 0.5mg Co, 0.4mg Se.

2Supplied per kg diet : 4,000IU vitamin A, 800IU vitamin D3, 17IU vitamin E, 2mg vitamin K, 4mg vitamin B2, 1mg vitamin B6, 16 μ g vitamin B12, 11mg pantothenic acid, 20mg niacin, 0.02mg biotin.

3Calculated values

(2) 혈액분석

혈액채취는 사양시험 개시시와 종료시에 경정맥(Jugular vein)에서 채취하였으며, 혈액을 채취하여 4℃에서 혈액을 응고시킨 후 200 × g로 30분간 원심분리 한 혈장을 분석에 이용하였다. Total cholesterol 농도는 T. Chol Kit(Boehringer Mannheim, Germany)를, HDL-cholesterol 농도는 HDL-C kit(Boehringer Mannheim, Germany)를 이용하였다. Triglyceride 농도는 T.G kit(Boehringer Mannheim, Germany)에 반응시켜 자동 생화학 분석기(HITACHI 747. HITACHI, Japan)를 이용하여 측정하였다. LDL+VLDL 콜레스테롤 농도는 Naoyuki와 yoshiharu(1995)의 방법에 따라 평가하였다.

(3) 등지방 두께 측정

등지방 두께 측정은 Digital backfat indicator(Rence lean-meter, USA)를 이용하여 시험 종료시에 측정하였다.

(4) 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도 측정

시험종료시 각 처리구에서 동일한 시간동안 배설된 분을 채취한 후, 동결건조기를 이용하여 건조 시킨 후, 분석에 이용하였다. 분내 암모니아태 질소 농도 측정은 Chaney와 Marbach (1962)의 방법에 따라 실시하였다.

분내 휘발성 지방산의 농도 측정은 시료 5g을 취하여 10N H₂SO₄ 25ml과 증류수를 첨가한 후, 수증기를 증류하였다. 유출액에 phenolphthalein 2-3방울을 첨가한 후, 0.1N NaOH를 첨가하였다. 이 용액을 rotary evaporator를 이용하여 건조 시킨 후, phosphoric acid 1ml를 첨가하여 용해시킨 후에 ethyl ether 5ml를 첨가하여 수회 교반 한 후, 포화 NaCl 2ml를 첨가하여 층을 분리시켰다. 층이 분리되면 ether 층을 취하여 0.45 μ m membrane filter를 이용하여 여과한 후 시험용액을 gas chromatography (Hewlett Packard 6890 Plus, USA)에 주입하였다.

4. 통계처리

사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC (1995)에 의해 분석하였다.

모든 자료는 SAS(1996)의 General Linear Model Procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였고, Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

1. 일당증체량, 사료섭취량 및 사료효율

시험사료를 급여한 비육돈에 대한 일당증체량, 사료섭취량 및 사료효율은 Table 2에서 보는 바와 같다. 총시험기간의 일당증체량을 보면 대조구와 FGB 처리구보다 CGB처리구가 높게 나타났지만, 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ($P>0.05$). 사료섭취량과 사료 효율에서도 처리구간의 유의적인 차이는 보이지 않았다 ($P>0.05$). 양 등 (2000b)은 비육돈 사료내 scoria를 3% 첨가하여 급여한 사양시험에서, 일당증체량에 있어서는 scoria 처리구가 대조구와 비교하여 유의적으로 높았으며,

사료요구율에 있어서는 scoria 처리구가 유의적으로 낮게 조사되었으며, Kondo 등 (1968)도 비육돈 사료에 zeolite를 5% 첨가하였을 경우 사료효율이 6%정도 개선되었다고 보고하였다. 권 등(2003)은 GB의 첨가에 의한 성장율에서는 대조구와 비교하여 높았지만, 사료섭취량에서 GB3.0처리구는 대조구에 비하여 낮았다고 하였다. 등지방 두께에 있어서는 FGB 처리구가 대조구에 비하여 낮게 평가되었다($P < 0.05$).

Table 2. Effect of dietary germanium biotite on growth performance and backfat thickness in finishing pigs¹

Item	CON ¹	FGB ²	CGB ²	SE ³
ADG, kg	0.725	0.711	0.737	0.026
ADFI, kg	2.815	2.773	2.922	0.044
Gain/Feed	0.254	0.247	0.263	0.012
Backfat thickness(mm)	27.49 ^b	25.01 ^a	25.81 ^{ab}	0.83

¹Abbreviated CON, basal dietControl;FGB, 0.15% 200mesh germanium biotite;CGB, 325mesh germanium biotite.

²Pooled standard error.

2. 영양소 소화율

비육돈 사료에 게르마늄흑운모의 첨가가 영양소 소화율에 미치는 영향을 Table에 나타내었다. 건물의 소화율에서는 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 높게 나타났지만 유의적인 차이는 보이지 않았다($P > 0.05$). 질소, 칼슘 및 인의 소화율에서는 대조구가 GB첨가구보다 높았지만 유의적인 차이는 나타내지 않았다($P > 0.05$). 권 등 (2000)은 비육돈 사료내 게르마늄흑운모를 3% 첨가한 사양시험에서, 분내 건물 함량에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고였다. 양 등 (2000b)은 비육돈 사료내 scoria를 3% 첨가한 사양시험에서, 분내 건물함량에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 분내 질소 함량에 있어서는 scoria 첨가구가 대조구와 비교하여 유의적으로 낮게 조사되었다고 보고하여 본 사양시험과 상이한 결과를 나타내었다.

Table 3. Effect of dietary germanium biotite on nutrient digestibility in finishing pigs¹

Item	CON ¹	FGB ²	CGB ²	SE ³
Dry matter	69.87	70.85	70.96	0.39
Nitrogen	66.23	65.92	65.69	0.51
Calcium	45.06	44.95	44.87	0.57
Phosphorus	32.73	32.54	32.42	0.85

¹Abbreviated CON, basal dietControl;FGB1.5, 0.15% 200mesh germanium biotite;CGB1.5, 325mesh germanium biotite.

²Pooled standard error.

3. 혈액 분석

비육돈 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 혈장내 Total cholesterol, Triglyceride, HDL과 LDL+VLDL-cholesterol의 함량은 Table 에 나타내었다. Total cholesterol 함량은 FGB 처리구가 다른 처리구들에 비해 높았지만 유의적인 차이는 보이지 않았다($P>0.05$). 그러나 혈장내 HDL-cholesterol 함량에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄흑운모 첨가구가 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 또한 LDL+VLDL-cholesterol 함량에서도 처리구간의 유의적인 차이($P>0.05$)는 보이지 않았지만 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구에서 낮은 경향을 보였다. 심혈관 질환의 주된 원인이 되는 고지방혈증을 구성하는 주된 물질인 Total cholesterol, LDL-cholesterol의 혈장내 함량과 함께 항동맥경화인자인 HDL-cholesterol의 비율을 결정하는 것은 매우 중요하다.

Table 4. Effects of germanium biotite on the cholesterol concentrations of plasma in finishing pig¹

Item	CON ¹	FGB ²	CGB ²	SE ³
Plasma lipids(mg/ml)				
Total cholesterol	99.33	102.63	97.38	3.56
Triglyceride	35.25	35.50	29.89	2.14
HDL-cholesterol	42.80 ^b	50.33 ^a	48.28 ^{ab}	0.84
LDL+VLDL-cholesterol	49.48	42.57	41.75	3.53

¹Abbreviated CON, basal dietControl;FGB1.5, 0.15% 200mesh germanium biotite;CGB1.5, 325mesh germanium biotite.

²Pooled standard error.

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

4. 분중 암모니아태 질소 및 휘발성지방산의 측정

육성돈 사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 분내 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 농도에 미치는 영향을 Table 에 나타내었다. 분내 암모니아태 질소 농도에 있어서는 대조구 및 FCG처리구와 비교하여 게르마늄흑운모 325mesh 첨가구인 CGB 처리구가 유의적으로 낮은 경향을 보였다($P<0.05$). 분내 propionic acid와 acetic acid 농도에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았지만($P>0.05$), butyric acid 농도에 있어서는 CGB 처리구가 대조구와 비교하여 유의적으로 낮게 평가되었다($P<0.05$). 이러한 결과는 권 (2001)이 비육돈 사료내 게르마늄흑운모를 1-3% 첨가하였을 때 분내 암모니아태 질소 농도가 유의적으로 감소하였음을 보고한 결과와 일치하며, 규산염 광물질(zeolite)을 가축 사료에 첨가하였을 때 가축분 내 악취의 감소효과(kling과 Quarles, 1974)가 있다는 보고와 유사하였다.

Table 5. Effects of germanium biotite on $\text{NH}_3\text{-N}$ and volatile fatty acids of feces in finishing pig¹

Item	CON ¹	FGB ²	CGB ²	SE ³
$\text{NH}_3\text{-N}$	714.83 ^b	696.39 ^b	623.15 ^a	6.36
Propioni acid	6873.75	6786.42	6629.75	120.49
Butyric acid	2470.3 ^b	2358.05 ^{ab}	2196.62 ^b	38.29
Acetic acid	4637.6	4629.27	4556.77	64.28

¹Abbreviated CON, basal diet;Control;FGB1.5, 0.15% 200mesh germanium biotite;CGB1.5, 325mesh germanium biotite.

²Pooled standard error.

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

5. 등심의 육색, pH 및 콜레스테롤함량

게르마늄흑운모를 급여한 돼지의 육색, 등심의 육색, pH 및 콜레스테롤함량은 Table 6에서 보는 바와 같다. 밝기를 나타내는 L*값은 CGB 처리구가 다른 처리구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$). Red를 나타내는 a*값은 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 높게 나타났지만, 유의적인 차이는 보이지 않았다($P>0.05$). Yellow(b*값은 FGB 처리구가 다른 처리구들에 비하여 높게 평가되었다($P<0.05$).육의 색깔은 소비자가 식육의 선택시 1차적으로 작용하는 것으로써,

식육의 소비를 촉진할 수 있는 요소이다. 육색은 육색소인 myoglobin이 산소와의 반응으로 나타나며 육색의 변화는 육색소내의 산소 유무 및 양, 육조직내의 효소활동, 저장온도, 미생물의 오염도, pH 등에 따라 다르며 특히 육색소와 산소와의 반응 정도와 효소 활동이 육색 변화에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Lawrie, 1985). 육의 pH측정은 5.53~5.63으로 처리구간의 유의적인 차이를 보이지는 않았다 ($P>0.05$). 도축 후의 pH 강하와 높은 온도는 근장단백질 및 근원섬유 단백질의 변성을 야기하며 유리되는 육즙의 양에 영향을 미친다고 보고 하였다. Laakonen 등(1970)은 돈육의 pH가 성별, 축종, 연령, 근육부위 및 기간에 따라 차이가 난다고 보고한 바 있다. 일반적으로 도축후 근육의 pH는 24시간 이내에 pH 7.0에서 약 pH 5.4~5.8까지 떨어지게 되며(Penny, 1977), 가축의 도살 후 pH 저하속도와 그 소요기간은 육색, 보수력 및 가공특성 등에 영향을 미치게 된다는 보고도 있다(Briskey., 1964; Boles et al., 1993). 육내 콜레스테롤 함량에서는 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 대조구에 비해 낮게 나타났지만, 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P>0.05$). 육내 콜레스테롤 함량의 감소는 국민소득이 증가하면서 건강에 대한 관심이 집중되고 있는 실정에서 기능성 돈육으로서의 가능성을 시사하리라 보인다.

Table 6. Effects of germanium biotite on L*, a*, b*-value, pH and cholesterol contents in loin muscle

Item	CON ¹	FGB ²	CGB ²	SE ³
Color				
L*	41.9 ^b	41.3 ^b	45.8 ^a	0.73
a*	6.9	11.1	11.0	1.55
b*	3.4 ^b	5.2 ^a	3.4 ^b	0.42
pH	5.53	5.57	5.63	0.04
Cholesterol(mg/ml)	51.5	46.5	50.3	6.64

¹Abbreviated CON, basal dietControl;FGB1.5, 0.15% 200mesh germanium biotite;CGB1.5, 325mesh germanium biotite.

²Pooled standard error.

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

라. 요약

본 시험은 게르마늄흑운모의 첨가가 성장률, 분내 유해가스 및 저 콜레스테롤 돈육

생산 가능성을 알아보고자 실시하였다. 개시시 체중 $80.7 \pm 1.38 \text{kg}$ 인 3원 교잡종 (Duroc × Yorkshire × Landrace) 비육돈 72두를 공시하였으며, 사양시험은 50일간 실시하였다. 시험설계는 Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 기초사료(CON), 기초사료에 200mesh 게르마늄 흑운모를 1.5% 첨가한 처리구(FGB), 기초사료에 325mesh 게르마늄 흑운모를 1.5% 첨가한 처리구(CGB)로 3개 처리를 하여 처리당 6 반복, 반복당 4마리씩 완전 임의배치하였다. 총시험기간의 일당증체량을 보면 대조구와 FGB 처리구보다 CGB 처리구가 높게 나타났지만, 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P > 0.05$). 영양소 소화율에서도(DM, N, Ca 그리고 P) 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P > 0.05$). 혈장내 HDL-cholesterol 함량에 있어서는 대조구와 비교하여 게르마늄 흑운모 첨가가 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). 또한 LDL+VLDL-cholesterol 함량에서도 처리구간의 유의적인 차이($P > 0.05$)는 보이지 않았지만 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구에서 낮은 경향을 보였다. 분내 암모니아태 질소 농도에 있어서는 대조구 및 FCG 처리구와 비교하여 게르마늄 흑운모 325mesh 첨가구인 CGB 처리구가 유의적으로 낮은 경향을 보였다($P < 0.05$). 밝기를 나타내는 L*값은 CGB 처리구가 다른 처리구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.05$). Red를 나타내는 a*값은 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 높게 나타났지만, 유의적인 차이는 보이지 않았다($P > 0.05$). 육내 콜레스테롤 함량에서는 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구가 대조구에 비해 낮게 나타났지만, 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P > 0.05$). 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 비육돈 사료내 게르마늄 흑운모의 첨가는 혈장 콜레스테롤 함량 및 육내 콜레스테롤 함량에도 영향을 미치는 것으로 판단된다.

마. 참고문헌

- AOAC. 1994. Official method of analysis.(16th Ed.). Association of official analytical chemists. Washington, D.C.
- Boles, J. A., Shand, P. J., Patience, J. F., McCurdy, A. R., and Schaefer, A. L. (1993) Acid base status of stress susceptible pigs affects sensory quality of loin roasts. J. Food Sci. 58, 1254-1257.
- Briskey, E. J. (1964) Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. Adv. Food Res. 13, 89-179.
- Chaney, A. L., Marbach, E. P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clin. Chem. 8:131.
- Choi, G. H., and Kim, C. H. (2002) Growth Inhibition of Extract from Sulfur Fed Buck Carcass against Various Cancer Cell Lines. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 22,

348-351.

- Choi, J. H., Kim, D. W., Moon, Y. S., and Chang, D. S. (1996) Feeding effect of oriental medicine on the functional properties of pig meat. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 25, 110-117.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics.* 11:1.
- Jacob, J. P., Blair, R., Bennett, D. C., Scott, T. A and Newberry, R. C. 1994. The effect of dietary protein and amino acid levels during the grower phase on nitrogen excretion of broiler chickens. *Proceedings of Canadian Animal Science Meetings, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada.* p 309
- Hong, S. J., Namkung, H., and Paik, I. K. (2001) Effects of Herbal Products (Miracle20) on the Performance, Nutrient Digestibility, Small Intestinal Microflora and Immune Response in Broiler Chickens. *Korean J. Anim. Sci. & Technol.* 43, 671-680.
- Hong, J. W., Kim, I. H., Kim, J. H., Kwon, O. S., Lee, S. H., Seo, W. S., Kim, C., Kim, E. S., and Chung, Y. H. (2002) Effects of Dietary Astragalus membranaceus, Ginseng and Onion Complex on Growth Performance and Carcass Characteristics in Finishing Pigs. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 31, 149-154.
- Jin, S. K., Kim, I. S., Song, Y. M., Chung, K. W., Lee, S. D., Kim, H. Y., Nan, K. Y., Hah, K. H., and Kang, C. S. (2003) Effects of feeding dietary oils on physico-chemical changes of pork during storage. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 23, 227-235.
- Kling, H. F. and Quarles, C. L. 1974. Effect of atmospheric ammonia and the stress of infectious bronchitis vaccination on Leghorn males. *Poult. Sci.* 53:1161-116.
- Kondo, N and Wagi, B. 1968. Experimental use of clinoptilolite-tuff as dietary supplements for pigs. *Yonokai*, May 1-4.
- Laakonen, E., Wellington, G. H., and Skerbon, J. W. (1970) Low temperature long-time heating of bovine muscle. I. Changes in tenderness, water binding capacity, pH and amount of water soluble component. *J. Food Sci.* 35, 175-177.
- Lawrie, R. A. (1985) *Development in meat science: Packaging Fresh Meat*(A. A. Taylor(Eds)). Elsevier Applied Science Publisher. p. 89.
- Penny, I. F. (1977) The effect of temperature on the drip, denaturation and extracellular space of pork longissimus dorsi muscle. *J. Sci. Fd. Agric.* 28, 329-338.
- Nakaue, H. S., Koelliker, J. K and Pierson, M. L. 1981. Studies with clinoptilolite in poultry. 2. Effect of feeding broiler and the direct application of clinoptilolite (zeolite) on clean and re-used broiler litter on broiler performance and house

- environment. *Poult Sci.* 60:1221.
- Naoyuki, N. Yoshiharu, F. 1995. The elevation of plasma concentration of high-density lipoprotein cholesterol in mice fed with protein from proso millet. *Biosci Biotech Biochem.* 59:333-335.
- NRC. 1994. Nutrient requirement of poultry. National Academy Press. Washington DC. USA.
- SAS. 1996. SAS user guide. release 6.12 edition. SAS Inst Inc Cary NC. USA.
- 권오석. 2001. 돼지사료내 게르마늄흑운모의 첨가가 양돈생산성에 미치는 영향. 단국대학교 석사학위논문.
- 권오석, 김인호, 홍종욱, 이상환, 정연권, 민병준, 이원백, 손경승. 2003. 이유자돈, 육성돈 및 비육돈에 있어 게르마늄흑운모의 급여 효과. *한국동물자원과학회지.* 45:355-368.
- 백인기. 1997. 축산학의 최근동향. p 214-288.
- 양창범, 김진동, 이지훈, 조원탁, 한인규. 2000b. 돼지사료중 제주 화산암 분말 (Scoria)과 Zeolite가 산육능력에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지.* 42:477-483.

7. 2. 육성돈에 대한 왕암 게르마늄 흑운모의 항생제 대체 효과

가. 서 론

시대가 변해감에 따라 가축사양의 방법이 다양해지고 있으며, 생산성을 극대화시키려는 노력이 계속되어 왔다. 생산성을 향상시키고 사료효율을 개선시키기 위한 노력으로 항생제, 설파제, 효소제, 생균제, 효모제등을 사용하고 있으나 2000년대 이후 유럽에서부터 시작된 항생제 잔류문제 및 환경오염의 심각성이 국내에서도 대두되고 있는 실정이다. 이러한 항생제의 잔류문제는 항생제가 축산물에 잔류함으로써 인해 직접 또는 간접적으로 항생제에 대한 내성이 사람에게 전달되어 잔류된 항생물질이 사람에게 과민 반응 등을 일으킬 수 있다는 것을 들 수 있다. 또한 특정 질병을 예방하기 위한 백신의 개발 및 실제적용이 이루어지고 있으나, 백신 접종에 따른 인력, 비용 그리고 가축이 받는 고통 등을 감안하여 최근에는 경구백신에 대한 연구가 이루어지고 있다. 하지만 아직까지 가축에서 경구백신 급여효과에 대한 연구결과는 발표되지 않고 있는 실정이다. 그러므로 백신접종 및 항생제의 효과를 극대화하기 위하여 생체면역을 전체적으로 증가시킬 수 있는 비특이 면역증강제에 대한 개발이 이루어지고 있다(Yoo 등, 2001).

근래에 들어 이러한 물질들을 대체하기 위한 많은 연구가 진행되고 있는데 이 중 허브추출물은 천연물질로서 부작용이 거의 없으며 항생제의 효과를 갖고 향미기능까지 있어 축산업에서 그 효과가 기대되는 물질로 단위동물에서 항생제 대체효과(석 등, 2003; Yang 등, 2003), 항균작용(Zaika, 1988), 항산화작용(Wenk, 2003), 콜레스테롤감소(Balmer와 Zilversmit, 1974) 등의 다양한 효과들을 보고한 바 있다.

본 시험에 사용된 게르마늄흑운모에 36ppm이 포함되어 있는 게르마늄은, 일반적으로 인삼, 마늘, 알로에와 같은 약용식물에 고농도로 함유되어 있으며, 가축에서 면역강화작용(Aso 등 1985, Suzuki 등 1986)이 있다고 알려져있다.

따라서 본 연구는 게르마늄 흑운모를 성장시기에 있는 육성돈에 급여하여 성장률 및 면역반응에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

나. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험설계

3원 교잡종(Duroc×Yorkshire×Landrace) 자돈 120두를 공시하였으며 시험개시시 체중은 $18.35 \pm 0.15\text{kg}$ 이었다. 사양시험은 단국대학교 부설 실험동물 사육실에서 28일간

실시하였다. 시험설계는 Table 1과 같이 옥수수-대두박 위주의 기초사료에 항생제 무첨가구(NC ; basal diet), 기초사료에 항상제 첨가구(PC), 기초사료에 게르마늄 흑운모 0.5%(NCGB), 항생제 첨부사료에 게르마늄 흑운모 0.5%첨가구(PCGB)로 4개 처리를 처리당 6반복, 반복당 5마리씩 완전임의 배치하였다.

Table 1. Basal diet composition (as-fed basis)

Ingredients	%
Corn	64.25
Soybean meal (CP 44%)	25.63
Animal fat	4.67
Molasses	2.50
Dicalcium phosphate	1.55
Limestone	0.81
Germanium biotite	-
Salt	0.20
L-Lysine · HCl	0.12
Vitamin premix/trace mineral premix ¹⁾	0.22
Antibiotic ²⁾	-
Antioxidant (Ethoxyquin 25%)	0.05
Chemical composition ³⁾	
ME, kcal/kg	3,320
Crude protein, %	18.00
Lysine, %	1.00
Methionine, %	0.28
Calcium, %	0.70
Phosphorus, %	0.60

¹⁾ Provided per kg of complete diet : 20,000 IU of vitamin A; 4,000 IU of vitamin D₃; 80 IU of vitamin E; 16 mg of vitamin K₃; 4 mg of thiamin; 20 mg of riboflavin; 6 mg of pyridoxine; 0.08 mg of vitamin B₁₂; 120 mg of niacin; 50 mg of Ca-pantothenate; 2 mg of folic acid; 0.08 mg of biotin; 140 mg of Cu; 179 mg of Zn; 12.5 mg of Mn; 0.5 mg of I; 0.25 mg of Co and 0.4 mg of Se.

²⁾ Provided by 50mg carbadox per kg of complete diet.

³⁾ Calculated values.

2. 시험사료 및 사양방법

시험사료는 가루사료의 형태로 자유채식토록 하였으며 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 체중 및 사료섭취량은 시험개시시와 종료시에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 계산하였다.

3. 조사항목

(1) 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

증체량은 개시시와 종료시에 체중을 측정하여 구하였다. 사료섭취량은 종료시의 사료급여량에서 잔량을 제거하여 구하였고, 사료요구율은 시험 기간중의 사료섭취량을 증체량으로 나누어 구하였다.

(2) 소화율 측정

영양소 소화율을 측정하기 위해 시험 종료 7일전에 표시물로서 산화크롬(Cr_2O_3)을 0.2% 첨가하였다. 크롬사료 급여 5일 후 분을 채취하였고, 채취한 분은 60°C의 건조기에서 72시간 건조시킨 후 Wiley mill로 분쇄, 분석에 이용하였다.

(3) 혈액채취

사양 시험 종료 후 처리구당 임의로 4두씩 마리당 4.0ml씩 경정맥에서 채혈하였고 채혈 즉시 4°C의 냉장고에 보관한 다음 1시간 이내에 2,000×g(4°C)에서 30분간 원심분리하여 혈청을 채취하였다(Hodges, 1970). 게르마늄 흑운모의 첨가에 따른 자돈의 혈액학적 검사는 자동혈액분석기(ADVID120, Bayer, USA)를 이용하여 RBC, WBC, lymphocyte, monocyte, hemoglobin 그리고 platelet count를 측정하였다.

4. 화학분석 및 통계처리

사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC(1994)에 의해 분석하였다.

모든 자료는 SAS(1996)의 GLM procedure를 이용하여 처리간의 평균을 orthogonal contrast를 이용하여 1) NC vs PC, 2) NC vs NCGB 그리고 3) PC vs PCGB로 분리하여 유의성을 검정하였다.

다. 결과 및 고찰

1. 일당증체량, 사료섭취량 및 사료효율

시험사료를 급여한 자돈에 대한 일당증체량, 사료섭취량 및 사료효율은 Table 2에서 보는 바와 같다. 총 시험기간의 일당증체량을 보면 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 높은 경향을 보였으며 특히 PCGB 처리구가 NC, PC 처리구보다 증가하는 경향을 보였지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P>0.11$). 사료섭취량에서도 처리구간의 유의적인 차이는 보이지 않았다($P>0.55$). 사료 효율에

서는 NC 처리구가 다른 처리구들에 비하여 낮은 경향을 보였다($P < 0.05$). Kondo 등 (1968)은 clinoptilolite 계통의 zeolite를 육성돈 및 비육돈 사료에 각각 5%씩 첨가한 사양시험에서, 일당증체량은 25-29% 증가하였고 사료효율은 육성돈의 경우 35%, 비육돈의 경우에는 6%가 개선되었다고 보고하였다. 또한, 권 등 (2001)은 육성돈 사료내 원적외선방사물질을 50ppm 첨가하였을 때 일당증체량이 향상되었다고 보고하였다. 또한 양 등 (2000b)은 육성돈 사료에 scoria와 zeolite를 각각 3% 첨가한 사양시험에서 대조구와 비교하여 scoria와 zeolite를 첨가한 처리구의 일당증체율이 유의적으로 높았음을 보고하였다.

Table 2. Effect of germanium biotite supplementation on growth performance in nursery pigs

Item	NC	PC	NCGB ²	PCGB ²	SE ^c	Contrast ⁴		
						1	2	3
Average daily gain, g	644	677	662	707	24	0.11	0.32	0.77
Average daily feed intake, g	1301	1279	1281	1271	26	0.55	0.60	0.81
Gain/feed	0.495	0.529	0.517	0.556	0.017	0.05	0.17	0.91

¹Pigs with an average initial body weight of 18.35±0.15.

²Added 0.5% of germanium biotite.

³Standard error.

⁴Probability for contrast : 1) NC vs PC ; 2) NC vs NCGB ; 3) Pc vs PCGB

2. 소화율 측정

시험사료를 급여한 자돈에 대한 건물과 질소 소화율은 Table 3와 같다. 건물 소화율에 있어서 PC와 PCGB가 다른 처리구들에 비해 높게 나타났지만 유의적인 차이는 보이지 않았다($P < 0.25$). 질소 소화율에 있어서는 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 GB를 첨가하지 않은 처리구와 비교하여 높은 경향을 보였다($P < 0.05$). Ca 소화율에 있어서는 PCGB 처리구가 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($P < 0.04$). P의 소화율에서는 PC처리구가 가장 높은 수치를 나타내었으나 유의적인 차이는 없었다($P > 0.05$). 양 등 (2000b)은 육성돈 사료내 scoria를 1%와 3% 첨가한 사양시험에서, scoria를 3% 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 건물 및 단백질 소화율이 증가하였음을 보고하였다. 또한, 한 등 (1975)도 육성돈 사료에 zeolite를 4.0%까지 밀기울을 대체 첨가한 경우 대조구에 비해 소화율 개선효과가 있었다고 보고하였다. 권 등(2003)도 육성돈의 시험에서 외관상 건물과 질소 소화율에 있어서 NC 처리구와

비교하여 PC 처리구와 GB0.3 처리구가 유의적으로 높았다고(P<0.05) 하였다.

Table 3. Effect of germanium biotite on nutrient digestibility in nursery pigs

Item	NC	PC	NCGB ²	PCGB ²	SE ²	Contrast ⁴		
						1	2	3
DM(%)	75.11	77.42	75.83	77.74	0.35	0.32	0.25	0.24
N(%)	67.20	70.64	69.59	71.70	0.23	0.56	0.05	0.04
Ca(%)	51.39	52.38	51.29	53.27	1.59	0.08	0.05	0.04
P(%)	45.61	47.88	46.51	47.38	1.79	0.11	0.27	0.22

¹Pigs with an average initial body weight of 18.35±0.15.

²Added 0.5% of germanium biotite.

³Standard error.

⁴Probability for contrast : 1) NC vs PC ; 2) NC vs NCGB ; 3) Pc vs PCGB

3. 혈청내 RBC, WBC, HCT, Hb, Lymphocyte, Monocyte 및 Neutrophil Seg 함량

게르마늄흑운모의 사료내 첨가에 따른 혈청내 RBC, WBC, HCT, Hb, Lymphocyte 및 Monocyte 함량은 Table 4에서 보는 바와 같다. RBC는 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 NC와 PC 처리구에 비하여 높게 나타났다(P<0.07). WBC는 18.42~22.36($\times 10^3/\text{mm}^3$)으로 NC 처리구가 가장 높은 수치를 나타내었으나(P<0.19) 유의적인 차이는 보이지 않았다. Lymphocyte에서는 NC 또는 PC 보다 게르마늄흑운모를 첨가한 NCGB와 PCGB 처리구가 높게 평가 되었다(P<0.10). Monocyte는 처리구간의 유의적인 차이를 보이지는 않았지만, NCGB 처리구가 가장 높은 수치를 나타내었으나 유의적인 차이는 없었다(P<0.11). 이상의 결과로 볼 때 육성돈 사료내 게르마늄흑운모는 성장률, 영양소 소화율 및 면역기능에 좋은 영향을 미치며 항생제 대체가 가능할 것으로 여겨진다.

Table 4. Effects of germanium biotite addition on serum components in nursery pigs¹

Item	NC	PC	NCGB ²	PCGB ²	SE ³	Contrast ⁴		
						1	2	3
RBC($\times 10^6/\text{mm}^3$)	6.35	6.49	6.55	6.85	0.25	0.09	0.07	0.07
WBC($\times 10^3/\text{mm}^3$)	22.36	21.58	19.32	18.42	3.32	0.14	0.19	0.17
HCT(%)	34.26	34.00	36.75	39.67	2.03	0.14	0.12	0.15
Hb(g/dl)	10.23	10.44	10.87	11.13	1.46	0.13	0.16	0.16
Lymphocyte(%)	50.92	52.41	53.59	54.24	3.27	0.08	0.10	0.12
Monocyte(%)	5.01	5.27	5.52	6.32	0.85	0.09	0.11	0.08

¹Pigs with an average initial body weight of 18.35±0.15.

²Added 0.5% of germanium biotite.

³Standard error.

⁴Probability for contrast : 1) NC vs PC ; 2) NC vs NCGB ; 3) Pc vs PCGB

라. 요약

본 연구는 게르마늄 흑운모를 성장시기에 있는 육성돈에 급여시 항생제 대체 평가를 하기 위해 실시하였다. 3원 교잡종(Duroc×Yorkshire×Landrace) 자돈 120두를 공시하였으며 시험개시시 체중은 18.35±0.15kg이었다. 옥수수-대두박 위주의 기초사료에 항생제 무첨가구(NC ; basal diet), 기초사료에 항생제 첨가구(PC), 기초사료에 게르마늄 흑운모 0.5%(NCGB), 항생제 첨부사료에 게르마늄 흑운모 0.5%첨가구(PCGB)로 4개 처리를 처리당 6반복, 반복당 5마리씩 완전임의 배치하였다. 총 시험기간의 일당증체량을 보면 게르마늄 흑운모를 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 높은 경향을 보였으며 특히 PCGB 처리구가 NC, PC처리구보다 증가하는 경향을 보였지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P>0.11$). 사료섭취량에서도 처리구간의 유의적인 차이는 보이지 않았다($P>0.55$). 사료 효율에서는 NC 처리구가 다른 처리구들에 비하여 낮은 경향을 보였다($P<0.05$). 질소 소화율에 있어서는 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 GB를 첨가하지 않은 처리구와 비교하여 높은 경향을 보였다($P<0.05$). Ca 소화율에 있어서는 PCGB 처리구가 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($P<0.04$). RBC는 게르마늄흑운모를 첨가한 처리구가 NC와 PC 처리구에 비하여 높게 나타났다($P<0.07$). Lymphocyte에서는 NC 또는 PC 보다 게르마늄흑운모를 첨가한 NCGB와 PCGB 처리구가 높게 평가 되었다($P<0.10$). 이상의 결과로 볼 때 육성돈 사료내 게르마늄흑운모는 성장률, 영양소 소화율 및 면역기능에 좋은 영향을 미치며 항생제 대체가 가능할 것으로 여겨진다.

마. 참고문헌

- AOAC. 1994. Official method of analysis.(16th Ed.). Association of official analytical chemists. Washington, D.C.
- Aso, H., Suzuki, F., Yamaguchi, T., Hayashi, Y. 1982. Induction of interferon and activation of NK cells and macrophages in mice by oral administration of Ge-132, an organic germanium compound. *Gantokagakuryoho* 9:1976-1980.
- Balmer, J. and Zilversmit, D. B. 1974. Effects of dietary roughage on cholesterol absorption, cholesterol turnover and steroid excretion in the rat. *J. Nutr.* 104:1319-1328.
- Kondo, N and Wagi, B. 1968. Experimental use of clinoptilolite-tuff as dietary supplements for pigs. *Yonokai*, May 1-4.
- SAS. 1996. SAS user guide. release 6.12 edition. SAS Inst Inc Cary NC. USA.
- Suzuki, F., Brutkiewicz, R. R., Pollard, R. B. 1986. Cooperation of lymphokine(s) and macrophages in expression of antitumor activity of carboxyethylgermanium (Ge-132). *Antitumor Res.* 62:177-182.
- Wenk, Casper. 2003. Herbs and botanicals as feed additives in monogastric animals. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol. 16, No. 2:262-289.
- Yang, C. J., Yang, I. Y., Oh, D. H., Bae, I. H., Cho, S. G., Kong, I. G., Uunganbayer, D., Nou, I. S. and Choi, K. S. 2003. Effect of green tea by-product on performance and body composition in broiler chick. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol. 16, No. 6:789-938.
- Yoo, B. W., Choi, S. I., Kim, S. H., Yang, S. J., Koo, H. C., Kwon, N. H., Seo, S. H., Park, B. K., Yoo, H. S., and Park, Y. H. (2002) Immunostimulatory effects of an anionic alkali mineral complex solution (BARODON) on porcine lymphocytes. *J. Swine Health and Production.* 10, 265-272
- Zaika, L.L. 1998. Spices and herbs: their antimicrobial activity and its determination. *J. Food Safty.* 9. 97-10
- 권기범, 김인호, 홍종욱, 문태현, 최상열, 석호봉. 2001. 돼지에 있어 원적외선 방사물질의 첨가가 면역반응 및 분중 미생물의 변화에 미치는 영향. *대한수의학회지* 41:37-42.
- 권오석, 김인호, 홍종욱, 이상환, 정연권, 민병준, 이원백, 손경승. 2003. 이유자돈, 육성돈 및 비육돈에 있어 케르마늄흑운모의 급여 효과. *한국동물자원과학회지.* 45:355-368.
- 석종찬, 임희석, 백인기. 2003. 생약제제(미라클)첨가가 이유 자돈의 성장률, 영양소 이용률, 분내 미생물균총 및 면역기능에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지.*

45(5): 767-776.

양창범, 김진동, 이지훈, 조원탁, 한인규. 2000b. 돼지사료중 제주 화산암 분말 (Scoria)과 Zeolite가 산육능력에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42:477-488.

한인규, 하종규, 김춘수. 1975. Zeolite의 사료화에 관한 연구, 1.육성돈에 대한 zeolite 급여효과에 관한 연구. 한국축산학회지. 17:595-599.