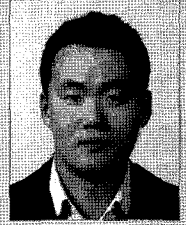


사료내 항생제 첨가금지에 따른 대처방안

항생제 대체제의 종류 및 작용기전



김 동 옥 농업박사
농촌진흥청 국립축산과학원 가금과

국민의 먹거리를 책임지고 있는 우리 축산이 변화의 시기를 맞이했다. 2005년부터 「국가 항생제 내성관리사업」 일환으로 축산용 항생제 절감 정책이 추진되어 사용가능한 배합사료 제조용 항생제가 단계적으로 축소되어 왔는데, 2011년 7월이면 전면 금지될 것이다. 배합사료 제조용 항생제 사용금지로 인해 생산성 감소, 질병 발생률 증가, 축산물 품질 저하, 치료용 항생제 사용량 증가 등의 문제가 유발될 수 있다는 우려의 목소리도 들린다. 그러나 효율적으로 대처한다면 축산 선진국으로 도약할 수 있는 기회가 될 수 있다고 생각한다.

성장촉진용 항생제를 사용한 목적은 가축 생산성 향상과 질병 예방에 있으며 이들의 배제 시 가장 우려되는 부분 역시 생산성 감소와 질병 발생 증가이다. 가축의 생산성을 높이고 질병을 예방하기 위해 기본이 되는 것은 그 주체인 가축의 강건성을 키워주는 것이다. 가축 건강 증진을 통해 질병 및 환경에 대한 저항성을 키워주고 양과 질적 향상을 꾀할 수 있는 것이다.

이를 위해서는 양질의 사료 제공, 쾌적한 사육환경 조성, 현대화된 사육시설, 정확한 백신 접종 및 효율적인 차단방역 등 가축을 둘러싼 내·외부 환경의 종합적인 관리가 기본이 되어야 하지만 본고에서는 생산성 향상 및 건강성 증진을 위한 방법으로 부각되고 있는 항생제 대체제에 대해 소개하고자 한다.

1. 성장촉진용 항생제의 작용기전 및 주요 효과

배합사료 제조용 항생제 사용 금지에 올바르게 대처하기 위해서는 우선 현재 사용하고 있는 성장촉진용 항생제가 가축에 효과를 미치는 작용기전에 대해 이해할 필요가 있다. 현재까지 알려진 성장촉진용 항생제의 작용기전은 다음과 같다.

가. 위장관의 효율성 및 영양소 재분배

성장촉진용 항생제는 장내 미생물총 안정화 및 위장관 환경 개선을 통해 영양소 효율성을 향상시킨다.

체조직 중 가장 대사가 활발한 위장관 세포의 turnover를 감소시켜 조직 유지에 필요한 영양소 및 에너지를 낮추어 상대적으로 체성장에 사용할 수 있게 한다(영양소·에너지 재분배 효과).

또한 소장 점막세포 및 용모의 분화 촉진을 통해 영양소 흡수를 증가시킨다.

나. 소장상피세포의 형태학적 변화를 통한 영양소 흡수 증진

일부 항생제의 경우 사료 내 첨가 급여시 germ free chick과 유사하게 장의 무게, 길이 및 장벽의 두께가 감소하는데 이와 같은 변화는 영양소 흡수율을 향상시킬 수 있고,

동시에 소화기관 유지에 필요한 영양소와 에너지의 절약 효과를 얻을 수 있다.

이처럼 성장촉진용 항생제는 세균 장내 번식에 의한 장벽 비후를 예방함으로써 장내의 영양 대사 작용을 정상화하여 생산성에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다.

다. 병원성 미생물 억제를 통한 질병 발생 감소

성장촉진용 항생제는 괴사성 장염, 살모넬라증, 대장균증 등의 원인균인 *Clostridium perfringens*, *Salmonella* spp., *E. coli* 등은 물론 일부 항생제의 경우에는 콕시듐과 같은 원충 역시 제어함으로써 질병 저항력이 약한 가축들에 대해 질병 예방 효과를 발휘한다.

라. 장관 내 미생물의 서식 및 증식 억제를 통한 영양소 이용률 향상

위장관 내 서식하는 미생물은 가축이 섭취한 사료를 통해 영양소를 얻는다. 다시 말해 장관 내 미생물은 유익균, 유해균 구분 없이 가축과 영양소에 있어서 경쟁 관계에 있는 것으로 사료 내 항생제의 첨가 급여는 위장관 내 미생물의 서식 및 증식을 억제하여 가축의 영양소 이용률을 향상시킬 수 있다.

마. 미생물에 의한 장관 미생물의 비타민 합성 촉진

성장촉진용 항생제는 장관 미생물총 조절을 통해 비타민 합성을 촉진하는 한편, 위장관 점막 개선을 통해 비타민 이용률을 증가시킬 수 있다.

성장촉진용 항생제 중 하나인 chlortetracycline은 장관 내 비타민 이용률을 향상시켜 분을 통한 비타민 B₁₂의 배설을 감소시키고, streptomycin은 장내 비타민 B₁₂를 생산하는 Bacillus megaterium 수를 증가시킬 수 있다고 알려져 있다.

바. 독소 생성 억제

미생물에 의한 아미노산의 탈아미노 반응 및 탈탄산 반응은 가축에 유해한 독소의 생성을 유발할 수 있다.

예를 들어 lysine의 탈탄산 반응에 의해 독소물질인 cadaverine을 생성되며, tyrosine과 tryptophan의 경우는 4-methylphenol, 3-methylindole, skatole과 같은 유해독소인 휘발성 페놀화합물 및 방향족 탄화수소가 생성된다.

성장촉진용 항생제는 사료 및 가축 소화기관 내 존재하는 유해균의 억제를 통해 독소 생성을 저해할 수 있다.

사. 미생물 urease 억제

미생물 urease에 의한 암모니아 발생은 소장 점막 손상, 영양소 흡수 이상, 성장 지연 등을 유발시킬 수 있다. 성장촉진용 항생제는 장내 미생물 억제를 통해 urease 생성을 감소시켜 암모니아 발생을 조절함으로써 암모니아에 의한 조직 손상, 체내 대사 이상을 사전에 막아 체내 대사를 원활히 하고 중독 증상을 감소시키는 역할을 한다.

아. 미생물의 cholytaurine hydrolase activity 억제

지방의 유화 및 흡수를 위해 담낭을 거쳐 소장으로 분비되는 담즙산은 지질, 지방, 지용성 성분의 흡수에 관여하는데 미생물, 특히 그람 양성균은 cholytaurine hydrolase를 분비하여 담즙산을 가수분해하여 담즙산의 기능을 감소시키고, 담즙산을 lithocholic acid로 전환시켜 간손상 및 소장 염증을 유발시킬 수 있다.

자. 면역 반응 감소

가축의 면역 반응은 기초 대사율 증가 및 영양소 흡수율 변화를 유발하는 한편, 골격 및 근육 축적에 사용되어야 할 영양소를 면역 반응에 이용함으로써 성장에 부정적인

영향을 미칠 수 있다. 성장촉진용 항생제는 병원성 미생물 노출에 의한 면역반응을 감소시켜 생산성에 긍정적인 영향을 준다.

의 효율적인 관리를 통해 해결할 수 있는 것이다.

2. 항생제 대체제의 종류 및 작용기전



〈그림 1〉 성장촉진용 항생제의 작용기전

우리에게 일반적으로 알려진 항생제 대체제는 생균제, 프리바이오틱스, 유기산, 효소제, 식물추출물, 면역증강제 등으로 직·간접적으로 유해균을 억제하고, 위장관 건강에 영향을 주는 물질들로서 기본적으로 생산성 향상, 영양소 이용률 증진, 병원성 미생물 및 유해균 제어, 장내 미생물총 안정화 및 장내 환경 개선, 면역 증진 등의 효능을 발휘해야 한다. 현재 사용되고 있는 대표적인 항생제 대체제와 이들의 작용기전 및 효과에 대해 간략히 설명하면 다음과 같다.

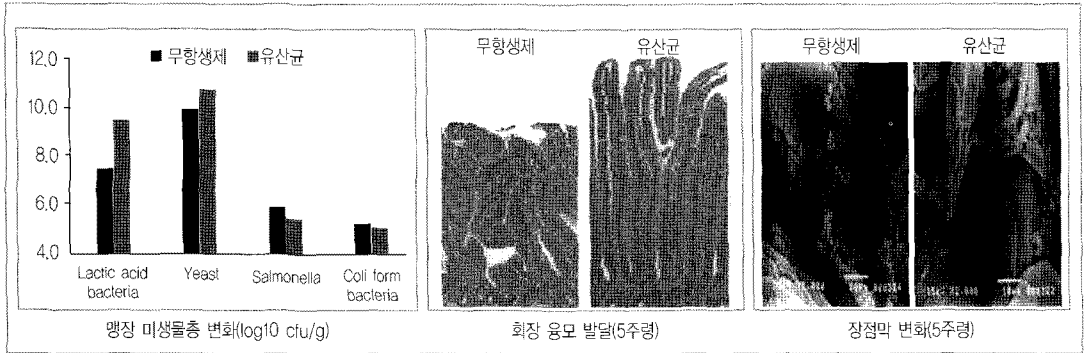
성장촉진용 항생제의 주요 효과는 위에서 설명한 주요 작용기전들이 상호 복합적으로 연계하여 나타나며, 병원성 미생물 및 유해균 억제를 통한 가축의 질병 예방, 건강 증진, 생산성 향상, 폐사율 감소, 장내 환경 개선, 소화율 및 흡수율 개선과 이를 통한 질소 및 인 배출량 감소 등 다양한 효과를 보인다.

가. 생균제

위에서 살펴본 바와 같이 성장촉진용 항생제는 가축 대사생리에 직접적으로 작용하기 보다는 내·외부 환경에 상존하고 있는 미생물을 효율적으로 제어함으로써 가축에 긍정적인 효과를 발휘한다. 역으로 표현하면 성장촉진용 항생제 사용 금지로 인해 발생할 수 있는 생산성 저하, 질병 발생 증가 등의 문제는 가축 내·외부 환경에 상존하는 미생물의 제어와 내·외부 물질의 1차 관문인 위장관

생균제는 장내 미생물 균형을 개선함으로써 숙주 동물에 유익한 영향을 주는 살아있는 미생물을 말한다. 초기에는 그 어원에서 알 수 있듯이 '살아있는 미생물'의 개념이 컸으나 최근에는 효모, 곰팡이는 물론 생균이 포함되지 않은 배양물이나 성분까지 모두 포함하고 있다.

생균제로 많이 이용되고 있는 미생물은 Lactobacillus속, Streptococcus속, Bifidobacterium속, 유포자 유산균인



〈그림 2〉 육계에 대한 프리바이오틱스의 장내 미생물총 조성 효과(국립축산과학원, 2007년)

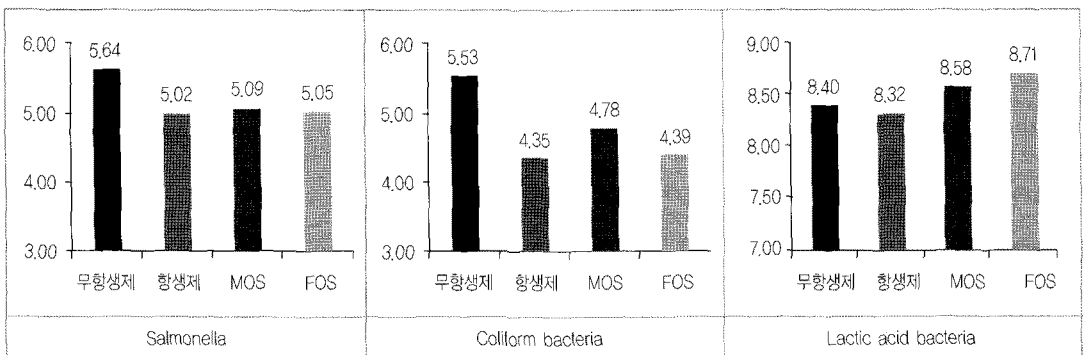
Bacillus속 및 효모 등이 있으며, 생균제로서 사용하기 위해서는 동일 숙주 기원, 비병원성, 가공 및 저장 용이성, 상피 및 점막 부착 능력, 장관 생존능력, 위산 및 담즙산 저항성, 유기산 생산 능력, 병원균 저해능 등이 고려되어야 한다.

일반적으로 가축의 위장관 점막 상피세포에 부착, 서식하면서 영양소의 분해와 흡수를 돕고 경쟁적 배제를 통해 병원성 미생물의 집락화를 억제하여 상피세포를 보호하는

역할을 수행한다. 또한 대사과정에서 생산되는 비타민, 효소, 미지성장인자 등의 대사물질이 점막세포의 분화 및 성숙을 증가시켜 영양소 이용률 개선 및 장관 면역 발달에 관여하여 가축의 생산성 및 면역 능력을 향상시킬 수 있다.

나. 프리바이오틱스 (Prebiotics)

프리바이오틱스는 가금에서 소화되지 않



〈그림 3〉 육계에 대한 프리바이오틱스의 장내 미생물총 조성 효과(국립축산과학원, 2008년)

는 성분으로 위장관 내 일부 제한된 특정 미생물의 생장이나 활성을 선택적으로 촉진·억제하여 가축의 건강을 증진시키는 난소화성 물질을 말한다.

프리바이오틱스로서 기본적으로 갖추어야 할 조건은 주요 작용부위인 대장까지 도달하기 위하여 소화관 상부에서 소화, 흡수가 되지 않아야 하고 장내 환경 개선 및 장내 유익균의 증진을 촉진해야 한다는 것이다.

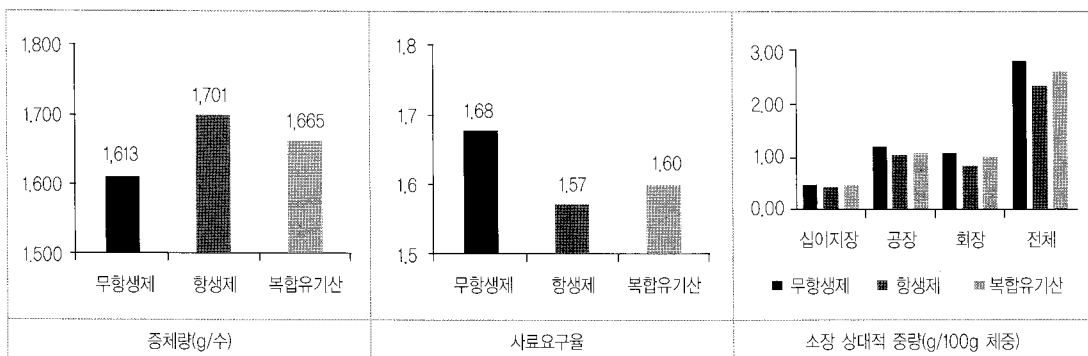
프리바이오틱스로 사용되는 것으로는 oligosaccharide, polysaccharide, 몇 종의 peptide와 단백질 등으로 MOS(mannan-oligosaccharide), FOS(fructo-oligosaccharide), 이눌린, 유과올리고당, 락툴로스 등으로 주로 bifidogenic 요인으로서 불리워지며 bifidobacteria의 성장을 자극한다. 이들은 가축의 소화효소에 의해 분해, 흡수되지 않고 유익균의 성장 및 증식을 위한 대사기질로 작용하거나, 특정 유해

균과 결합하여 배설시키므로 장내 미생물총의 안정화 및 장관면역 발달에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다.

다. 유기산

유기산은 산성을 띠는 유기화합물로 예전부터 식품의 부패 방지 및 저장기간 증진을 목적으로 사용되었으며, 곰팡이 및 미생물의 성장을 억제하여 육가공시 살균제로 이용되기도 하였다.

사료첨가제로 이용되고 있는 유기산으로는 acetic acid, benzoic acid, butyric acid, citric acid, lactic acid, formic acid, fumaric acid, propionic acid 및 sorbic acid 등이 있으며, 일반적으로 알려진 유기산의 작용기전은 항균, 항곰팡이 효과에 의한 사료 내 독소 생성 감소, 위장관 pH 조절, 소화효소 활성을 통한 영양소 이용률 향상, 장점막 자극을 통한 장관 면역 증진, 장



〈그림 4〉 육계에 대한 복합유기산제의 사료 내 첨가급여 효과(국립축산과학원, 2007년)

내 유해균인 E. coli, Salmonella 및 Campylobacter의 성장 및 증식 억제 등이 있다.

유기산은 그 종류에 따라 유해균을 억제하는 작용기전 및 억제균의 종류가 다르기 때문에 여러 유기산을 혼합하여 사용하는 것이 일반적이다. 일부 유기산의 경우 냄새, 부식성, 자극성 등이 심하여 염과 결합한 형태로 사용하고 있다. 이에 따라 혼합된 유기산의 종류 및 비율, 결합되어 있는 염의 종류에 따라 그 효과가 다르게 나타날 수 있다.

라. 효소제

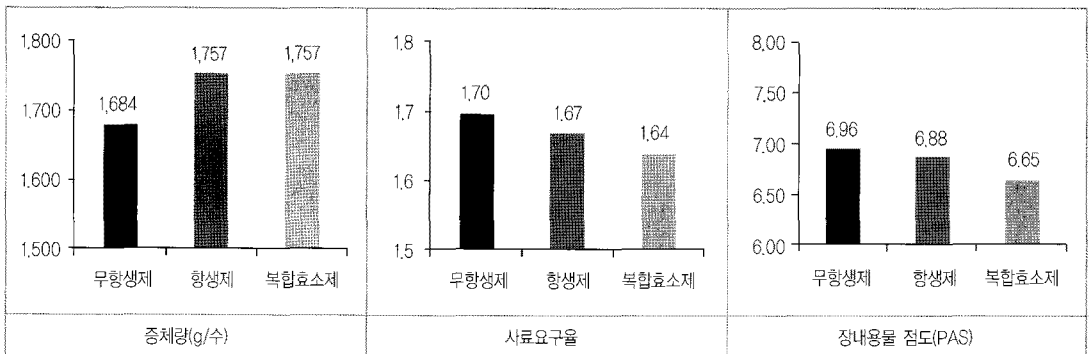
사료 내 영양소 이용 증진을 위해 공급하는 외인성 효소를 말하며, 미생물, 동·식물 유래의 다양한 효소제가 이용되고 있다. 작용하는 기질에 따라 protease, lipase, cellulase, mannase, pectinase, phytase,

xylase, β -glucanase 등이 있다.

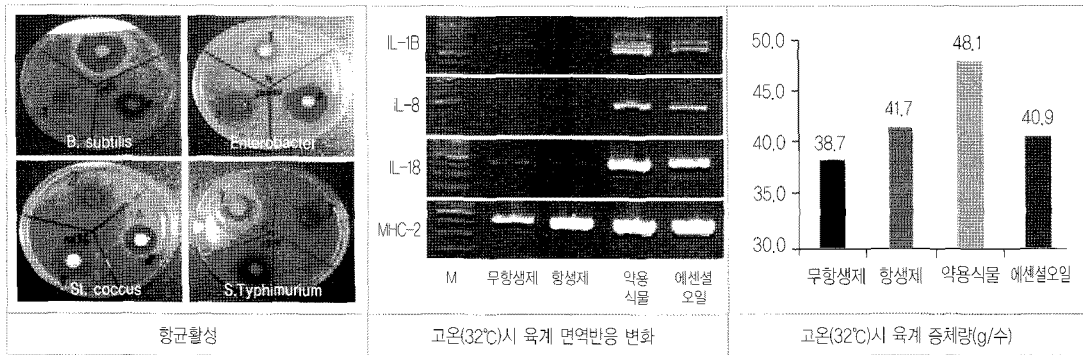
효소는 특성상 단백질 구조물이기 때문에 고온, 고압, 위산에 의해 변성되기 쉽고, 특정 pH 조건에서 활성을 갖기 때문에 작용 가능한 부위에 도달하기 전에 손상, 변성되어서는 안 되므로 가공, 보관, 체내 안정성이 무엇보다 중요하다. 이들은 사료 내 항영양인자 및 난소화성 물질을 분해시켜 가축 생산성에 긍정적인 영향을 미치는 한편, 항영양인자 및 난소화성 물질의 분해를 통해 유해균이 사용할 대사기질을 고갈시키거나 장 점도를 낮춰 장관 통과 시간을 조절하고, 영양소 흡수율 높이고 위장관 질환 발생을 낮출 수 있다.

마. 식물추출물

식물추출물은 동, 서양에서 오래전부터 약재, 향신료 및 기능성 식품으로 이용되어 왔으며, 항산화, 항균, 항암, 항독소, 스트레



〈그림 5〉 육계에 대한 복합효소제의 사료 내 첨가급여 효과(국립축산과학원, 2008년)



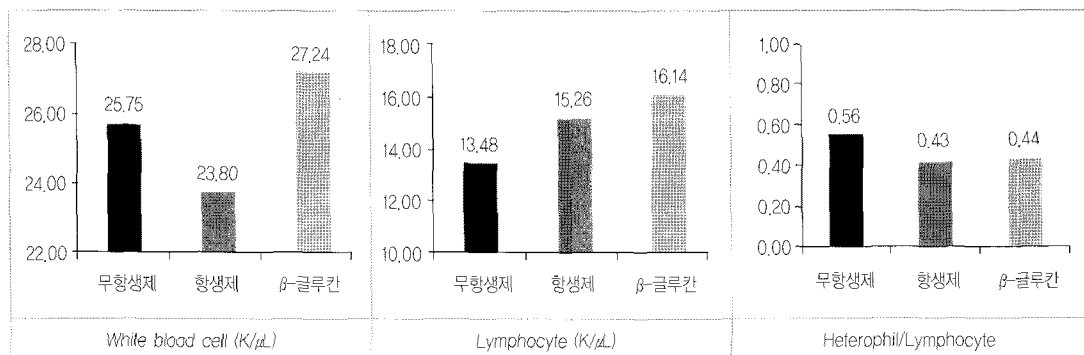
(그림 6) 식물추출물의 주요 효과(국립축산과학원, 2008년)

스 저감, 면역 조절 등의 다양한 생리활성효과를 널리 알려져 있다. 최근에는 천연 항산화제, 항균제, 스트레스 저감제 및 성장조정제 개발을 위해 다양한 분야에서 이용되고 있다.

식물체 내에서 생리활성을 발휘하는 물질은 2차 대사산물로서 phenol, phenolic acid, quinone, flavone, tannin 및 coumarin 등이 속하는 페놀계 화합물과 방향족 성분인 terpenoid와 essential oil 그

룹, 그리고 alkaloid, lectin 및 polypeptide 그룹으로 크게 구분할 수 있다.

식물체 내 존재하는 생리활성물질은 다양하고 복잡하여 정확한 작용기전은 밝혀지지 않았으나, 식욕 및 소화 촉진, 장관 내 병원균 증식 억제를 통한 장관 안정화, 장관 자극에 의한 장관 면역 증가 및 소화효소 분비 촉진 등 식물체 내 다양한 인자들이 가축의 생리 및 대사 작용에 영향을 미칠 수 있다.



(그림 7) 육계에 대한 β-글루칸의 첨가급여가 백혈구 구성에 미치는 영향(국립축산과학원, 2008년)

바. 면역증강제

면역증강제는 가축이 본래 가지고 있는 면역기능을 활성화시켜 질병에 대한 저항성을 높여주는 물질을 말하며, 대표적인 면역증강제로 β -글루칸, 렉틴 등이 있다. 주로 고분자 다당체나 당단백질로서 면역세포를 자극하여 활성화시키거나 분열을 촉진한다. 면역기능 활성화를 통해 외부로부터 병원균이 침입했을 때 보다 빠르게 반응하여 질병에 의한 피해를 줄일 수 있다.

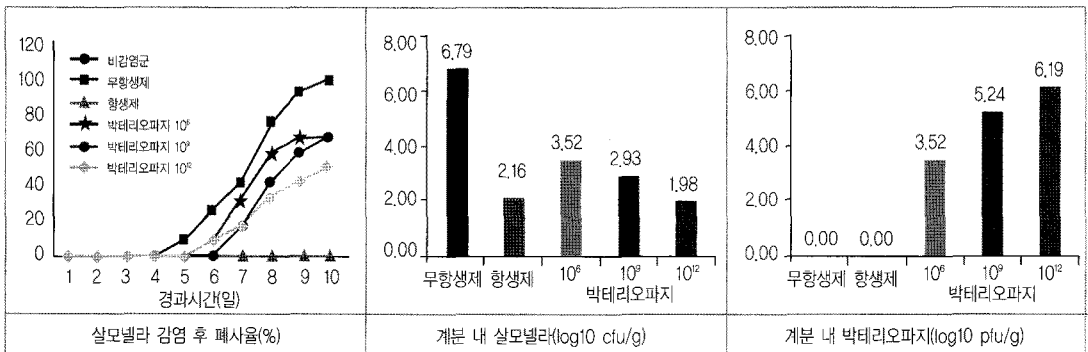
질병 침입이 없는 건강한 상태에서 β -글루칸 및 렉틴 등의 사료 내 급여를 통한 생산성 개선 및 영양소 이용률 향상 효과는 다른 항생제 대체제에 비해 높지 않으나, 백신 접종 및 질병 노출시 체액성, 세포성 면역이 빠르게 활성화되는 것을 확인할 수 있다.

사. 박테리오파지(Bacteriophage)

박테리오파지는 미생물을 숙주세포로 하는 바이러스를 통칭하는 말로 특정 미생물에 한해 특이적으로 작용하기 때문에 신개념 항생제 대체제로 주목받고 있다.

이들의 작용기전은 용균성 박테리오파지의 생활사에서 찾을 수 있다. 이들은 숙주미생물 표면의 특정성분에 부착하고, 유전물질을 내부로 주입한다. 이후 숙주미생물 내부의 기질 및 효소를 이용하여 증식을 하고 효소를 분비하여 세포막이나 세포벽을 용해하고 숙주미생물 밖으로 나오게 된다. T4 파지의 경우에는 하나의 숙주미생물 침입 후 방출될 때 새로운 박테리오파지의 수가 100~200개에 달한다.

이들은 미생물 표면의 특정성분을 인지하고 부착하기 때문에 특정 미생물에 한해서만 항균력을 발휘하게 된다. 따라서 이들의 사용시 장관 내 서식하는 유익균에는 영향



(그림 8) 박테리오파지의 질병저항성 및 살모넬라 억제 효과(국립축산과학원, 2009년)

을 주지 않고 목표로 하는 특정 유해균만을 억제할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

또한 분을 통해 배출된 이들은 계분을 통한 2차 감염을 감소시키는 효과를 나타낼 수 있다.

이 외에도 중쇄지방산, 무기산, 박테리옌(Bacteriocin) 등이 항생제 대체제로 사용되고 있으며, 작용기전이 서로 다른 두 가지 이상의 항생제 대체제를 혼합하여 상승 효과를 기대하는 synbiotics 개념이 도입·적용되고 있다.

3. 결론

상기 여러 종류의 항생제 대체제의 작용기전 및 주요 효과에 관해 소개했다.

사람들을 만나 항생제 대체제에 대해 이야기를 하다보면 ‘여태까지 시험한 항생제 대체제 중 무엇이 가장 효과적이라고 생각하니까?’ 라는 질문을 많이 받는다. 이들 모두가 항생제 대체제라는 큰 카테고리에 묶여 있고 가축 생산성 향상, 건강성 증진이라는 근본 목적은 동일하지만 실제 작용하는 기전과 밑바탕에 깔려 있는 핵심 효과는 다르다. 닭의 상태, 성장단계, 사육환경, 계절적 요인 등을 종합적으로 고려하여 사용하는 것이 현명할 것이다.

다양한 종류의 항생제 대체제의 효과 구명 및 적용기술 확립을 위해 여러 시험을 수행

하면서 얻은 결론은 가축을 둘러싼 다양한 내·외부 환경요인에 의해 서로 다른 결과가 나타난다는 것이다.

항생제 사용을 통해 모든 질병 및 스트레스를 제어할 수 없었던 것처럼 항생제 대체제로도 마찬가지이다. 병아리, 사료, 사양·환경 관리, 백신, 위생방역 등의 전범위적인 종합관리가 우선시 되어야 하는 것이다. 항생제 대체제는 항생제와 마찬가지로 가축 생산성 향상 및 건강 증진을 위한 하나의 수단이지 근본적인 해결책은 될 수 없는 것이다.

2011년은 구제역 및 AI 발생, 한·미, EU FTA 협상 추진, DDA 협상 재개, 국제곡물가 급등, 배합사료 제조용 항생제 사용금지 등으로 어려운 시기일 수 있다.

그러나 이를 통해 가축방역체계 개선 및 축산선진화를 위한 방안이 수립·추진되고 있으며, 시설 현대화 사업 등 범국가적 지원 및 정책이 확대 실시되고 있다. 우리가 생각을 돌려 적극적으로 이 시기를 활용한다면 지금은 위기의 시기가 아닌 기회의 시기, 발전의 시기될 수 있을 것이다. 