

新素材와 最新技術에 관한 연구동향(上)

편집기획실

서론

사료축산분야에 있어서 사료효율의 개선이나 가축의 생산성 향상을 기하기 위해 새로운 소재를 개발, 이용하는 경우 생산성 향상뿐만 아니라 생산된 축산물의 품질과 소비자의 사용을 고려하는 일이 중요하게 되고 있다. 소비자는 자기가 먹는 식품이 신선하고 안전하기를 바라기 때문에 안전성과 건강을 보장하는 특징적인 인상을 주는 축산물의 개발은 축산물의 자유화나 축산물소비의 확대가 요구되는 냉엄한 환경하에서는 이것이 축산에 부여되는 큰 사명이라고 할 수 있다.

축산물에 있어서 또한가지의 큰 과제는 안전성이다. 항생물질, 항균제의 유효한 사용으로 높은 생산성을 유지하고 있는 현재의 축산에 있어서 금후에 이것을 대체할 수 있는 안전한 소재의 검색은 대단히 중요한 과제이다.

세균감염증에 대한 치료약으로서 설파제나 페니실린제가 발견되면서부터 약 50년간에 대단히 많은 수의 새로운 항균제가 개발되었다. 그리고 항균제는 수의축산영역에서도 30년 가까이 소, 돼지, 닭의 감염증 치료보다도 그 예방 및 성장 촉진과같은 광범위한 목적을 위해 응용돼서 큰 효과를 거두었으며(Rosen, 1984) 또한 광범위 항균제의 응용이 현재의 축산발전에 크게 기여하고 있는것은 주지의 사실이다(Armstrong, 1984).

그러나 이와같은 광범위항균제에 있어서 두가지의 문제가 제기되었다. 첫번째는 약제내성균의 출현문제이고 둘째는 약제의 축산물에서의 잔류문제이다. 이러한 두가지 문제점은 최근에

식품의 안전성이라는 견지에서 세계적으로 문제가 되고있고 일본에서도 이러한 추세에 따라 사료에 첨가되는 항균성약제에 대해서 상당한 규제를 가하고 있는 실정이다(高橋 勇, 1979).

항생물질에 반대되는 개념을 지닌 생균제도 유용한 소재중의 하나이다. 모든 항균제의 사용이 대폭 규제를 받고 있는 유럽에서는 이러한 생균제를 유효하게 활용하기 위한 프로그램이 적극적으로 개발되고 있으며 일본에서도 1991년부터 생균제의 평가기준이 제정되어서 사료첨가물로서 지정되기 위한 작업이 개시되고 있다. 사료중의 안정성이나 장관내의 내산성때문에 유포자균이나 특수기질로 처리된 균의 이용이 중심이 되고 있지만 항균제에 비해서 효과가 완만한 생균제는 그 효과를 최대로 발휘하기 위해서는 사용법을 새로운 관점에서 검토할 필요가 있다. 미국에서는 특정의 생효모(live yeast)나 효모배양물(Yeast Culture)이 병용돼서 유효하게 사용되고 있다. 일본의 경우 넓은 의미에서 미생물의 이용은 높은 기술수준과 광범위한 효과의 가능성때문에 금후에도 기대되는 개발분야라고 사려되어 지고있다.

근년 가축의 생산효율을 향상시키기 위한 성장호르몬의 무한한 잠재력이 특히 돼지나 젖소의 사양시험 결과에 의해서 밝혀지고 있다. 돼지성장호르몬을 매일 주사처리한 돼지는 순수지방조직의 축적이 감소되었을 뿐 아니라 평균일당중체량, 사료효율 및 근육성장의 뚜렷한 향상을 나타내었다(Chung 등, 1985; Etherton 등, 1986; Campbl 등, 1988). 유전자 조작된 소성장호르몬을 주사처리한 고능력우에 있어서는 40%이

상의 우유생산증가가 보고되었다.

따라서 본고에서는 신소재와 최신기술에 대한 최근의 연구동향 논문을 정리하여 수의사회원들에게 참고자료로서 제공하고자 한다.

1. 생균제

1) 숙주미생물총의 개요

출생전의 가축은 일반적으로 미생물과 완전히 단절된 상태이다. 그러나 출생관을 통하여 나올 때 그 피부는 미생물에 의해 둘러싸이고, 출생 후 며칠동안 미생물은 상기도와 위장관을 통하여 들어간다. 이 미생물중 일부는 새로운 환경에서 자라고 생존할 수 있다. 즉, 그들은 숙주 세포에 콜로니를 형성하고 정상적인 미생물총(microflora)을 형성한다(그림 1). 비록 정상적인 균총을 형성하는 몇몇 세균이 병원균이라 할지라도 그들은 몸의 다른 부분 즉, 콜로니로부터 보호받지 못하는 곳으로 이동하지 않는 한 거의 병을 일으키지 않는다. 예를 들어 *Escherichia coli* 는 정상적으로 대장에서는 무해하게 성장하지만 소장으로 역류하면 심각한 감염증세를 일으킬 수 있다. 일반적으로 해가 없는 정상적인 균총이라 할지라도 면역결손숙주(immunocompromised host) 즉, 면역체계가 결여된 개체에서는 심각한 병을 초래할 수 있다.

표 1. 정상적인 장내세균총의 기능에 대한 요약

-
- Morphokinetic action
 - Regulation of gas composition of host cavities
 - Participation in metabolism of proteins, carbohydrates, lipids, nucleic acids and other substances
 - Production of biologically active compounds(vitamins, hormones, toxins, antibiotics, etc.)
 - Participation in water-salt metabolism
 - Provision of colonisation resistance
 - Immunogenic function
 - Participation in recirculation of bile acids, steroids and other macromolecules
 - Mutagenic/antimutagenic function
 - Detoxication of exogenic and endogenic substrates and metabolites
 - Storage of microbial plasmid and chromosomal genes
 - Source of infection
 - Source of energy for host's cells
-

정상적인 균총을 구성하는 미생물은 제한된 공간과 주변환경하에서 영양분을 이용하는데 유효적절하게 경쟁하고 있기 때문에 그 균총내 각 개체의 증식은 제한되며 새로운 미생물이 숙주에 콜로니를 형성하는 것은 어렵게 된다. 정상적인 균총집단이 감소하게 되면 경쟁을 감소시킴으로써 병원균의 성장을 촉진시킬 수 있다. 정상적인 미생물총의 기능과 숙주미생물총의 정상화가 인간 및 가축에 미치는 의미는 표 1, 2와 같다. 또한 미생물균총이 장관내에서 상재균으로서 인정될 수 있는 기준을 요약하면 표 3과 같다.

(1) 무균동물

숙주방어에서 정상적인 미생물균총이 결정적으로 중요하다는 직접적인 증거는 무균동물(germ-free animal)의 연구로부터 얻을 수 있는데 무균동물은 제왕절개에 의해 새끼를 낳고 무균 환경에서 키우도록 고안된 특별한 기술과 장비를 이용하여 현재는 쉽게 얻을 수 있다. 성성숙에 이르자마자 그들을 교배시켜 무균적인 한배 새끼를 낳음으로써 미생물균총이 결핍된 동물의 집단을 유지시킬 수 있다. 그런 동물들은 표면상으로는 정상이지만 덜 발달된 림프조직과 비정상적으로 얇은 장벽 및 매우 확장된 맹장을 가지고 있다. 그 혈액은 비정상적으로 항체의 농도가 낮고, 사료에 장내의 미생물에 의해 정상적으로 합성되는 비타민 K를 공급해야만

표 2. 숙주미생물총의 정상화가 인축에 미치는 의미에 대한 요약

- Inoculation of host nonpathogenic microbial strains to newborns
- Administration of large amounts of antagonistic microbial strains to adults
- Treatment with drugs Promoting selective multiplication of anaerobic indiginies microflora representatives
- Addition to food of compounds, metabolites of normal microflora inhibiting growth of potentially pathogenic microorganisms
- Administration of modulators increasing production of secretary immunoglobulins
- Administration of drugs with inhibitory effect on microorganisms not specific of the given biotope
- Administration of antiadhesive antibodies and lectins blocking capacity of pathogenic bacteria for adhesion

표 3. 미생물총이 장관내에서 상재균으로 평가될 수 있는 기준에 대한 요약

고유미생물세균총

1. Can be found in healthy adults of either sex.
2. Colonize a habitat early in life, persist throughout life.
3. Can grow in vitro in anaerobic atmosphere or atmospheres with only low partial pressures of oxygen(2-4%).
 - a. In a culture medium containing carbon, energy, nitrogen, and other essential nutrients known to be extant in a gastrointestinal tract.
 - b. At environmental conditions similar to those prevailing in a particular subregion of a tract,i.e., fore-, mid-, or hindgut.
4. Always colonize a habitat within a certain area of a tract.
5. May colonize an epithelial surface or a mucous gel overlying an epithelial surface in a particular subarea of a fore-, mid-, or hindgut.

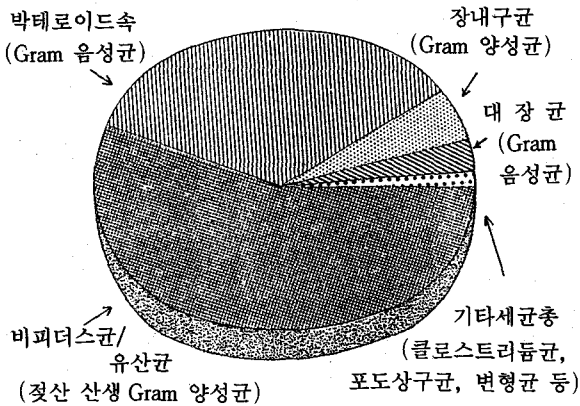


그림 1. 가축 장내 정상세균총의 조성비율.

한다.

또한 무균동물은 미생물질병에 대하여 비정상적인 감수성을 나타낸다. 병원균에 노출되면 무균동물들은 대부분의 경우 정상 미생물군총을 가진 동물보다 훨씬 저항성이 낮다. 무균동물은

감염시키는데 필요한 세포수는 정상숙주에서 병을 일으키는데 요구되는 균수보다 대부분 매우 적다.

2) 생균제로 사용되는 미생물의 종류(표 4)

3) 생균제의 작용기전

미생물첨가물(Probiotics)은 장내세균총에 영향을 미친다는 양호한 증거는 있지만 이러한 영향이 어떻게 해서 행해지는지는 확실하게 밝혀지고 있지 않다. 지금까지 밝혀진 생균제가 장내세균총에 영향을 미치는 요인 및 영향을 정리하면 다음과 같다(Fuller, 1992).

(1) 면역의 자극

유산균을 경구투여하면 탐식세포(Macrophages)활성을 자극하는 것으로 보고되고 있다(Perdigon, 1986). 이와같은 조직적인 효과의 가능성은 생균제의 새로운 효과의 가능성을 나타내게 되었고 조직의 감염을 장관으로부터 멀어지게

표 4. 지난 수년간 생균제로 인정된 미생물생균의 종류

GRAS로 인정된 미생물	
Lactobacillus acidophilus	Lactobacillus brevis
Lactobacillus bulgaricus	Lactobacillus casei
Lactobacillus cellobiosus	Lactobacillus curvatus
Lactobacillus delbruekii	Lactobacillus fermentum
Lactobacillus lactis	Lactobacillus plantarum
Lactobacillus reuterii	
Streptococcus cremoris	Streptococcus diacetylactis
Streptococcus faecium	Streptococcus intermedius
Streptococcus lactis	Streptococcus thermophilus
Bacillus coagulans	Bacillus lentus
Bacillus subtilis	
Bacteroides amylophilus	Bacteroides capillosus
Bacteroides ruminicola	Bacteroides suis
Bifidobacterium adolescentis	Bifidobacterium animalis
Bifidobacterium infantis	Bifidobacterium longum
Bifidobacterium thermophilum	
Leuconostoc mesenteroides	
Pediococcus acidilacticii	Pediococcus cerevisiae
Pediococcus pentosaceus	Propionibacterium freudenreichii
Propionibacterium shermanii	
Aspergillus niger ¹	Aspergillus oryzae ¹
Bacillus lincheniformis ¹	Bacillus pumilus ¹
Bifidobacterium bifidum ²	
Saccharomyces cerevisiae ¹	

¹Yeast or fungi. ²Formerly Lactobacillus bifidus.

하는 일이 도래하는 것을 시사하고 있다. 탐식 세포의 활성을 자극하는 것은 장내세균총의 구성에 영향을 줄 뿐아니라 조직적으로 만들어진 항체가 장내로 유입되는 증거가 되고 있다.

(2) 영양소에 대한 경합

장관에서는 영양소가 풍부하기 때문에 장내세균이 영양소조성에 영향을 미치게 되는 일은 어려운 것으로 사려되고 있지만 미생물이 자신의 기구를 잘 이용하기 위해서는 단일의 영양소가 제어인자로 되는 경우도 존재하기 때문에 연구를 필요로 하고 있다. 장내에 있어서 Clostridium difficile의 성장을 억제하고 있는 인자는 영양소에 대해 경합을 하는 것으로 알려지고 있다

(Wilson & Perini, 1988).

(3) 흡착수용체(Receptors)에 대한 경합

상피세포에서의 흡착과 장내정착과의 사이에 관계가 있다는 것은 잘 확립되어 가고 있다. 서서히 성장하지만 장벽에 부착된 세균은 정착되지만 부착되지 못한 세균은 상대적으로 빨리 탈락하게 된다. 장벽에 부착함으로써 장내용물이 연동운동에 의해 유출될 때 미생물이 장관으로부터 씻겨나가는 것으로부터 저항하는 일이 가능하게 된다. 또한 생균제 미생물이 장벽의 부착장소를 점거하면 이 장소에서 살아남기 위해서 의지하고 있던 세균은 장관으로부터 배제되게 된다. 대장균을 이용한 실험에서 이 원칙은

울타는 것이 입증되었다(Davidson & Hirsh, 1976). 돼지에 비병원성계통의 K 88 *E. coli*를 투여하면서 부터 병원성계통의 K 88 *E. coli*로 공격하면 비처리의 대조군에 비해서 처리군에서는 감염에 대해서 보다 강한 저항성을 나타내었다. 이행 상피세포에서의 *E. coli*의 부착은 유산균 전체 또는 유산균세포벽 Fluckment로 전처리함으로써 방어되고 있다(Chan, 1985).

생균제미생물의 효과와 부착과는 직접적인 관계는 없지만 어떤 특정 미생물의 장관에서의 정착은 그 미생물에 대단히 가까운 미생물로 전처리하는 것에 의해 방어되고 있다는 것을 나타내고 있다. 이와같이 가금에서는 장관의 *S. typhimurium*의 존재는 비병원성계통으로 전처리하는 것에 의해 잘 방어되고 있다.

(4) 항균성물질의 산생

항균성물질은 살아있는 미생물수 또는 미생물의 대사를 변화시키므로써 변동하는 것인지에 대해서는 확실하게 알려지고 있지 않다. 유산을 생성하는 세균은 광범위한 종류의 항균성물질을 생산한다. 수종의 항생물질성 물질이 산생되고 있지만 장관에서의 작용은 확실히 증명되고 있지 않기 때문에 차후에 많은 연구가 요망되고 있다. 유기산과 같은 대사산물은 항균성효과를 함유하고 있다. 장관에서 *E. coli*나 *Shigella sonnei*를 억제하는데는 유기산이 중요하게 되는 것이 알려지고 있다(Pongpoch & hentges, 1989).

4) 유산균과 유산균이 산생하는 항생물질과의 관계작용

미생물이 생육과정중에 생성하게 되는 각종 대사산물이 가축 및 사람에게 유익한 작용을 하게되면 이 미생물은 유익한 미생물로 각종 발효 산업에 응용된다. 인류에게 유익한 작용을 하는 유산균중 특히 몇몇 유산균은 다른 미생물의 증식을 억제하는 독특한 항균물질을 생산한다.

유산균에 의한 병원성 세균의 생육억제기작은 젖산과 초산 기타의 유기산에 의한 pH저하와 과산화수소의 생성에 의한 것으로 알려져 왔다. 1974년 메틱(Matic)과 허쉬(Hirsch)에 의하여 유산균도 일반 미생물과 같이 항균물질을 생산하여 다른 세균의 작용을 억제함이 알려져 그후 많은 연구를 통하여 각종 유산균이 생성하는 항

균물질의 특성과 구조가 밝혀지게 되었다.

유산구균(乳酸球菌)이 생성하는 항균물질로는 니이신(nisin)과 디플로코신(diplococcin)이 있다. 니이신은 스트렙토코쿠스 락티스(*Streptococcus lactis*)균이 생산하는 세균발육억제 물질로 독성이 있고 장내에서 트립신(trypsin)과 장내상재균에 의해 쉽게 분해되며 식품변패 원인균인 호열성포자생성균 증식에 강력한 억제작용을 지녀 식품보존 및 품질향상에 이용가치가 높다. 니이신의 가열에 대한 안정성은 pH4.8에서 100°C에 120분간 가열 또는 121°C에서 60분간 가열시 약간의 활성저하를 나타내고 pH7.4에서는 급격한 활성저하를 보인다.

디플로코신은 스트렙토코쿠스 크레모리스(*Streptococcus cremoris*)균주가 생성하며 니이신과 유사기능을 가지나 다른 미생물의 발육억제능력이 약하며 온도에 민감하여 100°C에서 수분 가열동안 쉽게 상실된다.

유산간균(乳酸桿菌)이 생성하는 항균물질로는 불가리칸(Bulgarian)과 락토시딘(Lactocidin)이 있다.

요쿠르트를 비롯한 각종 발효유의 제조에 널리 이용되는 락토바실러스 불가리커스(*Lactobacillus bulgaricus*)균이 생성하는 항균물질인 불가리칸은 pH2.2의 강산성에서 120°C정도 가열해도 안정성을 보이며 병원성·비병원성균의 생성을 억제한다. 그러나 일부 곰팡이 종류와 효모에는 억제력이 없는 것으로 판명되었다.

락토시딘은 발효유의 중균으로 이용되고 있는 락토바실러스 애시도필러스(*Lactobacillus acidophilus*)균이 생성하는 길항물질로 애시도필린(acidophilin)이라 부른다. 락토시딘은 식품부패균과 식중독균, 대장균과 고초균에 대한 길항작용이 있고 특히 Gram음성세균에서 억제작용이 크다.

이외에도 락토바실러스 프란타룸(*Lactobacillus plantarum*)균이 생성하는 락톨린(Lactolin)과 혐기성유산균인 비피더스균(*Bifidobacterium*)도 항균물질을 생성하는 것으로 알려져 있다.

유산균에 의해 생성된 항균물질의 섭취로 인한 인축체내에서의 무해성(無害性)은 유산균 사용역사와 더불어 증명되었고 이러한 안전성과 외국의 사용예, 강력한 유해물질에 대한 방부효

과를 고려하여 볼 때 각종 유산균의 길항물질의 응용범위는 넓고 개척할 여지가 많다고 생각되기 때문에 가축의 장내에서의 응용에 대해 좀더 깊은 연구가 요망되고 있다(예:유방염연구의 사용).

5) 항생물질과 생균제의 병용

치료량(治療量) 이하의 저농도 항생물질은 증체성적 개선을 위해 과거 40년 가까이 가축·가금의 사료에 첨가되어 왔다. 그리고 효모, 세균 등의 생균제를 첨가하는 것도 널리 확산되어 왔다. 항생물질 첨가와 생균제의 이용은 얼핏보기에 서로 모순이 있는 것처럼 보인다. 그러나 항생물질과 생균제의 병용은 증체성적 개선에 유효하다고 하는 것을 시사하는 자료가 발표되고 있다.

in vitro(시험관내)의 배양실험에서는 생균제로 이용되는 미생물의 많은 균주(菌株)에 대하여 항생물질 및 항콕시듐제에 대한 감수성이 조사되었다. 배지(培地)에서 사료에 첨가되는 것과 같은 농도의 항생물질 등이 첨가되었다. 첨가농도는 약제업체의 지정에 따랐다. 균은 생균제로 이용되는 바실러스(Bacillus) 또는 바실러스와 혼합한 균을 사용했다. 배양결과 세균의 생육을 저지하지 않았던 약제농도가 보고되었다.

일부의 광범위 항생물질 및 페니실린, Gram 양성균에 유효한 항생물질은 생균제로 이용되는 세균의 생육을 억제하는 경향이 강했다. 바실러스균주에 의한 감수성의 차이는 명백하여 어떤 종의 균주는 항생물질에 대한 감수성이 낮았다. 이와같은 억제농도의 차이는 in vivo(생체내)에 있어서도 존재한다고 생각된다.

(1) 항생물질과 생균제의 순차투여: 생균제 투여시에 장에 다른 균이 이미 다량으로 정착하고 있는 경우 또는 투여한 균이 이미 정착하고 있는 균을 치환할 수 없는 경우, 그 효과는 기대한 만큼 충분하지 않다. 이와같은 경우에는 생균제투여에 앞서 항생물질을 투여할 필요가 있다고 생각된다.

브로일러와 칠면조에서 실시한 실험에서는 살모넬라의 감염에 대한 각종 항생물질의 영향을 성숙된 조류(鳥類)의 맹장배양물의 동시투여의 유무로 비교했다.

같은 양의 항생물질 투여에서도 맹장배양물의 동시투여를 하면 살모넬라의 존재가 대폭적으로 감소한다는 점이 시사되었다. 또 항생물질과 생균제의 동시투여에 의해서 항생물질내성의 출현이 억제된다는 점이 실험적으로 시사되었다.

(2) 항생물질과 생균제의 병용투여: 체중 53.3 파운드의 어린돼지(幼豚)를 사용한 실험에서는 항생물질첨가 4처리(무첨가 대조, CSP 250: 250g/톤, 네오마이신: 140g/톤, 네오테라마이신: 네오테라마이신 100g+옥시테트라사이클린: 100g/톤)와 市販 유산균 배양물 첨가 有無의 2처리 조합으로 증체시험을 실시했다. 시험결과 항생물질 첨가는 증체성적을 개선하고 항생물질 무첨가구보다는 유산균배양물을 첨가한 구의 1일당 증체량이 컸지만 항생물질과 유산균배양물의 상호작용은 유의하지 않았다.

칠면조에 의한 시험에서는 항생물질첨가 5처리구(무첨가대조, 페니실린, 스트렙토마이신, 아연바시트라신, 범바마이신)와 고초균배양물첨가 유무의 2처리 조합으로 증체시험을 실시했다.

증체와 사료효율은 항생물질의 종류에 의해서 차이가 있었지만 고초균배양물 첨가에 의한 사료효율의 개선은 모든 종류의 항생물질과의 조합에서 더 뚜렷하였다.

(3) 효모와 항생물질의 병용투여: 유산균이 장내 세균총의 조절을 통해서 그 효과를 나타내는데 비해 효모는 소화정장의 보조제로서 활동한다. 따라서 성장촉진효과가 있었던 경우에 효모가 항생물질의 성장촉진효과를 대체하는 것이라고는 생각되지 않는다. 효모의 균주선택은 항생물질에 대한 감수성과 펠렛(pellet)가공에 대한 내성을 지표에 넣을 필요가 있다.

자돈을 이용하여 합성항균제와 효모배양물의 병용효과를 조사한 시험에서는 합성항균제 또는 효모배양물 개개의 첨가에서는 스타터(인공유)만이 효과가 인정되었으며 3~5주령에서는 모두 무효였다. 한편 효모배양물의 효과는 합성항균제와의 조합에서는 첨가량이 많을수록 증체효과가 크게 나타났다.

이상의 연구로 볼때 항생물질은 경우에 따라서는 생균제의 효과를 증강한다고 생각되지만

표 5. 항생물질이 숙주미생물총에 미치는 영향에 대한 요약

- Formation and selection of microorganisms resistant to antimicrobial agents.
- Selection of atypical microbial strains and formation of new microbial association
- Formation of contingents of persons with congenital lowered resistance to infections
- Broadening of the spectrum of diseases in pathogenesis of which representatives of host microflora of biologically active compounds produced by them are participating
- Changes in pharmacokinetics and biotransformation of drugs and other chemical compounds
- Decrease in efficacy of chemotherapy and chemoprophylaxis and increase in expenses on treatment of patients
- Changes in behaviour reactions
- Changes in etiological structure of infectious diseases

표 6. 돼지에 있어서 생균제와 항생제의 병용에 대한 사양시험결과의 요약

배 양 물	보 고 자	돼 지 수	돼지일령	투약된 항생물질	대조구에 대한 반응(%)	
					일상증례량	사료효율
LFP ^a	Tanksley(1978)	64	3	Carbadox	12.9	3.5
		64	4	Carbadox	5.3	8.3
		64	5	Carbadox	-2.3	8.0
	Cowman <i>et al.</i> (1978)	650	3-5	None	8.7	3.3
	Hale and Newton(1979)	30	4-5	ASP-250	5.4	8.2
Mixed	Pollmann <i>et al.</i> (1984)	88	1-2 days	None	14.1	11.3
	Holden(1976)	32	3	ASP-250	-2.9	-2.0
	<i>Lactobacillus</i> species ^b	Mahan and Newland(1976)	288	4	ASP-250	-2.7
Cline, Forsyth and Plumlee(1976)		144	5	Not stated	-8.5	3.3
Baird(1977)		100	3	None	10.8	7.2
Pollmann <i>et al.</i> (1980a)		192	3	None	4.5	7.2
		224	3	None	9.7	21.4
<i>Lactobacillus</i>	Pollmann <i>et al.</i> (1980b)	72	3	None	8.0	3.3
	England <i>et al.</i> (1972)	155	3	None	7.5	-
	Pollmann <i>et al.</i> (1980b) ^c	72	3	None	11.0	1.5

그 효과를 얻기 위해서는 생균제의 항생물질에 대한 감수성, 동물의 종과 연령, 항생물질과 생균제의 투여순서와 시기 등을 충분히 고려하지 않는 한 효과를 기대할 수 없다. 특정한 병원체가 존재하는 경우에는 또 다른 관점에서 고려할 필요가 있다(표 5, 6).

6) 유산균이 장관면역작용에 미치는 작용

유산균 및 장내세균이 병원균 감염을 방지하거나 혹은 종양세포의 축소에 효과를 나타내는

것으로 보고되고 있다.

이러한 작용은 결국 유산균이나 장내세균이 생체의 면역기능을 강화시켰기 때문이다. 이러한 작용의 메카니즘을 탐구하는 것은 유산균과 장내세균이 가지고 있는 면역증강 효과를 더욱 향상시키기 위하여 필요할 뿐만 아니라 면역학에 새로운 견해를 제공하는 것이기도 하다. 그림 2에 생체방어체계를 나타냈다. 이 그림에 나타난 바와 같이 생체방어에 있어서 그 메카니즘의 대부분이 면역계통에 의하여 이루어지고 있

음을 알 수 있다. 면역계에 있어서 주역을 담당하고 있는 것이 Peyer板이다.

이 腸管면역계의 독특한 작용을 정리한 것이 (그림 3)이다. 장관에 있어서는 ①IgA의 생산 ②Oral tolerance(경구면역 寬容) ③homing이 큰 특징으로 되어 있다.

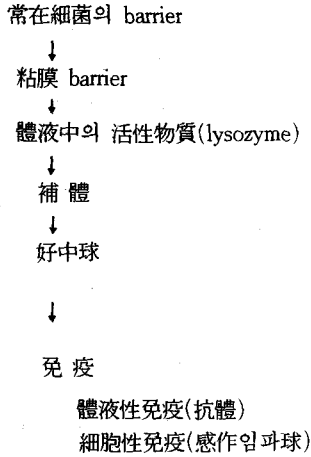


그림 2. 生體防禦體系.

비특이적 기구에 있어서는 lactoferin, transferin, 보체, interferon 등의 물질이 방어작용을 나타낸다. 식세포계통과 natural killer(NK) 세포에도 방어작용이 있다. 식세포계(食細胞系)도 好中球, 好酸球, macrophage 등 여러가지 형태로 분화되어 있는데 異物粒자를 세포막으로 둘러싸고 탐식작용으로 처리해내는 전형적인 식세포로서는 好中球나 macrophage가 대표적인 것이다. 암세포나 바이러스 감염세포에 장해를 일으키는 세포성 인자로서는 NK 세포가 있다. 이 세포는 식세포계와는 다르며 세포내로 빨아 들이는 것이 아니고 상대편세포(표적세포)에 장해효과를 나타낸다. 각종 유산균이 면역기능에 미치는 영향을 정리하면 (표 7)과 같다.

7) 생균제 급여효과

지금까지 생균제 급여효과에 대해 기술한 것 중에서 객관적으로 Review한 자료를 소개하면 다음과 같다(표 8, 9, 10, 11).

2. 소성장호르몬(BST) 작용기작

축산의 인간복지에 대한 주요한 기여는 고기,

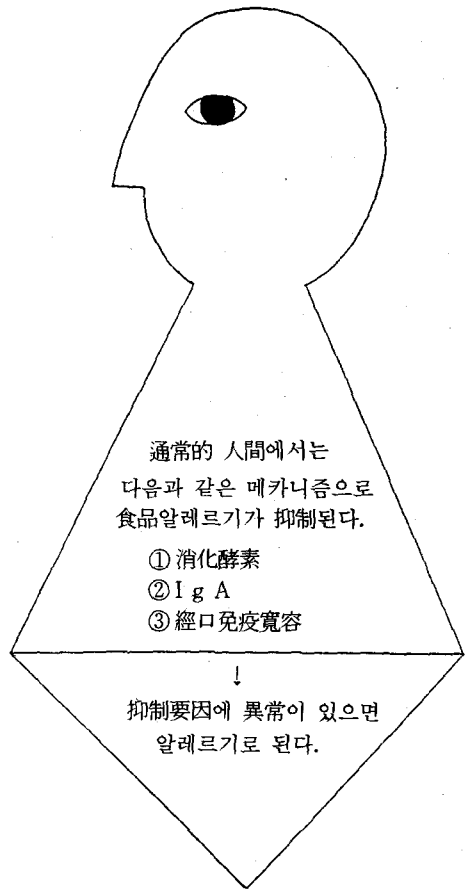


그림 3. 腸管免疫의 特性.

우유, 계란과 같은 양질의 영양식품을 공급하는 것이기때문에 가축 성장과정의 효율성증대는 계속해서 중요한 과제의 하나로 대두되고 있다. 가축의 생산성은 호르몬, 유전, 영양과 환경적 요인의 상호작용에 의존하는 것으로 오랫동안 인식되어져 왔다. 근년 내분비계의 조절을 통하여 성장과정을 향상시키려는 노력이 증가되어져 왔다. 축산물의 생산자와 소비자 둘다에게 관심 있는 문제인 가축의 효율적인 성장을 촉진하기 위한 동화작용제제의 사용은 1)성장호르몬 방출인자(GRF), 2)성장호르몬(GH), 3)소마토스타틴(SS), 4)소마토미딘-C(SM-C)과 같은 최근의 연구결과에 의해서 각광을 받고 있다.

Enright(1989)는 대부분의 반추동물시험에서 성장호르몬 처리는 일당중체량, 사료효율의 향상, 도체지방의 감소 및 질소축적과 도체단백질이 증가되는 경향을 나타냈다고 보고하였다. 성

표 7. 유산균이 면역작용에 미치는 영향에 대한 요약

미생물명 및 작용물명	투여경로	작 용
Lactobacillus acidophilus로 발효시킨 우유	경구투여	탐식작용의 촉진(Pedigon, de Macias, Alvarez & de Ruiz Holgado, 1988)
Lactobacillus casei로 발효시킨 우유	경구투여	탐식작용의 촉진(Pedigon, de Macias. Alvarez & de Ryiz Holgado, 1988)
Lactobacillus casei	경구투여	생쥐에 투여시 탐식작용을 증진시킴(Pedigon, de Macias. Alvarez & de Ryiz Holgado, 1986)
장내 상재균(lactobacilli, enterococci, coliforms and bacteroides)	정맥주사	Salmonella typhimurium을 정맥주사로 인공 감염시킨 쥐의 비장내 Salmonella typhimurium 균수를 감소(Roach & Tannock, 1980)
Lactobacillus casei	근 육, 복강내주사	탐식작용 증진, L.monocytogenes 탐식증진(Saito, Tomioka & Sato, 1981;Kato, Yokakura & Mutai, 1983)
Lactobacillus casei	근육주사	Mycobacterium fortuitum에 의해 쥐에서 발병하는 Spinning disease의 발병을 감소(Saito, Tomioka & Nagasima, 1987)
Lactobacillus plantarum	정맥주사	탐식작용 증진 및 L. monocytogenes 감염예방(Bloksma <i>et al.</i> 1981)

표 8. 생균제 미생물 섭취시 일어날 수 있는 효능에 대한 요약

<p>I. 장내균총 구성에 있어서 항상성의 유지</p> <ul style="list-style-type: none"> -일정한 장내 환경 파괴시 장내균총의 항상성 복구를 촉진시킨다. -생균(L.acidophilus/Bifidobacteria)의 지속적인 증식
<p>II. 장관내 감염방어(Donaldson, R.M. Jr., 1968)</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 이용 가능한 영양소에 대한 경쟁(경쟁적 길항작용)을 통해 b) 성장저해물질의 형성을 통해(항미생물적 효과를 지닌 유기산, 특수 저해제 등) c) 협동적 상호관계를 통해 d) 생성효소들의 공동이용을 통해 e) 장관벽의 증가된 서식 및 이를 통해 감소된 부착 가능성을 통해
<p>III. 장내균총의 활력에 대한 영향</p> <p>선택된 장내 락토바실러스 및 비피더스 균에 의한 지속적인 첨가 급여로 일정한 장내균총의 구성물질에 의한 불필요하고 건강을 해치는 물질의 생성을 저해하거나 감소시킨다.</p> <p>예 : -pH저하(부패세균의 저해)</p> <ul style="list-style-type: none"> -암 유발물질인 nitrosamine의 생성저하 -유해한 배출효소의 활력저하 -인디칸, 크레졸, 카다베린, 피페리딘과 인돌 등의 배출 촉진

출처 : Kurmann(1986a)의 자료를 수정제재

표 9. 생균제 처리 가축의 능력향상에 대한 요약

축종	처리	처리구대 대조구의 능력
Pig	<i>L.acidophilus</i>	6.3% increase in survival rate
Pig	<i>S.faecium</i>	15.6% decrease in mortality
Pig	<i>S.faecium 68</i>	53% decrease in mortality and 10% increase in weight
Pig	Probios*	Sow and piglets treated : 20% decrease in scours; sow treated only : 10% decrease in scours
Pig	Probios	Sow and piglets treated : 80% decrease in scours; piglets treated only, 29% decrease in scours
Pig	<i>S.faecium</i>	23% decrease in scours; 50% decrease in mastitis, metritis, and agalactia
Pig	<i>S.faecium 68</i>	64.3% decrease in scours(MMA)
Pig	Probios	11 to 19% advantage in live weight gains
Cattle	Probios	4.88% improvement in ADG; 7.57% improvement in FE
Cattle	Probios	2.84% advantage in live weight gains; 3.23% advantage in FE
Cattle	Probios	9.52% advantage in live weight gains; 4.49% advantage in FE
Chickens	<i>S.faecium M74</i>	3.53% advantage in FE**
Chickens	<i>Smfaecium</i>	4% improved feed utilization
Chickens	Probios	4.7% improved FE

표 10. Streptococcus속생균이 돼지의 능력향상에 미치는 영향에 대한 요약

생균배양물	처리돼지수	일령	ADG (% control)	FCE	보고자
<i>S.faecium</i>	30	7-60	42	31	Piva <i>et al</i> (1981)
<i>S.faecium M74</i>	14	2-21	0	0	Kluber <i>et al</i> (1985)
<i>S.faecium</i>	111	7-34	15	NR	Gualtieri <i>et al</i> (1985)
<i>S.faecium M74</i>	12	NR	5.9	5.3	Medipharm(1986)
<i>S.faecium M74</i>	80	NR	8.2	5.9	Roth <i>et al</i> (1987)
<i>S.faecium M74</i>	NR	10-60	5.9	5.3*	Danek(1987)
<i>S.faecium</i>	NR	NR	-10	NR	Lyons(1987)
<i>S.faecium M74</i>	NR	NR	26	7.8	Giesemann <i>et al</i> (1988)
	480	1-34	11*	NR	
<i>S.faecium M74</i>	32	28-140	0	0	Wu, <i>et al</i> (1988)
				(1988)	
	47	28-56	12.9	1.6	

장호르몬의 처리는 내부기관, 뼈 및 피부를 포함한 단백질이 풍부한 모든 조직의 성장을 촉진하기 때문에 도체율은 영향을 받지 않거나 감소된다(Enright, 1989; Hanrahan, 1989).

숫소를 가지고 실시한 최근의 연구에서 Mose-

ley 등(1990)은 비교적 낮은 농도의 bGH는 성장율과 사료효율을 높이는데 유효한데 비해서 높은 양의 bGH를 사용했을 때에는 도체비육의 감소와 질소축적의 증가가 지속되었다고 보고하였다.

외인성 성장호르몬에 대한 반응은 영양에 의해서 영향을 받으며 성장호르몬처리의 최대효과는 적당한 사료를 급여받은 가축에서만 예상되어질 수 있다(Buttery, 1990; Stahly, 1990). 그러므로 성장동안에 성장호르몬처리된 가축에 있어서 특정영양소의 요구량을 설정할 필요가 있음은 분명해지고 있다.

육질의 특성은 돼지 성장호르몬 (Beermann, 1989; Pursa, 1989), 소성장호르몬과 양성장호르몬(Allen & Enright, 1989)처리에 의해서 영향을 받지 않으며 기호성평가는 성장호르몬처리된 가축으로부터 생산된 고기는 대조구 가축의 고기와 다르지 않은 것으로 보고되고 있다(Pursa, 1989; Allen & Enright, 1989).

반추동물에 있어서 비유동안 성장호르몬의 중요성은 잘 인식되고 있다. 비유초기동안 성장호르몬농도는 증가되고 유량이 감소되는 비유말기동안 저하된다(Cowie, Forsyth & Hart, Collier 등, 1984). 그러나 성장호르몬은 반추동물에 있어서 유선의 발달에 직접 영향을 미치지 않으며(Skarda 등, 1982; Gertler, Cohen & Maoz, 1983) 조직은 성장호르몬 수용체가 결여된 것으로 생각되어지고 있다 (Bauman & McCutcheon, 1986). 성장호르몬의 수용체는 젖소를 포함해서(Gertler, Ashkenaz & Mader, 1984) 여러가축(Nicoll 등, 1986)의 간장세포에 존재한다. 성장호르몬은 간장에서 인슐린양 성장요인(Somatomedins)의 성장을 촉진하고 이 Somatomedins은 유선에 영향을 미친다(Baumrucker, 1986; Campbell & Baumrucker, 1986). 성장호르몬은 비유동안 간장대사를 변화시킨다. 착유우에 성장호르몬의 투여는 *in vitro*시 간장에서 Propionate로부터 당산생을 증가시키지만(Pocius & herbein, 1986) 비유면양에 있어서 성장호르몬은 *in vitro*시 LDL의 분비를 감소시킨다(Niumsup 등, 1985).

성장호르몬의 수용체는 랫트의 지방조직에서 감지되어져 왔다 (Fagin 등, 1980; Herington, 1981). 인슐린과 텍사메타손의 존재하에 48시간 동안 착유면양의 지방조직의 배양은 성장호르몬의 존재에 의해서 방해받았던 지방합성의 비율에 실질적인 회복을 초래하였다(Vernon & Finley, 1986). 성장호르몬의 중간 최대효과는 성장

호르몬 5ng/ml를 가지고 성취하였다. 반대로 인슐린을 가지고 한 비착유면양의 지방조직의 배양은 지방합성의 비율을 유지하였지만 성장호르몬의 추가는 지방합성을 감소시켰다(Vernon, 1982). 텍사메타손의 추가는 인슐린이 지방합성을 유지하는 능력을 유지시켰으며 성장호르몬이면양의 지방조직에서 지방합성비율을 감소시키는 능력을 높였다(Vernon & Finley 1982).

성장호르몬, 인슐린, 텍사메타손이 비착유면양의 지방조직에서 지방합성에 미치는 영향은 Acetyl CoA Carboxylase의 활성화 상태의 변화로 인한 것이지만 착유면양의 지방조직에서 지방합성의 비율변화는 Acetyl CoA Carboxylase 활성화뿐만 아니라 효소량의 변화도 관련되는 것으로 나타나고 있다(Vernon 등, 1988). 성장호르몬은 이처럼 2가지 수준(유전자복제와 효소활성)에서 지방조직내의 인슐린의 작용을 길항할 수 있다. 비유주기동안 반추동물의 지방조직에서 지방합성의 변화는 주로 혈청 인슐린 대 성장호르몬비율로 인한 것이다. 正의 에너지 상관관계에서 착유동물에 성장호르몬 투여시에 발견되는 사료전환효율의 증가는 지방조직에서 지방합성의 억제로 인한 것으로 여겨지고 있다.

성장호르몬은 미성숙가축의 정상적인 성장에 필수적이며 저장조직(지방)과 우유생산 또는 정육조직성장간의 영양소 재분배의 조정에 중추적인 역할을 담당하고 있다(Bauman, 1982). 그러므로 육성가축에 있어서 성장호르몬은 질소축적율의 증가와 지방비대율의 감소를 유발시킨다(Hart & Johnsson, 1986). 이처럼 외인성 성장호르몬은 정육조직 축적을 위한 영양소적 효율성의 향상에 대한 잠재력을 지니고 있다(Pell 등, 1990).

반추동물에 있어서 지금까지 이루어진 대부분의 연구는 비록 정육조직증가율의 증가는 나타내기가 보다 어려울지라도 성장호르몬 처리된 가축은 도체지방이 감소되는 것으로 보고되고 있다(Johnsson, 1987). 성장호르몬의 단기간 급성투여(12~28일)는 확실히 질소축적율을 증가시키나(Struement & Burrough, 1959; Wheatley 등, 1966; Eisemann, 1986, 1989)장기간의 투여는 일관성이 있는 동화작용의 효과를 아직까지 나타

내고 있지 못하고 있다.

Wangen과 Veenhuizen(1978) 및 Johnsson 등(1981)은 성장호르몬 처리 수주일후에 도체정육 조직함량에 있어서 유의성 있는 증가를 관찰한데 비해 Muir(1983)와 Johnsson 등(1987) 및 Sandles & Peel(1987)은 그러한 변화를 유도하지 못했다고 보고 하였다.

유전자조작 유래의 소성장호르몬의 일일주사는 단기간(De Boar 등, 1989; Richard 등, 1985) 및 장기간투여(Bauman 등, 1985; Soderholm, 1988) 동안에 우유생산량을 향상시켰으며 또한 젖소는 비유초기보다 비유중기나 말기에 소성장호르몬에 대한 반응능력이 크다고 보고되고 있다(Richard 등, 1985). 이 현상을 밝혀주는 생리적인 작용기전은 계속 연구중에 있다.

소성장호르몬은 젖소내에서 영양소분배와 관련이 있는 Homeorhetic Hormone으로 생각되어지고 있다(Bauman, 1980). 인슐린, 소마토스타틴, 인슐린양 성장요인(IGF-1)과 같은 호르몬은 처음에는 소마토트로핀에 의해서 지향되는 대사활동의 조절에 관여되고 있다. 인슐린과 글루카곤은 혈액포도당의 Homeostasis에 관련이 있다(Brockman 등, 1986). 포도당은 우유유당의 합성, 우유용적의 삼투압조절제 및 유지지방과 유단백질의 합성을 위한 필수적인 기질로서 역할을 한다(Bickerstufte 등, 1974).

소마토스타틴(SS)은 뇌하수체 전엽으로부터 성장호르몬의 방출을 억제하는 역할을 하며 소화관내에서 인슐린과 글루카곤분비 및 소화기능의 조절에 있어서 보다 큰 역할을 담당하고 있다(Brockman 등, 1986; Christensen 등, 1990). 인슐린양 성장요인은 포유동물의 성장과 발달에 중요한 역할을 담당하며 성장호르몬이 성장에 미치는 영향의 다수를 중재하고 있다(Gilmour 등, 1988). 인슐린양 성장요인에 의해서 우유분비가 직접적으로 촉진된다는 연구결과가 보고되고 있다(Gilmour, 1988). 인슐린양 성장요인의 혈액농도는 소성장호르몬 주사후에 증가되며(Davis 등, 1987; Glimm 등, 1988) 이것은 포유동물조직에서 인슐린양 성장요인의 동시적인 증가와 관련이 있다(Glimm 등, 1988).

1) BST와 BST 수용체의 관계

소의 유선조직에서 성장호르몬수용체를 확인하려는 시도가 성공하지 못했기 때문에 일반적으로 소성장호르몬은 인슐린양 성장요인과 같은 매개체를 통해서 소성장호르몬의 작용을 발휘하는 것으로 인식되어져 왔다. 그러나 Glimm 등(1990)은 분자생물학기술을 이용한 최근의 연구에서 포유동물세포내에 소마토트로핀 수용체 mRNA의 존재를 증명하였으며 이 자료는 소성장호르몬이 유선에 직접작용한다는 강력한 증거를 제시하고 있으나 추후의 연구가 더욱 필요하다.

2) BST와 면역관계

착유우에 있어서 소성장호르몬의 생리적인 수준은 1-6ml / Plasma 인데 비해 소 성장호르몬 30mg의 일일 피하주사는 평균농도를 10-20ng/ml로 증가시켰다(Hart 등, 1985). 비록 소성장호르몬이 우유생산량에 미치는 영향은 아마도 간접적으로 인슐린양 성장요인을 통해 부분적으로 중재될 지라도(DeHoff 등, 1988) 소와 가축에 있어서 소마토트로핀이 면역세포에 미치는 직접적인 영향을 입증하는 자료가 발표되고 있다. 예를들면 외인성 성장호르몬의 투여는 성장호르몬의 결핍 및 분비결핍의 가축에 있어서 면역계의 기능을 변화시킨다. 생리적상태와 축종에 따라서 외인성 성장호르몬의 투여는 면역계의 구성성분의 기능적 능력을 향상(Burton 등, 1990; Davila 등, 1987; Edwards 등, 1988; Heyneman 등, 1989; Nagy 등, 1983; Rapaport 등, 1990)과 감소(Rapaport 등, 1987; Rapaport 등, 1986) 및 영향을 미치지 못했다(Blatt 등, 1987; Estrada 등, 1990; Kiess 등, 1988)는 보고들이 대립하고 있기 때문에 추후의 연구결과들이 주목을 받고 있다. 성장호르몬의 수용체는 소와 쥐의 Thymocytes와 인간의 Lymphocytes에서 식별되어져 왔다(Askakawa 등, 1986; Kiess 등, 1985; Kiess 등, 1987; Rainard 등, 1985; Smal 등, 1987). 추가적으로 쥐와 인간의 Lymphocytes에 의한 성장호르몬의 생산이 보고되어 졌다(Weigent 등, 1988). Elvinger 등(1991)은 Polymorphonuclear leucocytes의 증식을 촉진하고 온도상승의 영향으로 부터 세포를 보호할 수 있다고 보고하였다.

3) BST와 번식관계

젖소에 유전자 조작된 소성장호르몬의 처리는 우유생산량은 증가시켰으나(Bauman 등, 1985) BST가 번식에 미치는 영향은 BST처리된 소에 있어서 발정주기의 길이 및 발정의 탐지율같은 특성을 평가한 자료가 적기 때문에 분명하게 단정내릴 수는 없다. 임신율은 여러 시험에서 BST처리된 소에서 낮았으며(Chalupa, 1987) 일부 연구에서 공태일수는 대조구보다 BST처리된 소에서 길었다 (Cleale 등, 1989). 대조적으로 BST는 일반적으로 임신당 수정횟수에 영향을 미치지 않았다고 보고하였다 (Chalupa 등, 1987; Cleale 등, 1989). BST처리된 초임우의 번식능력에 대해서는 보고된 연구가 그리 많지 않다(Tessmann 등, 1988; Whitacker 등, 1988). 초임우에 있어서 BST에 대한 우유생산의 반응은 다산우에서 목격되는 것보다 덜했으며 이것은 아마도 첫 비유동안 초임우가 지속적인 성장을 하기 때문으로 보고되고 있다. Morbeck 등 (1991)은 BST처리구간에 분만으로부터 첫 발정 탐지까지의 일수, 공태일수 및 임신당 수정횟수는 유의성이 없으나 분만으로부터 첫수정까지의 일수는 BST투여량과 함께 감소하여 첫수정까지의 간격을 연장시켰다고 보고하였다. 또한 BST 처리된 소에서 발정탐지율이 낮은 것은 발정의 표현이 감소된 것과 관련이 있을지 모른다고 보고하였다. 소성장호르몬의 장기간처리는 젖소의 건강에 부정적인 영향을 미칠것으로 추측가능한 일부의 자료들도 발표되고 있다. 케토시스, 지방간, 유열, 불임 및 유방감염과 다른 질병에 대한 감수성증가 등이 소성장호르몬의 있을 수 있는 부작용으로 간주되어지고 있다(Biness 등, 1982; Kronfeld 등, 1982; Kronfeld 등, 1986). 이처럼 가정된 영향은 실제 실험을 통한 건강자료에 근거를 둔 것이 아니라 이론자체만을 근거로 소성장호르몬의 추정된 작용기전에 기초를 둔 것이다. 예를들면 Kronfeld 등(1982)과 Bines 등 (1982)은 외인성 소성장호르몬은 체지방저장물의 급속한 동원을 야기시키므로서 만성적 소모, 지방간, 과다한 케톤체 생산 및 케토시스에 대한 감수성 증가를 야기시킬 수 있다고 추정하였다. 그러나 Kronfeld 등(1982, 1986)이 보고한 BST부작용에 대한 시험결과는 Baumann등을 비

롯한 BST연구자들의 실제 야외시험실시에 의해 대부분 부정되어지고 있다.

3. 돼지성장호르몬(PST)의 작용기작

PST(pituitary porcine somatotropin;pPST recombinant porcine somatotropin;rPST)가 돼지의 성장율과 사료효율을 향상시키고 도체근육을 증가시키며 지방을 저하시키는 작용을 하는데 이에 대한 작용기작의 규명은 앞으로 PST의 더 큰 효능을 위해서도 중요하다. 이에 대한 확실한 작용기작은 아직까지 많은 연구를 필요로 하는 상태로 남아있다.

PST(GH;growth hormone)는 2가지의 서로다른 경로를 통해 그 작용을 나타낸다. 첫째, 일반적인 체조직 성장은 PST에 의존해서 간에서 주로 생산되어진 IGF-1의 매개를 통해서 또는 다른 growthfactor들이 여러 조직기능이나 성장을 조절하는데 있어서 중요한 paracrine 역할을 수행한다. 그런데 이와같이 국부적으로 생산되어진 성장매개물들도 어느정도는 PST의 조절하에 있다. 둘째, PST는 대사과정 즉, 지방분해를 자극하여 non-esterified 및 free fatty acid 생산량과 ketone 생산량을 증대시킨다. 만약 PST가 과다할 경우 PST는 탄수화물에 대해 내성을 나타내어 진성 당뇨병을 야기시킬 수도 있다. 그리고 이러한 PST 작용에 의해 두가지 서로 다른 경로에서 생산되어진 여러 생산물들은 PST 분비세포의 기능이 조절되도록 시상하부와 뇌하수체에 feedback 작용을 나타낸다. 그러나 일반적인 체조직 성장에 PST가 직접관여하지 않고 모두 PST의 영향하에 주로 간에서 생성되어진 IGF-1에 의해 매개된다는 것은 크게 설득력을 갖고 있지는 않는 것 같다. 왜냐하면 IGF는 satellite cell을 분화시켜 생후 근육성장을 조절하는 중요한 역할을 수행하기 때문에 근육성장의 경우는 IGF-1에 의해 매개됨이 확실한 것으로 보고되고 있다(Etherton, 1989a). 장골성장의 경우는 PST의 직접작용에 의한 세포분화와 IGF-1에 의한 성장 plate 증식층에 있어서의 세포 성장에 의한 것이며(Isackson 등, 1987; Guler 등, 1989; Hochberg 등, 1989; Robinson과 Clark, 1989), 지방조직의 경우는 IGF-1에 의해서라기

보다는 성장호르몬의 직접작용에 의해 지방합성의 억제가 이루어지기 때문이다(Boyd와 Bauman, 1988; Etherton, 1989a, b).

돼지의 성장을 촉진하는 PST 작용기전에 대한 연구는 주로 지방조직에 대한 성장호르몬의 작용에 대한 연구가 주를 이루고 있는데(Etherton, 1989a, b), PST가 돼지 지방조직에 영향을 미치는 것은 다음과 같이 요약할 수 있다. 즉, 돼지 PST는 지방조직에서 glucose 이용율과 insulin에 대한 감수성을 감소시켜서 지방조직 축적을 억제시킨 결과 glucose 탄소가 지방조직이 아닌 근육조직으로 배분되도록 하는 결과가 된다. 그렇게하여 glucose 탄소는 근육에 단백질 축적이 증가되도록 추가에너지를 공급하는 것이 되어 근육축적을 증가시킨다는 것이다. 돼지의 경우 glucose는 지방산합성의 주요한 탄소공급원이며 돼지의 경우 지방조직이 지방산 합성의 주합성기관이다(O'Hea와 Leveille, 1969). 70kg 돼지의 경우 1일동안에 없어진 glucose의 20~40%는 지방합성에 사용되었을 것이며 돼지 성장호르몬 투여에 의해 지방축적율이 50~80% 감소되었을 때 지방조직 합성에 사용되지 않는 glucose는 다른 조직으로 배분되었을 것이 확실한 것으로 추정되고 있다(Etherton, 1989a). Walton 등(1987)은 PST를 돼지 체중 1kg당 70 μ g을 7일동안 투여한 바 지방산합성이 50~70%까지 감소되었다고 하였다. 한편 PST 투여시에는 몇몇의 지방산합성효소인 glucose-6-phosphate dehydrogenase, 6-phosphogluconate dehydrogenase, malic enzyme 및 fatty acid synthetase의 활성이

감소되었다. 특히 PST는 lipogenic 효소활성에 영향을 미치는 영향중 fatty acid synthetase 활성 감소에 의해 가장 잘 반영되었는데 PST 투여후 7일후에는 지방조직에서 fatty acid synthetase 활성이 거의 탐지되지 않았다(Etherton, 1989b). 그리고 지방합성과 glucose 수송을 자극하는 insulin의 능력도 PST에 의해 크게 감소되었는데(Walton 등 1987), glucose 수송을 60~70% 감소는 관찰된 지방합성율과 잘 일치하였다 하였다(Etherton, 1989b).

PST에 의한 insulin의 감수성이나 반응도의 감소는 insulin binding의 변형에 의한 가능성일 수도 있다. PST를 투여하였어도 지방세포의 insulin receptor수나 affinity는 어떤 영향도 없었기에 insulin binding은 정상이나 insulin receptor의 tyrosine kinase activity를 측정하였으나 돼지 성장호르몬은 tyrosin kinase activity에도 영향은 미치지 않았다하였다(Etherton, 1989a). 또한 PST가 insulin 작용에 영향을 미치는 모든 것을 단하나의 기작으로 설명한다는 것은 insulin의 작용 성질이 과다분비될 수 있다는 것을 기초할 경우 무리일 것으로 사료된다(Etherton, 1989a, b). 한편 지방분해에 대하여 Etherton(1989a)은 *in vitro* 시험에서는 PST가 지방분해에 큰 영향을 미치지 않았으나 지방축적율은 지방합성율과 지방분해율의 차이이므로 PST는 지방분해에도 관여할 것이라 하였다. Boyd(1988a, b)는 자유채식시(에너지 섭취가 높을 때) 지방조직 축적에 대한 돼지 성장호르몬의 주요작용은 glucose 흡수와 지방합성작용에 미치는 영향이라 하였다.