

정 용 환



한우개발부 / 팀장

가축에 대하여 성장촉진 또는 치료의 목적으로 대단히 많은 항생물질이나 기타 항균제제가 투여되고 있으며 항생물질등의 투여에 따라 축산식품에 잔류나 내성균의 출현등 여러 가지의 문제가 있고 사회적으로도 근심과 두려움이 강하게 대두되고 있다. 그러나 이와 같은 문제점이 있으면서도 국민의 건강유지 혹은 가축생산에 있어 항생물질은 필요하고, 금후에도 국민의 건강유지 및 가축생산에 보탬에 되도록 노력이 필요하다. 이를 위해 원래부터 사람이나 동물의 소화기관내에 살아있는 세균, 또는 고대부터 식품의 발효등에 이용되어온 미생물을 활용하는 것에 관심이 증대되고 있다.

## 1. 생균제(生菌劑)라는것은?

「생균제」는 용어로서 반드시 확정적이라고는 말할 수 없다. 당초에는 「장내미생물상의 균형을 개선하는 것에 따라 숙주동물에 이익을 주는 세균첨가물」이라고 해석되어 생균제(probiotics)라고 불려지고 있다. 이 정의에서는 「살아있는」세균 혹은 미생물체인 것으로 강조되어 왔다.

사람에서는 장내균상의 안정화나 회복을 위해 유산균이나 비피더스균 등이 중요한 보물이었지만 소의 경우에는 세균의 진균(眞菌)제제 및 발효배양으로도 이용되고 있다. 여기서 10년전에 FDA(미국)은 「자연계에서 살아 쉽 쉬고 있는 미생물원으로 세균, 진균(곰팡이, 효모 등)」까지를 포함하여 Direct-fed microbials(DFM)라고 하는 용어를 제창하였다. 이경우는 장관의 보여지지 않는 제1위등의 미생물상의 안정화에 목표가 된다. 본원고에서는 세균 및 진균제제의 쌍방을 본래대로 생균제=probiotics라고 부른다.

## 2. 세균성의 생균제

Bacterial direct-fed microbials (Bacterial probiotics)

우리나라에서는 법률에 근거하여 10품목의 생균제(원료)가 사료첨가물로서 허가되어 있으며, (표1참조) 대상가축마다세분화 되었고 구성의 규제등에 따라 첨가물(명)은 더욱 많다. 단위동물의 경우와 같은 소에 있어서도 스트레스 혹은 질병상태에 있어 장관내의 세균상, 특히 혐기성균의 회복 및 유지가 소화기능 또는 건강을 위해 중요하다.

### (1) 어떤 경우에 생균제가 유효한가

여러 가지 스트레스를 받은 소, 특히 어린소의 장관내에서는 정상균상과 병원균과의 균형이 흐트러지기 쉽다고 한다. 유산등의 유기산을 생산하는 생균제를 투여하면 장관균상이 조기에 회복되기 쉽기 때문에 항생물질과의 공동작용 또는 보조적 치료로 수의학적으로도 중요시되고 있다. 이 세균성의 생균제는 대부분 숙주의「장관내」에 있어 유익하게 활동하고, 어린송아지의 제1위내균상의 발달

[표 1] 사료첨가물로서 허가 생균제(1998)

사료첨가물명	명 칭	소	돼지	닭
<i>Eterococcus faecalis</i>	유산균	○	○	○
<i>Enterococcus faecium</i>	유산균	○		○
<i>Clostridium butyricum</i>	낙산균	○	○	○
<i>Bacillus coagulans</i>	-		○	
<i>Bacillus subtilis</i>	고초균	○	○	○
<i>Bacillus cereus</i>	-	○	○	○
<i>Bifidobacterium thermophilum</i>	비피더스균	○	○	○
<i>Bifidobacterium pseudolongum</i>	비피더스균	○	○	
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	유산균	○	○	○
<i>Lactobacillus salivarius</i>	유산균			○

[표 2] 생균제(세균성)투여시 새로 태어난 송아지의 반응

		Bifidobacterium pseudolongum	Lactobacillus acidophilus	대조
공시두수		15	15	15
	개시시	47.5	46.3	46.4
체중 kg	종료시(56일후)	79.3	77.2	71.8
	증체	31.8	30.9	25.4
채식량 kg · DM		65.5	63.5	58.6
사료요구율		2.10	2.07	2.37
분의 상태 * * 7~21일		0.29	0.27	0.34
평균점수 21~35일		0.10	0.04	0.11
통산		0.19	0.16	0.23

\*P<0.05, \*\*점수(정상=0, 연변=1, 설사=2) Abe et. al(1995)

및 안정화에도 기여를 하고 있다. 어린송아지나 자돈의 설사예방이나 발육면에서의 효과도 있다고 알려지고 있다.(표2)

### (2) 작용기능과 순서

생균제의 투여에 따라 숙주가축에 공헌하는 기구로서 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

예를들면 장내균상을 정상화하는 것에 따라 유해세균의 배제나, 증식억제(장점막의 용모표면을 접거), 숙주에 유익한 효소의 생산, 유해물질의 생산억제나 파괴, 내독소의 해독, 독성아민의 생산억제, 장관내의 산화, 환원전위의 저하, 유기산의 생산에 따라 장내의 pH의 저하, 비타민B군의 합성, 유해균과의 영양소경합등을 들 수가 있다. 여기서 이 일부를 설명하고자 한다.

### (3) 장내균상의 정착

태어난 직후의 어린송아지는 무균이지만 곧바로 여러 가지의 세균이 침입하고 그후 수주간에 걸쳐 유산균등의 혐기성균 주체의

균상이 확립된다. 따라서 세균성의 생균제는 생후 곧바로 급여하여 장관내에 정착을 촉진시키는 것이 바람직하다. 통상의 사양환경하에서는 동물(가축)종마다 고유의 장내균상이 구성되어 있어 별도로 동물종의 장내균을 이식하여도 정착은 매우 어렵다. 또한, 같은 축종에 있어서도 지역적으로도 차이가 있다고 한다. 경구적으로 투입한 외래균을 배제하는 제1의 바리아는 위산이나 담즙산, 소화관의 각장소에 있어서의 면역기구등이다. 예를들면 이러한 바리아를 통과하여 외래균이 침입하여도 항상 존재하고 있는균이 안정한(정상적인 장내균상)숙주의 소화관에서는 정착이 어렵게 된다.

### (4) 외래균의 정착저지

그러나 항상 장내균상은 안정되어 있지 않고, 소의 경우에는 이유, 비유싸이클(생산단계)에 동반하여 사료내용의 변화나 스트레스 조건에 따라서도 균상은 크게 영향을 받는다.

이와같은 경우에는 위액이나 소화효소의 분비, 담즙의 분비나 소화관운동등의 변화가

생겨 장내균상에도 영향을 받고, 소장내에서의 총균수가 증가하고 대장내에서는 혐기성균이 감소하는 반면에 호기성균이 증가하여 불안정한 균상으로 되기 쉽다. 장내균상이 불안정하게 되면 외래(병원)균의 침입, 증식이나 지금까지무해이었던 내재성미생물에 의한 일화전감염증(日和見感染症)등의 발현으로 이어진다. 항생물질의 장기투여에도 장내균상은 광란되어 균교대증을 일으키기 쉽기 때문에 주의가 필요하다.

이와같이 안정된 장내균상의 확립은 가축생산에 대단히 중요하다. 예를들면 가금업계에서는 누르미이론 혹은 경합배제(Competitive exclusion : CE)가 도입되고 있다. 이것은 현대의 양계산업에서는 가금의 병아리는 어미닭에서 격리되어 사육하기 때문에 대단히 청결하지만 병아리의 장내균상의 형상·안정은 매우 지연된다고 하는 배경이 있다. 여기서 어미닭의 맹장내세균(20종이상:동결건조품)을 처음태어난 병아리에 투여하여 정상적인 장내균상을 확립시키는 것이 CE의 기본기술이다. 소에서도 항시 존재하는 세균에 의해 감염증이 발생하고 있으며, 예를 들면 살모렐라균의 배제, 혹은 제(배)균을 촉진시키는 목적으로 생균제의 이용이 주목되고 있다.

### (5) 면역능력의 부활화

일반적으로 태아기에는 모자간에의 거절반응이 일어나지 않도록 태아의 면역반응은 억제상태이다. 생후 초기에도 그 경향은 남아서 외부로부터 무수의 항원에 접촉되는것에 따라 면역응답이 증대된다. 이경향은 특히 소화

관이나 호흡기등 점막계의 국소면역에 있어 현저하게 나타난다. 예를 들면 실험적으로 생후에도 무균상태로 유지한 동물에서는 소화관림파조직의 발달이 나쁘고 혈액중의 면역글로브린의 농도도 낮다고 알려지고 있다. 장내세균군중에서도 균종에 따라서는 면역반응이 강하게 활동하는 것이 있고 그 균체성분(gram음성균의 세포표층성분등)은 숙주의 국소 및 전신적인 면역반응의 발달 및 성숙에 크게 관여하고 있고, 특히 신생기에는 그 의의가 크다고 할 수 있다.

## 3. 진균성의 생균제(Fungal probiotics)

제1위내 세균중에서도 섬유소화에 관계하는 세균은 제1위내 환경변화에 따라서 영향을 받기가 쉽고, 예를들면 pH의 저하나 질소원(암모니아)부족으로 인하여 활동이 현저하게 억제된다. 이러한 세균은 사료한쪽에 정착되어 낮은 속도로 섬유를 분해하고 있다. 세균성probiotics와는 달라서 진균제제의 주요 효능은 장관뿐만 아니라 제1위내 환경의 개선에 효능이 있다고 말할 수 있다. 근년, 제1위내 환경을 안정화 시키기 위해서는 진균제제가 주목하게 되었고, 상당히 보급되어지만 그 효과등은 매우 유동적이고 반드시 똑같은 상태의 결과, 효능이 확인되었다고 할 수 없다.

### (1) 진균의 본래의 작용(제1위)

제1위내에서는 세균(메탄균, 유지분해균 등), 프로토조아 및 진균이 상호관여 하면서 섬유소의 소화에 책임지고 있는 것이 현상이다.

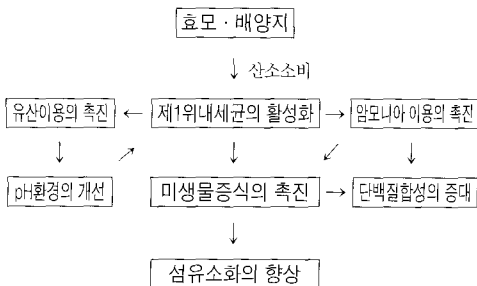
진균의 증식은 늦기 때문에 사료의 소화면에 기여(양적)는 크지는 않지만 저품질조사료의 소화에 있어서는 진균의 관여는 크다고 할 수 있다.

또한 미생물단백질의 합성양중 진균에 의한 비율은 전체의 1~3%정도이지만 그 아미노산조성이나 소화성은 우수하다. 첨가물로서 살아있는 진균제제를 급여하여도 실제로 그 진균이 제1위내에서 증식하는 것은 아니고, 오히려 소실하는 쪽이 빠르다.(매시 17%의 소실)

한편, 사일리지등의 발효사료를 소에 급여할 경우에는 많은 진균이 경구적으로 섭취하고 있다. 이와 같이 첨가제로서 투여한 효모(세포)수의 10배이상것의 효모사일리지에서 섭취하고 있는경우에도 첨가효모에 의한 효과 가 보여지는등 작용은 복잡하다고 할 수 있다.

제1위내 미생물상의 영향에 관해서도 반드시 똑같은 상태는 아니지만 혐기성균, 특히 세루톨-스분해균등은 증가한다. 이것은 진균의 호흡작용에 의한 것이 크다. 즉, 채식때의 사료와 같이 산소(공기)가 유입하여 제1위내에서의 혐기성균의 활동을 억제하지만 진균은 그 산소를 소비하는 것에 따라 혐기성균에의 산소독성을 방지하고 있다. (그림1)

[그림 1] 효모첨가에 의한 제1위소화개선



## (2) 진균제제의 원료

사료첨가제로서 주목 혹은 일부 실용화되고 있는 *Aspergillus oryzae* 및 *Saccharomyces cerevisiae*등이다. 이러한 것은 옛날부터 식품발효에 사용되어온 누룩곰팡이(된장, 증류, 주조 등) 및 효모(빵, 와인, 맥주발효 등)이고, 살아있는 균체와 그 발효배양지가 사료 첨가로 이용되어 왔다. 또한, *A.oryzae*를 fungal라고도 불리며, *S.cerevisiae*를 효모(yeast)라고 하는 예도 있다(Wallacel 1994).

## (3) 진균제제의 효과

이러한 진균제제를 첨가하여도 소에 유효하게 작용하는 것은 스트레스조건, 예를들면, 고위생산을 위해 농후사료의 다급시나, 더운 시기, 특히, 농후사료와 조사료의 분리급여시(T·M·R에 비교하여) 혹은 급여사료의 변경등이라고 말할 수 있다.

### ① 채식에의 영향

조사료, 특히 품질이 나쁜 경우에는 진균제제의 첨가에 따라 채식이 증가되는 것이 보여진다. 진균제제를 첨가하면 분만후에 있어서의 채식의 회복·증가(채식량의 피-크출현)가 빠르다고 말할 수 있다

[표 3] 진균제제에 의한 제1위내에서의 소화속도의 변화 (건물의 소화 : %)

배양후시간	건초		건초+대맥	
	대조	+진균제제	대조	+진균제제
0~12	28.9	31.0	25.1	30.0
0~24	34.0	36.3	34.6	32.9
0~36	49.4	45.8	44.0	41.3
0~48	58.8	53.5	49.2	47.9

진균제제를 급여하여도 사료소화율에의 효과(차)는 보여지지 않지만 제1위내에서의 섬유소화는 향상된다고 할 수 있다. 특히, 채식 직후(수시간이내)의 초기소화가 빨라서 제1위내용물의 유출도 빠르기 때문에 그 다음의 채식을 촉진시킨다.(표3)

### ② 단백질 영향에의 효과

사료단백질이 제1위내에서 분해되면 암모니아가 방출되지만 암모니아 동화(同化)의 효과도 효모첨가에 의해 개선되는 것이 있다. 예를 들면 진균제제의 첨가에 의해 암모니아 농도의 상승이 억제되고 소장내의 비암모니아태질소(주요 미생물단백질)의 유출량이 증가한다는 예도 있다(표4). 이와 같은 경우에는 제1위내에서 미생물의 증식이 촉진되고 미생물대사산물(아라토닌등)의 뇨중배설이 증가하는 것도 있다. 소장으로 유입하는 단백질의 아미노산조성에의 영향이 있다고 보고되었지만 이것에 관해서는 의문도 남아있다. 제1위내(혼합)세균의 아미노산조성에 그렇게 많은 변동을 나타내고 있지않지만 소장내용물의 아미노산조성에 변화가 있다고 하면 제1위내에서 세균간의 균형의 변화, 즉, 특별한 세균의 선택적 증식을 의미하는 것이라 생각되어진다.

[표 4] 진균제제(효모)첨가에 의한 소장내의 단백질공급(유우)

		대조구	효모첨가
질소섭취(g/일)		535	526
십이지장으로 질소유입(g/일)	비암모니아질소	446	488
	미생물질소	255	293
	사료질소	191	195
미생물N/N섭취(%)		47.6	55.7

### ③ 프로토조아와 세균

진균제제에 있어 혐기성균 특히 섬유분해균이 증가하는 것은 넓게 인정되고 있는 것이 사실이다. 그러나 제1위내의 균수 혹은 그 비율에 유의차가 보여진다고 하여도 균수가 1/10~100배정도 변화하기까지는 반드시 생물적인 차(효과: 즉, 소화율·소화속도등)를 동반하지는 않는다. 또한, 세균과 프로토조아는 제1위내에서 상호적으로 균형을 취하고 총량으로서는 대개 일정하게 유지하는(프로토조아가 늘면 세균이 감소한다.) 것이 자연의 이치며, 진균첨가에서는 프로토조아가 감소하는 것 없이 세균수가 증가하는 예도 보여지고 있다. 어떻게 하든지 섬유소화에의 효과는 주로 세균활동의 촉진에 의한 것으로 프로토조아에의 효과는 아니라고 말할 수 있다.

### ④ 유량에의 영향

진균제제를 첨가하여도 반드시 산유효과는 기대할 수 없지만 여러 종류의 스트레스에 의한 유량의 저하를 경감시키는 것이 많은 듯하다. 이것은 제1위내 환경의 개선, 게다가 채식량의 확보에 의한 면이 강하다고 말할 수 있다. 유성분에의 영향에 관해서 반드시 똑같지는 않다.

### ⑤ 더운(暑熱)스트레스의 경감

더운조건하에서의 소에 누룩곰팡이(A.oryzae)를 첨가했을 경우에는 직장온도가 저하하는등 더운 스트레스의 경감에 도움이 있다고 하는 보고도 있다. 그러나 이와같은 보고에는 적으며, 효과를 인정한 예에 있어서도 찌는 더운 조건에서의 직장온도상승이 적다

는 예도 있다.

체온조절에 관계하는 중추(뇌간부)에 가까이 있는 내귀(內耳)온도를 비교한 실험도 있고, 이것에 의하면 *A.oryzae*첨가구에서는 내귀(內耳)온도가 약 0.3℃정도 낮아서 효과가 보이지만 이른 아침(기온이 낮음)에는 그 차이가 없다고 할 수 있다. 한편, 첨가제에 따라 체식량 혹은 유량이 증가하는 경우에는 체내 대사가 항진하기 때문에 체온은 상승하는 경향이 되는 것이 일반적이지만 진균에 유래하는 무엇인가의 화학물질이 체온중추에 작용하는 것도 부정할 수 없을 것이다.

#### ⑥ 제1위내 성상의 안정화

진균제제를 첨가하면 채식후의 제1위내 pH의 저하가 경감되어, 24시간을 통하여 제1위내가 안정화된다. 이 일은 특히 제1위내의 섬유분해균에는 매우 유익한 것이다. pH가 안정화 되는 커다란 이유는 제1위내에서 유산농도의 피-크(상승)가 완화되기 때문이다. 이것은 유산생산의 저감(低減)과 *Selenomonas ruminantium*등을 활성화 시켜 유산의 이용을 자극하고 호박산이나 프로피온산등의 대사를 촉진시키기 때문이다.

제1위과산증과 식체등의 예방이나 경감에 효과가 있다. 폴리에틸계항생물질의 이오노피아에 따라서도 제1위내의 유산농도가 저하하는 것은 유산생산의 억제작용에 의한 것이다.

진균제제의 첨가시에는 제1위내 pH이외의 암모니아, VFA의 농도나 몰비율, 이것들의 1일변동의 변화를 본것의 성적도 있지만 반드시 확정적이라고 말할 수는 없다. 효모를 첨

가한 소에서는 수송(트럭등)스트레스후의 체식감태가 경감된다고 하며, 이것에 관해서는 제1위내 성상의 안정화등이 관계된다고 생각되어지고 있다.

#### ⑦ 배양지(培養地)와 살아있는 세포, 누룩 곰팡이와 효모의 관계

누룩곰팡이와 효모의 작용기능과 순서는 동일하지 않지만 병용한 경우의 상승작용은 반드시 명확하지 않다. 가열한 진균성배양지를 급여하여도 효과적이라고 알려져 있기 때문에 진균첨가제의 효과는 복잡하고 배양지 중의 화학성분에 의한 효과도 크다고 생각된다.

그 유효성분에 관해서는 유기산(사과산)이나 아미노산, 비타민B군 혹은 측쇄VFA(섬유분해균의 성장인자) 등이 알려지고 있다.

## 4. 종합

### 생균제의 효과발현과 유의점

생균제의 효과는 항생물질등의 치료약품등에 비교하면 부드럽고, 또는 효과를 확인할 수 없는 경우가 많다. 거듭 강조하고 싶은 것은 반드시 동일상태의 효과, 효능이 확인되지 않은 점이다. 이를 위해 생균제의 이용에 있어서는 숙주(宿主)가축의 상태 및 발육·생산단계, 사양·환경조건, 생균제 투여방법 등에 따라 반응이나 효과가 크게 좌우되기 쉽다는 것을 염두에 둘 필요가 있다.

※ 발췌 : 『축산의 연구』 (2000. 6)