

新素材와 最新技術에 관한 연구동향 (下)

편집기획실

IGF-1은 satellite 세포의 분화를 촉진하여 출생후 근육성장을 제어하는 중요한 역할을 수행하기 때문에 PST를 투여한 돼지에서 PST에 의해 증가된 혈중 IGF-1은 근육성장 자극에 중요하다. 이러한 이유때문에 IGF-1을 PST대신 이용할 수 있을 것으로 기대될 수 있겠으나 IGF-1이 성장을 자극한다 하더라도 IGF-1의 투여효과와 PST투여효과는 비교될 수 없다고 한다. 왜냐하면 PST는 IGF-1이 할 수 없는 지방대사작용에 영향을 미쳐 돼지 지방조직 축적 및 사료효율을 유도하기 때문이라 한다 (Etherton, 1989b). 한편 외부에서 IGF-1을 투여했을 때 외부에서 투여된 IGF-1은 혈중의 IGF-binding protein과 거의 결합하지 못하였다. 그 이유는 IGF-binding site 대부분이 내생의 IGF-1에 의해 점유되어 있고 결합되지 못한 유리 IGF는 insulin과 같은 작용을 나타내 외부에서 투여한 IGF-1은 저혈당증을 야기시켰다(Walton 등, 1987). 외부에서 투여한 IGF-1이 IGF-binding protein농도에 영향을 미치지 못함은 IGF 투여는 PST투여보다 비효율적임을 나타낸 것이라고 여겨지고 있다(Etherton, 1989a). 그리고 IGF-1이 지방합성에 미치는 영향을 보면 *in vitro* 하에서 IGF-1은 돼지 지방조직에서 insulin과 같은 작용을 나타내어 지방합성과 glucose oxidation을 자극하였는데(Walton 등, 1987), 이러한 insulin-like 작용은 IGF-binding protein 첨가되었을 때 억제되었다고 하였다(Etherton, 1989b).

in vivo 하에서 IGF는 지방조직에 대해 PST효과를 매개하지 않았는데 그 이유를 Etherton (1989a)은 다음과 같이 요약하고 있다. 첫째, 유

리 IGF-1은 insulin과 같은 작용을 나타내지만 *in vivo*와 *in vitro* 하에서 PST는 지방조직에서 insulin에 길항작용을 나타내 지방조직 성장을 감소시키기 때문이며 둘째, IGF-binding protein은 유리 IGF-1의 insulin작용을 억제하며 셋째, 돼지 혈청중에서 유리 IGF-1은 탐지되지도 않기 때문인데 만약 유리 IGF-1이 돼지 혈청이나 지방조직에 존재한다 할지라도 IGF-1의 insulin-like 효과는 PST 처리를 했을 때 지방조직의 IGF-1에 대한 반응도를 감소시키기 때문에 IGF-1의 작용은 무디어지기 때문이라 하였다.

분자수준으로 보았을 때 성장호르몬은 IGF-1보다 10~15배 정도 높은 잠재성을 나타낸다고 하며(Clemmons 등, 1987), native한 것보다는 구조적으로 변형된 형태의 IGF-1이 더높은 잠재성을 나타낸다고 하였다(Cascieri 등, 1988). 그러나 Boyd와 Wary-Cahen(1989)은 성장촉진을 목적으로 성장호르몬 대신 IGF-1이 이용되기 위해서는 다음의 두가지 문제점이 충분히 고려되어야 할 것이라고 하였다. 첫째는 IGF-1이 성장호르몬처럼 조직대사에 다양한 효과를 나타낼 수 있는 것인가 하는 점이며 둘째는 IGF-1 수준의 증가가 이루어지지 않는다면 비효율적일 수밖에 없다는 것이다. 앞으로 IGF-1이 성장촉진제로 이용되기 위해서는 먼저 성장호르몬 기작과 binding protein 및 국부적인 IGF-1에 대한 구멍이 먼저 이루어져야 할 것이라 하였다.

한편 44개의 아미노산 잔기로 구성된 GHRF는 NH₂ 말단으로부터 1~29번째 아미노산 잔기가 활성을 나타내고 있다. 인간의 GHRF와 돼지의 GRF는 1~29번째 아미노산 잔기가 동일하

여 1~29번째의 아미노산 잔기로 이루어진 인간의 GHRF(hGHRF)를 이용한 돼지 성장촉진효과와 GHRF의 성장호르몬 방출기작에 대한 연구가 수행되었는데 성장호르몬 농도는 hGHRF 투여수준에 따라 증가되었다고 하였다(Etherton 등, 1986b; Johnson 등, 1988; Kraft 등, 1984).

한편 캐나다의 Dubrenil 등(1988)과 Pommier 등(1988)은 4개의 아미노산 잔기를 갖는 GHRF보다 10배이상의 성장 잠재성을 나타낸다고 한 tri-substituted GHRF의 비육돈에 효과를 검토코자 1일 3회 체중 1kg당 6.7 μ g의 변형한 GHRF를 투여한바, PST 투여시와 거의 비슷한 투여효과가 있었다고 하였다. 그리고 성장호르몬의 분비를 자극하여 성장촉진을 유도하기 위한 또다른 접근으로는 enkephalin 유사물과 같은 분자구조가 간단한 GHRF이용에 의한 연구도 진행중이다(Boyd와 Wary-Cahen, 1989). 그리고 면역학적 조작을 통해 성장촉진을 유도하기 위한 시도도 이루어 지고 있는데 면역학적 성장촉진법은 보다 자연적인 측면에서 성장촉진을 다루고 있기 때문에 상당한 관심을 불러 일으키고 있다. 이러한 전략에는 첫째 성장호르몬분비를 억제한 somatostatin에 대한 활성면역 방법이용, 둘째 특이항원결정자(specific antigenic determinant)를 갖는 모노클론항체의 사용, 셋째는 구조적으로 성장호르몬과 비슷한 항체의 생산이 있다(Boyd와 Wary-Cahen, 1989; Edward 등, 1988)고 하였다.

최근에는 성장호르몬이나 GRF의 gene을 micro-injection을 통해 수정난의 전핵이나 핵단계에서 돼지의 genome에 주입하는 유전자조작법이 진행되고 있다. Pursel 등(1988a)은 소의 성장호르몬을 돼지에 이식하여 자돈을 생산한 뒤 비육한 시험을 보고한 바 있다. 그러나 이렇게 성장호르몬 유전자가 이식된 돼지는 유의적인 증체와 1kg 중 체에 소요된 사료량의 개선효과를 보여주었으나 다리이상, 케양, lethargy와 스트레스 감수성 등으로 시험공시한 반수정도가 문제가 있었다고 보고 되었다(Pursel 등, 1988b).

4. 효소제

사료첨가물로서 효소제의 역할은 사료의 소

화, 흡수를 보조, 촉진하기 때문에 어린 가축의 사육에 있어서 그 필요성이 인정되고 있다. 근년 생명공학의 발전과 함께 각종 효소제의 이용기술, 이용범위의 진보가 눈에 띄게 신장되고 있다.

가축(사료)에서의 효소제의 응용은 그 역사가 오래돼지만 사용량, 사용범위의 신장은 현저하지 않았으나 최근 해외에서는 유전자공학을 응용한 효소가 개발되고 또한 일본에서는 새로운 용도로서 양어용 효소제가 큰 비율을 차지하는 경향을 보이고 있다. 효소제는 말할 필요도 없이 단백질, 지방, 전분, 섬유질을 생화학반응에 의해서 가수분해하여 사료의 유효이용, 가축의 증체촉진 등의 효과를 나타내고 있다. 그러나 그 반응이 완만한 조건이기 때문에 작용하는 상대가 엄밀히 규정되고 있는 것(기질특이성), pH나 온도 등 작용조건 범위가 비교적 좁은 것 등을 이용기술의 입장에서 충분히 인식하지 않으면 안된다. 효소제는 효소제의 특성을 잘 이해하고 가축의 종류, 주령, 사료의 종류, 성분 등을 균형있게 잘 조화시키므로서 효소제는 그 이용범위가 넓어지고 사양기술의 진보에도 중요한 역할을 담당하게 된다.

사료첨가물로서 중요한 효소는 단백질분해효소(Protease), 지방분해효소(Lipase), 섬유소분해효소(Cellulase), 펙틴분해효소(Pectinase) 및 전분분해효소(Amylase) 등이다. 효소제의 사용량은 그 효소의 효소활성에 의해서 정해지기 때문에 타 첨가제의 경우와 같이 몇 %라는 표현은 적당하지 않다. 효소제의 역가는 일정의 작용조건하에서 1분간에 어느정도의 기질을 분해할 수 있는나로 나타내고 있다.

효소(Enzyme)란 생체세포내 미생물이 생산하는 단백질성 고분자 유기촉매물질로서 특이적기질에 작용하여 생체반응을 촉진하거나 완성시키는 성질을 갖고 있어 비타민과 마찬가지로 생명현상을 좌우하는 가장 중요한 것 중의 하나이다.

1) 전분을 분해시키는 아밀라아제(Amylase)

탄수화물중 가축의 가장 경제적인 에너지공급원, 지방, 단백질의 합성원료, 뇌와 신경조직의 구성성분, 칼슘의 흡수를 돕는데 많이 이용되

는 전분은 식물의 비축 영양소로서 특히 가축사료의 주원료인 곡류에 많이 함유되어 있다. 아밀라아제는 이러한 전분을 분해시키는 필수효소이다.

2) 단백질을 분해시키는 프로테아제(Protease)

단백질은 동물체조직의 구성성분이고 어린동물의 성장이나 축산물의 생산을 극대화하기 위해서는 충분한 공급이 요망되는 영양소이다. 한편 아미노산은 체내에서 다른 영양소에 의한 대치가 불가능하고 양적으로도 비교적 많이 요구되는 영양소이다. 프로테아제는 이러한 단백질을 적당량의 아미노산으로 분해시키는 효소이다.

3) 섬유소를 분해시키는 셀룰라제(Cellulase)

가축, 가금사료의 대부분은 식물성으로서 소화이용율을 떨어뜨리는 섬유소를 많이 함유하고 있다. 섬유소 성분은 반추동물에서는 일부 소화되지만 돼지나 닭에서는 소화이용율이 25% 이하로 매우 낮다. 그 이유는 체내에 섬유소를 분해할 수 있는 효소인 셀룰라제가 없기 때문이다. 따라서 가축, 가금사료에 결여되어 있는 셀룰라제를 첨가하여 사료효율을 크게 향상시킬 수 있다.

(1) 효소제의 종류

현재 2477개 형태의 서로 다른 효소들이 분류되고 있으며 이 2477개 형태의 효소들이 서로 다른 반응에 관여하고 있다. 과학적 실험을 통한

방대한 양의 지식의 축적은 효소의 중요성을 이해케 하고 있으며 이지식을 이용하는 새로운 방법을 터득하는 것은 가축의 생산성을 향상시키는 것을 도울 수 있다(표 12).

(2) 효소제의 작용기관(표 13)

(3) 효소제의 잠재적엔 향상효과

- | | |
|----------------------------|---------------------------|
| ① Glucan hydrolysis | ⑥ Toxin inactivation |
| ② Pentosan hydrolysis | ⑦ Cell wall disruption |
| ③ Cutin disruption | ⑧ Supplement neonate |
| ④ Less associative effects | ⑨ Reduce digestive upsets |
| ⑤ Phytate utilization | |

(4) 효소제의 제한효소

- | |
|---|
| ① Available enzymes defined by other industries |
| ② Enzyme optimums not selected for digestive tract conditions |
| ③ Enzyme must also be stable to feed processing |

(5) 효소제의 첨가효과

효소제의 첨가효과에 대해 발표된 논문을 종합하여 기술하면 (표 16)과 같다. 현재 국내에서도 여러가지 종류의 효소제가 개발·시판되고 있으나 아직도 작용기전에 대한 깊이 있는 연구는 외국에 비해 훨씬 뒤떨어지고 있다.

표 11. Lactobacillus속 생균의 단일 또는 혼합물이 돼지의 능력향상에 미치는 영향에 대한 요약

생균배양물	처리돼지수	일 령	ADG (% control)	FCE	보 고 자
<i>L. acidophilus</i>	120	3-52	0	NR	Stekar et al(1980)
<i>L. acidophilus</i>	24	28-50	0	0	Kornegay(1985)
<i>Lactobacillus product</i>	17 ^(a) 17 ^(b)	0-21 0-21	0 13	NR NR	Sutherland+Miller (1986)
<i>Lactobacillus product</i>	12	0-21 21-42	9.6 ⁺ 7.0	9.0 0	Toay(1986)
	12	0-28	0 0	5.0 ⁺ -7.0	
<i>Lactobacillus product</i>	24	0-81 0-35	10 ⁺	0	Lessard+Brisson (1987)
<i>Lactobacillus product</i>	28 72		42 ⁺ 11	0 0	Collington(1990)

표 12. 효소사료첨가제의 종류와 생산회사

제조회사	제 품 명	활 성 성 분	작 용
Alltech	Allzyme PB	Bacterial Protease, Bacillus subtilis	high protein pellets
	Allzyme AP	Acid resistant prot., bacillus s.	for difficult to digest proteins such as feathers
	Allzyme	Alkaline resistant prot., bacillus s.	effluent treatment and cereal processing
	Allzyme BG	Bacterial glucanase, baccillus subtilis	for high rye or barley diets
	Allzyme L	Fungal Lipase, Rhizopus niveus and fish oils	for digesting animal, vegetable
	Allzyme Phytase	Fungal Lipase, ficium Aspergillus niger, Asp. ficium	degrades phytin into 6 phosphate units
	Allzyme AB	Bacterial amylase, Bacillus s.	for all pelleted feed with high starch levels
	Allzyme AF	Fungal amylase, Asp. oryzae	for non-pelleted of liquid feeds
	Allzyme PT	Petosanase Asp. Oryzae	
	Allzyme C	Fungal cellulase, Trchoderma, Asp. niger	for use in high fiber diets
Alko	Econoase BGP	B-glucanase	barley and oats-based diets
	Finase F	phytase	increase of P-availability in feed for monogastrics
Quest Int.	Superzyme	Xylanase B-glucanese	Wheat based diets
	Enerzyme	B-glucanese xylanase	Barley based diets
FinnFeeds	Avizyme SX	Multi enzyme systems	Barley based feeds
	Avizyme TX	Multi enzyme systems	Wheat/soya based feeds
Gist-Brocades	Natuphos	Phytase	in diets to increase P-availability in feedstuffs of plant origine.
Grinsted	Grindazym	GV-feedB-blucanases, cellobiase	
		B-glucanases, cellobiase Multienzyme complex	
	Grindazym GP 5000	Multienzyme complex	
Novo Nordisk	Bio-Feed	B-glucanase	Barley rations
	Bio-Feed plus	Pentosanase and Hemicellulase	Wheat rations
	Bio-Feed pro	Protease	to improve protein digestibility in

제조회사	제품명	활성성분	작용
			broiler and turkey rations particularly of oil seed proteins and sorghum
	Energex	Cell wall degrading enzyme complex	Improved digestibility of maize, sorghum and oil seeds
	Alpha-Gal	Alpha galactosidase	Hydrolisis of soya polu saccharides to increase TME of soya and other vegetable protein sources
Roche Products	Roxazyme	Cellulase, endo--1,3 : 1,4 -glucanase, xylanase, pectine, amylase	

〈출처〉 Misset-World Poultry Volume 7. No 9 1991

표 13. 소화관내에서 효소를 가수분해시키는 기관

위치	효소	기질
타액	Alpha amylase	Starch
위	Pepsin	Proteins
췌장	Trypsin	Proteins
	Carboxypeptidase	Peptides
	Alpha amylase	Starch
	Lipase	Fats
장	RNase	Nucleic acids
	Lactase	Lactose
	Maltase	Maltose
	Aminopeptidase	Peptides
	Nucleotidases	Nucleotides

특히 사료가공시 열에 대한 안정성 자료의 확인여부가 반드시 국내에서 재검정되어야 하나 국내여건상 이를 문헌자료검토만으로 대신하고 있기 때문에 많은 유사제품들이 난립하는 원인을 제공하고 있어 전문가들의 전문적인 기술검토가 요구되고 있다.

결 언

지금까지 신소재와 최신기술에 관해 최근의 논문을 중심으로 고찰해보았다. 세계는 하루가 다르게 신소재를 이용한 기술의 개발에 박차를 가하여 일부의 기술은 이미 제품화되어 시판되고 있거나 또는 FDA나 EPA와 같은 공인기관의 허가를 출원하여 승인이 나기만을 기다리고 있는 상태에 놓여있다. 현재 성장호르몬(BST나 PST)의 경우 전세계적으로 방대한 실험이 진행되고 일부의 국가에서는 사용까지 하고 있으나

표 14. 여러가지 사료의 항영양성 인자 및 독성물질의 종류에 대한 요약

성분	분포	생리적인 효과	열안정성
Proteins			
protease inhibitors	most legumes and cereals	depressed growth, pancreatic hypertrophy/hyperplasia acinar nodules	variable
lectins	most legumes and wheat	depressed growth, death	yes
amylase inhibitors	most legumes and cereals	inhibit starch disestion	yes

성분	분포	생리적인 효과	열안정성
Carbohydrates			
pentosans	rye, triticale	depress nutrient utilization and growth "sticky droppings"	no
B-glucans	barley, oats	"sticky droppings" low nutrient metabolism	no
Glycosides			
cyanogens	lima beans	respiratory failure	no
vicine/convicine	faba beans	hemolytic anaemia	variable
galactosides	most legumes	flatulence	no
saponins	most legumes	reduce intestinal permeability	no
Miscellaneous			
phytate	most legumes	interfere with	
tannins	and cereals	mineral availability	yes
alkaloids	most legumes	interfere with and cereals	
glucosinolates		digestibility	variable
	lupins	depressed growth	no
	rapeseed	goiterogenic, egg taint	no

¹(Saini, 1990).

표 15. 일부 시판 효소의 종류, pH 및 온도범위에 대한 요약

효소	미생물	pH범위	온도범위(°C)
Alpha Amylases			
Bacterial alpha amylases	B.subtilis	5.8	75-90
Bacterial alpha amylases	B.licheniformis	5.8	90-105
Fungal alpha amylases	A.oryzae	5.5	60-65
Proteinases			
Bacterial neutral proteinase	B.subtilis	7.0	57-70
Bacterial alkaline proteinase	B.licheniformis	10.5	60-66
Bacterial heat stable proteinase	B.coagulans	7.5	73-85
Fungal proteinase	A.niger	7.0	50-60
Glucanases			
Bacterial glucanase	B.subtilis	7.0	55-70
Fungal glucanase	A.niger	4-5	60°C
Fungal glucanase	P.emersonii	4-5	30-90°C

효 소	미생물	pH범위	온도범위(℃)
Lipases			
Fungal lipase	A.niger	5-7	35-70
Fungal lipase	A.oryzae	2.5-7.0	up to 55
Cellulases			
Fungal cellulase	T.viridii	4-6	45-55
Fungal cellulase	A.niger	4-6	40-50
Pectinases			
Fungal pectinase	A. niger	5-6	40
Phytase			
Fungal Phytase	A.ficum	2.5-5.0	

Adapted from Godfrey and Reichelt, 1983.

표 16. 효소제 첨가 효과에 대한 반응의 요약

효 소	반 응	보고자	기초사료	축 종
특정효소첨가				
Glucanase	+30% LWG +18% FCE	Gohl et al., 1978	Barley	Broiler
Glucanase	+10-26% LWG +5-11% FCE	Hesselman et al., 1982	Barley	Broiler
Glucanase	+26% LWG +24% ADG	Cantor et al., 1989	Barley	Broiler
Glucanase	+12% LWG +14% FCE	Cantor et al., 1990	Barley	Broiler
Glucanase	+10-30% LWG	Patel et al., 1980	Rye	Broiler
Pectinase	+9-14% FCE			
일반효소첨가				
Cellulase	+5-10% LWG +2-12% FCE	Suga et al., 1978	Maize-soy Barley-soy	Broiler
Cellulase	NS	Gohl et al., 1982	Wheat, Lucerne	Broiler
Cellulase	+10% FCE	Suga et al., 1978	Wheat-soy Maize	Pigs

¹ Adapted from Chesson, 1987.

FDA의 승인이 정치적인 이유때문에 언제 떨어질지 아무도 예측할 수 없는 상황이라 앞으로의 추이에 대해서 좀더 관심있게 지켜 보아야 한다.

생균제나 효소제의 경우도 외국에서는 생명공학기술을 이용하여 많은 연구를 실시하고 이 결과를 세계의 유명학술지에 발표하고 있으나 국

내에서는 이에 대한 자료의 소개가 너무 늦은 감이 있기 때문에 아직도 깊이가 떨어지는 단계를 크게 벗어나지를 못하고 있다. 따라서 전문가들이 Co-Work system을 통해 학문적인 발전은 물론 산업화에 응용이 가능하도록 심혈을 기울여야 한다.