

성장호르몬이 돼지의 지방조직과 근육축적에 미치는 영향



정 정 수

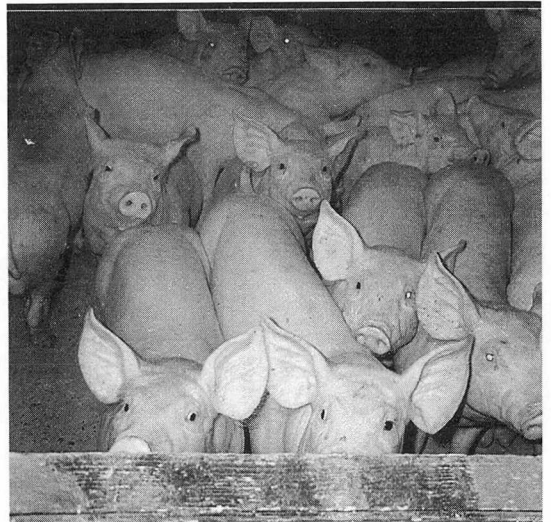
(충북대학교 축산학과 교수)

1. 서론

소마트로핀 또는 성장호르몬은 뇌하수체전엽에서 분비되는 191개의 아미노산으로 된 단백질호르몬이다. 에반스와 심슨(1983)이 소의 뇌하수체 추출물의 투여가 쥐의 성장을 촉진시킨 것을 관찰한 이래 성장호르몬은 정상적인 성장에 필수적인 물질로 알려져 왔다.

성장호르몬의 투여가 돼지의 성장에 미치는 영향에 관한 초기연구가 몇 있었는데(Turman and Andrews, 1955; Henricson and Ullberg, 1960), 이 연구들은 투여한 성장호르몬의 다른 물질에 의한 오염 그리고 돼지성장호르몬 대신에 소성장호르몬 투여 등의 이유 때문에 문제가 있었다. 최근에 유전공학의 급속한 발전에 의해 이제 충분한 양의 순수한 성장호르몬의 공급이 가능하게 되었다.

수많은 연구에 의해 돼지성장호르몬(porcine somatotropin, PST)이 돼지의 생산성을 현저히 증가시키는 것이 확인되었다(Chung 등, 1985 ;



Etherton 등, 1987a; Boyd 등, 1987; ; Evock 등, 1988; Campbell 등, 1989; Chung 등, 1989; McLaren 등, 1990).

이들 연구결과에 의하면, PST의 투여로 돼지의 일당증체량은 10~20%, 사료효율은 15~35% 향상되었고, 도체 지방은 50~80% 감소되었고 단백질 축적은 50% 증가되었다. 투여효과를

최대로 하기 위한 여러 조건들이 규명되었는데 다음과 같다.

먼저 PST 투여량은 돼지 체중 kg당 1일 100 ug이 적당한 것 같고, 개시체중은 60kg 이상이 좋은 성적을 나타내는 것 같다. 그리고 성별에 의한 차이는 거세돈과 암돼지가 비거세돈보다 큰 투여효과를 나타내고(Campbell 등, 1989), 유전공학에 의해 제조된 PST도 뇌하수체 PST와 비슷한 효능을 나타낸다(Evock 등, 1988). 사료중의 단백질 함량은 14% 이상은 되어야 충분한 PST효능을 나타낸다(Smith 등, 1989).

PST가 돼지의 생산성을 크게 향상시킨 것이 여러 실험에 의해 확인되었기에 유전공학에 의해 제조된 PST를 돼지의 성장촉진제로 개발하려는 것에 대한 관심이 커지고 있다. PST의 투여로 얻는 이익은 막대하다. 즉 양축가는 생산 효율을 올릴 수 있고 소비자는 지방이 적은 고기를 먹을 수 있다. 포화지방산을 너무 많이 섭취해서 생길 수 있는 심장병에 대한 우려때문에 후자는 특히 중요하다. 본고에서는 PST에 의한 근육과 지방조직의 축적변화, PST의 작용기전 및 PST의 안전성에 대해 논하려 한다.

2. PST에 의한 지방조직과 근육의 축적변화

PST 투여의 가장 큰 효능중의 하나는 도체지방을 줄이고 근육을 증가시키는 것이다. 77일간 PST투여로 도체지방은 68%나 감소되었고, 단백질은 37%나 증가하였다(Evock 등, 1988). 그리고 지방조직과 근육의 양도 비슷하게 영향을 받았다. Campbell 등(1989)은 31일간 PST를 투여한 결과 도체지방은 34% 감소되었고 단백질은 19% 증가하였다고 보고했다. 이렇게 현저한 도체지방감소가 PST를 투여받은 돼지의 사료

효율을 향상시키는데 기여하는데, 그 이유는 근육의 75%는 물이고 대조적으로 지방조직의 대부분은 지방이기 때문이다.

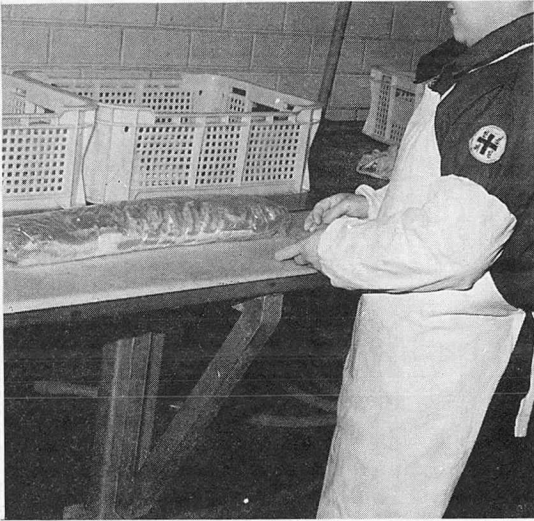
열량이 적은 돼지고기를 소비자가 선호하기 때문에 PST가 돼지성장촉진제로 이용될 전망을 밝게 해 준다. 그러나 연도와 다즙성을 포함한 육질에 미치는 PST의 영향이 평가되어야 한다. 특히 다즙성에 대한 평가는 중요한데, 그 이유는 PST가 근육간 지방을 감소시킬 가능성이 있기 때문이다. Beerman 등(1988)은 1일 돼지 체중 kg당 60ug의 PST를 투여받은 돼지근육의 다즙성이 감소되었다고 보고했다. 그러나 대조구, 30ug 및 90ug 투여구에서는 아무런 감소가 없었다고 했다. 한편 Evock 등(1988)은 PST를 투여받은 돼지고기가 대조구에 비해 다즙성, 연도 및 육색에 아무런 차이가 없었다고 했다.

3. PST의 작용기전

가. PST가 대사작용에 미치는 영향

PST는 여러 조직에 의한 영양소의 이용에 변화를 가져오는 대사작용에 관여한다고 알려져 있다. PST 투여로 지방조직이 줄고 근육조직이 증가하는 것은 이 작용을 나타낸다고 볼 수 있다. 이것은 단백질 축적이 증가하고 지방 축적이 감소하도록 PST에 의해 영양소의 재분배작용이 일어났다는 사실로 설명할 수 있다.

영양소의 분배작용과 관련해서 지방대사에 미치는 PST의 작용은 매우 중요하다. 지방조직의 축적은 지방합성과 지방분해의 상대적인 비율에 의해 결정된다. PST는 지방조직축적을 현저히 감소시키기에 지방합성이 줄어들거나 지방분해가 증가하거나 또는 두 작용이 함께 일어나야 한다. Etherton 등(1989)은 무제한 급여할 경우 PST가 돼지의 지방축적에 미치는 영향은



지방분해보다 지방합성의 변화를 통해서라고 주장했다.

PST가 지방합성에 미치는 영향을 규명하기 위해 돼지에 1일 체중 kg당 70ug의 PST를 7일동안 투여했다(Walton 등, 1987). 포도당이 총지방으로 변화된 양으로 낸 지방합성은 PST를 투여받은 돼지에서 취한 지방조직의 절편에서 현저히 감소되었다. 그리고 이것은 지방합성에 관여하는 몇가지 중요한 효소 즉, glucose-6-phosphate dehydrogenase, malic enzyme 및 fatty acid synthase의 활성이 감소된 사실로 뒷받침된다(Magri 등, 1990). Bornstein 등(1983)은 쥐의 지방세포와 간세포의 acetyl CoA carboxylase의 활성이 PST구에서 40~50%나 감소되었다고 보고했다.

PST의 지방합성억제작용 외에도 인슐린에 의한 포도당수송과 지방합성의 촉진작용도 PST에 의해 크게 감소된다(Walton 등, 1987; Magri 등, 1990). Basal 그리고 insulin-stimulated 포도당수송과 지방합성이 1일 체중 kg당 70ug의 PST를 7일동안 투여한 결과 감소되었다.

PST에 의한 지방합성의 억제가 직접적인지

또는 간접적인지를 규명하기 위해서 지방조직 절편을 배양했다. 48시간동안 배양중 여러 농도의 PST를 함유한 지방조직의 지방합성량이 PST 농도에 비례해서 감소되었는데, ED50는 0.5~1.0ng/ml이었다(Walton 등, 1986; Evock 등, 1989). 양과 소의 지방조직에서도 비슷한 작용이 나타났다(Vernon, 1982; Etherton 등, 1987 b).

위의 결과는 지방합성에 미치는 PST의 작용은 직접적이고 insulin-like growth factor에 의한 간접작용이 아님을 나타낸다.

돼지지방조직에서 PST의 지방합성억제 작용은 아래의 3가지 점에서 중요하다. 즉, ① 포도당은 돼지에서 지방산합성의 주 탄소공급원이고, ② 지방조직이 돼지에서 지방산합성이 일어나는 주 기관이고(O'Hea and Leveille, 1969), ③ 지방합성의 억제가 돼지체내의 PST 농도에서도 나타난다는 점이다(Evock 등, 1988).

나. PST의 성장촉진작용

연골의 성장이 정상취 또는 성장호르몬(PST)을 투여받은 뇌하수체를 제거한 쥐의 혈청에 의해 촉진되었지, PST 자체나 뇌하수체를 제거한 쥐의 혈청에 의해서는 촉진되지 않았다는 사실이 소마토미딘 가설을 확립하게 했다(Salmon and Daughday, 1957). ST가 혈중 소마토미딘(IGF)의 농도를 증가시켜서 간접적으로 세포의 증식을 촉진시킨다는 것을 의미한다. 간은 IGF-I 생산의 주요기관으로 알려져 왔다. 최근의 여러 연구에 의해 ST는 몸의 여러 부분에서 지엽적으로 IGF-I의 생산을 촉진시킨다는 것이 밝혀졌다. 이것을 뒷받침하는 예로 뇌하수체를 제거한 쥐의 경골성장부위에 ST를 투여한 결과 뼈 성장이 촉진되었다.(Russel and Spencer, 1985).

근육세포의 증식은 새 근육세포의 생성(hyperplasia)이나 이미 만들어진 세포에 새로운 세포가 융합되어(hypertrophy) 일어난다. 태어난 후의 동물 근육세포의 새로운 핵의 원천은 위성 세포이다(Allen 등, 1979; Champion, 1984). ST 투여는 위성세포의 증식과 이것의 이웃세포에의 융합을 증가시키는 작용을 하는 것으로 알려져 있다. ST의 근육세포의 증식작용과 관련해서 Florini(1985)는 여러 종의 원시근육세포로부터 얻어진 결과를 종합했는데, 모든 연구들이 ST가 원시근육세포의 분화나 증식에 직접적인 영향을 주지 않았다고 했다. ST의 이와 같은 작용과 대조적으로 IGF는 원시근육세포나 위성세포의 증식을 촉진시켰다(Dodson 등, 1985; Florini, 1987). Kotts 등(1987)은 3일동안 PST를 투여한 결과 돼지의 혈중 IGF농도가 증가하였고, PST를 투여받은 돼지의 혈청은 L-6 세포의 증식을 증가시켰음을 확인했다.

ST의 성장촉진작용이 IGF에 의해 이뤄진다는 사실은 ST 대신에 IGF를 투여하는 것도 돼지의 성장촉진을 유발할 수 있지 않을까 하는 가능성을 고려하게 되었다. 쥐에게 IGF-I을 투여한 결과 성장이 촉진되었지만 그 효능은 ST 투여에 비해 훨씬 떨어졌다(Schoenle 등, 1985; Skottner 등, 1987). 돼지에서도 IGF 투여가 PST 투여에 비해 성적이 떨어질 것이 예측되는데 그 이유는 다음과 같다.

(1) PST가 지방조직의 대사작용에 미치는 영향 즉 지방합성억제는 IGF에 의해 유발되지 않는다는 사실이다. Etherton 등(1989)은 PST가 대사작용에 미치는 영향이 지방조직축적을 조절하는 중요한 역할을 하고 이 작용이 도체조성과 사료효율 향상을 가져온다고 주장했다.

(2) IGF 결합단백질은 PST에 의해 증가되지 IGF-I에 의해 증가되지 않는다는 사실이다(Wa-

lton and Etherton, 1989). 돼지에게 IGF-I을 투여하면 혈중에서 빨리 사라져 버린다(반감기가 약 6분)(Walton 등, 1989). 이렇게 빨리 사라지는 이유는 IGF 결합단백질이 내생 IGF-I에 의해 거의 완전히 결합되어 있어서 외생 IGF-I이 결합될 수가 없기 때문이다(Walton, 1988).

4. PST의 안전성

육류도체에 약물잔류문제 때문에 가축의 성장촉진을 위한 호르몬이나 약제 투여에 대해 소비자의 우려가 점점 커지고 있다. PST가 성장촉진제로서 사용되려면 PST가 소비자에게 전혀 해를 끼치지 않는다는 것이 확인되어야 한다. 지금까지 얻어진 정보에 의하면 PST를 투여받은 돼지고기를 먹는 소비자에게 아무런 해가 없을 것이라고 여겨지는데 이에 대한 이유는 다음과 같다.

첫째, PST의 화학적 성질 즉, PST는 단백질이다. PST가 단백질이기 때문에 돼지고기를 요리할 때 따르는 일에 의해 변성된다. 만약에 도체에 PST가 남아 있다 하더라도 요리중 변성되어 그것의 활성을 잃어버릴 것이기 때문이다.

둘째, PST의 반감기가 짧은 것 즉, 혈중에서 빨리 소멸되어 버린다. 몇가지 정보에 의하면 돼지 도체에 PST 잔류문제는 무시될 수 있다고 여겨지는데, 어에 대한 한가지 이유는 돼지 체조직내의 PST 반감기가 혈중의 반감기와 비슷할 것이라는 예측이다. 혈중 PST 농도는 투여 후 매우 빨리 떨어진다. 즉, 투여후 8~10시간내에 정상수준으로 내려간다는 것이다(Chung 등, 1985). Schams 등(1989)은 1주에 2회씩 1회 14mg의 PST를 돼지에게 투여했을 때 마지막 투여 26~27시간 후에는 혈중에 PST가 거의 없었다고 보고했다. 圖說