

# 육질저하의 원인이 되는 스트레스와 PSE육 · DFD육

육류등급부 제공

(註) 본 내용은 일본에서 발행되는 월간 양돈계에 게재('91. 5월호)된 글을 발췌 번역하였다. (육류등급부 김희순 번역)

이 내용은 육돈이 도축전 여러가지 스트레스에 의한 PSE육과 DFD육 발생의 메카니즘에 대하여 소개하고 있는 바 이는 앞으로 돼지도체 등급제가 실시될 때 육질이 등급에 미치는 영향 등 육돈을 둘러싼 육질저하 문제와 스트레스를 격감시켜 육질 개선에 도움을 주고자 한다.

필자 : 前田博之

북해도 아사히가와 식육검사사업소 근무  
현, 북해도 지도세 보건소 근무

의 수송이나 도축시스템도 크게 변화되어 갔다. 그러한 가운데 육돈에 PSE육과 DFD육 등 도살전의 스트레스가 원인이 된다고 생각되어지는 품질저하의 사례가 발생하여 큰 문제가 되고 있다. 여기서는 양돈가가 소중하게 기른 육돈의 도체에 있어서 질병 이외의 원인으로 육질의 저하나 상품가치의 하락이 일어나고 있는 문제에 대하여 필자가 터득한 식견을 토대로 서술하고자 하며, 또한 육돈을 둘러싼 스트레스와 육질저하 문제와의 관련이나 스트레스를 경감하여 육질 개선에 성공한 구체적인 예를 들어 서술코자 한다.

## 1. 육돈을 둘러싼 스트레스

살아 있는 가축의 근육에는 그 생리 기능을 일정하게 유지하려고 하는 작용이 항상 이루어지게 된다.

근육은 도살직후 부터 생리적 기능을 회복할 수가 없게 되어 식육으로 변화하게 된다. 따라서 가축이 살아 있을 때의 생리적 또는 제반 병적인 상태는 식육에게 커다란 영향을 끼친다.

생체 상태에서의 절식과 과격한 근육운동이나 스트레스는 사후 식육의 품질에 여러 가지로 영향을 미치는 것으로 생각된다.

최근 국민 식생활의 변화에 의해 식육의 수요가 증대하고 있다. 또한 소비자의 양질육 선호와 쇠고기 수입자유화 등에 의해 저렴한 양질의 식육생산이 요구되고 있다. 이에 대응하여 가축의 생산단계 합리화와 함께 안전하고 위생적인 식육을 효율적으로 공급하기 위해 대규모 도축장이 각지에 건설되어 가축

육돈의 생산 단계는 비용절감을 목적으로 사양기간을 단축하기 위해 신품종이나 고도의 사양기술이 보급되어 왔다. 즉 발육 속도가 높은 품종이 외계와 단절된 사양 환경 중에서 효율적으로 사양되고 있다. 그 때문에 출하된 육돈은 약령화해 여러 형태의 스트레스에 대한 감수성이 높게 된다.

육돈 출하를 할 경우 수송 중의 구토와 폐사 사고를 예방하기 위해 일반적으로 출하 당일엔 절식을 시켜야 한다. 육돈의 수송거리나 수송시간은 길어지는 경향이다. 즉 도축장의 정비 및 대형화가 추진되어 육돈의 집하지역이 확대되어 지고 있다.

육돈의 수송은 농협이나 축산회사에 의해 대형의 전용 운반차량으로 일괄집하 하도록 되어져 있고 집하 트럭은 여러 농가를 돌면서 수집을 한다.

육돈은 트럭 위에서 흔들림과 타 돈군과의 혼합담재에 의한 흥분 및 외부의 환경(여름, 겨울) 변화에 의해 극도의 스트레스를 받게 된다.

현재 대규모 도축장에서는 반입이나 도축처리의 형편으로 보면 일반적으로 전일 반입체제가 이루어지고 있다. 육돈은 절식, 절수 상태에서 계류장에 과밀 상태로 여러 돈군이 계류되어 타군과의 싸움 등으로 흥분상태에 놓여져 있다.

도축 처리 방법은 단시간에 많은 두수를 처리하기 위해 강제로 밀어 넣는 등의 도축방법이 행하여지고 있다.

이들 도축장은 주로 작업능률이나 안전성을 중시하여 작업장이 설계되어 있으나 육돈이나 육질에 끼치는 영향까지 고려한 작업장이 드문 현상이다. 도축 직전의 강제 밀어 넣기는 육돈의 격한 흥분과 발작을 일으키게 하는 경우가 많다.

이와 같이 도축장에 출하된 육돈은 출하에서 도축까지 사이에 지금까지 경험한 적이 없는 여러가지 스트레스를 받게 된다.

## 2. 근육에서 식육으로의 변환

근육이 식육으로 변화하는 과정에는 큰 변화가 일어나게 된다. 육돈이 먹은 사료는 위장에서 소화 흡수되어 혈액에 의해 근육이나 간장에 운반되어 그곳에서 일단 글리코겐(당분)으로 저장된다.

근육은 글리코겐과 산소를 이용하여 살아가기 위한 에너지인 ATP라고 하는 물질을 만든다.

살아 있는 육돈의 근육에는 산성도를 증성으로 유지하는 작용을 한다. 육돈을 도축 방혈하면 혈액의 흐름이 정지되어 근육에 산소공급이 멈추게 된다. 근육은 살아남기 위해 글리코겐으로부터 산소없이 ATP를 만들려고 한다. 이때에 부산물로서 생성되는 것이 젖산이다.

근육에 젖산이 축적되면 근육은 천천히 산성화 된다. 근육의 산성화는 도축직후로부터 약 24시간 지속된다.

근육이 산성화 됨에 따라 식육의 맛을 내는 성분인 이노신산이 만들어진다. 근육의 산성화에 의해 근육의 단백질이 응고되어 수분이 분리된다. 그것은 우유에 산(酸)을 첨가하면 단백질이 두부모양으로 굳어지는 현상과 같다. 이때 침출된 육즙은 지육이 냉각되면서 한천 상태로 되어 단백질 틈사이에 저장된다. 이 변화에 의해 육즙을 함유한 연한 식육이 된다.

식육의 산성화는 세균의 번식을 억제하는 활동도 한다. 이런 현상은 육돈 근육이 도축직후 자연적으로 산성화 됨에 따라 적당한 연도와 맛이 좋아지며, 보수성과 보존성을 갖는 식육으로 변화하게 된다.

## 3. 육돈의 PSE육과 DFD육

육질저하 문제로서 우선 주목되는 것이 육돈의 PSE육이 있다. PSE육은 하얗고(Pale), 대단히 연하고(Soft), 물기가 많은(Exudative) 특징적인 성질을 가지고 있다. PSE육은 불품이 없어지고 육즙의 유실에 의한 중량 감소와 고기의 결착성이 나빠져서 햄, 소세지 가공용으로 사용될 수가 없다.

PSE육이 발생되면 그 지육은 상품가치를 상실하게 된다. 한편 검고(Dark), 단단하고(Firm), 수분이 없는(Dry) 외간을 가진 DFD육은 고기의 맛성분인 이노신산이 적어지므로 대단히 맛이 없고 고기의 산성도가 낮아져 DFD육이나 그것을 이용한 가공품에는 세균번식이 쉬워 많은 손상이 된다. 따라서 DFD육은 식육위생상 대단히 문제가 크다.

## 4. PSE육과 DFD육 발생의 메카니즘

PSE육과 DFD육 발생은 도축전 스트레스와 관련되어 있다.

필자는 식육검사 현장에서 이와 같은 이상육(異常肉)의 발생실태를 조사하는 과정에서 도축직후 사후강직(조기온도체 강직)이 일어나는 돼지가 있는 것을 알았다. 일반적으로 육돈의 도체에는 사후강직이 도축후 수시간이 지난 후에 나타난다. 그런데 조기온도체로 강직된 도체는 도축후 10분이라고 하는 극히 빠른 단계로 강직이 나타난다.

조기온도체강직의 원인을 조사하여 보니까 이들 육돈은 도축전에 격렬한 흥분, 발작을 일으켰었다는 것을 알았다. 그리하여 그런 육돈의 지육을 추적조사하여 보니 그 중에는 PSE육과 DFD육이 높은 비율로 나타났다.

PSE육과 DFD육의 발생과정은 스트레스에 감수성이 높은 육돈→도축전의 스트레스→조기온도체 강직현상→PSE육과 DFD육의 발생이라고 하는 과정을 거치게 된다. 그 상세한 것은 다음과 같이 생각할 수 있다.

스트레스에 대한 감수성이 높은 약령의 육돈이 수송, 계류, 강제투입 등에 의해 고도의 흥분과 발작상태에서 도축된 경우 근육은 운동에 의해 에너지가 많이 소모된 상태이므로 도축직후 빠른 사후강직이 일어난다. 도축전 스트레스는 도축후 근육에 글리코겐으로부터 젖산이 생성되는 반응을 현저하게 빠르게 이루어진다. 이런 상황에 의해 도축시 체력에 남아 있던 육돈에서는 근육에 글리코겐이 어느 정도 남아 있어 젖산이 단시간 동안 대량 생성된다. 그 결과 근육의 산성화가 대단히 빠르게 진행된다. 이 급속한 산성화가 PSE육을 만드는 원인이 된다. 즉 급속한 산성화는 도체가 아직 따뜻한 가운데서 발생하므로 근육의 단백질은 높은 온도와 산성화로 반쯤 익힌 상태와 같이 변성되고 고기는 상당히 연하게 된다. 근육의 붉은 색소가 되는 옥시 미오글로빈도 같은 양상으로 변성되어 갈색의 메트 미오글로빈이 되어 고기는 흰색이 된다.

급속한 산성화에 의해 단백질로 부터 분리된 근육의 수분(육즙)은 도체의 온도가 높아지면서 한천상으로 응고되지 않고 흘러내리게

되어 고기는 물기가 많은 상태가 된다. 이와 같은 이유로 PSE육이 생성된다고 생각된다.

한편 도축전 장시간의 절식과 근육운동에 의해 녹초가 된 상태의 육돈은 근육의 글리코겐을 거의 다 소모하게 된다. 그 결과 도축직후 근육에는 젖산이 생성되지 않고 근육의 산성화가 거의 이루어지지 않는다.

이러한 산성화가 발생되지 않는 것이 DFD육 발생의 결정적 요인이 되고 있다. 즉 산성화가 일어나지 않는 것에 의해 근육의 효소가 활성을 유지하여 고기의 적색소인 옥시 미오글로빈을 자적색의 미오글로빈으로 변화되어 고기는 짐게 된다.

산성화가 일어나지 않기 때문에 근육의 단백질은 수분을 분리하지 않는다. 이 때문에 고기는 단백질과 수분의 혼합물이 밀착 결합되어 어묵과 같은 상태로 탄력성이 있는 굳은 감이 나타난다. 또한 단백질로 부터 수분(육즙)이 눈에 보이지 않을 정도로 유출되므로(수분이 거의 없는 상태) 고기는 건조한 상태로 느껴지고 산성화가 되지 않기 때문에 고기의 맛성분인 이노신산이 생기지 않아 맛있는 고기가 된다. 이렇게 해서 DFD육이 생성된다고 생각한다.

이상으로 보아 육돈의 PSE육과 DFD육은 출하, 수송, 계류 및 강제투입에 있어서 절식, 흥분을 동반한 과격한 근육운동 등의 스트레스가 원인이 되어 발생된다고 보아진다.

## 5. 스트레스 경감에 의한 육질저하 방지의 예

육돈의 PSE육과 DFD육 발생으로 인한 육질의 저하는 크게 경제적 손실을 수반한다. 이 점을 인식하여 육돈의 스트레스를 경감하고 육질저하를 방지하는데 성공한 구체적인 예를 소개하고자 한다.

북해도 상천 종합 식육 센터에는 오래 전부터 육돈을 계류에서 도축 방혈실로 이동되는 수단으로 유도로를 V자형 레스토레나 방식을

이용하였다.

이 방식은 전국의 대규모 도축장에서 일반적으로 사용하고 있는 방식으로 좁은 유도로를 전기자극 해가면서 육돈을 투입한 후 캐터필라를 V자형으로 배치한 레스토레나에 육돈을 좁게 밀어 넣어 도축 방혈을 한다.

전기자극에 의한 고통과 좁은 레스토레나 통과시 공포감으로 육돈은 심한 흥분과 발작을 한다.

유도로 V자형 레스토레나 방식에 의해 조기온도체강직 도체발생율은 4.3%이며 그중 0.8%는 PSE육 2.0%는 DFD육이었다.

그 숫자는 도축후 10분에 관찰된 것이며, 도축후 24시간 지난후의 이상육(異常肉) 발현율은 더욱 높을 것으로 생각된다. 그래서 유도로 V자형 레스토레나 방식을 에스컬레이터를 평평하게 한 콘베아에 육돈을 올려 이동시키는 콘베아 방식으로 시설을 변경하였다. 그 결과 도축전 육돈의 흥분, 발작은 거의 없어지고 조기온도체 강직이 되는 경우가 나타나지 않았다.

그래서 동식육 센터에서 육돈의 PSE육 발생은 상당히 감소하였고, PSE육에 의한 등급성적의 하락도 없어졌다. 또한 방혈 상태로 현저하게 개선되었다.

필자가 연구한 바에 의하면 육돈의 절식시간을 30시간 미만으로 하여 가능한한 스트레스가 적은 수송방법, 예를 들면 소송거리를 최단시간으로 하고 트럭은 미끄럽지 않게 목재 등의 시설을 하여 수송시 동요나 근육운동을 적게 하도록 노력하였다.

계류장에는 육돈의 싸움을 방지하기 위해 다른 돈군과 혼합되지 않도록 배려를 하였고, 유도로 안으로 밀어 넣을 때에도 전기자극 사용을 금지하여 육돈을 가능한한 흥분되지 않도록 배려하였다. 그리고 마루형 콘베아 방식에 의해 도축전 최저 5분간은 육돈이 흥분과 근육운동이 발생되지 않도록 하였다.

이러한 궁리나 배려로 PSE육과 DFD육의 발생은 완전히 방지할 수가 있다는 것이 분명해졌다.

