

# 도축후 돼지의 근육이 고기로 전환되는 과정의 이해

고품질 돈육이란  
어떤 것인가?



주 선 태 교수  
(경상대학교 축산과학부)

**살** 아 있는 돼지의 근육은 생리적으로 균형잡힌 내부적환경(예: pH, 온도, 산소농도 등)을 유지하기 위하여 체내 각종 기관과 조직들이 효과적으로 기능을 발휘한다. 그러나 도살후 돼지고기로 전환되는 과정에서는 생리적으로 균형잡힌 내부환경을 유지하고 있던 생체항상성(homeostasis)이 깨진다. 그리고 대사적, 물리적, 유전적, 환경적으로 같은 조건 아래서 생산된 돼지라 할지라도 도살전후의 취급 방법에 따라 육질이 크게 다른 제품이 생산될 수 있다. 따라서 사후 돼지근육에서 일어나는 변화를 이해하여 이를 효과적으로 이용한다면 우수한 품질의 돼지고기를 생산할 수 있을 뿐만 아니라 생산비를 절감시킬 수도 있다. 이번 호에서는 고품질 돼지고기를 생산하기 위해 필수적으로 이해해야 할 근육이 고기로 전환되는 과정을 집중적으로 알아보겠다.

## 혈액순환의 중단이 돼지고기로 전환되는 시작점

살아있는 돼지근육이 돼지고기로 전환되는 분기점은 도살이라고 할 수 있다. 일반적으로 도살은 기절과 방혈을 통해 이루어 지는데, 이러한 과정은 가능한 빠르고 고통없이 이루어져야 한다. 도살과정시 발생하는 과도한 혈압상승이나 신경자극은 조직손상의 원인이 되며 심한 몸부림도 출혈의 원인이 된다. 방혈은 가능한 충분히 하는것이 바람직하며, 방혈 즉시 돼지근육내에서는 일련의 사후변화가 시작된다.

방혈에 따른 체내 혈액순환의 중단은 살아있는 돼지근육이 돼지고기로 전환하는 시작점이며 매우 중요한 의미를 가진다. 방혈이 시작되면 혈압이 떨어지고 심장박동이 증가하며, 모세혈관은 혈압을 유지하기 위하여 수축한다. 또 각종 생체기관들도 혈액을 저장하게 되는데, 실제로 방혈을 통해 총 혈액의 약 50%정도 만이 제거되고 나머지 50%는 심장을 비롯한 중요 내장기관과 근육 중에 남아있게 된다. 이렇게 체내에 남아있는 혈액은 미생물, 특히 부패균의 좋은 먹이가 되어 쉽게 돼지고기를 부패시킬 뿐만 아니라, 돼지고기의 색깔을 검게 하거나 소비자에게 불쾌감을 주어 상품가치를 떨어뜨리게 된다.

체내혈액순환의 중단은 근육에 산소공급이 중단된다는 것을 의미한다. 살아있는 근육에서 산소는 혈액순환을 통해 근육조직으로 운반되고, 마이오글로빈과 결합하여 대사에 이용될 때까지 저장된다. 그러나 방혈후 저장된 산소가 대사에 이용되므로써 그 양이 고갈되기 시작하면, 산화적 대사가 중단되고 산

소가 없는, 즉 혐기적 대사로 바뀌게 된다. 이 혐기적 대사를 통해 생성된 젖산은, 살아있는 근육에서는 간으로 운반되어 포도당과 글리코겐으로 재합성되거나 신장에서 탄산가스와 물로 대사되지만, 혈액순환이 중단되면 근육조직에 그대로 남아있게 되고 살아있는 근육이 식육으로 전환하는 가장 중요한 역할을 한다.

## 에너지 대사의 변화로 사후강직현상 발생

살아있는 돼지근육이 돼지고기로 전환되는 과정을 보다 잘 이해하기 위해서는 기본적으로 사후 근육의 에너지 대사를 이해하는 것이 선행되어야 한다. 살아있는 근육에서 근육의 수축 및 이온수송을 포함한 각종 대사작용을 수행하기 위해 근육이 필수적으로 이용하는 에너지원은 ATP 라는 고에너지 화합물이다. 이 ATP는 일반적으로 다음 세가지의 방법으로 생성된다. 첫째, 근섬유내 존재하는 크리아틴포스페이트(creatine phosphate)로 부터 생성되는 것으로, 이 크리아틴포스페이트는 근섬유내 상당한 농도로 존재하고 있다. 따라서 살아있는 근육에서는 ATP의 분해속도가 빠르더라도 그 수준을 일정하게 유지할 수 있으며, 사후 근육에서도 크리아틴포스페이트의 약 70%가 분해될 때까지 ATP의 농도가 일정하게 유지된다. 둘째, 산소공급이 지속되는 상태에서 호기적 대사에 의한 것으로 탄수화물, 지방, 단백질 등의 영양소가 탄산가스와 물로 분해되면서 생기는 에너지가 ATP 합성에 이용된다. 그러나 혈액순환의 중단에 따라 산소공급이 중단되면 근육내 마이오

글로빈과 결합된 산소는 약 5분 이내에 모두 사용되어지고, 이 호기적 대사에 의한 ATP 생성은 곧 중단된다. 세째, 근육내 산소공급이 중단되면 근육내 글라이코젠이 해당작용을 통해 젖산으로 분해되면서 ATP를 생성한다.

앞에서 설명한 바와 같이 살아있는 돼지근육이 돼지고기로 전환되는 과정의 시작은 방혈에 따른 산소공급의 중단으로, 마이오글로빈과 결합된 산소가 소모되고 나면 근육은 혐기적 대사를 통해 ATP를 생성하게 된다. 즉 크에아틴포스페이트로

부터, 또 글라이코젠이 젖산으로 분해되면서 사후 일정기간동안 비록 제한된 양이지만 ATP의 생성은 지속된다. 그러나 근육내 이 물질들의 함량은 제한되어 있기 때문에 사후 일정시간이 지나면 모두 고갈되고, 결국에는 ATP 생성이 완전히 중지되는데, 그렇게 되면 근육은 더이상 수축과 이완을 할 수

없기 때문에 사후강직현상이 일어나게 된다.

## 돼지고기는 사후강직과 숙성에 소요되는 시간 빨라

살아있는 돼지근육이 돼지고기로 전환되는 과정에서 가장 두드러진 변화는 바로 이 사후강직 현상으로, 이는 사후 근육이 유연하고 신전성이 있는 상태에서 굳어지고 신전성이 없어지는 현상을 말한다. 이 현상은 근섬유단백질인 액틴과 마이오신 사이에 영구적이고 비가역적인 상호결합이 형성되기 때문에 발생한다. 살아있는 근육에서는 이 액틴과 마이오신이 ATP라는 에너지를 이용하여 가역적으로 결합과 이완을 반복하지만,



▲돼지가 도살 바로 직전에 심한 스트레스를 받으면, 도살후 도체 온도가 높은 상태에서 해당속도가 빨라져, 결과적으로 빠른 pH저하가 이루어 지는데, 이는 육단백질 변성의 좋은 조건을 제공하여 PSE육이 되기 쉽다.

ATP가 완전히 고갈되면 결합된 액토마이오신은 해리가 불가능해진다. 따라서 사후 초기 근육내 ATP수준이 어느 정도 유지되는 동안은 살아있는 근육에서와 마찬가지로 액틴과 마이오신의 결합이 가역적으로 이완될 수 있기 때문에 근육이 유연하고 신전성이 좋지만, 사후 시간경과에 따라 ATP가 고갈되면 불가역적인 액토마이오신의 생성으로 근육은 굳어지고 신전성을 잃게 된다. 더구나 살아있는 근육에서는 액틴필라멘트와 마이오신필라멘트 중 약 20% 정도만이 액토마이오신 결합에 이용되지만, 사후강직의 경우에는 액틴과 마이오신이 겹쳐있는 거의 모든 부위가 결합에 이용되기 때문에, 그 결과 근육은 더욱 단축되고 장력이 생성되어 보다 단단해진다. 돼지고기의 품질에 있어 고기가 질기고 연한 정도인 연도는 큰 문제가 되지 않지만, 쇠고기에 있어서 사후강직근은 매우 질기기 때문에 식용으로 이용하기 부적합하다. 따라서 쇠고기에 있어서 사후강직이 완료된 고기는 숙성을 요한다. 이 말은 다시말해 연도가 크게 문제가 되지 않는 돼지고기는 숙성에 관계없이 언제라도 식용으로 적합한 것을 의미한다.

### 돼지고기의 최종 pH는 육질에 결정적 영향

사후 돼지근육의 또 다른 주요 변화는 pH의 강하이다. 앞에서 설명한 바와 같이 산소공급이 중단된 상태에서는 혐기적 대사를 통해 근육내 글라이코젠이 젖산으로 분해되면서 ATP를 생성하게 되는데, 이렇게 생성된 젖산은 살아있는 근육에서와 같이 간으로 운반되지 못하고 근육조직에 축적되게 된다. 따라서 근육내 글라이코젠이 완전히 고갈될 때 까지 젖산의 축적은 지속되고 그 결과 돼지근육의 pH는 강하하게 된다. 이 pH의 저하속도는 돼지의 품종, 도살조건 및 취급방법에 따라 달라지며 돈육질에 매우 강하게 영향을 미친다. 예를 들어, 돼지가 도살 바로 직전에 심한 스트레스를 받으면, 도살후 도체 온도가 높

은 상태에서 해당속도가 빨라져, 결과적으로 빠른 pH저하가 이루어 지는데, 이는 육단백질 변성의 좋은 조건을 제공하여 PSE육이 되기 쉽다. 반대로 도살 후 pH가 큰 변화없이 높은 수준을 유지하는 경우도 있는데, 이는 돼지가 도살 전 장시간 스트레스를 받을 경우 주로 발생하며, 이렇게 도살 전 장시간 스트레스를 받으면 스트레스를 받는 동안 근육내 글라이코젠이 거의 이용되어져, 도살 후에는 돼지근육내 젖산을 생성할 글라이코젠이 고갈된 상태이기 때문에 pH의 변화가 없게되며, 대부분 DFD육이 된다.

사후 돼지근육의 pH 변화와 사후강직과는 매우 밀접한 관계를 보인다. 일반적으로 사후 급속한 pH 저하를 보이거나, 반대로 pH 저하가 거의 없는 경우 둘다 사후강직의 시작과 완료가 빨리 이루어진다. 이 두 경우 모두 ATP의 생성이 장시간 지속되지 못하거나 급속히 고갈되기 때문에 강직이 일찍 이루어진다. 즉, PSE육의 경우 근육내 글라이코젠이 단시간내에 급속히 분해되어 일찍 고갈되며, DFD육의 경우에는 근육내 잔존 글라이코젠 함량이 없어 사후 해당작용이 미미한 결과, ATP 생성 또한 미미하기 때문이다.

### 결국 물리화학적으로도 변화

이 밖에도 살아있는 돼지근육이 돼지고기로 전환되는 동안 돼지근육은 물리적 성질의 변화를 나타낸다. 즉 사후 돼지근육은 모든 생체항상성을 잃게 되고, 저장된 각종 대사물질들이 고갈됨에 따라 열이 발생되지 않기 때문에 온도가 떨어진다. 그리고 살아있는 돼지근육에서는 일련의 방어기작에 의해 세포가 미생물의 침입을 막아내지만, 식육화 과정에서는 미생물의 침입을 막아내는 각종 막들의 성질이 변화하여 세균의 침입이 쉽게 된다. 또한 살아있는 돼지근육에서는 산소공급이 충분하여 밝은 선홍색을 나타내지만, 일단 식육화되면 산소가 부족하여 고기 내부는 짙은 적자색으로 된다. **양돈**