



# 쇠고기 암적색(DFD)육의 발생 요인과 방지대책

호남지역본부 광주전남지소 과장 백 정 경

## 1. 육색

육색은 신선육에 대한 소비자의 구매 선호도와 직결되기 때문에 고기를 고를 때 중요시하는 요인 중의 하나이다. 육색에 영향을 주는 요인은 가축의 연령과 영양상태, 도체의 pH와 온도 등으로 알려져 있다. 소비자가 고기의 절단면을 보고 느끼는 고기색은 육색소인 마이오글로빈(myoglobin)의 형태 및 이화화학적 성질에 따라 달라질 수 있다.

육색소인 마이오글로빈 내에는 철(Fe)원자가 존재하는데, 이 철원자가 산화 또는 환원함으로써 고기색이 결정된다. 신선육에서 소비자가 선호하는 선홍색은 마이오글로빈 내의 2가 철원자(ferrous)가 공기중의 산소와 결합하여 산소화 상태일 때 나타나고, 산소가 존재하지 않을 때에는 철원자가 2가인 환원마이오글로빈을 형성하여 적자색을 띠게 된다. 또 철원자가 3가(ferric)인 산화상태에서는 바람직하지 못한 갈색을 띠게 된다. 특히, 암적색(DFD)육같이 사후 최종 pH가 높을 때는 근육내 마이오글로빈의 산소 결합력이 약화되어 암적색 또는 적자색을 보이게 되고 선홍색으로 바뀌지 않게 된다.

## 2. 암적색(DFD)육의 정의

도살전 스트레스를 받은 소에게서 육색이 지나치게 암적색으로 검고(dark), 고기가 단단(firm)하며, 건조(dry)한 상태로 나타나는 것이 있는데, 이것을 암적색육(DFD육)이라고 부른다. 암적색육은 다른 고기보다 pH가 높아 미생물이 신속히 발육하여 저장성이 떨어지며, 생육 또는 가공육으로서 적합하지 못하다.

유럽과 미국에서는 암적색육의 척도를 도축후 24~48시간의 산도(pH)로 표시하고 있는데, 유럽 대부분 국가에서는 pH 6.0 이상을 암적색육이라 칭하고 있고, 이 보다도 엄한 나라와 지역에서는 더 낮은 pH 5.8이상의 우육을 암적색육에 포함시키고 있다.

일반적으로 DFD육은 주로 소에서 나타나며, 도살전에 근육내의 글리코젠(glycogen)이 고갈되어 발생한다.

### 3. 암적색(DFD)육의 특성

정상적인 쇠고기의 최종 pH는 5.5정도인데, 암적색육의 경우는 pH가 5.8이상을 유지하게 되는데, 이는 세포 내의 물분자와 육단백질이 강하게 결합하도록 한다. 이 때문에 많은 수분을 보유한 세포는 부풀어 올라 촘촘하게 배열되어 조직은 더욱 탄탄하게 되고 빛이 산란되지 않고 많이 흡수됨으로써 고기색은 짙고 어두운 색을 나타내게 된다. 또한, 높은 pH에서 활력이 좋은 환원 효소들의 작용으로 선홍색을 나타내는 육색소인 옥시미오글로빈의 함량이 낮아지는 반면, 적자색을 나타내는 디옥시미오글빈 육색소의 함량은 높아져 더욱 짙은 담적색의 고기색을 띠게 된다.

암적색(DFD)육은 조리시 높은 보수력으로 인해 고기가 연하고 다즙성은 있으나, 전체적인 풍미는 매우 나쁘며, 시간이 지날수록 고기는 쉽게 진겨진다. 또한, 고기의 pH가 높을 뿐만 아니라 젖산과 포도당의 고갈로 인해 미생물의 생육은 왕성하고 육단백질의 아미노산을 포도당 대신 소비함으로써 고기는 빠른 속도로 부패하게 된다. 이렇게 빠른 부패가 일어나기 때문에 진공포장에도 부적합하다.

암적색육은 육안적으로 보아도 기호성이 낮으며, 박테리아에 오염되기 쉽고 풍미가 감소하며, 젖산과 포도당의 함량이 적어 진열대 유효기간이 짧고 pH가 높아 산선육의 강점인 진공포장이 불가능하게 되기 때문에 소매상이나 소비자들이 배척하게 된다. 이러한 이유로 암적색육을 생산한 농가는 경제적 손실을 부담하여야 한다.

특히 암적색육은 암색과 식육의 오염이 일어나기 쉬운 이유로 생육은 물론 고급육제품인 햄류는 제조할 수가 없다. 유럽지역에서는 난미품(單味品)의 제조가 많기 때문에 암적색육의 문제는 보다 큰 것으로 되어 있다.

### 4. 암적색(DFD)육의 생성

암적색육은 식육산업계의 가장 큰 문제점으로, 그 발생기작은 도살 전후 근육의 물리화학적 변화와 밀접한 관련이 있다. 도살후 육질과 관련해서 가장 중요한 근육내 변화는 글리코겐이 젖산으로 전환되는 과정이다. 정상육의 경우 이 젖산의 축적은 적절한 속도로 일어나 육의 pH도 완만히 강하하며, 결과적으로 육단백질의 변성 없이 선홍색의 적당한 보수력을 가지게 된다.

암적색육의 생성은 도살전의 스트레스가 근본 원인이어서 도축후 해당작용(glycolysis)의 부조(不調, disorder)에 의하여 나타나는 것이다.

도축 직후의 근육은 약 1%의 글리코겐을 함유하고 있으며 사후 시간이 경과함에 따라 해당작용에 의해 분해 소실되며, 젖산이 생성된다. 이 같은 글리코겐의 분해의 속도와 양은 식육의 보수력, 색과 연도(軟度)와 같은 식육의 물리적 특성을 지배한다. 가축이 도축되기 전에 근육중의 글리코겐이 실질적으로 고갈되면 도축후 근육의 젖산 생성이 감소되고 이것은 결국 높은 pH의 상태로 이어지게 된다.

그 결과 높은 pH의 식육은 일반적으로 낮은 산소의 섭취기능을 지니게 되며 이렇게 되면 마이오글로빈의 적자색이 우세하게 되어 육색이 검게 된다.

즉 암적색육은 도축전의 상기간에 걸친 지극에 의해 도축후 글리코겐의 보유량이 대단히 낮아지므로써 발생하는데, 사후 pH가 높은 상태에서 근육중 글리코겐이 완전 소모되어 해당작용이 정지하게 된다.



그 결과 암적색육이 나타나 상품 가치를 저하시킨다.

암적색육의 경우 근육의 pH는 거의 변화가 일어나지 않고 pH 6.0이상을 유지하게 되는데, 그 이유는 도살시 근육에 존재하는 글리코겐의 함량이 매우 적어 도살후 젖산 축적이 미약하기 때문이다. 육의 높은 pH는 조직을 견고하게 하고 짙고 어두운 육색의 원인이 된다. 이런 암적색육은 도살전 오랜 시간 스트레스를 받아 근육내 글리코겐이 도살전 이미 거의 분해되어 도살후에는 근육내 남아 있는 함량이 적기 때문에 발생한다.

## 5. 암적색(DFD)육 발생 요인

암적색육의 발생율은 지역과 계절에 따라 차이가 있어, 다양하게 나타나고 있다. 각 나라별 암적색육 발생 현황을 보면 우리나라에서는 암소가 5.3%, 수소가 14.4% 거세우가 7.4%이며, 캐나다는 수소에서 9.6~18.0%, 독일은 수소에서 6.2%, 스웨덴은 소전체 3.4~13.2%, 핀란드는 수소에서 26.3%, 암소에서 13.6%, 미경산우에서 12.6%, 영국은 수소에서 8.0%, 거세우에서 3.7% 암소에서 5.9% 미경산우에서 1.4%, 경산우가 3.7% 소전체 4.1%로 발생되고 있다.

암적색육은 도축전 육질에 영향을 주는 감정적, 육체적 스트레스의 영향으로 발생한다. 가장 큰 잠재적 스트레스는 낮선 소와의 혼사이다. 혼사에 의해 적개심의 분출로 밧고 부딪치며 승가(乘駕) 및 chin-resting(목을 서로 비비는 행위)이 일어나게 되고, 이것은 육체적 흥분을 증가시켜 근육내 글리코겐 고갈과 연관되어 나타난다. 이러한 자극을 받는 원인은 많지만 주로 다음과 같은 원인들에 기인하는 것으로 알려지고 있다.

### 1. 도살 전 영양상태

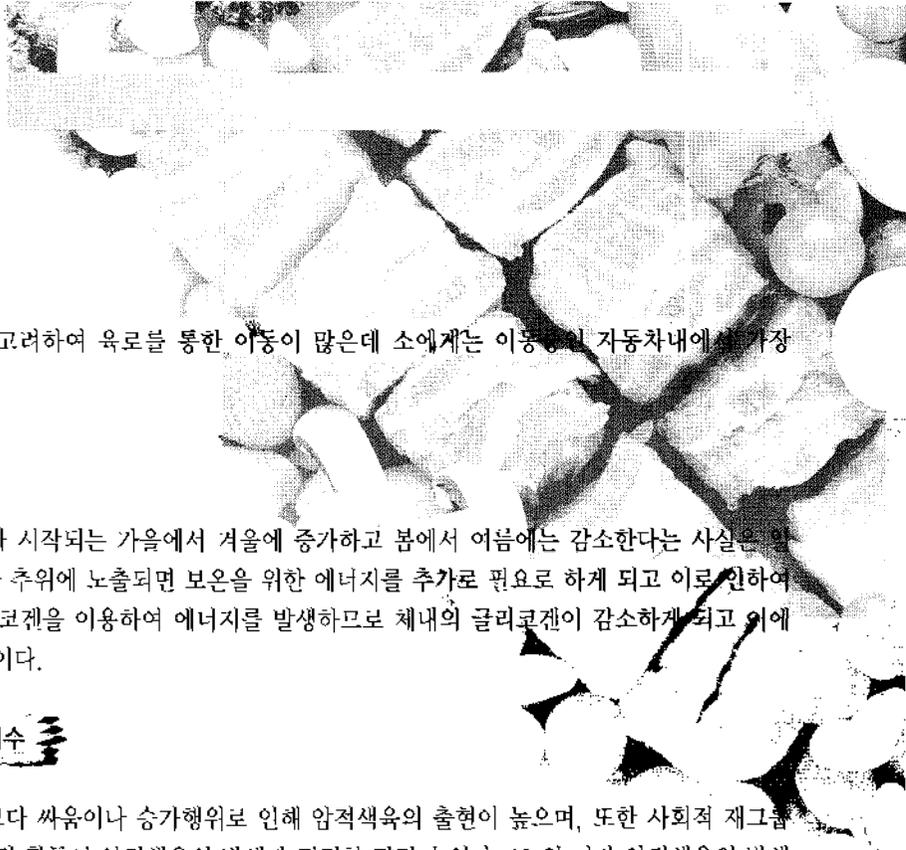
도살전 영양상태가 불량하게 되면 근육중 글리코겐량이 충분히 축적되지 않아 이러한 소는 암적색육을 생성하는 요건이 충족하게 되며, 도축후 근육 pH의 저하는 근육중 글리코겐이 분해되어 젖산의 생성으로 가능하지만 글리코겐이 부족하게 되면 충분한 젖산생성을 못한다.

### 2. 도살 전 스트레스

거세하지 않은 수소와 경산우는 거세우와 미경산우에 비하여 고기 중의 pH가 높으며, 발정이 온 암소의 경우도 승가와 승가 허용 등의 근육 수축운동을 하게 되어 발정이 오지 않았을 때보다 암적색육의 발생 빈도가 높아질 수 있다. 또한 병에 걸린 질핵축의 경우도 암적색육을 생산할 가능성이 높아지고, 체내 지방의 축적량이 상대적으로 적은 소의 경우도 암적색육의 발생빈도가 높다.

### 3. 도살 후 처리

운송거리가 멀수록 높게 나타나고, 계류없이 도착 즉시 도축한 경우 계류를 실시한 소에 비해 높았으며,



또한 소를 운송할 때 경제성을 고려하여 육로를 통한 이동이 많은데 소에게는 이동 중인 자동차내에서 가장 큰 스트레스를 받는다.

### 라. 기후조건

기후조건에 따른 차이는 추위가 시작되는 가을에서 겨울에 증가하고 봄에서 여름에는 감소한다는 사실은 일반적인 경향이며, 그 이유는 소가 추위에 노출되면 보온을 위한 에너지를 추가로 필요로 하게 되고 이로 인하여 근육과 간에 저장되어 있던 글리코젠을 이용하여 에너지를 발생하므로 체내의 글리코젠이 감소하게 되고 이에 따라서 고기가 변화하게 되는 것이다.

### 마. 사회적인 재그룸 및 승가회수

수소만을 사육했을 때 거세우보다 싸움이나 승가행위로 인해 암적색육의 출현이 높으며, 또한 사회적 재그룸 후 발생하는 수소의 활발한 물리적 활동이 암적색육의 발생과 밀접한 관련이 있다. 그 외 기타 암적색육의 발생 요인으로 계류장의 계류형태와도 밀접한 관련이 있는데 대기중 습도가 높을 경우, 농장에서 위생이 결여되어 가축의 청결상태를 유지하지 못한 경우와 개체별로 협소한 사육공간을 할당함으로써 직립사육(rearing in standing)을 유도할 경우 암적색육의 발생이 증가한다.

## 6. 암적색(DFD)육 방지대책

경제적 손실을 초래하는 암적색육 발생율을 줄일 수 있는 연구는 꾸준히 진행되어 왔다.

암적색육 예방책의 일환으로 소의 심리적 안정성은 매우 중요하다고 할 수 있으며, 암적색육은 대부분 수소에서 발생하고 있으므로 암적색육의 발생을 줄이기 위해서는 한우 수소비육을 하는 경우는 거세를 실시하여 비육을 하고, 사육기간중이나 비육 완료후 농가에서 도축장까지 이동시, 계류시의 스트레스 요인을 최대한 줄여야 한다. 스트레스 요인을 줄이기 위해서는, 사육기간중에는 발육단계별로 분리사육을 실시하며, 비육기간동안에는 영양상태가 양호하도록 사양관리를 하는 것이 무엇보다도 중요하며, 가급적 비육우의 말기 사양시엔 운동량을 최소화하여야만 소고기의 질을 높일 수 있다. 소는 이동중인 자동차내에서 가장 큰 스트레스를 받는 것으로 보고되었다. 그러므로 수송시에는 여러집단의 소를 혼합수송하는 것은 피하고, 수송밀도(1.3㎡/두(어린소 100kg), 1.5㎡/두(성우 300~500kg), 1.7㎡/두(성우 500~700kg), 2.0㎡/두(성우 700kg 이상)를 지켜 운송시 과적으로 인한 도체 및 육질의 손실을 막아야 하고, 차바닥에는 깔짚을 깔아주는 배려와 특히 코너를 돌 때 소들이 균형을 잃지 않도록 주의가 필요하다.

출하 및 수송방법으로는 계통출하, 수송밀도 준수 및 개체분리수송이 필수조건이며, 아울러 운전자의 질적인 면과 관련하여 적절한 소의 관리, 운전기술, 승하차시의 배려(승하차대 이용)등이 필요하다. 또한 맞출로 묶어 키운 수소는 재그룸화 후 조속한 수송과 노축이 이루어져야 한다.