

# 육우의 지방교잡의 생리( I )

전 산 등 록 부  
농학박사 이 재 윤

국제화 개방화 시대를 시작하는 WTO 체제의 출범과 더불어 최근에 OECD 29번째 가입국으로 완전한 개방경제 체제로 돌입하여 개방화를 대내외적으로 선언, 축산물도 가격과 품질의 경쟁체제로 돌입하게 되었다. 수입개방에 대비하여 육질개선을 통한 고급육생산만이 한우사육기반을 보호하고 살길이다라는 인식이 전국적으로 확산되고 있으며 많은 노력들이 행하여지고 있고 지금도 전국의 양축가들이 많은 땀을 흘리고 있는 현실이다. 전국적으로 고급육, 고급육하고 있는데 그렇다면 고급육이란 무엇인가?

고급육의 척도가 되는 것이 바로 지방교잡인데 이번호부터 연속으로 지방교잡의 생리에 대해 기재하여 양축가에게 다소나마 도움이 되었으면하는 필자의 바람이다. 본문 내용중에 영양학적인 축산 전문용어가 다소 기재됨을 양해해 주길 바란다.

## I 육 질

육질이라는 것은 단순히 정의 하거나 객관적

으로 측정 하는 것은 매우 어려운 일이다. 일반적으로 육질이 좋다는 것은 고기가 맛이 있다는 것이다.

이는 마지막으로 고기를 먹는 소비자가 결정하는 것이지만 소비자가 요구하는 질(質)이라는 것은 고기의 연함(부드러움), 풍미, 다즙성의 3항목으로 표현이 된다.

이러한 3항목에 대해서도 각나라의 식생활이 같지는 않을 것이다. 나라마다 다르겠지만 우리나라에서는 오래 전부터 이러한 예를 찾아볼 수가 있다.

예를들어서 밥이 기름이 흐르고 차진 것을 보아서 맛이 있다 없음을 판단하는 것과 마찬가지로 쇠고기를 이용하는 경우에도 우선 눈으로 보아 맛이 있을까 없을까를 확인하고 나서 식탁으로 올리는 것이다. 이는 문화권이나 생활권에 따라서 사이를 두는데 일본, 한국 등 동양문화권에서도 지방교잡(마브링), 고기의 질과 결, 지방의 질과 색깔, 성숙도 등으로 나누어질 수 있으며, 그 가운데서도 육질의 기본은 지방교잡의 정도를 중요시하고 있는 것이다.

## II 지방교잡

### 1. 지방교잡의 정의

근육조직에 지방의 축적정도를 지방교잡이라고 한다. 지방교잡의 평가는 배장근 단면적에 의하여 판정한다. 냉도체의 배장근 단면적을 보면 마브링은 흰점으로 구성되어 있으며 흰점이 큰것은 대마브링, 작은 것은 소마브링이라고 한다. 소마브링의 수량이 많고 밀집하고 균일하게 분포되어 있는 것이 좋다. 또한 지방교잡은 지육의 내측으로부터 늑골표면의 백색근

상(筋狀)에 의하여도 추정이 가능하다.

지방이란 중성지방 글리세롤(glycerol:3價알코올)과 3분자 지방산이 결합한 것임을 가르킨다. 고기중에 지질의 대부분은 중성지방이지만 그밖에 콜레스테롤등 기타 지질을 포함하고 있다.

### 2. 지방교잡의 심사와 판정

지방교잡은 배장근(로스 : 어깨에서 허리까지의 상치고기)단면적으로 심사한다. 지방교잡은 로스의 제10,11늑골 단면에서 제일 잘 나타나며 이보다 앞부분이나 뒷부분으로 가면 갈수록 지방교잡은 점차적으로 낮아진다.

일본에서는 제6,7늑골 로스단면적 부위에서 마브링심사와 배장근 단면적을 측정하고 있으며 한국에서는 제13늑골과 제1요추사이에 절단하여 제13늑골의 배장근 단면적으로 측정한다.

### 3. 지방교잡의 유전자

동물의 형질에는 질적형질과 양적형질이 있다. 뿔의유무, 모색등은 질적형질로서 변이는 연속성이 아니며 유량, 유지율, 육량, 체고등은 양적형질로서 연속성을 나타낸다. 지방교잡은 근육내에 축적되는 지방의 양에 관여되기에 양적형질에 속한다.

질적형질에는 특정의 소수의 유전자에 관여되는 염색체유전이고, 멘델의 법칙에 의하여 유전되며 양적형질 유전은 불특정의 다수유전자와 관여되는 세포질 유전에 의하여 이루어진다. 미지의 불특정의 다수인자에 관여되는 형질의 개량은 쉬운일이 아니다.

#### 4. 지방교잡과 품종

지방교잡은 품종에 따라 차이가 있다.

품종별로는 일본화우, 한우 > 앵거스, 쇼트혼 > 헤어포드 > 홀스타인, 샤로레 순이고 일본화우의 경우에는 흑모화우 > 갈모화우 > 일본단각 > 무각 순으로 흑모화우가 마브링이 우수하고 한우의 경우에는 거세우 > 암소 > 수소 순으로 마브링이 제일 잘되는 것으로 나타났다.

### III 혈액지질과 지방조직

#### 1. 지질의 종류

육질과의 관계가 밀접한 지질은 중성지방, 콜레스테롤, 인지질, 당지질, 과산화지방, 지방산이다. 이들은 혈액속에서  $\beta$ -글로블린(Globulin)과 결합하여 리포프로테인(lipoprotein : 지질단백질)으로 되어 체내에 순환한다.

##### (1) 중성지방

글리세린과 지방산이 결합하여 중성지방을 형성한다. 중성지방을 보통 지방이라고 부른다. 비육출하시에 혈장중에 중성지방의 농도는 지방교잡이 높은 소에서 높게 나타나고 로스단면의 지방교잡과 혈장중성지방의 농도는 정의 (+)상관관계를 나타낸다.

##### (2) 콜레스테롤

비육출하시 소의 혈장 콜레스테롤 총량은 약 115mg/dl이다. 그중 약80%는 결합형으로서 지방산등과 결합된 에스테르(ester : 산과 알

코올에서 물1분자가 빠져나와 생기는 화합물)형이고 이중 약20%는 유리형으로 되어있다.

혈장총콜레스테롤은 고기(肉)의 지방교잡과 부의(-)상관을 나타낸다. 즉 지방교잡이 진행되면 혈장유리형 콜레스테롤이 증가한다.

##### (3) 과산화 지방

지방이 과도로 산화된 것으로 갑상선 호르몬(thyroid hormone : 갑상선에서 타이록신 호르몬이 분비된다.)은 산화를 촉진한다. 비육우의 혈장 과산화 지방산 농도는 지방교잡이 높을 때에 높은 경향을 나타낸다. 고기중 과산화 지방산의 함유율은 불명하지만 과산화 지방산은 혈관장애 촉진인자라고 생각된다.

##### (4) 인지질

인산이 다른 물질들과 결합에 따라 글리세롤과 결합된 것이다. 인지질은 세포지질로서 지방대사, 흡수에서 중요한 작용을 발휘한다.

##### (5) 당지질

당을 함유한 지질로서 인산은 함유되어 있지 않다.

##### (6) 지방산

지방을 구성하는 유기산은 지방산이라고 한다. 천연 지방산은 보통 탄소수가 짝수로 되어 있다. 탄소에 있어서 수소가 충족한(2중 결합이 없는 완전포화)것을 포화 지방산, 수소가 부족한(1개 이상의 2중결합이 있는)것을 불포화 지방산이라고 한다. 불포화 지방산은 융점이 낮고 불포화 지방산 함량이 높으면 연지(軟脂)가 되므로 우(牛)지방의 품질을 떨어뜨린다.

탄소수가 10개 이하 지방산을 단쇄지방산, 11개 이상을 장쇄지방산이라고 한다. 탄소수의 증가에 따라 용점이 높아지고 탄소수가 10개 이하의 지방산은 실온에서 액체상태로 된다. 탄소수가 6,7개의 지방산은 휘발성이 강하고 자극이 세다. 이들을 총칭하여 휘발성 지방산\*(VFA)이라고 한다.

초산(acetic acid), 낙산(butyric acid), 프로피온산(propionic acid), 비레릭산(valeric acid)등 탄소수가 홀수인 지방산을 당이행성지방산(糖移行性 脂肪酸)이라고 한다.

### (7) 지방단백질

인지질이나 당지질이 생체내에서 단백질과 결합한 형태로 존재하는 복잡한 결합체를 지방단백질이라고 한다.

지방단백질에서 밀도가 높은 것을 고밀도지방단백질(HDL), 밀도가 낮은 지방단백질은 저밀도지방단백질(LDL), 그리고 밀도가 매우 낮은 지방단백질을 극저밀도 지방단백질(VLDL)이라고 한다.

사료로부터 흡수된 콜레스테롤은 지방단백질과 결합하여 카이로 마이크론(chylomicron, 유미지립 : 지방소화과정중에 혈류속에서 볼수 있는 유화된 지방입자를 말한다)을 형성한다.

## 2. 생체내의 지질

### (1) 혈액지질

사료중의 지질은 루멘(rumen)에서, 지방산등으로 생성된 지질은 소화관으로 부터 흡수되어 혈액속으로 들어가 혈액지질로 된다. 혈액

지질에는 중성지방, 지방산, 인지질, 콜레스테롤, 그외에 스테롤(sterol:스테로이드에서 유도된 알코올. 콜레스테롤을 함유한다.)등을 포함한다.

혈액지질은 간장 그리고 지방조직에 운송되어 일부는 세포구성 성분으로 소모되고 간장에 운송된 지질은 산화되어 에너지원으로 소모된다.

### (2) 축적지질

간장에 운송된 지질은 일부가 에너지원으로 소모되고 다른 일부는 동물고유의 지질로 재합성되어 지방층에 축적되며 또한 세포 구성 성분으로 된다.

지방은 피하(皮下), 장간막(腸間膜), 신(腎), 근육간결합조직(筋肉間結合組織)등에 축적된다.

축적지방도 부단히 갱신한다. 기아(饑餓)시에는 간장의 \*글로코겐을 수선 소모하고 따라서 축적지방이 간장에 이동되어 에너지원으로 된다.

### (3) 세포지질

세포성분은 인지질, 콜레스테롤과 그들 결합물이 포함된다.

세포지질은 사료의 영향을 받지 않으며 불포화도가 높은 것이 특징이다.

## 3. 지방세포, 지방조직 및 발달

### (1) 지방세포

지방세포의 기능은 생체의 화학에너지원을 중성지방 형태로 저장하고 필요시 중성지방을

분해하여 에너지를 생체에 공급한다. 지방세포의 기원은 불명확하나 미분화간엽세포(未分化間葉細胞)가 분화되어 섬유아세포(纖維芽細胞), 지방아세포(脂肪芽細胞), 기타 아세포(芽細胞)로 분화된다. 지방아세포(脂肪芽細胞)는 지방을 합성, 저장하는 기능을 가지고 있으며 지방아세포(脂肪芽細胞)가 지방을 축적 하였을때 지방세포라고 하며 성숙된 지방세포는 둥글고 큰 구형으로 된다. 지방세포가 지방이 소실되면 원래의 지방아세포(脂肪芽細胞)로 되면 특수한 액체를 함유한 구형세포로 되어 남아있게 된다.

지방세포의 형성에 따라 우선 원형질내(原形質內)에 지방소적(脂肪小滴)이 나타나며 지방소적(脂肪小滴)은 수량과 크기 증가와 함께 점차적으로 융합되어 크기가 증가되고 세포는 큰 구형세포로 된다. 지방세포 사이에도 세포외지방적(細胞外脂肪滴)이 존재하는 것이 발견 되었다.

## (2) 지방소엽(脂肪小葉)

소수의 지방세포가 집결되어 결체조직(結締組織)을 에워싸고 있다. 이것을 지방소엽(제1차 지방소엽)이라고 한다. 지방소엽이 집결하여 결체조직을 에워싸여 작은 지방조직(제2차 지방소엽, 제3차 지방소엽)을 형성하고 있다. 제2,3차 지방소엽이 전신에 분산되며 또한 큰 지방덩어리를 형성한다.

## (3) 지방조직의 발달과 지방교잡

지방조직에는 모세혈관이 매우 발달되고 밀집히 분포되어 있으며 중성지방의 흡수, 방출도 활발히 진행된다. 소의 체표(體表)부분에

는 모세혈관의 융합이 잘 발달되어 있어 추위에 의한 체표혈관이 축소되고 그 밑조직의 혈류가 증가한다. 이것이 소의 내한(耐寒)성이 강한 원인이라고 생각된다.

지방교잡은 근육조직내의 중성지방이 침착하여 점상(點狀)으로 지방조직을 형성하는 것이다. 우육(牛肉)에서 지방침착은 근육간, 제2차 근육간, 제1차근육간 순으로 일어난다. 냉도체에서 제2차 근육간의 지방교잡은 육안(肉眼)으로 보기에 힘들며 현미경 관찰에 의하여 알 수 있다.

## (4) 비만과 지방세포의 비대

지방세포의 증가, 비대는 지방교잡 정도에 영향을 미친다고 생각한다. 비만은 지방세포의 증가와 비대를 일으키지만 그 정도는 연령에 의하여 다르게 나타난다. 어릴때의 비만은 지방세포의 비대 보다도 세포의 수량증가를 가져오며(지방세포 증식형 비만), 성숙후의 비만은 지방세포의 수량 증가 보다도 세포자체의 비대를 초래한다(지방세포 비대형 비만).

태생기(胎生期)의 모체의 영양과 호르몬등이 지방세포수에 영향을 미칠 가능성도 고려하여야 한다. 그리고 비육우의 사양관리에 의한 지방의 축적은 주요하게 지방세포비대형 비만에 의한 것이라고 생각된다. 지방이 충분히 축적되면 지방세포는 십 몇배로부터 20~30까지, 심지어 그 이상의 크기에 도달한다.

## (5) 지방교잡이 형성되는 조직과 세포

### ① 지방생합성조직(脂肪生合成組織)

지방은 간장, 소장점막 그리고 지방조직에서 생합성 된다. 따라서 지방교잡은 근육내에 분

포된 지방조직의 지방세포에서 지방이 합성, 축적되는 것이다.

## ② 지방세포에 의한 지방합성

지방세포는 지방의 합성과 저장을 통하여 얻어진다. 지방세포는 초산등을 흡수하여 장쇄지방산에 연결시킨다. 또한 글리세롤흡수 혹은 \*글루코스(glucose)을 흡수하여 세포내에서 글리세롤을 생성한다. 여기에 필요한 효소계가 지방세포내에 있으며 글리세롤과 지방산으로부터 지방이 합성된다. 지방합성을 관여하는 효소가 지방조직에 있지만 \*아세틸-코에이카복실라제(Acetyl-CoAcarboxylase)는 그중 하나로서 이것이 감소되면 지방세포의 초산흡수가 쇠퇴되어 지방축적이 감소된다. 장점막에는 프로피온산(propionic acid)을 글리세롤로 변화시키는 당신생계(糖新生系)의 효소가 있어 생성된 글리세롤(glycerol)은 지방을 합성하고 따라서 지방교잡에 기여하게 된다.

## 4. 지방의 축적과 동원(動員)

### (1) 피하지방 조직과 간장효소

피하지방 두께는 품종의 특징의 하나로 품종간에 차이가 있다. 13개월령의 홀스타인 거세우와 헤어포드 거세우의 평균 피하지방은 0.64, 1.95cm로 헤어포드 거세우가 더 두껍다. 피하지방층이 얇은 홀스타인에서는 간조직에 아미노산의 이화대사(異化代謝)를 촉진하는 GOT나 당신생을 촉진하는 FDT 효소는 많다. 이로부터 지방교잡조직이 효소와의 관계가 매우 중요하다는 것을 시사한다.

### (2) 지방조직에서의 지방동원

지방조직에서 지방의 분해, 동원조절은 직접적으로 사이클 \*AMP의 호르몬등에 의하여 2차적 전달계가 있으며 아드레날린(Adrenalin: 부신에서 분비되는 호르몬), 글루카곤(glucagon: 췌장에서 분비되는 혈당상승 호르몬)등에 관여한다. 지방조직으로부터의 지방동원은 지방교잡에 불리하다.

## IV 비육우의 지질의 합성과 축적

### 1. 비육우의 지질합성

루멘(Rumen)에서 사료의 발효에 의하여 생성된 휘발성 지방산(VFA)은 주요하게 루멘벽으로부터 흡수된다. 흡수된 프로피온산(propionic acid)과 낙산(butyric acid)은 흡수과정에서 제1,2위벽으로부터 선택적으로 대사되어 초산(acetic acid)외의 물질로 된다. 그러므로 제1,2위벽의 정맥혈, 또는 제순환 혈액중의 휘발성 지방산은 대부분 초산이며 프로피온산과 낙산의 농도는 낮다.

흡수된 초산, 낙산등은 간장에서 지방으로 합성되지만 일부는 근육조직등에도 흡수되어 지방으로 합성된다. 프로피온산은 간장에서 포도당으로되고 또한 글루코겐(glucogen)으로 저장된다. 간장에서는 제1위벽으로부터 흡수된 저급지방산, 장으로부터 흡수된 지방산 그리고 축적지질로부터 동원, 분해된 지방산, 간장에서 생산된 지방산으로 지방과 인지질등의 지질을 생성한다.

## 2. 육우의 혈액지방의 유래

### (1) 사료지방

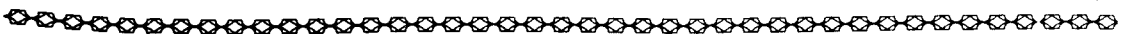
사료지방은 루멘에서 기본상 변화없이 장으로 운송된다. 소장에서 담즙산과 췌장액중의 효소 스테아신(Steapsin : 膽液에 있는 소화 효소)의 작용에 의하여 지방산과 글리세롤으로 된다.

지방산은 담즙산염과 결합하여 수용성이 되어 장벽을 통과한다. 글리세롤은 인산과 결합된 형태로 장벽을 통과하고 그곳에서 유리지방산과 결합하여 인지질의 하나인 레시틴류(Lecithins : 인지질의 일종)으로 되며 혈액으로 이행한다.

혈액지방 그리고 이것이 축적된 축적지방은 사료지방의 영향을 크게 받는다.

### (2) 루멘에서 저급지방산의 유래

루멘에서 미생물의 작용에 의하여 탄수화물



- \* 유리지방산(free fatty acid) : 중성지방의 가수분해 결과 또는 대사과정에서 유리된 체로 존재하는 지방산
- \* 글루코스(glucose) : 포도당, 혈당등이라고 한다. 육탄당의 일종이며 식물조직에서 생합성되며 전분의 가수분해에 의하여 제조된다. 소장에서는 탄수화물의 소화물중의 주생성물이며 쉽게 흡수되어 혈액속에 들어간다. 글루코스의 혈중농도는 100ml 당 80~100mg이 표준이며 과잉분은 글루코겐(glycogen)으로 되어 간장 또는 근육에 저장된다.
- \* 아세틸 CoA(acetyl-CoA) : 지질의 전구체이며 TCA회로의 중요한 중간대사물, 아미노산, 지방산 또는 Pyruvate의 산화과정에서 아세틸기가 코엔자임(Coenzyme A)에 붙어서 형성된다.
- \* AMP(Adenosine monophosphate : 아데노신 1인산) : 염기로서 아데닌 당으로서 리보스 및 인산이 결합된 물질이다. 아데노신 1인산이라고도 한다. 근육대사에서 중요하다.
- \* VFA(휘발성지방산) : 수증기증류에 의해서 얻어지는 저급지방산의 총칭이고 반추위내에서는 주로 탄수화물에서 미생물작용에 의해서 생성되고 그 주된 것은 초산, 프로피온산, 낙산이다.
- \* 글리코겐(glycogen) : 탄수화물의 저장형태로서 간장또는 근육에 있다. 글루코스로 된 다당류이며 혈당으로부터 합성되며 필요에 따라 분해되어서 혈당으로 되돌아온다. 성인의 글리코겐 저장량은 근육중에 약 250g 간장중 약100g이다. 동물이 죽으면 글리코겐은 빨리 분해되어 글루코스로 되기 때문에 식육 또는 식용간장속에는 글리코겐이 없다.
- \* AMP(Adenosine monophosphate:아데노신1인산) : 염기로서 아데닌, 당으로서 리보스 및 인산이 결합된 물질이다. 아데노신 1인산 이라고도 한다. 근육대사에서 중요하다.

로부터 생성된 저급지방산에서 초산, 낙산은 루멘벽으로 직접 흡수되어 탄소수가 많은 지방산으로 되며 프로피온산등은 흡수되어 간장에서 포도당으로 되고 일부는 글리세롤으로 된다. 글리세롤은 지방산과 결합하여 지방을 생성한다.

### (3) 체내축적지방의 유래

체내축적지방은 필요에 따라 분해되어 장쇄지방산 지방 또는 장쇄지방산으로 되어 혈액지질로 순환된다. 축적지방의 동원, 분해는 갑상선 호르몬(Thyroid hormone), 성장호르몬(Growth hormone), 아드레날린(Adrenaline), 글루코겐(glycogen)등에 의거한다. 성장호르몬은 지방을 분해하며 특히 초산(acetic acid)을 생성하는 작용이 강하다. (다음호에 계속) ■