

수출용 쇠고기 생산을 위한

미국내 쇠고기 연구동향



번역 : 이 문 연
한 우 개 량 부 장

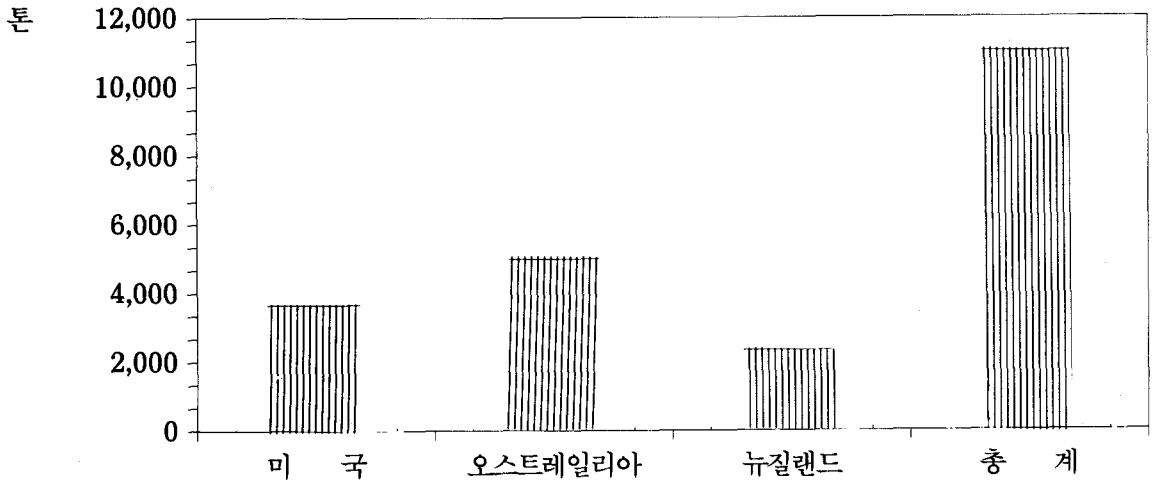
번역자주 : 본 자료는 미국이 일본쇠고기 시장을 겨냥하여 일본화우에 대한 특징을 수년간 연구분석한 자료로 화우와 비슷한 특징을 갖는 한우를 사육하는 농가에게도 극히 필요한 것으로 사료되어 번역하였으니 참고하시기 바랍니다. 내용 중 전문적인 용어가 많이 등장하나 열심히 애독하여 주시기 바랍니다.

1. 서 론

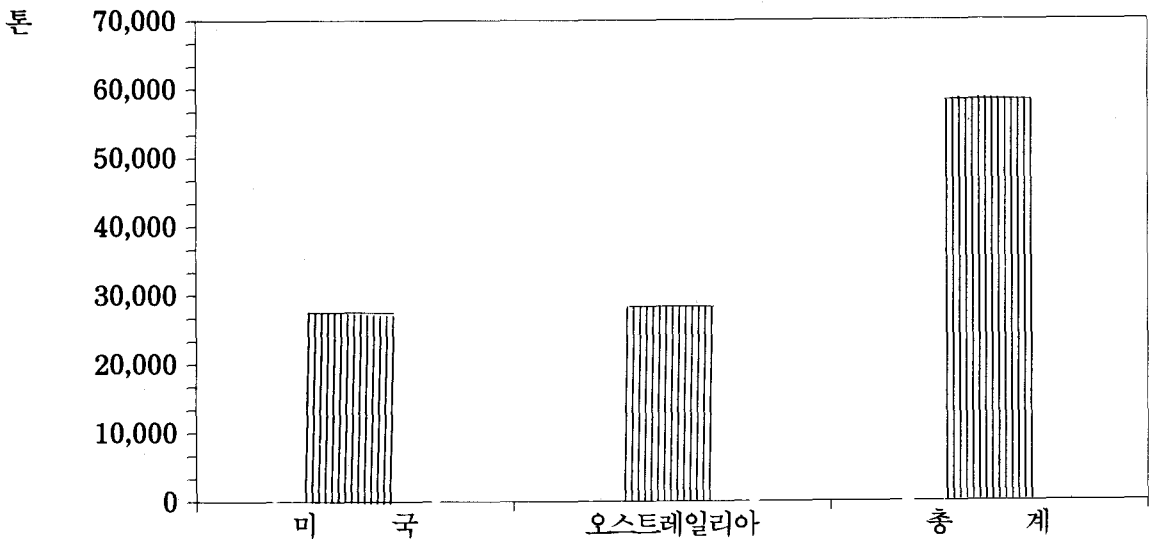
많은 나라들이 한국과 일본에 쇠고기 수출을 늘리기 위해 주요한 일들을 수행 해 왔다. 최근에 한국은 매년 11만톤 정도를 수입하고 있다(그림1). 이중에서 미국이 공급하는 양은 4만톤으로 미국은 한국인이 서양음식에 익숙해지는 만큼 쇠고기 소비가 눈에 띄게 증가될 것으로 전망하고 있다.

1996년 4월 1일 일본은 쇠고기 수입 관세를 50%에서 46.1%로 낮추었다. 한국과 미국은 일본에 쇠고기 수출에 공동의 관심을 갖고 있기 때문에 일본시장을 겨냥한 쇠고기 생산에 영향을 주는 요인들에 관심이 집중될 것이다. 특히 한국의 비육농가들은 일본 쇠고기 시장에 경쟁적일 수 있다. 왜냐하면 화우는 한우로부터 유래되었기 때문이다.

서구 스타일과 비슷한 미국 쇠고기의 폭넓은 수용이 일본에서 일어났다. 일본은 매년 65만톤의 쇠고기를 수입하는데 이중의 94%를 호주와 미국에서 수입하고 있다(그림2).



〈그림 1〉 한국의 연간 쇠고기 수입량



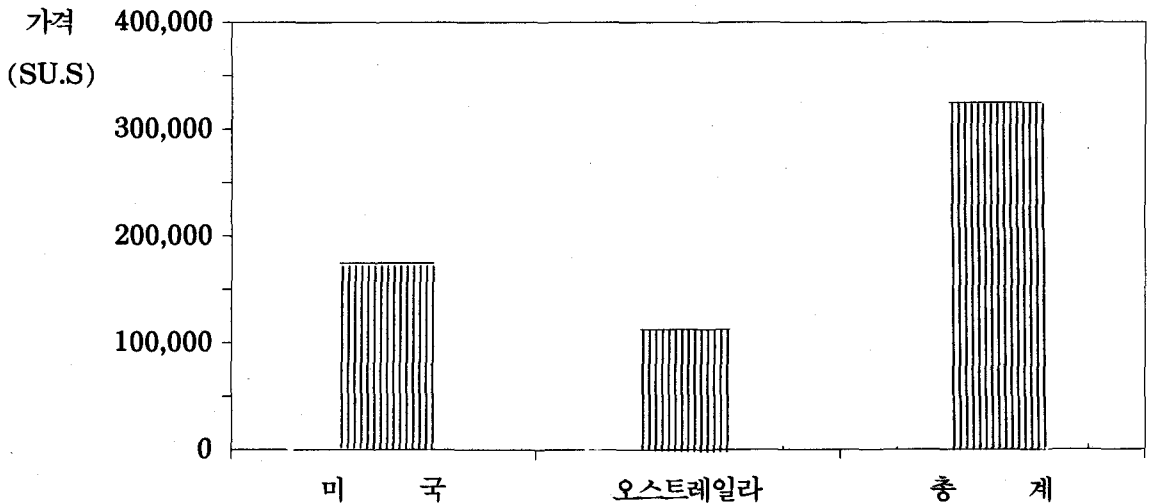
〈그림 2〉 일본의 연간 쇠고기 수입량

현재 일본은 미국보다는 호주로부터 약간 더 많은 쇠고기를 수입하고 있다(그림 2). 그러나 미국쇠고기의 가격이 호주쇠고기보다 높다(그림 3). 미국쇠고기는 호주산 쇠고기보다 두가지

측면에서 질이 높다고 인정되고 있는데 그중 하나는 근내지방도가 높다는 것이고 다른 하나는 지방색이 더 희다는 것이다. 그러나 문제는 일본에 수출하려고 하는 미국의 쇠고기가 일본쇠

고기보다 열등하다는데 있다. 미국의 육우는 일본의 흑모화우에서 관찰되었던 근내지방도의 유전적인 잠재 가능성을 가지고 있지 못하다는

것이고, 미국쇠고기의 지방은 포화지방산의 함량이 높기 때문에 너무 경화되어 있다는 것이다.



〈그림 3〉 일본의 쇠고기 수입 비용/년

2. 사료연구

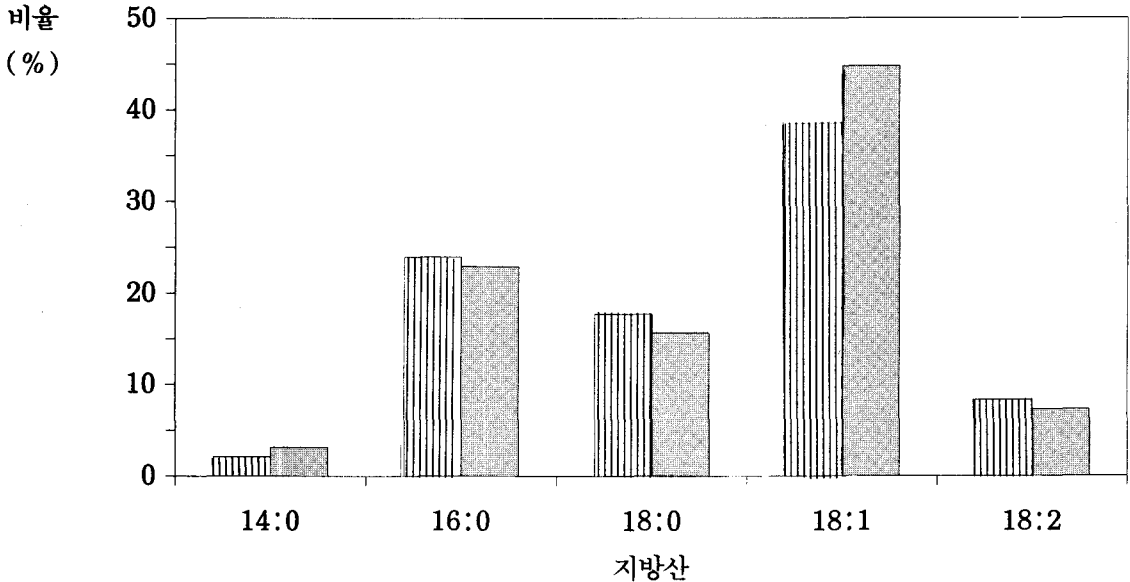
사료급여방법 등에 의하여 포화지방산의 함량을 줄이기 위한 시도가 수차례 행하여 졌다. 이 연구중에서 보다 성공적이었던 것은 고농도의 올레인산(C18:1)을 함유하는 해바라기 씨앗의 사료급여로부터 얻어졌다. 이 사료는 표준사료 4%에 비교하여, 지방이 11%를 함유하고 있으며, 180일 동안 급여하였다(Chang et al., 1992) 미국 표준에 비하여, 장기간의 급여와 급여사료의 지방함량이 높음에도 불구하고

하고 등심에 있는 올레인산의 변화는 아주 적었다(그림4). 소에 있어서의 사료급여에 의한 조직지방산의 변화는 반추위 내의 미생물에 의한 지방산의 수소첨가(불포화지방산을 포화지방산으로 하는 화학반응)에 의하여 행하여진다. 소 사료에 올레인산이 풍부한 해바라기씨를 급여하면 대부분의 올레인산은 포화지방산인 스테아릭산(stearic acid C18:0)으로 전환된다.

올레인산이 풍부한 해바라기씨를 소에게 급여한다는 것은 너무 비용이 과다하여 비현실적이다. 이 해바라기씨가 반추위 내에서 수소첨

가비용이 일어나지 않도록 처리 할 수 있으면 가능할 수도 있다. 그래서 미국의 과학자들은 유전적으로 올레인산을 축적하는 잠재력을

가진 소를 찾고 있다. 이러한 이유때문에 우리는 일본 화우를 연구 조사하고 있다.



〈그림 4〉 180일간 해바라기씨를 급여한 소의 등심지방산함량

3. 일본 흑모화우의 지방산 조성

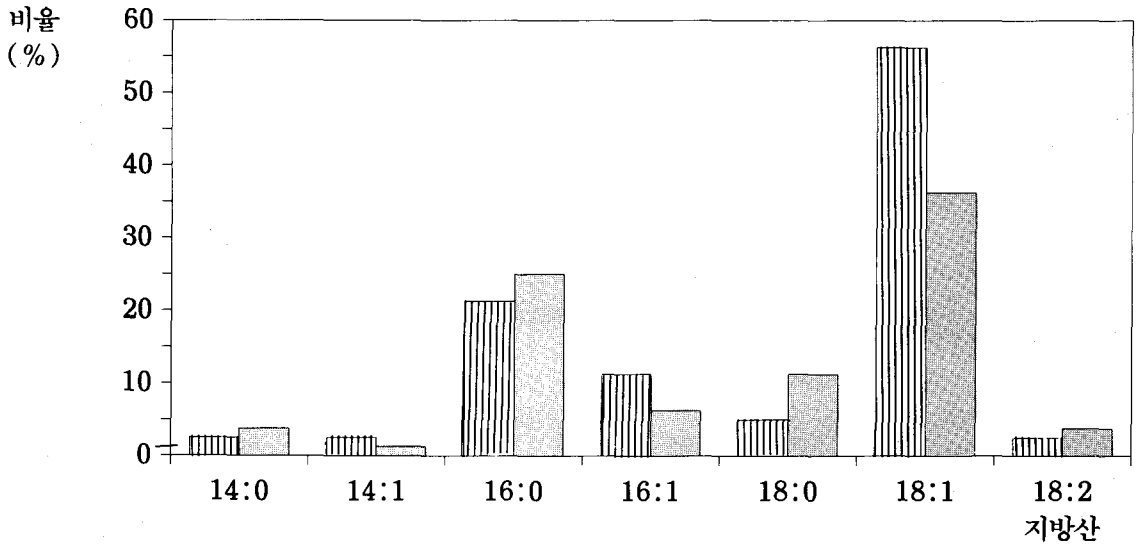
일본흑모화우의 지방산 조성에 대한 연구 초기에는 23두의 A1~A5 도체의 피하지방표본을 이용하였다. 이 도체는 고베지역의 것으로 지방산 조성의 분석을 위하여 일본으로부터 Texas A & M대학에 수송되었다. 일본흑모화우로부터 채취한 지방조직은 모든 지방산(C14:1, C16:1, C18:1)이 현저하게 높았다.(Sturdivant et al., 1992:그림5).

지방의 연도와 지방색은 일본의 도체등급기준에서 아주 중요하다. 지방이 연하고 백색에 가까울수록 도체 등급은 높아진다. 우리의 원래의 가정은 화우의 지방이 더 연하고 부드러울 것이라고 하였는데 이 가정은 사실로 인정되었다. 이유는 그림5에서 보는 바와같이 일본의 흑모화우와 미국의 앵가스 사이에 불포화 지방산의 차이가 현격한데 이는 품종의 차이로 인정된다.

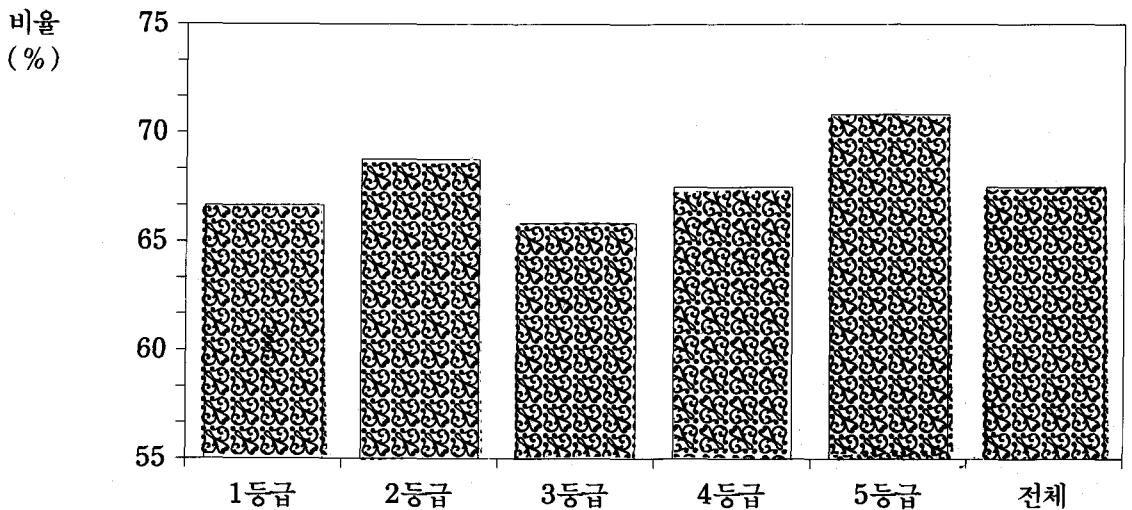
또한 우리의 느낌으로는 일본흑모화우에 있어서의 불포화 지방산의 함량은 육질을 결정하

는데 중요한 것으로 보였다. 우리의 조그만 표본 연구에도 불구하고 일반적인 경향을 보여주는 것이 있었다. 그것은 육질등급이 높아질수록 불포화 지방산의 증가가 이루어지고 있다는

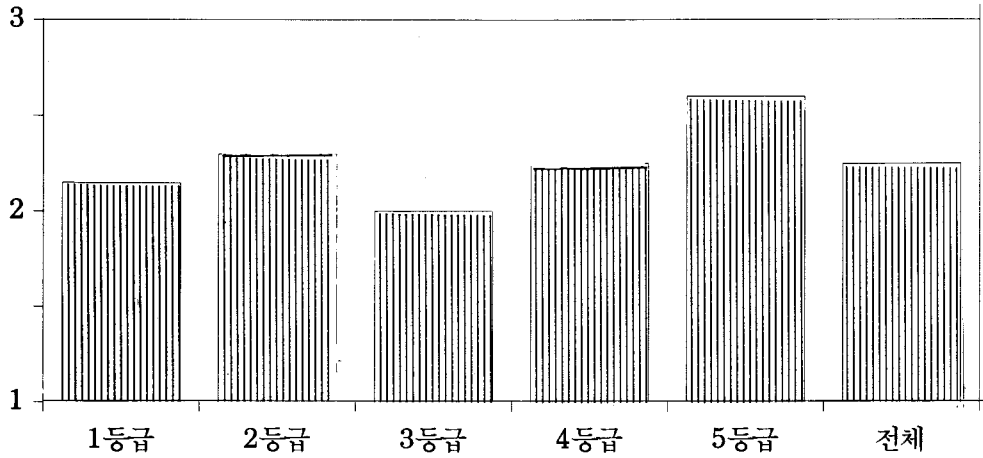
것이다(Sturdivant et al., 1992) 이 연구에서는 검정하지 않았지만 모든 등급을 비교하였다면 더 큰 차이를 얻을 수도 있지 않았나 싶다.



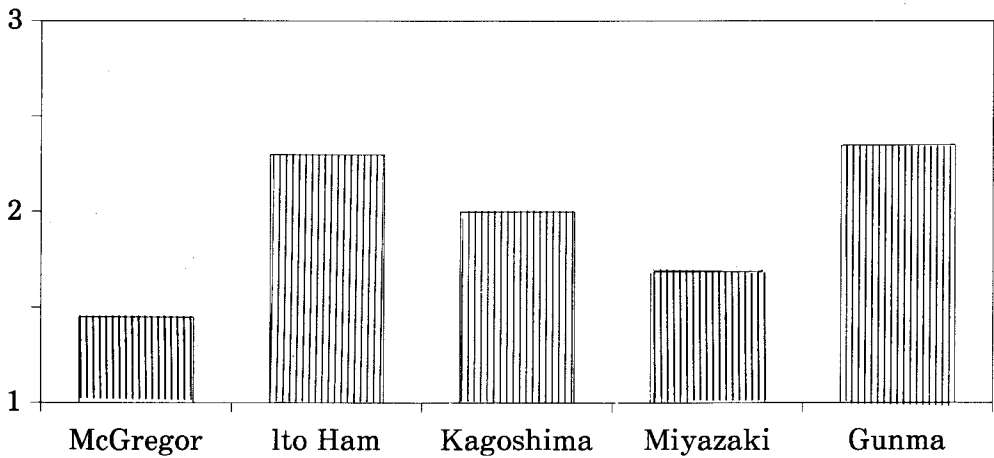
〈그림 5〉 순종흑모화우와 미국앵거종의 피하지방의 지방산 조성 비교



〈그림 6〉 일본흑모화우의 A1~A5등급의 단순 불포화 지방산의 조성



〈그림 7〉 일본흑모화우의 A1~A5등급의 피하지방 조직에서 단순불포화지방산:포화지방산의 비율



〈그림 8〉 일본 지역별 지방산의 비교

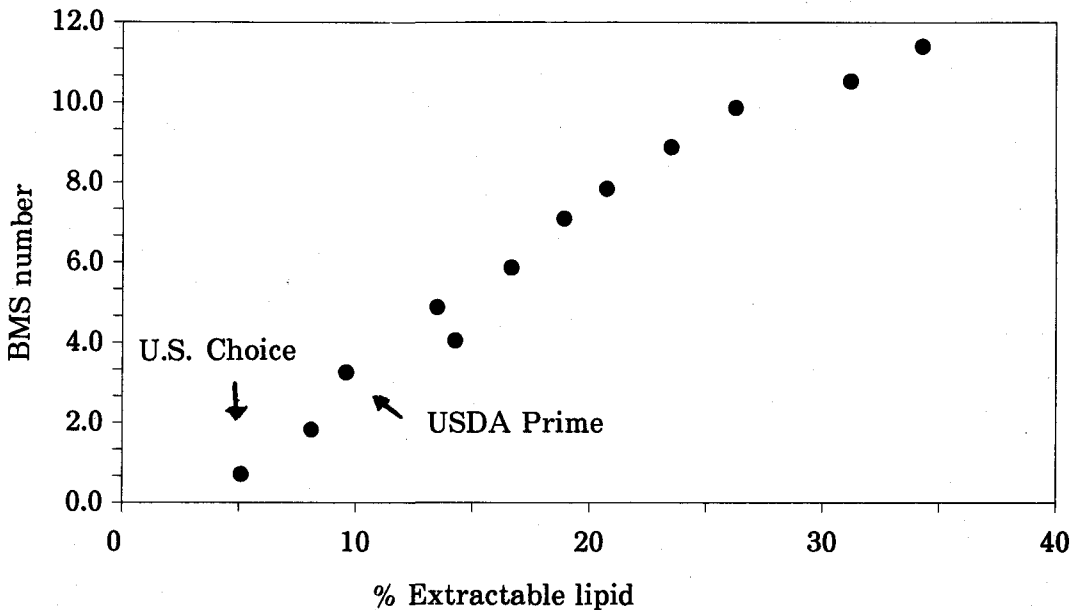
불포화지방산과 포화지방산의 비율 (MUFA:SFAD)은 일본흑모화우의 것이 일반적으로 높았다(>2.0). 미국소의 이 비율은 전형적으로 1.0~1.5이다(Huerta-Leidenz et al., 1993) 그림8에 있는 자료는 지리적으로 격리되어 있는 곳에서 사육된 소들의 지방산

조성을 보여주고 있다. 미국의 “McGregor”는 미국내 텍사스 맥그레고에서 사육된 소들이 120일동안 비육된후 생후 16~18개월령에 도축된다. 일본의 소들은 500일 이상 비육되어 36개월령에 도살되어진다. 더욱이 일본소는 조사료비율이 높은 사료를 급여하는데 일당중체

는 대략 0.9kg이다. 반면에 미국소들은 옥수수 함량이 높은 농후사료를 많이 급여한다.

비육기간과 도살시 나이의 이런 차이들은 일본 쇠고기에 비하여 미국쇠고기는 근내지방에서의 낮은 결과를 가져온다(그림 9). 고급육

(BMS 10이상)은 근내지방도 30~40%의 근내지방을 가지고 있다(Cameron et al., 1994) 미국쇠고기의 가장 높은 근내지방의 비율은 전형적으로 10~12%이다.



〈그림 9〉 일본흑모화우와 미국화우에서 추출할 수 있는 지방의 함량

4. 앵가스과 화우의 비교

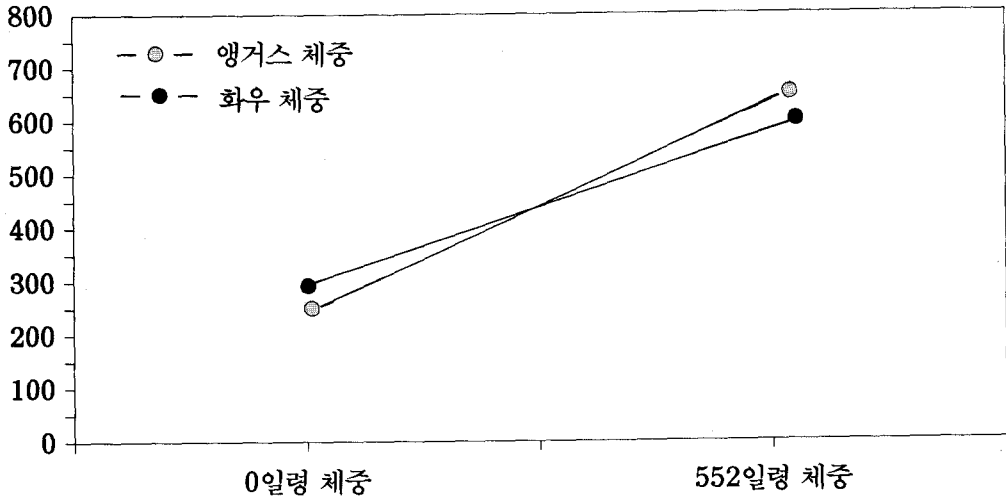
미국과 일본 쇠고기간에 또는 일본 지방산조성의 차이는 도살시의 나이, 환경 또는 사료의 차이에 기인할 수 있다. 이 가설을 증명하기 위하여 우리는 동일한 조건하에서 앵가스거세우와 미국화우거세우를 사육하였다(Lunt et al., 1993) 앵가스 거세우들은 아주 우수한 도체를 생산하는 수소의 후대축으로 정평이 나 있

는 것들을 거세하였다. 미국화우의 거세우는 7/8이상의 화우 혈액을 가지고 있는 것을 대상으로 하였는데 이들은 앵가스 암소에 일본흑모 화우와 갈모우 수소를 교배하여 생산한 것들이다. 552일 동안 화우와 앵가스를 쌍으로 사육하였다. 송아지의 시험개시시 체중은 동일하였으나 앵가스가 종료시 체중이 유전적으로 더 무거웠다.(그림 10)

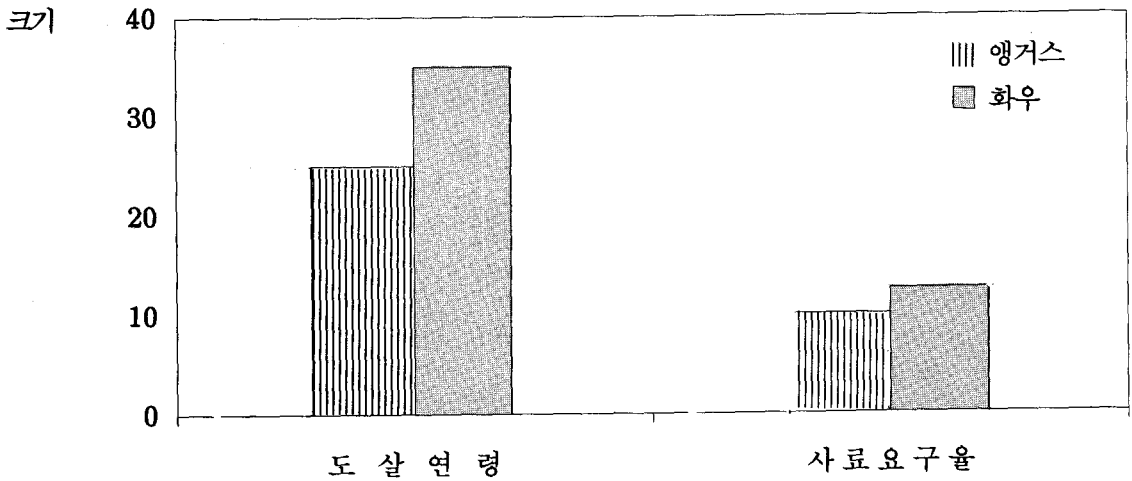
두품종이 동일 양의 사료를 섭취하였다 하더라도 앵가스가 더 효율적이었다.(Lunt et al.,

1993 그림 11) 앵거스 거세우들이 화우 거세우보다 일찍 성숙하고, 앵거스는 화우보다 좀 어린 것으로 나타났다. 앵거스는 도축시에 체중

이 더 무거웠으나 나이는 화우가 앵거스보다 7개월이 더 많았다.(그림 11)



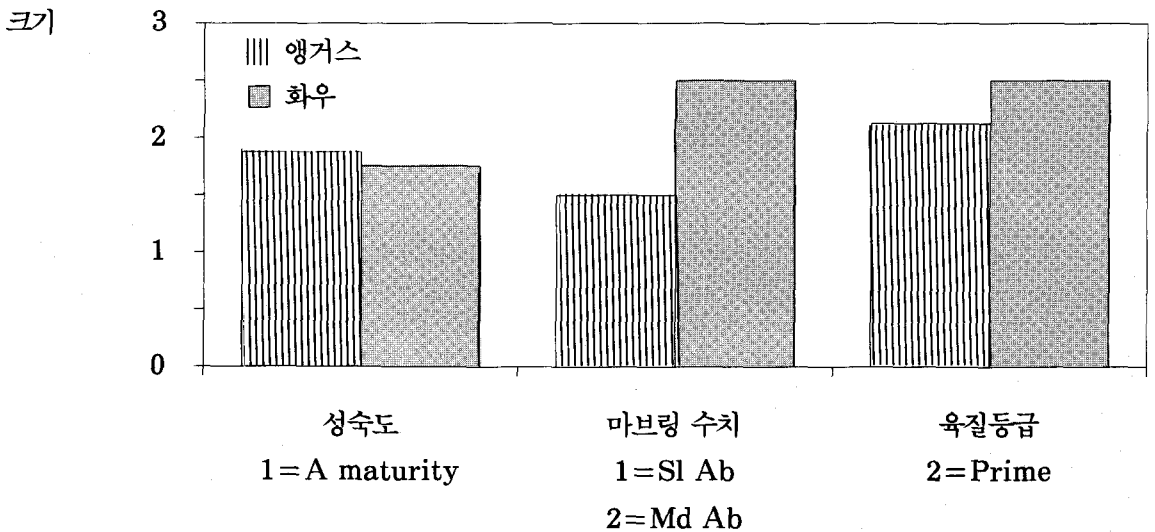
〈그림 10〉 앵거스거세우와 미국화우거세우의 552일령까지의 체중변화비교



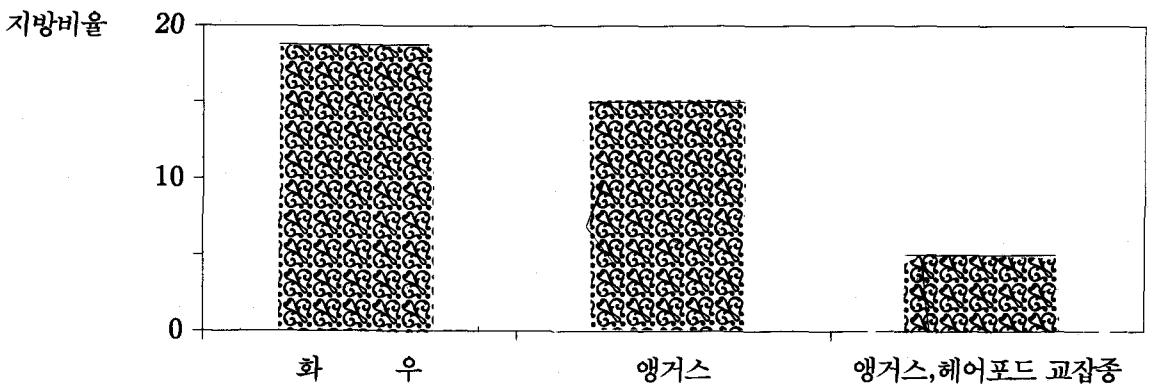
〈그림 11〉 앵거스거세우와 미국화우거세우의 특징

이 실험은 나이에 관계없이 도축시의 동일 생리적 나이에 의거 설계되었다.(그림 12) 미국에서 근내지방도는 12~13번째의 갈비가 달린 척추 부위의 등심 단면적에서 평가된다. 이 부

분에서의 근내지방도는 수적인 차이는 있을지라도 통계적으로 다르지 않았다. 미국 육질등급에서의 차이는 없었다.



〈그림 12〉 앵거스거세우와 미국화우거세우의 성숙도, 마블링스코어, 미국농무성의 육질등급

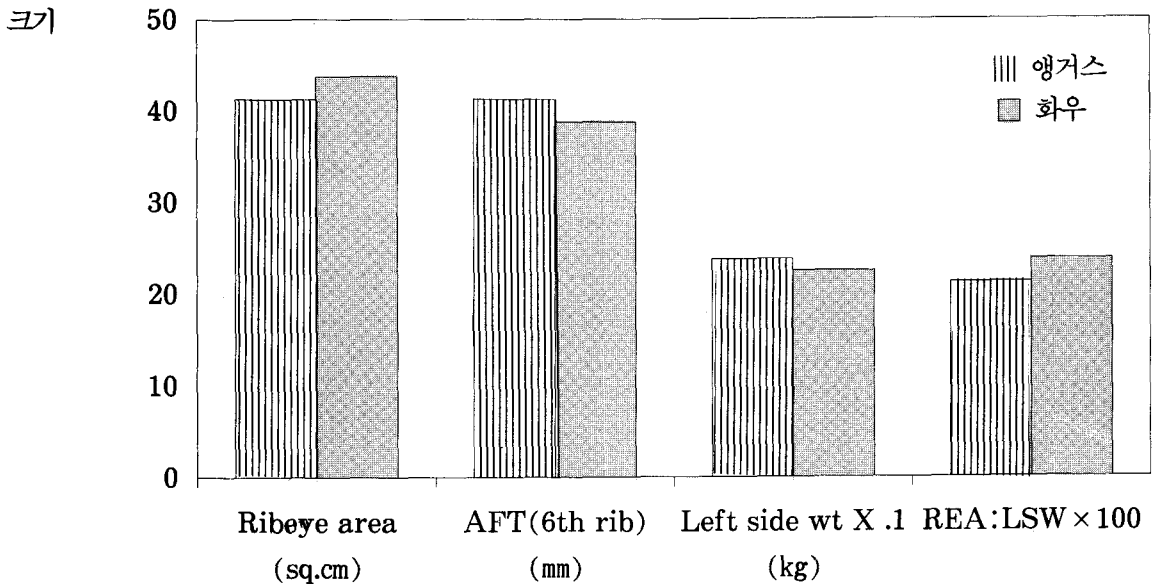


〈그림 13〉 미국화우거세우와 앵거스거세우의 552일령 사육시와 앵거스 × 헤어퍼드 교잡우의 120일령 사육시의 총지방의 양

미국에서의 육질등급은 주로 성숙도와 근내 지방도에 의하여 결정되어진다. 미국에서의 가장 고급육질등급은 프라임(Prime)으로 두품종 모두 프라임이 출현하였다(그림 12). 미국의 프라임은 근내지방의 함량이 12%인 반면에 초이스(Choice)등급은 5~7%의 지방을 함유한다. 552일동안 비육한 앵가스 거세우는 15%의 근내지방을 함유하고, 화우의 경우는 거의 20%까지 지방을 포함하고 있다.(May

et al., 1993 그림 13) 그래서 앵가스와 화우 도체는 현재의 미국 프라임등급보다 더 높게 등급이 매겨질 수 있고 보다 높은 범주에 속한다.

화우거세우는 약간 넓은 등심 단면적을 갖고 있고, 6번째 갈비 부위의 피하지방도 얇은 것으로 나타났다. 화우는 전형적으로 미국내 품종보다 피하지방이 얇고, 등심 단면적이 넓다.(그림 14)



〈그림 14〉 앵가스 거세우와 미국화우거세우의 도체 특징

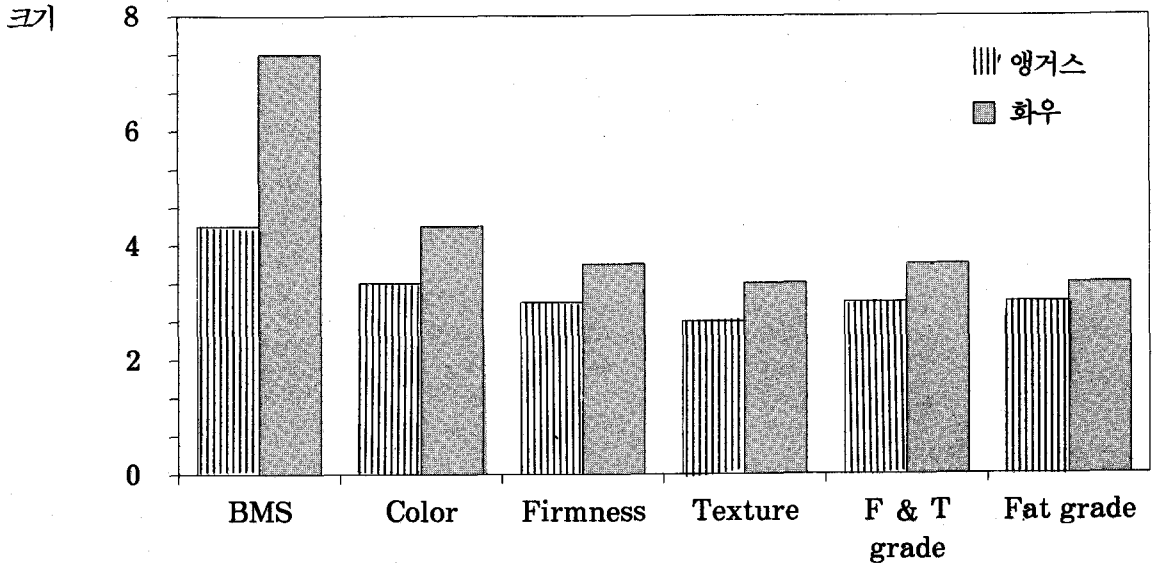
앵가스와 화우와의 근내지방의 차이 때문에 화우는 육질등급에서 높은 등급을 받는다. (Lunt et al., 1993 그림 15) 화우최고기는 색깔이 검고, 육조직이 조금 더 굳어 있었다. 앵가스도체의 근내지방도가 낮으면 낮을수록

낮은 일본의 육질등급 결과를 초래한다.(Lunt et al., 1993 그림 16) 앵가스에서는 C4등급의 도체는 출현하지 않는다. 반면에 10두의 화우 도체중 9두가 B3 또는 B4등급이었다.

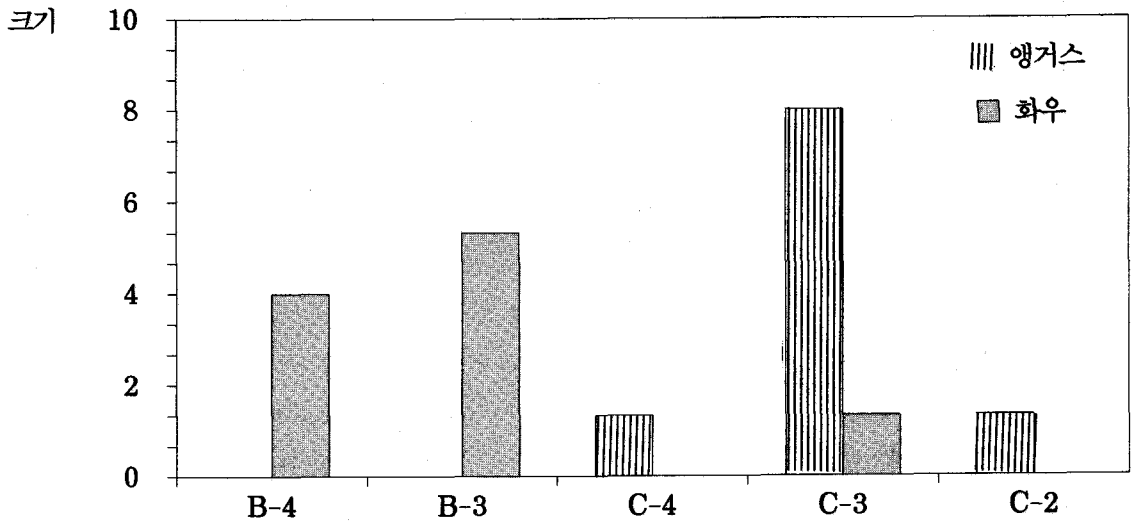
이런 자료에서 보는 것처럼 동일한 생리적조

건, 동일한 급여조건, 동일한 사육일수등으로 미루어볼때 화우는 앵거스에 비하여 근내지방도가 높아지는 근내지방침착 능력이 유전적으

로 높음을 알 수 있다. 소에서 지방세포 분열은 피하나 근내지방조직에 지방축적의 대부분 과정에서 유의적으로 기여한다.



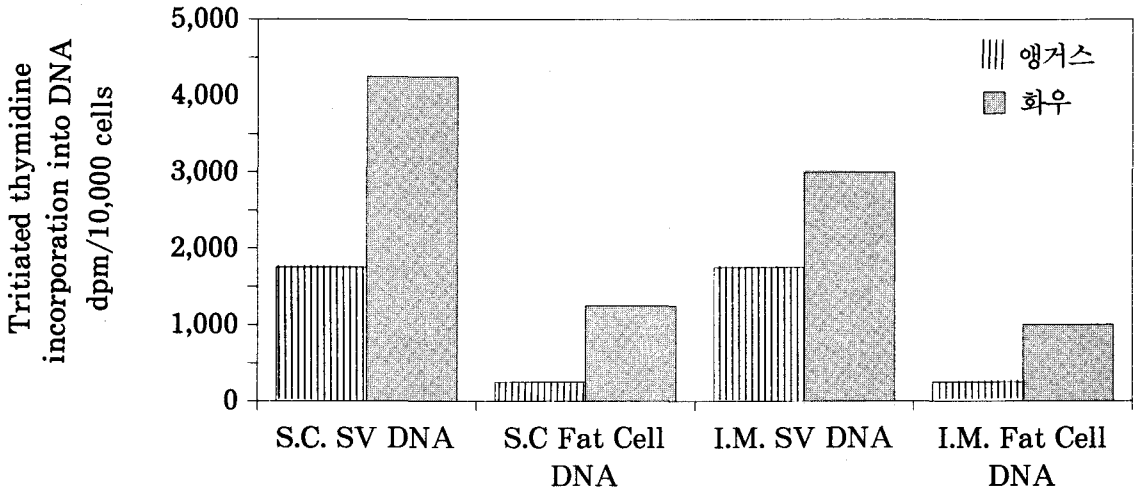
〈그림 15〉 552일령 사육한 앵거스거세우와 미국화우거세우의 육질에 미치는 요소 (일본등급제도)



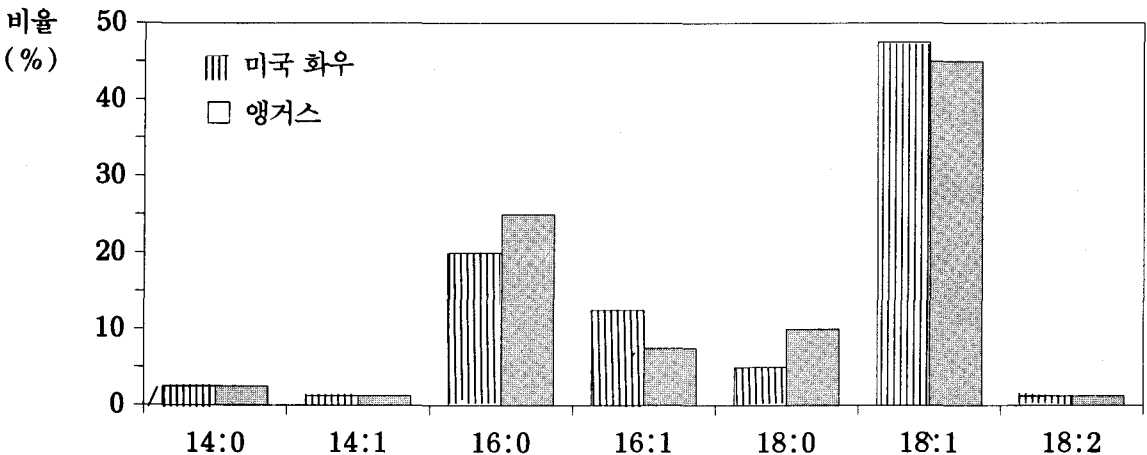
〈그림 16〉 552일령사육한 앵거스거세우와 미국화우거세우의 육질등급분포

앵거스와 화우로부터 지방조직에 있어서의 DNA 합성을 측정하였는데 이는 지방세포의 전구물질의 증식을 반영하는 실험이다.(May et al., 1994) 세포분열은 결체조직의 세포와

지방전구세포에 화우가 앵거스의 세포에 비하여 두배정도 컸다.(그림 17) 그래서 화우의 지방침착 능력이 일생을 통하여 앵거스보다 높은 것으로 나타났다.



〈그림 17〉 552일령 앵거스와 미국화우의 혈관, 피하지방 및 근내지방세포의 지방전구세포의 증식 관계

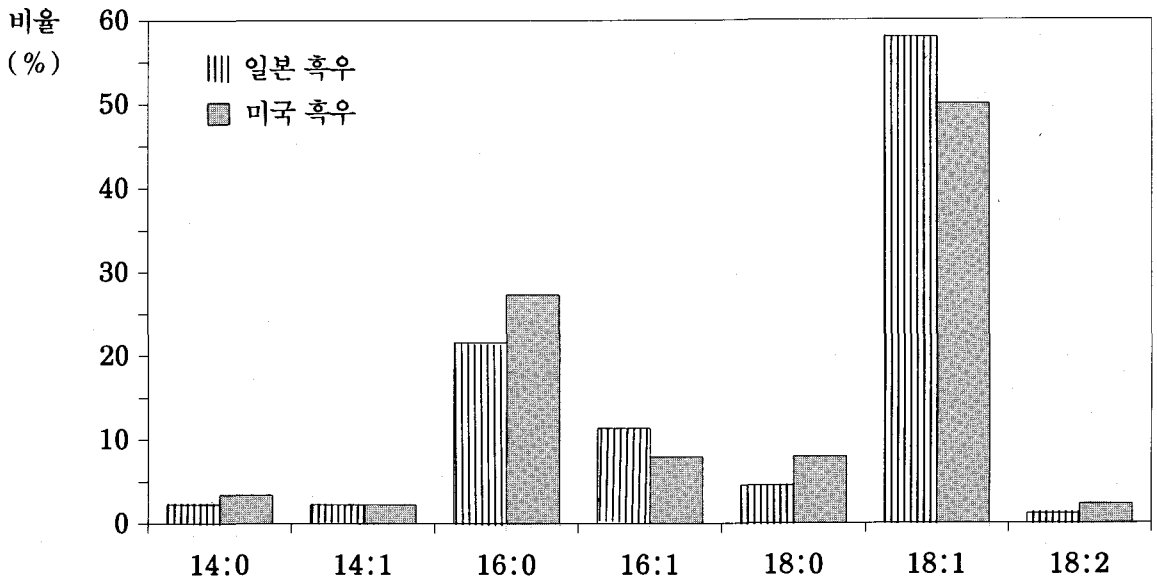


〈그림 18〉 미국화우와 앵거스종의 피하지방 조직의 지방산 조성

이 연구의 주요 목적 중의 하나는 화우의 지방조직이 동일 조건하에서 사육되었을 때 단불포화지방산의 양을 조사하는 것이었다. 이러한 연구(May et al., 1993)에서 화우와 앵가스의 지방조직 내의 지방산인 C18:1의 함량을 조사한 결과 화우가 이 지방산이 월등히 많음을 밝혀 내었다.(그림 18) 화우거세우가 상대적으로 나아가 더 들었더라도 Zembayashi et al.

(1995)는 나이를 보정하였을때 일본 흑모화우는 여전히 어떤 다른 품종보다 C18:1의 함량이 높았다고 보고하였다.

미국화우는 일본화우보다 불포화지방산 함량이 낮았다(그림 19) 이것은 B등급 도체는 A등급 도체만큼 불포화지방산의 함량이 높지 않다는 것을 설명하고 있다.

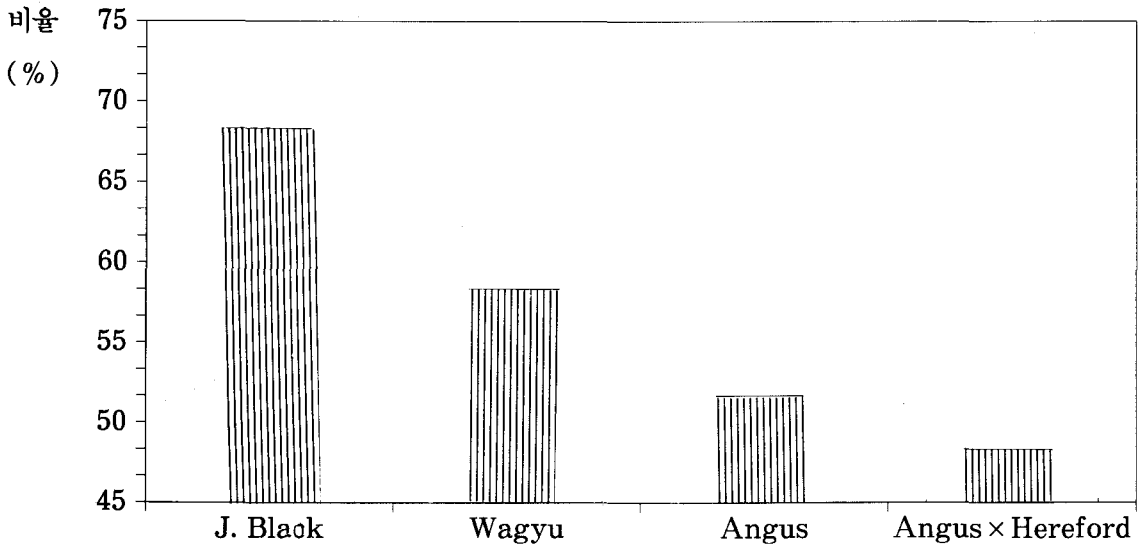


〈그림 19〉 순종일본흑모화우와 앵가스종의 피하지방 조직의 지방산 조성

우리연구에서는 근내지방도와 불포화 지방산과는 일반적으로 관련이 되어 있다는 결과를 얻었다.

일본 흑모화우의 A1~A2의 쇠고기는 미국 거세화우의 B3~B4보다 C18:1의 지방산을 더 많이 함유하고 있으며 앵가스보다도 더 많은 함량을 보여주고 있다. 미국의 전형적인 비육

우용인 앵가스와 헤어포드 교잡거세우는 가장 낮은 18:1의 지방 함량을 보여주었고 아마도 일본의 가장 낮은 등급에 속할 것으로 보여진다.(그림 20)



(그림 20) 일본흑모화우, 미국화우, 앵가스(550일 이상 사육)그릭 앵가스×헤어퍼드의 거세우(120일 사육)의 피하지방 조직에 올레인산의 비교

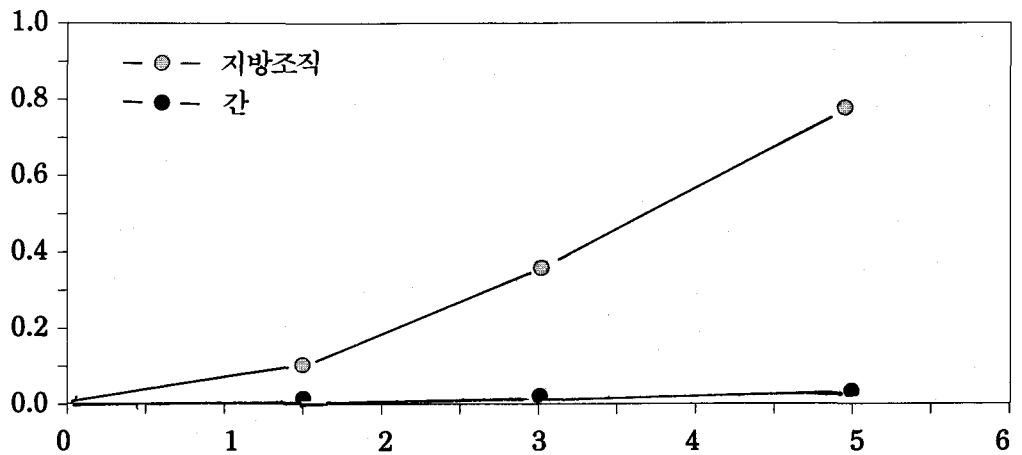
5. 불포화지방산 생합성효소와 지방산 조성

화우와 앵가스의 사료급여 효과와 환경효과를 조사하기 위하여 실험에서 일본시장을 겨냥한 앵가스의 비육에서 화우에서 얻은 근내지방도의 성적을 얻지 못했는데 이것은 불포화지방산의 생합성 효소의 유전자에 기인되는 것으로 나타나, 이런 유전자를 많이 가지고 있는 화우에게 불포화지방산이 높은 고급육을 생산한다는 것을 알게 되었다. 그래서 화우와 앵가스에서 이 불포화지방산 생합성효소의 활성을 측정하여 보니 우리 기대와는 달리 두품종간에는 유의적인 차이는 없었다.(그림 21)

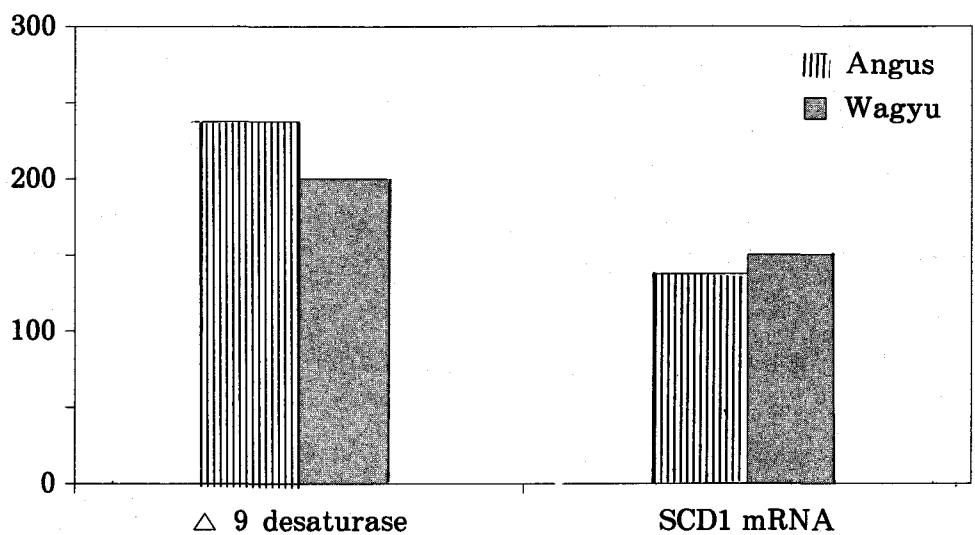
이 연구에서 차이를 발견하지 못한 것은 늦은 발육단계를 이용한데서 비롯된 것으로 판단되

다. 이러한 차이를 얻지 못했다 하더라도 우리는 이 생합성효소의 차이는 어떤 방법으로도 존재 할 것이라는 확신을 가지고 있고 근내지방도와 관련이 있을 것으로 믿고 있다(그림 22).

우리가 연구하였던 것중에서 가장 근내지방도가 높았던 일본흑모화우의 A등급의 소들은 모든 불포화지방산(C14:1, C16:1, C18:1)의 함량이 높았다. 이러한 모든 지방산들은 동일 효소인 불포화지방산 생합성효소에 의하여 생산되어진다. 여러 정황을 참작하여 볼때 일본 흑모화우의 지방조직은 다른 품종에 비하여 불포화 지방산 생합성효소의 활성이 크지 않나 생각된다.



〈그림 21〉 미경산 헤어퍼드의 피하지방과 간에서의 스테아롤호소 A의 전이호소 활성화도

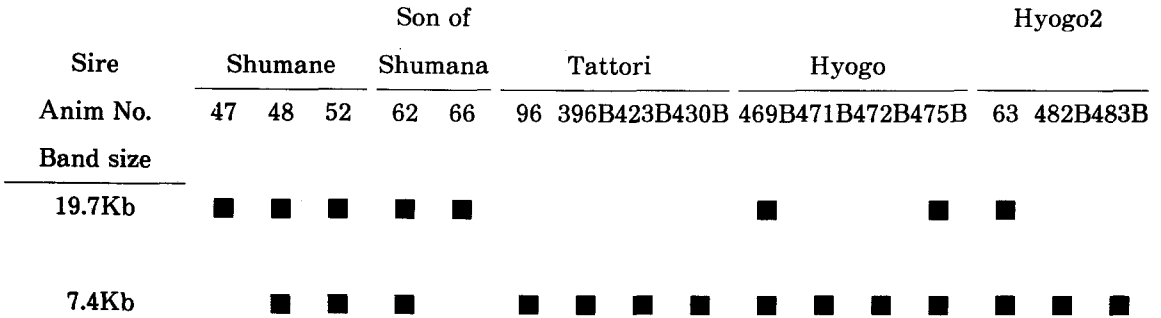


〈그림 22〉 552일령 사육한 앵가스 거세우와 화우거세우의 피하지방의 스테아롤조호소 A 전이호소 활성화도와 mRNA의 총량

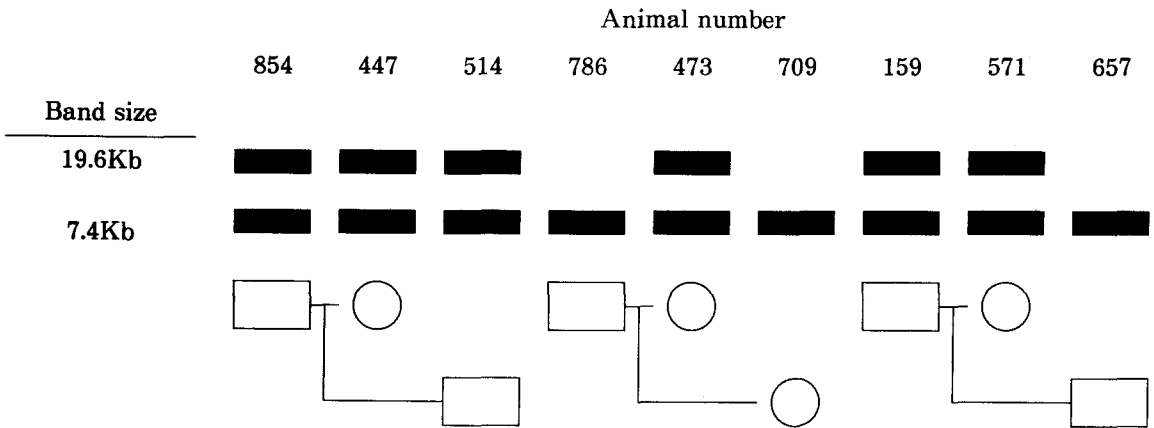
6. DNA 다형현상

방도들간의 관련 가능성에 따라 불포화지방산 생합성에 관여하는 유전자의 DNA다형을 조사하였다.(그림 23)

올레인산 발현유전자, 지방산조성 및 근내지



〈그림 23〉 일본흑우의 스테아롤조호소 A를 제거했을때 유전자의 다형성



〈그림 24〉 미국헤어퍼드종의 스테아롤호소 A의 유전자 다형

그림에서 보는 것처럼 시마네현의 것들은 19.7-kb 대립유전자를 항상 보여주었고, 도토리 와 효고의 것은 7.4-kb 대립유전자를 보여주었다. 이것은 이들 대립유전자들은 단순히 멘델법칙에 따라 전달되어지고 있었음을 암시하고 있다. 대립유전자의 유전양식은 미국 헤어포드에서도 입증되었다.(그림 24) 각각의 경우를 실험에 의하여 즉 후대를 생산하여 멘델법칙에 따라 유전되고 있음을 입증하였다.

〈표 1〉 각 품종간의 대립유전자 빈도

| Go strains | 7.4-kb | 19.7-kb |
|------------|--------|---------|
| Shimane | 0.65 | 0.35 |
| Hyogo | 0.73 | 0.27 |
| Kikumasa | 0.50 | 0.50 |
| Masahana | 0.59 | 0.41 |

〈표 2〉 시네마와 도토리후대의 유전자 빈도

| Offspring | 7.4-kb | 19.7-kb |
|-----------|--------|---------|
| Shimane | 0.33 | 0.67 |
| Tattori | 1.00 | 0.00 |

그림 23에 있는 자료는 우리가 표본 채취하였던 다른 현의 대립유전자 빈도가 다르다는 것을 알 수 있다. 표1에서 보는 바와같이 몇개의 현에서 흑모화우의 표본을 채취하여 대립유전자의 빈도를 분석하였다. 도토리의 후대축의 시마네와 같은 그룹으로 분류되었다. 도토리와 효고에서는 7.4-kb의 대립유전자가 많고, 교잡종보다도 많은 것으로 나타났다. 표2에서 보

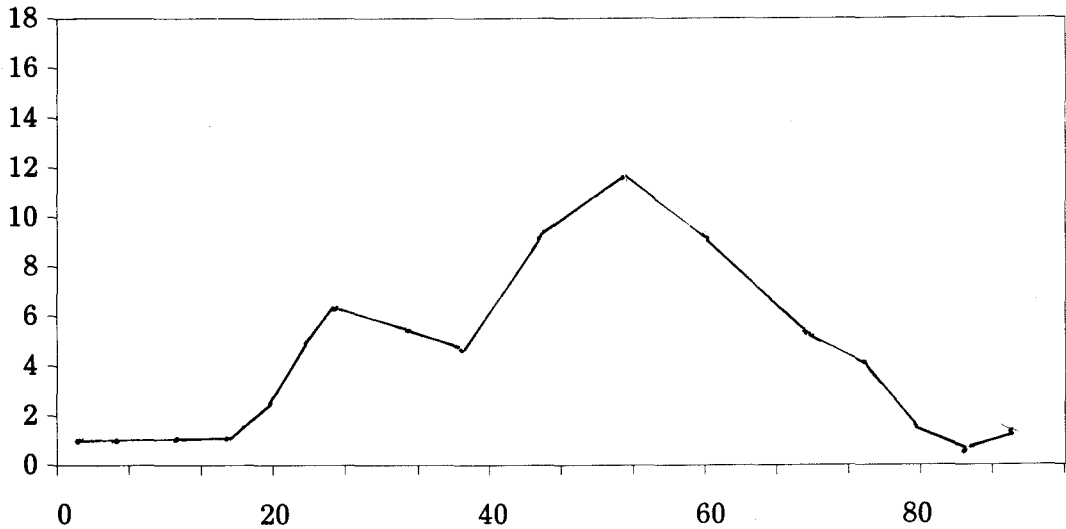
는 바와같이 도토리 종모우와 시마네 후손과는 관계가 거의 없는 것으로 보인다.

7. 마이크로 새틀라이트 표지 유전자

불포화지방산 생합성유전자에 대한 DNA다형에 언급하였지만, 이 다형은 우수종모우의 선발을 할 수 있도록 충분한 정보를 제공하지는 못한다. 어떤 곳에서도 이 유전자가 도체의 품질과 관련되었다는 것을 가리키는 것이 없다. 그래서 우리는 보다 한정적인 정보 즉 지방산과 도체품질의 차이를 알 수 있는 유전자를 알 수 있는 방법을 원한다.

우리는 230두의 앵가스와 브라만 교잡종의 피하지방으로부터 지방산 조성을 추정하였다. 이들 소들의 교배는 각염색체의 연관 지도를 만들 수 있도록 교잡우들을 생산하였다.(그림 25)

염색체 3에 대한 연관지도는 앵가스와 브라만의 C18:1의 조성을 조절하는 주유전자가 있다는 것을 가리키고 있다. 그러나 이때에도 유전자는 찾아 낼 수 없다. 이 유전자가 화우에서 또는 다른 품종에서 C18:1에 영향을 주는지에 대해서는 알 수 없다. 끝으로 아직도 이 유전자가 근내지방도에 주요 유전자인지 어느 다른 염색체위에 있는 유전자가 주요한 유전자인지는 모른다. 이 문제의 해결이 앞으로 연구과제가이다.



〈그림 25〉 피하지방 조직에 C18:1의 소와 염색체 새틀라이트의 연관지도

8. 결 론

우리는 앵가스를 비롯하여 미국내에서 발견될 수 있는 모든 소들에 대하여 근내지방도와 불포화지방산에 대하여 충분히 연구한 결과 미국내 있는 소들은 일본 흑모화우의 쇠고기에서

발견되는 근내지방도나 불포화지방산을 얻을 수 없었다. 마이크로 새틀라이트 유전자표지를 이용한다면 미국내 쇠고기의 품질을 올리는 기회는 있을 것으로 본다. 한우는 일본화우의 고급육시장에 경쟁할 수 있는 유전적 잠재능력을 가지고 있을 것으로 본다. □

<축산 용어 풀이>

- 계통교배(系統交配 : line breeding) : 동일 품종내에도 혈연적으로 근연관계가 있는 계통내에서의 교배를 말한다. 가축의 경우 계통이라고 불리우자면 일단의 기준으로서 집단내 평균 근교계수 10~30%, 혈연 계수 20~25%를 가지고 있는 것으로 보여지고 있는 이 교배법의 표적은 혈연적으로 근연관계가 있는 우수한 개체를 서서히 번식권내에 도입하여 가는 우수한 능력을 가진 번식집단을 작출하는 일이다.(계통번식)