



거정석과 비타민 A 급여가 거세한우 등심육의 이화학적 특성에 미치는 영향

김 병 기* · 고 시 장¹

경상북도축산기술연구소, ¹문경시청 축산과

Effect of Clay Mineral Pegmatite and Vitamin A and Supplements on the Physico-Chemical Characteristics of Fattening Hanwoo Steers

Byung-Ki Kim* and Si-Jang Go¹

Gyeongsangbuk-Do Livestock Research Institute

¹Department of Livestock, Mungyeong city

Abstract

This study was conducted to determine the effect of dietary supplements of mineral powder (*pegmatite*) on the physico-chemical properties of *M. longissimus* for 24 Hanwoo steers. Each eight Hanwoo steers were randomly allotted to three treatments ; Control (0%), T1 (supplemented with *pegmatite* 2.0% and vitamin A 0.2%), T2 (supplemented with *pegmatite* 2.0%). Cooking loss was highest in control, while water holding capacity (WHC) was the highest in T2 (56.38) than the others. However, effect of the diets on meat color was not significantly different ($p>0.05$) Panel test scores of juiciness, tenderness and flavor of *M. longissimus* were the highest for T1 (4.6~5.0) between the treatment group ($p<0.05$). The content of total fatty acid in *M. longissimus* was the highest in T2 (50.80%) among the treatment group. Palmitic acid and oleic acid were significantly higher in T1 and control than those for the others($p<0.05$). Unsaturated fatty acid (UFA) was highest in T2 (58.57%) than the others(55.09~55.64%) ($p<0.05$).

Key words : pegmatite powder, vitamin A, physico-chemical properties, steer

서 론

FTA 출범 등으로 축산물의 무한 경쟁시대의 돌입과 국민 소득 및 문화 수준의 향상으로 건강에 대한 일반 소비자들의 관심 증가로 육류 소비 성향도 다양해져 우리 축산업은 축산물 품질 고급화 또는 기능성 축산물의 생산이 절대적으로 요구되는 시점이다. 이런 차원에서 한우육의 육질 개선을 위한 다양한 연구중 하나의 방법으로 점토 광물을 이용한 방법이다. 백(1999) 및 Britten 등(1979)에 의하면 송아지 및 육성우의 사료에 소량의 점토 광물질을 첨가할 경우 증체율 및 사료효율 등에 개선 효과가 있고, 배설물의 냄새를 줄이며 설

사 방지 등의 효과가 입증되어 사료로서 가치가 인정되기에 이르렀다. 특히 bentonite는 제 1위액의 pH와 휘발성 지방산 농도에 영향을 미치고, 유지율을 높여주지만, 사료섭취량을 다소 감소시킨다는 보고도 있다(Schultzy, 1971). Watanabe 등 (1971)과 近藤淵 등(1969)은 거세육성우 사료에 2% zeolite 첨가급여시 하리 발생율이 적었다고 하였으며, 거세우에게 sodium bentonite 3% 급여시 증체율과 사료효율이 각 8%와 9% 정도 향상되었다(Erwin *et al.*, 1957). 유우의 경우도 분만 전 2개월에서 분만후 1개월 동안 bentonite를 급여한 결과 어미소와 그 자손의 건강상태 및 위내 성상이 긍정적인 효과를 나타냈다고 하였다(Dembinski *et al.*, 1985). 그러나 Cho 등 (2000)이 보고한 Holstein 송아지에게 점토 광물질 급여 효과를 림프구 표면 항체에 특이적으로 반응하는 단클론 항체(monoclonal antibody ; MoAb)를 이용하여 flow cytometry로 검사한 결과 항병력은 처리구간에 차이가 없었다고 하였다. 본 시험은 경북 문경지역에서 생산되는 특이 광물인 거정

* Corresponding author : Byung-Ki Kim. Gyeongsangbuk-do Livestock Research Institute, 275. Mt. Mookri Anjungmyeon Youngjusi Gyeongsangbuk-do 750-871, Korea. Tel: 82-54-638-6014, Fax: 82-54-638- 5014, E-mail: bkkim 017@hanmail.net

석 또는 거정화강암(일명: 약돌)이라 부르고 있는 점토 광물 질로서 pH가 10.0 정도이고, Si(66.8%), Al(16.4%), Na(3.59%), Fe(3.54%), K(3.52%), Ca(2.98%), Mg(1.91%), Ce(230 ppm) 및 Se(0.002%), Ge(0.02%), Ho(0.0005%) 등의 함유한 광물(대한광업진흥공사, 1988)을 거세한우에 첨가 급여하여 생산된 한우육의 이화학적 특성을 조사하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료

공시축은 생후 6~7개월령에 거세한 한우를 대상으로 경북 문경 소재 한우 농장에서 처리구당 8두씩 총 24두(대조구 0%) ; T1(pegmatite 2.0%와 vitamin A 0.2% 첨가) ; T2(pegmatite 2.0% 첨가)를 배치하여 생후13개월령 부터 26개월까지 실시하였다. 대조구 사료는 일반사료(비육전기 CP-11.97%, TDN-71.25 ; 비육후기 CP-10.09%, TDN-72.30)를 사용하였고, 시험사료는 농협안동사료공장에서 거정석이 2% 첨가된 주문사료(비육전기 CP-12.11%, TDN-71.47 ; 비육후기 CP-10.49%, TDN-72.45)를 사용하였고, 사료성분 분석은 AOAC(1998)방법에 따라 따라 수분, 조단백질, 조지방, 조섬유 및 조회분 함량을 측정하였다. 사양관리는 농가 관행법에 따라 조사료는 볏짚을 급여하였으며, 물과 린칼브릭은 자유 채식토록 하였다.

고기의 시료 채취는 시험 종료후에 지역의 동아LPC(주)에서 도축하여 하루동안 냉장처리한 후 13번째의 등심 부위를 채취하여 진공 포장후 즉시 분석실로 옮겨 육질 분석에 이용하였다.

일반성분

고기의 일반성분은 AOAC 방법(1998)에 따라 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분 함량을 측정하였다. 수분은 시료 5 g을 사용하여 105~110℃의 건조법으로, 조단백질은 시료 1 g을 켈달법으로, 조지방은 시료 30 g으로 속시렛 추출법으로, 조회분은 시료 7 g을 칭량하여 550℃의 전기로에서 2시간 동안 회화시켰다.

가열 감량 및 전단력

가열 감량은 시료를 스테이크 모양으로 50 g 내외로 절단, 70℃ water bath에서 30분간 가열한 후, 가열 전·후의 중량차를 백분율(%)로 나타내었다.

전단력은 근섬유와 평행하게 시료를 직경 약 1.27cm로 자른 후 rheometer(Model No. CR-300. Sun Scientific Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. 이때 측정조건은 table speed 120 mm/min, chart speed 80 mm/sec, sample height 5 mm 그리

고 load cell 3 kg으로 측정하여(kg/cm²) 나타내었다.

보수성

잘 마쇄한 세절육 10 g을 원심분리관의 세공(fritted glass disk)이 있는 철판위에 채운 뒤 고무마개를 한 다음 70℃의 water bath에서 30분간 가열하고, 방냉하여 약 1,000 rpm으로 10분간 원심분리하여 원심분리관의 하부에 분리된 육즙량을 측정하고, 그 다음 총 수분 함량을 측정하여 다음 공식에 대입하여 보수력(%)을 구하였다.

$$\text{보수력(}\%) = \frac{\text{분리된 수분량(mL)} \times 0.951}{\text{시료의 총 수분함량(g)}} \times 100$$

※ 0.951= 70℃에서 분리된 육즙중의 순수한 수분함량

pH 및 육색

pH는 세절육 10 g에 증류수 90 mL를 가하고, homogenizer (NS-50, Japan)로 10,000 rpm에서 1분간 균질한 후 pH meter (Orion Research Inc. USA)로 측정하였다.

육색은 시료를 절단하여 공기중에 약 30분간 발색시킨 후 색차계(Color difference meter, Minolta CR-300. Japan)를 이용하여 Hunter값(L*=명도, a*=적색도, b*=황색도)으로 표시하였다. 이때 사용된 표준색판은 L*=96.18, a*=0.10, b*=1.90인 백색의 calibration plate를 이용하였고, 5회 반복하여 평균값을 나타내었다.

관능검사

관능검사는 잘 훈련된 검사요원 10명을 무작위로 차출한 후 다즙성, 연도, 향미와 관련지어 기호도를 6점 척도법으로 실시하였다(6=아주 좋다, 5=다소 좋다, 4=좋다, 3=보통이다, 2=싫다, 1=아주 싫다).

지방산

지방산 분석은 시료를 0.5 g 취한 후 Park과 Goins(1994)의 방법에 따라 methylation하였다. 시료에 methanol : benzene(4:1, v/v) 2 mL와 acetyl chloride 200 mL를 가한 후 100℃의 heating block에서 1시간 동안 가열하였다. 이를 실온에 충분히 방치한 다음 hexane 1 mL와 6% potassium carbonate 5 mL를 가하고 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상등액 0.5 mL를 취하여 Gas Chromatography(Shimadzu GA-17A)에 injection하였다. 이때의 분석조건은 column의 초기온도는 180℃에서 시작하여 1.5℃/min의 속도로 230℃까지 온도를 상승시켜 2분간 유지하였다. 이때 injector와 detector(FID)의 온도는 각각 240과 260℃로 하였고, 지방산은 표준품과 retention time을 비교하

였으며, 함량은 백분율(%)로 환산하였다.

통계분석

통계분석은 SAS program(1998)의 GLM(General Linear Model) Procedure를 통하여 분석하였고, 처리구간의 평균간 비교는 Duncan(1995)의 다중검정방법으로 5% 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

일반성분

등심 부위에서 채취한 쇠고기의 일반성분은 Table 1에서 보는 바와 같다. Table 2에서 쇠고기의 일반성분 중 수분은 66.47~69.69%, 단백질은 19.84~21.33%, 지방은 11.05~12.89% 이었다. 회분은 0.82~0.86%로서 처리구간에 거의 차이가 없었다. 따라서 거정석과 비타민 A의 급여는 쇠고기의 일반성분에는 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

pH, 가열감량, WHC 및 전단력

거정석과 비타민 A를 급여한 거세한우 등심 부위의 pH, 가열 감량, WHC(water holding capacity) 및 전단력을 측정 한 결과는 Table 2에 나타내었다.

pH는 모든 처리구에서 5.55~5.56으로 유의성이 없었고, 가열감량은 대조구가 24.67, T1이 19.62, 그리고 T2가 22.95%로서 T1과 T2보다 대조구에서 유의성 있게 높은 경향이었고 이와는 상반되게 보수성은 대조구가 54.49, T1은 53.56, T2가 56.38%로서 대조구보다는 T2에서 높은 결과를 나타내었다. Laakonen 등 (1970)은 고기의 pH, 성별, 축종, 연령, 근육부위 및 숙성기간에 따라 차이가 있다고 보고한 바 있으며, 고기는 숙성중에 단백질의 완충물질의 변화, 전해질 해리의 감소 및 암모니아 생성 등에 의해 pH가 상승한다고 하였다(Demyer and Vanderkhove, 1979). 또한 Palanska와 Nosal(1991)은 육의 pH와 가열감량의 관계를 설명하면서 pH가 높으면 가열감량이 적다는 보고와 본 시험과는 유사한 결과이었다. 가열감량은 단백질의 변성으로 나타나는데 근육의 가열온도와 시간이 중요한 요인이 되며, 보수성에도 상당히 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Winger and Fennema, 1976). 일반적으로 식육에 물리적인 힘 즉 절단, 분쇄, 압착, 동결, 해동 또는 가열시에 근육 단백질의 수분 유지 능력은 처리조건에 따라 달라진다. 그리고 식육의 보수성은 단백질의 등전점인 pH 5.0에 근접할수록 가장 낮은 값을 나타내는 것으로 알려져 있으며(Pearson et al., 1970), 식육의 단백질 구조 변화와 이온 강도 변화 등에 따라 보수성이 증가한다는 보고가 있다(Wu and Smith, 1987).

Table 1. Chemical composition of *M. longissimus* in Hanwoo steers
(unit : %)

Items	Moisture	Protein	Fat	Ash
Control	69.69±2.25	21.33±0.63	11.41±0.64	0.86±0.05
T1	66.47±2.04	19.84±0.48	12.89±0.02	0.84±0.05
T2	67.89±1.24	21.24±0.10	11.05±0.46	0.82±0.04

T1 : Supplemented with 2.0% pegmatite powder and 0.2% vitamin A.
T2 : Supplemented with 2.0% pegmatite powder.
Means ± S.D.

Table 2. pH, cooking loss, WHC, and shear force value of *M. longissimus* in Hanwoo steers

Items	pH	Cooking loss(%)	WHC(%)	Shear force value (kg)
Control	5.55±0.01	24.67±1.66 ^a	4.49±1.59 ^b	3.59±0.39
T1	5.56±0.01	19.62±1.12 ^b	3.56±1.21 ^b	4.30±0.48
T2	5.55±0.00	22.95±1.01 ^{ab}	56.38±1.51 ^a	4.23±0.15

T1 : Supplemented with 2.0% pegmatite powder and 0.2% vitamin A.
T2 : Supplemented with 2.0% pegmatite powder.
Means ± S.D.

^{a,b} : Means with the different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05).

관능검사

혼련된 검사원들에 의한 관능검사는 다즙성, 연도 및 향미에 대하여 각각의 요소를 1(매우 나쁘다) 부터 6(매우 좋다) 까지 6점 만점으로 점수를 부여하여 평가하였으며 그 결과는 Table 3과 같다.

다즙성, 연도 및 향미는 T1구가 각각 5.00, 4.60 및 4.90점으로 다른 처리구보다 더 높은 점수를 받아 통계적인 유의차를 나타내었고(p<0.05), 특히 다즙성이 뛰어난 것으로 판단되었다. 따라서 거정석 및 비타민 A 첨가는 쇠고기의 다즙성, 연도 및 향미를 향상시키는 결과이었다.

Table 3. Palatability traits of *M. longissimus* in Hanwoo steers

Items	Juiciness*	Tenderness*	Flavor*
Control	4.30±0.10 ^b	4.50±0.30 ^a	4.60±0.20 ^b
T1	5.00±0.20 ^a	4.60±0.40 ^a	4.90±0.10 ^a
T2	4.20±0.20 ^b	4.00±0.20 ^b	4.50±0.30 ^b

* : 1 : Very bad, 6 : Very good.

T1 : Supplemented with 2.0% pegmatite powder and 0.2% vitamin A.
T2 : Supplemented with 2.0% pegmatite powder.

Means ± S.D.

^{a,b} : Means with the different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05).

일반적으로 관능검사는 입안에서 느끼는 맛과 씹힘성, 코에서 느끼는 냄새를 종합적으로 평가하는 것으로 고기를 가열할 경우에 일어나는 반응에는 당의 분해, 단백질과 아미노산 및 지질의 분해 등이 단백질과 지질의 상호작용에 의해 발생할 수 있으며, 특히 육의 지방은 가열시 고기 특유의 풍미를 갖게 한다(Mottram and Edwards, 1983). 또한 다즙성은 처음 고기를 씹자마자 고기에서 나오는 육즙의 정도와 씹을 수록 천천히 나오는 육즙과 타액의 분비 정도를 말한다. 일반적으로 지방과 수분을 많이 보유하는 고기일수록 다즙성이 좋다고 하였다(Carlin and Harrison, 1978).

육 색

Table 4는 도축한 쇠고기의 육색을 조사한 것으로서 명도를 나타내는 L값은 37.93 ~38.35 이었고, 적색도를 나타내는 a값은 21.76~22.04이었으며, 황색도를 나타내는 b값은 9.13~9.89로서 처리구간에 거의 차이가 없었다.

육색은 육색소인 myoglobin이 육색소내의 산소 유무에 크게 영향을 받고, 육조작내 효소 활동, 저장 온도, 미생물 오염도 및 pH 등에 따라 다르다. 특히 육색소와 산소와의 반응 정도와 효소 활동이 육색 변화에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있고 (Lawrie, 1985), 또한 육색은 사료에도 영향을 받는다고 보고하였다(Dugan et al., 1999). 그러나 본 실험의 경우 거정석과 비타민 A의 급여는 육색에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

지방산 조성

처리구별 등심 부위의 지방산 비율은 Table 5에서 보는 바와 같이 myristic acid는 대조구가 4.05%이었고, palmitoleic acid는 T2구가 26.40%이며, linoleic acid는 2.83%로서 다른 처리구보다 크게 높은 경향이었지만 통계적인 차이는 없었다.

고기의 기호도나 맛에 영향을 주는 palmitic acid는 대조구(30.53%)가 T1구(28.62%)와 T2구(26.40%)보다 더 높았고 (p<0.05), oleic acid는 T1구(48.34%)와 T2구(50.80%)가 대조구(44.76%)보다 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05). Stearic acid는 대조구(14.41%)가 T1구(12.92%)와 T2구(12.57%) 보

다 높았다. 그 외에 다른 지방산은 처리구에 따른 뚜렷한 차이가 없었다(p<0.05).

지방산 조성의 ω3 계열과 ω6 계열은 0.04~0.10%(평균 0.07%) 및 1.67~3.44% (평균 2.56%) 범위로서 대조구가 처리구보다 다소 높은 경향이였다.

전체 포화지방산(saturated fatty acid, SFA)은 41.44~44.92% 범위로서 T2구가 다른 처리구보다 낮은 경향을 보였고, 불포화지방산은 T2구가 58.57%로서 대조구와 T1구보다 크게 높아 유의차가 인정되었다(p<0.05).

그리고 PUFA/SFA 비율은 0.04~0.06%로서, MUFA/SFA 비율은 0.20~1.37%로서 처리구간에 차이가 없었으나, MUFA(monosaturated fatty acid)는 T2구(56.75%)가 대조구와 T1구(53.04~52.29%)보다 더 높게 나타났고, PUFA(poly-saturated fatty acid)는 대조구와 T1구가 T2구보다 더 높은 경향이였다.

등심 부위의 지방산 조성은 사료 급여 형태(Rumsey et al., 1972 ; Skelly et al., 1973; Sumida et al., 1972)에 따라 달라진다고 하였는 바, 본 실험의 결과는 24개월령 거세한우의 지방산 조성은 oleic acid가 각각 42.4% 49.5%라고 한 농림부 등(1998)보고와 미국 화우교잡종의 피하지방 조끼내 myristic acid가 1.23%, palmitic acid가 26.78%, stearic acid가 14.36%, linoleic acid가 2.59%이었으며, MUFA/SFA 비율이 1.22였다는 보고와 유사하였다. 또한 거세한우 24개월령의 등심 부위의 MUFA /SFA 및 PUFA /SFA의 비율은 자유채식시 각 0.95와 0.06이었고 제한급여시 각 1.22 및 0.03이었다고 보고한 농림부 등(1998)의 보고와 비교해 볼 때, 본 실험에서도 각각 1.26 및 0.05인 것으로 미루어 보아 포화지방산과 불포화지방산은 비슷한 결과를 나타내었다. 그 밖에 Sturdivant 등(1992)은 30개월령의 흑모화우의 피하지방 조끼내 MUFA /SFA 비율이 2.18~2.57보다는 낮은 결과를 보인 것은 시험 사육 기간의 차이에 기인한 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 거세한우 24두를 대상으로 점토 광물질(대조구-일반사료 ; T1구-거정석 2%+비타민 A 0.2% 첨가 ; T2구-거정석 2%) 3개 처리구를 두고 생후 13개월 부터 26개월까지 비육시험한 후 등심부위 근육을 분석하였다. 등심부위의 가열 감량은 대조구가, 보수성은 T2구(56.38)가 다른 처리구보다 크게 높았다(p<0.05). 관능검사의 결과 다즙성, 연도 및 향미는 T1구(4.6~5.0)가 다른 처리구(4.2~4.5)보다 통계적인 유의성이 인정되었으며(p<0.05), 육색은 처리구 사이에 특별한 변화가 없었다. 지방산조성에서 oleic acid는 T2구가 50.80%로 가장 높았고, palmitic acid와 stearic acid는 대조구

Table 4. Effect of dietary supplements on the objective meat color in *M. longissimus* of Hanwoo steers

Items	L*	a*	b*
Control	38.35±0.58	22.04±0.49	9.81±0.63
T1	38.01±0.34	21.76±0.85	9.13±0.52
T2	37.93±0.20	21.99±0.36	9.89±0.45

T1 : Supplemented with 2.0% pegmatite powder and 0.2% vitamin A.
 T2 : Supplemented with 2.0% pegmatite powder.
 Means ± S.D.

Table 5. Effect of the dietary supplements in the fatty acid component in *M. longissimus* of Hanwoo steers (unit:%)

Items	Control	T1	T2
C14:0 (Myristic acid)	4.05±0.39	3.38±0.19	2.48±0.61
C16:0 (Palmitic acid)	30.53±0.60 ^a	28.62±0.95 ^{ab}	26.40±0.88 ^c
C16:1 n-7(Palmitoleic acid)	2.26±0.26 ^b	3.44±0.47 ^{ab}	3.76±0.49 ^a
C18:0 (Stearic acid)	14.41±0.66 ^a	12.92±0.47 ^b	12.57±0.47 ^b
C18:1 n-9(Oleic acid)	44.76±0.20 ^b	48.34±2.08 ^{ab}	50.80±3.34 ^a
C18:1 n-7(Vaccenic acid)	0.19±0.03	0.08±0.08	1.72±0.55
C18:2 n-6(Linoleic acid)	2.83±0.50 ^a	2.42±0.44 ^{ab}	1.03±0.88 ^b
C18:3 n-6(γ -Linoleic acid)	0.07±0.01	-	0.09±0.01
C18:3 n-3(Linolenic acid)	0.04±0.03	0.04±0.02	0.08±0.02
C20:1 n-9(Eicosenoic acid)	0.25±0.20	0.43±0.00	0.47±0.04
C20:2 n-6(Eicosadienoic acid)	-	-	0.03±0.01
C20:3 n-6(Eicosatrienoic acid)	0.07±0.07	0.16±0.02	0.18±0.01
C20:4 n-6(Arachidonic acid)	0.47±0.16	0.20±0.02	0.34±0.02
C20:5n-3(EPA)(Eicosapentaenoic acid)	0.06±0.01	-	-
C22:4 n-6(Docosatetraenoic acid)	0.04±0.01	-	0.10±0.02
Total	100.00	100.00	100.00
ω 3	0.10	0.04	0.08
ω 6	3.44	2.78	1.67
SFA ¹⁾	44.37±4.30	44.92±1.81	41.44±2.04
UFA ²⁾	55.64±4.30 ^b	55.09±1.81 ^b	58.57±2.04 ^a
PUFA/SFA ratio	0.06	0.06	0.04
MUFA/SFA ratio	0.20	1.16	1.37
MUFA ³⁾	53.04±4.56 ^b	52.29±2.32 ^b	56.75±1.34 ^a
PUFA ⁴⁾	2.60±0.26 ^{ab}	2.80±0.51 ^a	1.83±0.70 ^b

T1 : Supplemented with 2.0% pegmatite powder and 0.2% vitamin A.

T2 : Supplemented with 2.0% pegmatite powder.

Means \pm S.D.

^{a-b} : Means with the different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ Saturated fatty acids (C12:0+C14:0+C16:0+C18:0+C20:0).

²⁾ Unsaturated fatty acids.

³⁾ Mono-Unsaturated fatty acids (C16:1+C18:1+C20:1).

⁴⁾ Poly-Unsaturated fatty acids (C18:2+C18:3+C20:2+C20:3+C20:4+C22:6).

가, 불포화지방산은 T2구(58.57%)가 다른 처리구보다 크게 높아 통계적인 유의차가 있었다($p < 0.05$).

감사의 글

본 연구는 문경시의 연구비 지원으로 수행한 것이며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. AOAC (1998) Official Methods at Analysis. 16th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
2. Britton, R. A., Colling, D. P., and Klopfenstein, T. J. (1979) Effect of complexing sodium bentonite with soybean meal or urea *in vitro* ruminal ammonia release and nitrogen utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.* **46**, 1738-1745.
3. Carlin, A. F. and Harrison, D. L. (1978) Cooking and sensory methods used in experimental studies on meat. *Natl. Livestock and Meat Board*, Chicago, Illinois.
4. Cho, W. M., Jeong, H. Y., Moon, S. W., Kang, J. K.,

- Kim, Y. K., and Lee, I. D. (2000) Effects of supplementation of reddish clay on the growth performance and immunity in Holstein calves. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)* **42**, 881-890.
5. Demyer, D. I. and Vanderkhove, P. (1979) Compounds determining pH in dry sausage. *Meat Sci.* **3**, 161-165.
6. Dembinski, Z., Kosicki, B., Dembinska, S. M., Szczecniak, L., and Wieckowski, W. (1985) Influence of home-made bentonite on acid-base balance in dairy cattle in peripartum period. *Medycyna Wetery Naryjna (Poland)* **41**, 311-318.
7. Duncan, Davide B. (1995) Multiple range and multiple F test. *Biometrics*, **11**, 1-6.
8. Dugan, M. E. R., Aalhus, J. L., Jeremiah, L. E., Kramer, J. K. G., and Schaefer, A. A. (1999) The effect of feeding conjugated linoleic acid on subsequent pork quality. *Can. J. Anim. Sci.* **79**, 45-51.
9. Erwin, E. S., Elam, C. J., and Dyer, I. A. (1954) The influence of sodium bentonite *in vitro* and in the ration of steers. *J. Anim. Sci.* **16**, 858.
10. Laakonen, E., Wellington, G. H., and Skerbon, J. W. (1970) Low temperature long-time heating of bovine muscle. I. In tenderness, water binding capacity, pH and amount of water soluble component. *J. Food Sci.* **35**, 135-141.
11. Lawrie, R. (1985) Development in meat science : Packaging Fresh Meat (A. A. Taylor(Eds). Elsevier Applied Science Publishers. pp. 89-95.
12. Mottram, D. S. and Edwards, D. S. (1983) The role of triglycerides and phospholipids in the aroma of cooked beef. *J. Sci. Food Agri.* **34**, 517-523.
13. Park, P. W. and Goins, R. E. (1994) *In situ* preparation of fatty acid methyl steers for analysis of fatty acid composition in filds. *J. Food. Sci.* **72** (supple. 2). 5.
14. Palanska, O. and Nosal, V. (1991) Meat quality of bulls and heifers of commercial cross breeds of the improved Slovak Spotted cattle with the Limousine breed. *Vedecke Prace Vyskumneho Ustaru Zivocisnej Vyroby Nitre (CSFR)*. **24**, 59-66.
15. Pearson, M. D., Collins-Thompson, D. L., and Ordal, Z. L. (1970) Microbiological sensory and pigment changes of aerobically and an aerobically packaged beef. *J. Food Technol.*, **24**, 1171-1180.
16. Rumsey, T. S., Oltjen, R. R., Bovard, K. P., and Priode, B. M. (1972) Influence of widely diverse finishing regimens and breeding on depot fat composition in beef cattle. *J. Anim. Sci.* **35**, 1069-1075.
17. SAS (1998) SAS/STAT Software for PC. SAS Institute Inc., Cary, NC.
18. Schulty, L. H. (1971) Effects of added bentonite in ruminants. *Anim. Nutr. and Health*, August.
19. Skelley, G. C., Stanford, W. C., and Edwares, R. L. (1973) Bovine fat composition and its relation tod animal diet and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* **36**, 573-580.
20. Sturdivant, C. A., Lunt, D. K., Smith, G. C., and Smith, S. B. (1992) Fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular adipose tissues and *M. longissimus dorsi* of Wagyu cattle. *Meat Sci.* **32**, 449-454.
21. Sumida, D. M., Vogt, D. W., Cobb, E. H., Iwanaga, I. I., and Reimer, D. (1972) Effect of breed type and feeding regime on fatty acid composition of certain bovine tissues. *J. Anim. Sci.* **35**, 1058-1063.
22. Watanabe, S., Yanaka, Y., and Juroda, A. (1971) Report on the experimental use of zeolite-tuff as dietary supplement for cattle. Rep. Okayama Prefecture Feeder. *Agr. Coop. Ass. Apr.* pp. 18-22.
23. Winger, R. T. and Fennema, O. (1976) Tenderness and water holding properties of beef muscle as influenced by freezing and subsequent storage at -3°C or 15°C . *J. Food Sci.* **41**, 1433-1442.
24. Wu, F. Y. and Smith, S. B. (1987) Ionic strength and myofibrillar protein solubilization. *J. Anim. Sci.* **165**, 597-605.
25. 近藤淵, 勝城清司, 鈴木文夫, 多賀貞二, 林長英男, 和賀井文作, 近藤登之助 (1969) ビオライト 添加飼料が 子牛におよぼす 影響. 畜産の研究. **23**, 987-995.
26. 농림부 (1998) 농촌진흥청 축산기술연구소. 축산업협동 조합중앙회. 한우 고급육 생산 기술개발 보고서 pp. 181.
27. 대한광업진흥공사 (1988) 한국의 광상. 제 11호. 비금속 편.
28. 백종희 (1999) 점토광물의 사료화 및 용도별 경제성 평가. 한국축산경영학회지 **15**, 392-400.