

한우육의 등급 및 저장기간에 따른 육질특성

이 의 수

(건국대학교 축산가공학과)

한우육의 등급 및 저장기간에 따른 육질특성

이 의 수

(건국대학교 축산가공과)

I. 서 론

쇠고기 수입에 대한 한우산업의 대응방안은 생산비의 절감을 통한 가격경쟁력 향상과 품질의 고급화를 통한 품질경쟁력 제고로 요약된다. 특히 품질 경쟁력을 제고시키기 위해서는 지속적인 육종개량, 사양기술의 개발 및 보급, 그리고 경영합리화 방안 등을 통한 고급육 생산이 필수적이라 하겠다.

쇠고기의 육질은 품종에 따라 크게 차이가 날 뿐만 아니라 동일 품종에서도 성별, 거세유무, 비육기간 및 사료종류 등의 여러 가지 요인에 의해 달라질 수 있으며 동일 도체내에서도 부위에 따라 근육형태와 지방분포 상태가 다르고 이에 따른 육질도 현저히 차이가 난다(Berg와 Butterfield, 1976). 우육의 기호성은 풍미, 맛 및 조직감이 상호 작용하여 결정되며, 특히 우육에 함유되어 있는 지방함량 및 지방산 조성이 식육의 맛과 풍미에 많은 영향을 미친다(Hornstein 등, 1961; Lunt와 Smith, 1991; Thrall과 Cramer, 1971; Waldam 등, 1968). 한우는 일반적으로 홀스타인과 수입 쇠고기에 비하여 맛이 우수한 것으로 인식되고 있으며, 맛에 관여하는 지방산인 올레산과 포화지방산에 대한 단일불포화지방산(MUFA/SFA)의 비율이 높을 뿐만 아니라 글루탐산, 메치오닌, 시스틴 같은 고기맛 관련 아미노산의 함량이 높은 것으로 보고 되었다(유 등, 1993). 일반적으로 한우육은 가격이 수입육에 비하여 높기 때문에 생산비 면에서 경쟁력이 떨어질 뿐만 아니라, 수입육과 가격차이가 크므로 소비자에 대한 육질의 차등인식 없이는 경쟁이 어려울 것이다. 따라서 한우육의 고품질화 노력이 지속적으로 연구됨과 동시에 한우육의 우수성을 밝힘으로서 경쟁력을 갖출 수 있도록 해야 할 것이다. 지금까지 국내 소도체 등급판정제도와 관련하여 한우육의 등급 및 근내지방도에 따른 육질 비교에 대한 많은 연구가 수행되어 오고 있다(강 등, 1999; 김 등, 2002; 문 등, 1999; 문 등 2001; 박 등 2000; 이 등 1999; 한 등, 1996). 특히, 본 연구는 육질등급에 따른 한우육의 육질특성을 비교하고 냉장저장 조건하에서 육질 및 관능적 특성의 변화를 조사하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료

시료로 사용한 한우육은 평택소재 도축장에서 도축된 한우 암소 36두로서 도축 24시간 후 등심부위(M. longissimus dorsi, LD)를 해체하여 지방과 건을 제거하고 2 cm 두께의 일정한 크기로 정형한 후 polyethylene 포장지에 넣어 진공포장한 후 2℃ 냉장실에서 도축 후 14일간 저장하면서 공시재료로 사용하였다.

2. 등급판정

소도체 등급은 도축 24시간 후 심부온도가 5℃이하로 예냉된 도체의 좌반도체(左半屠體)를 최후흉추와 제1요추 사이를 척추골과 직각 되게 절개하여 배최장근 단면적, 등지방두께 및 근내지방도, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도 등을 조사하여 육질 및 육량등급을 판정하였다.

3. 실험방법

1) 일반성분 분석

일반성분 분석은 AOAC법(1995)에 따라 조단백질함량은 Kjeldahl법, 조지방 함량은 Soxhlet법, 수분 함량은 105℃ 상압건조법으로 측정하였으며, 조회분 함량은 550℃에서 직접회화법으로 분석하였다.

2) 육색 측정

육색은 시료의 표면을 Colorimeter(Chroma meter, CR210, Minolta, Japan)을 사용하여 명도(lightness)를 나타내는 L-값, 적색도(redness)를 나타내는 a-값과 황색도(yellowness)를 나타내는 b-값을 측정하였으며 이 때의 표준색은 L-값이 97.69, a-값이 -0.43, b-값이 +1.98인 calibration plate를 사용하였다.

3) pH 측정

pH는 시료 5 g을 취하여 증류수 20 mL과 혼합하여 Ultra Turrax (Janke & Kunkel, T25, Germany)를 사용하여 8,000 rpm에서 1분간 균질한 후 유리전극 pH meter(Eettele toledo, 340, UK)로 측정하였다.

4) 드립감량 측정

시료를 타원형의 일정한 모양(중량: 100±5 g)으로 정형한 후 진공포장하여 2℃ 냉장고에서 14일간 보관하면서 발생된 드립감량을 측정하였다. 드립감량은 원료육 중량에 대한 감량으로서 산출하였다.

5) 가열감량 측정

시료를 원형의 일정한 모양(중량 80±5 g)으로 절단하여 polyethylene 포장지에 넣어 75℃ water bath(Dea Han Co, Model 10-101, Korea)에서 30분간 가열하고 상온에서 30분간 방냉한 후 가열감량을 측정하였다.

6) 단백질 추출성 측정

수용성·염용성 단백질 추출성은 Saffle과 Galbreath(1964)의 방법에 따라 수용성 단백질과 염용성

단백질을 추출한 후 Cooper(1977)의 방법을 이용하여 정량하였으며, 추출된 단백질의 양은 mg/g으로 나타내었다.

7) 근질길이 측정

근질길이는 시료 약 300 mg을 2% glutardialdehyde 용액으로 30분간 고정시킨 후 Helium-Neon-Laser(Spectra-physics, Model No 212-2, USA)를 이용하여 Voyle(1971)의 방법에 의하여 측정하였다.

8) 보수력 측정

보수력은 도축 24시간 후에 측정하였으며 Grau와 Hamm(1953)의 Filter paper press법을 응용하여 특수 제작된 plexiglass plate의 중앙에 여과지(Whatman No.2)를 놓고 시료 300 mg을 취하여 그 위에 놓은 다음 plexiglass plate 1개를 그 위에 포개 놓은 후 일정한 압력으로 2분간 압착 시켰다. 여과지를 꺼내어 고기육편이 묻어 있던 부위의 면적과 수분이 젖어 있던 부위의 총면적을 planimeter(Type KP-21, Japan)를 이용하여 측정하였다.

9) 콜라겐 함량 측정

Kolar(1990)의 방법에 의하여 hydroxyproline 함량을 분석하였다. 시료 4 g을 Erlenmyer flask(E. flask)에 넣고 30 mL의 7 N H₂SO₄을 첨가하여 건조기에서 105±1℃로 16시간 가수분해시킨 후 500 mL의 Volumetric flask(V. flask)에 넣고 증류수로 희석한 다음 100 mL의 E. flask에 가수분해물 일부를 여과시켰다. 여과된 용액중 10 mL을 취해 100 mL V. flask에서 희석하였다. 최종 희석액 2 mL을 10 mL 시험관에 넣고 산화용액 1 mL을 넣고 혼합한 후 실온에서 20±2분간 방치시키고 다시 시험관에 1 mL의 발색제를 넣고 혼합한 후 마개를 덮었다. 60±2℃의 항온수조에서 정확히 15분간 가열한 후 흐르는 물에서 3분간 냉각하였다. 얻어진 용액을 분광분석기를 사용하여 558 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였으며, 측정된 흡광도는 미리 작성한 표준곡선에 넣어서 hydroxyproline 함량을 계산하였다. Collagen내의 hydroxyproline 함량은 약 12.5%이므로 얻어진 hydroxyproline 함량을 8배하여 collagen 함량을 구하였다.

10) 전단력 측정

시료를 약 2 cm 두께로 절단하여 polyethylene bag에 넣어 75℃에서 30분간 가열하고 실온에서 30분간 냉각 후 근섬유와 평행하게 시료채취기(직경 11 mm)로 취하여 Instron(Model 1011, Testing System)으로 측정하였다. 이 때의 cross head speed는 200 mm/min이고 chart speed는 20×10 mm/min 이었다.

11) 근원섬유 소편화도 측정

근원섬유 소편화도는 Olson 등(1976)의 방법에 따라 측정하였다. 4 g의 시료를 균질기에 넣고 2℃의 냉각된 분리액(100 mM KCl, 20 mM K-phosphate pH 7.0, 1 mM NaN₃) 40 mL을 첨가하여 균질기에서 10,000 rpm으로 30초간 균질한 다음 1,000×g에서 10분간 원심분리하고 잔사에 5 v/w의 분리액으로 다

시 현탁시켜 1,000×g에서 10분간 원심분리 하였다. 같은 조작을 반복한 후 5 v/w의 분리액으로 현탁하여 18 mesh 눈금의 채로 여과하여 결체조직 등을 제거한 다음 원심분리 하였다. 원심분리를 3회 반복하고 분리액에 현탁시켜 단백질 농도를 biuret method(Cooper, 1977)에 의하여 측정하였다. 이렇게 얻어진 근원섬유 추출물을 0.5±0.05 mg/mL의 농도가 되게 분리액으로 희석한 다음, UV spectrophotometer를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였으며 200을 곱하여 MFI로 하였다.

12) 지방산패도(TBA) 측정

TBA 가는 Salih 등(1987)의 추출법을 약간 수정하여 실시하였다. 시료 2 g을 3.86% perchloric acid 용액 18 mL과 butylated hydroxy anisol(BHA) 용액 0.5 mL을 넣고 균질화 시킨후 증류수 10 mL을 첨가하여 Whatman No. 1 여과지로 여과한 후 그 여액의 5 mL을 취하여 20 mM TBA시약 5 mL과 혼합하여 100°C 끓는 물에서 35분간 가열한 후 냉각하여 531 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 kg당 malonaldehyde의 mg수로 나타내었다.

13) 휘발성 염기태 질소(VBN) 함량 측정

VBN 함량은 高坂(1975)법에 의하여 시료 10 g에 7% trichloroacetic acid 용액 90 mL을 넣고 균질화시켜 그 여액 1 mL을 취하여 conway unit에 넣어 휘발되는 염기태질소의 양을 0.01 N HCl 용액으로 산·알칼리 반응에 의하여 적정하였다.

14) 관능평가

관능검사의 경험이 있는 8명의 관능평가 요원을 구성하여 가열 조리된 시료의 풍미, 연도, 다즙성 및 전체적인 기호도에 대하여 각각 9점 만점으로 평점하고 그 평균치를 구하여 비교하였다.

15) 통계처리

본 실험의 결과는 SAS package program(1996)의 ANOVA과정으로 통계처리를 실시하였으며, Duncan's multiple range test로 유의성 검정을 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 육질등급에 따른 육량 및 육질특성

Table 1은 도축 24시간 후 육류 등급 판정사에 의하여 판정된 도체의 특성을 육질등급에 따라 나타낸 것이다. 등지방두께는 1등급 도체가 7.83±2.04 mm로 가장 두꺼운 것으로 나타났으나 등급간에 유의적인 차이는 없었다($p>0.05$). 배최장근 단면적은 등급간에 유의적인 차이가 없었으며, 도체중은 2등급육은 3등급육에 비하여 도체중이 많이 나갔으나, 1등급과 2등급 사이에, 1등급과 3등급 사이에는 유의적인 차이가 없었다($p>0.05$).

도체중량, 등지방두께, 배최장근 단면적을 이용하여 산출한 육량등급도 등급간에 유의적인 차이는

없었다($p>0.05$). 또한 육질등급을 판정하는 기준이 되는 근내지방도는 1등급 도체가 4.87 ± 0.58 로 가장 높았으며, 2등급육과 3등급육은 각각 3.00 ± 0.72 와 1.43 ± 0.21 로 나타났다.

Table 1. Quality and yield grade traits for carcasses with different quality grades

| Traits | Quality grade | | | | | |
|----------------------------------|----------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| | Grade 1 (N=8) | | Grade 2 (N=14) | | Grade 3 (N=14) | |
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD |
| Backfat thickness(mm) | 7.83 | 2.04 | 6.33 | 1.51 | 6.93 | 2.14 |
| Loin-eye area (cm ²) | 70.83 | 4.26 | 70.33 | 5.61 | 67.67 | 3.01 |
| Carcass weight (kg) | 274.67 ^{ab} | 24.24 | 298.67 ^a | 23.72 | 266.17 ^b | 17.77 |
| Yield grade ¹⁾ | 1.50 | 0.55 | 1.33 | 0.52 | 1.50 | 0.55 |
| Marbling score ²⁾ | 4.87 ^a | 0.58 | 3.00 ^b | 0.72 | 1.43 ^c | 0.21 |
| Meat color ³⁾ | 4.33 | 0.52 | 5.00 | 0.63 | 4.83 | 0.41 |
| Fat color ⁴⁾ | 2.17 | 0.41 | 2.33 | 0.52 | 2.67 | 0.52 |
| Firmness ⁵⁾ | 1.70 ^b | 0.44 | 2.00 ^{ab} | 0.32 | 2.15 ^a | 0.16 |
| Maturity ⁶⁾ | 2.15 | 0.25 | 2.17 | 0.34 | 2.00 | 0.19 |

¹⁾ Yield grade : 1=A, 2=B, 3=C.

²⁾ Marbling score : 7=very abundant, 1=devoid.

³⁾ Meat color: 1=bright red, 7=dark red.

⁴⁾ Fat color : 1=creamy white, 7=yellowish.

⁵⁾ Firmness : 1=firm, 3=soft.

⁶⁾ Maturity : 1=youthful, 3=mature.

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

본 실험에 사용된 도체의 육색은 기준육색 4~5의 범위에 속하는 것으로 모두 정상적인 육색을 나타냈으며 육질 등급간에 차이가 없었다($p>0.05$). 지방색은 1등급 도체가 2.17 ± 0.41 , 2등급 도체가 2.33 ± 0.52 를 나타냈으며, 3등급 도체는 2.67 ± 0.52 를 나타냈으나 모든 등급간에 유의적인 차이는 없었다($p>0.05$). 조직감은 1등급육이 1.70 ± 0.44 로 2, 3등급에 비하여 조직이 견고한 것으로 나타났으며, 3등급육이 2.15 ± 0.16 로 상대적으로 조직이 약한 것으로 나타났다($p<0.05$). 성숙도는 1등급과 2등급이 각각 2.15 ± 0.25 와 2.17 ± 0.34 로 나타났으며, 3등급은 2.00 ± 0.19 로 1, 2등급에 비하여 성숙도가 낮게 나타났으나 유의차는 없었다.

2. 등급 및 저장기간에 따른 한우육의 이화학적 특성

1) 일반성분

육질등급에 따른 한우 등심육의 일반성분은 Table 2와 같다. 수분함량은 1등급육이 $67.75\pm 1.63\%$ 로 가장 적었으며, 3등급이 $70.93\pm 1.41\%$ 로 수분함량이 가장 많은 것으로 나타났다($p<0.05$).

단백질 함량과 조지방 함량은 등급간에는 유의적인 차이가 없었다($p>0.05$). 지방함량은 1등급육이 $9.87\pm 2.23\%$ 로 가장 높았으며, 2등급은 $7.67\pm 1.27\%$ 를 나타냈고, 3등급은 $6.13\pm 1.74\%$ 를 나타내 1등급육과 3등급육 사이에 유의적인 차이가 인정되었다($p<0.05$). 이는 수분함량과 조지방 함량간에 서로

Table 2. Proximate composition of LD muscles from different carcass grades

(unit : %)

| Traits | Quality grade | | | | | |
|------------------|--------------------|------|---------------------|------|--------------------|------|
| | Grade 1 (N=8) | | Grade 2 (N=14) | | Grade 3 (N=14) | |
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD |
| Moisture(%) | 67.75 ^b | 1.63 | 69.42 ^{ab} | 1.50 | 70.93 ^a | 1.41 |
| Crude Protein(%) | 19.77 | 0.92 | 20.63 | 0.86 | 20.62 | 2.11 |
| Crude Fat(%) | 9.87 ^a | 2.23 | 7.67 ^{ab} | 1.27 | 6.13 ^b | 1.74 |
| Crude Ash(%) | 1.67 | 0.52 | 1.63 | 0.83 | 1.58 | 0.94 |

^{ab} Means in the same row with different letters are significantly different($p < 0.05$).

역의 관계가 있음을 나타내어 다른 여러 연구자들의 결과와 일치하는 경향이었다(Jacobs 등, 1977; Landon 등, 1978; 김 등, 1996).

2) 육색의 변화

소비자가 식육을 구매할 때 선택기준으로 중요시하는 부분인 육색은 정상육의 경우 신선할 때 거의 적색을 나타내며, 시간의 경과와 함께 선도가 떨어지고 점점 갈색을 나타내게 되어 식육을 저하시키는 결과를 가져온다.

Table 3. Changes in CIE L, a and b-value of loin muscles from Hanwoo beef according to quality grade during storage at 2 °C

| Traits | Quality grade | | | | | |
|----------------------|-----------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|
| | Grade 1 (N=8) | | Grade 2 (N=14) | | Grade 3 (N=14) | |
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD |
| Lightness(L) | | | | | | |
| D+1 | 39.58 ^y | 1.29 | 39.68 ^y | 0.54 | 38.46 ^y | 0.65 |
| D+7 | 41.49 ^{ax} | 1.82 | 41.53 ^{ax} | 0.91 | 40.01 ^{bx} | 1.21 |
| D+14 | 41.24 ^{ab,x} | 1.43 | 41.66 ^{ax} | 0.36 | 40.06 ^{bx} | 0.87 |
| Redness(a) | | | | | | |
| D+1 | 15.76 ^{aby} | 0.97 | 16.54 ^{ay} | 1.13 | 14.51 ^{by} | 0.83 |
| D+7 | 17.50 ^{ab,x} | 0.77 | 18.14 ^{ax} | 0.68 | 16.75 ^{bx} | 1.08 |
| D+14 | 17.62 ^x | 0.86 | 18.10 ^x | 1.45 | 17.14 ^x | 0.95 |
| Yellowness(b) | | | | | | |
| D+1 | 3.07 ^y | 0.53 | 3.30 ^y | 0.61 | 2.73 ^y | 0.69 |
| D+7 | 4.29 ^{bx} | 0.35 | 4.79 ^{ax} | 0.39 | 4.02 ^{bx} | 0.21 |
| D+14 | 4.46 ^x | 0.46 | 4.72 ^x | 0.63 | 4.33 ^x | 0.37 |

^{ab} Means in the same row with different letters are significantly different($p < 0.05$).

^{xy} Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

식육에 대한 소비자들의 실태조사 결과에 의하면 김 등(1994)은 소비자의 53.4%가 쇠고기를 구입할 때 육색이 매우 중요하다고 하였으며, 정(1993)은 소비자의 70.6%가 육색과 광택으로 신선도를 판단한다고 하여 소비자들의 육색에 관한 관심을 알 수 있다. 따라서 육색은 소비자들의 기호성에 많은 영향을 미치는 요인이 되며, 또한 식육의 품질을 결정하는 중요한 척도가 된다. 육색측정은 육질을 측정하는데 있어 보편적으로 이용되고 있으며, 도체의 광학적 특성을 이용한 육색측정은 도체에 손상을 주지 않고 신속히 측정할 수 있어 매우 유용하다.

Table 3은 육질등급 및 저장기간에 따른 육색변화를 나타낸 것이다. 색상색차계에 의하여 측정된 육색에 있어서 초기 L-값은 등급에 따른 차이가 없었으며, 7일과 14일 저장 후에는 3등급육이 1, 2등급육에 비하여 다소 낮은 L-값을 나타내었다. 또한 모든 등급에서 저장기간이 경과함에 따라 L-값이 다소 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 이러한 결과는 성 등(1998)과 Boakye와 Mittal(1996)의 숙성 중 L-값이 점진적으로 증가한다는 결과와 같은 경향이었다.

a-값은 저장기간 동안 2등급육이 1, 3등급육에 비하여 다소 높은 값을 나타냈으며, 모든 등급에서 저장 당일에 비하여 저장 7일, 14일 후에 a-값이 다소 증가하는 경향을 나타냈다($p < 0.05$). b-값은 a-값과 마찬가지로 2등급육이 1, 3등급육에 비하여 다소 높게 나타났으나 등급에 따른 유의적인 차이는 없었으며, 냉장 저장 기간이 경과함에 따라서 b-값은 모든 육질등급에서 서서히 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 성 등(1998)이 쇠고기 등심근육을 15일간 숙성하는 동안 a-값과 b-값이 경시적으로 증가한다는 결과와 Boakye와 Mittal (1996)이 쇠고기 등심육이 숙성 중 12일까지 a-값과 b-값이 완만하게 증가하고 16일째 급증한다는 결과와 유사하였다.

3) pH의 변화

식육의 pH는 보수력 및 연도 등의 품질 변화와 밀접한 관계가 있어 식육의 품질을 판정하는 가장 기본이 된다. 본 실험에서는 등급에 따른 한우육의 등심부위를 진공포장하여 냉장저장하면서 pH 변화를 비교하였다(Table 4).

본 실험의 결과, 도축 24시간 후의 pH는 등급간에 차이가 없었으며, 저장기간 경과함에 따라 모든 등급에서 pH가 다소 낮아지는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다($p > 0.05$). 이러한 pH의 변화는 한 등(1996)과 김 등(1996)이 한우육의 숙성기간에 따른 등급별 pH의 차이가 없었다고 한 결과와 유사하였다. Weakley 등(1986)은 진공포장시 28일까지 저장중에 시간에 따른 pH 값의 유의차가 없는 것으로 보고하였다. 또한 이와 이(1998)는 도축 후 24시간 냉장 후 포장되는 시점에서는 대사산물인 유산균의 축적으로 pH 5.4~5.7의 범위를 나타냈으며, 저장기간이 경과되어 유산균이 증식되면 pH가 약간 하강하는 경향을 나타내다가 저장 말기로 가면 단백질의 분해로 인하여 다시 pH가 상승하는 경향을 나타냈다고 하였다. 본 실험에서도 진공포장 결과로 유산균의 증식이 증가하였을 것으로 판단되며, 이에 따라 저장기간이 경과하면서 pH가 다소 낮아진 것으로 사료된다.

4) 드립감량의 변화

육의 pH가 높으면 드립발생이 적으며, pH가 낮으면 육단백질의 등전점에 가까워 단백질의 변성이

쉽게 일어나고 보수력이 감소하기 때문에 드립의 발생이 높다(Honikel, 1987). 드립발생은 근질의 수축에 의한 근육 미세구조의 변화에 의한 것으로 근육, 근질의 수축과 드립발생은 관련성이 높아 근원 섬유가 수축될수록 근섬유 내부 공간이 좁아지면서 내부에 존재하는 수분이 외부로 이동되고, 이러한 수분들은 쉽게 드립의 형태로 손실되며, 사후 육의 pH가 감소되어 보수력이 감소하게 된다. 일반적으로 육질이 우수한 육의 경우 일반육에 비하여 드립감량이 상대적으로 적다. 본 실험에서는 도축 후 2℃에서 14일간 저장하는 동안에 발생한 드립감량을 측정하였으며, 그 결과를 살펴보면 7일 후 측정된 드립감량은 1등급육이 3등급육에 비하여 유의적으로 낮은 감량을 보였으며($p<0.05$), 저장 14일 후 측정된 드립감량은 1등급육이 2, 3등급육에 비하여 다소 드립감량이 적은 것으로 나타났으나 유의적인 차이는 없었다(Table 4).

Table 4. Changes in pH, drip and cooking loss of loin muscles from Hanwoo beef according to quality grade during storage at 2℃

| Traits | Quality grade | | | | | |
|------------------------|--------------------|------|---------------------|------|--------------------|------|
| | Grade 1 (N=8) | | Grade 2 (N=14) | | Grade 3 (N=14) | |
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD |
| pH | | | | | | |
| D+1 | 5.47 | 0.11 | 5.47 | 0.07 | 5.49 | 0.08 |
| D+7 | 5.44 | 0.04 | 5.46 | 0.04 | 5.46 | 0.05 |
| D+14 | 5.41 | 0.08 | 5.42 | 0.09 | 5.40 | 0.04 |
| Drip loss(%) | | | | | | |
| D+7 | 4.53 ^{by} | 2.03 | 5.63 ^{aby} | 1.63 | 6.26 ^{ay} | 1.79 |
| D+14 | 7.01 ^x | 2.53 | 7.31 ^x | 2.01 | 7.90 ^x | 2.07 |
| Cooking loss(%) | | | | | | |
| D+1 | 27.72 | 3.94 | 28.08 | 3.87 | 29.11 | 2.27 |
| D+7 | 26.61 ^b | 2.22 | 27.47 ^{ab} | 2.51 | 29.63 ^a | 2.21 |
| D+14 | 25.14 ^b | 2.56 | 27.78 ^a | 3.62 | 29.25 ^a | 2.87 |

^{ab} Means in the same row with different letters are significantly different($p<0.05$).

^{xy} Means in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

5) 가열감량의 변화

냉장 저장하는 동안 측정된 육질등급에 따른 가열감량을 살펴보면 저장당일에는 등급간에 유의적인 차이가 없었으나 저장 7일과 14일에는 1등급육이 3등급육에 비하여 유의적으로 낮은 가열감량을 나타냈다($p<0.05$). 또한 모든 등급에서 저장기간에 따른 가열감량은 뚜렷한 차이가 없었다(Table 4). 이 결과는 가열감량에 있어서 등급이나 냉각온도에 따른 유의적인 차이가 없었다는 성 등(1996)과 Parrish 등(1973)의 결과와 일치하였다. 한 등(1996)과 Breidenstein 등(1968)은 근내지방도가 높을수록 가열감량이 적다고 하였으며, 한 등(1996)은 저장일수에 따른 가열감량은 일정한 경향을 보이지 않았다고 보고한 바 있다. 근내지방도가 높은 1등급육에서의 낮은 가열감량은 근내지방이 가열 중 용해되

어 주위 공간으로 전이되어 가열조리중 수분의 손실을 적게 하고 가열감량을 감소시키기 때문인 것으로 사료된다.

6) 단백질 추출성

단백질 추출성은 식육의 가공적성을 평가하는 한 방법으로 Chen 등(1981)은 근형질 단백질의 추출성은 온도, pH, 미생물 등에 의해 영향을 많이 받는다고 하였다. 이러한 수용성 단백질은 해당과정에 관여하는 효소와 색소 단백질인 hemoglobin 등 세포질에 존재하는 것과 mitochondria 및 근소포체 등의 세포조직을 구성하는 것으로 이온강도 0.05이하에서도 용출되는 가용성 단백질로서 본 실험에서 수용성 단백질(water soluble protein, WSP)의 추출성은 육질 등급간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 5).

Myoglobin을 비롯한 hemoglobin, 효소 등 다양한 단백질이 포함되어 있는 근형질 단백질에 관한 연구로서 Chen 등(1981)과 Miller(1980)가 소의 배최장근을 냉장 저장하여 근형질 단백질의 추출성 실험을 한 결과 육은 저장기간이 경과함에 따라 단백질 추출성이 계속 감소한다고 보고하였다.

본 실험에서 염용성 단백질(salt soluble protein, SSP) 추출성에 있어서는 1등급육이 가장 낮았고, 3등급이 가장 높게 나타났다. 1등급육과 2등급육, 2등급육과 3등급육 사이에는 유의적인 차이가 없었으나, 1등급육과 3등급육 사이에는 유의적인 차이를 보였다(Table 5). Gillett 등(1977)과 Prusa와 Bowers(1984)는 염용성 단백질의 추출성은 육의 pH, 이온강도, 혼합상태에 따라 다르다고 보고하였고, Xiong과 Brekke(1991)은 저장기간이 경과함에 따라 염용성 단백질 추출량은 증가하였다고 보고하였다. 또한 한 등(1992)은 염용성 단백질의 추출량은 pH에 크게 영향을 받아 pH가 높을수록 추출되는 단백질량도 증가하였다고 보고한 바 있다.

Table 5. Protein solubility, Water-holding capacity, sarcomere length and collagen content of loin muscles from Hanwoo beef

| Traits | Quality grade | | | | | |
|----------------------------|--------------------|------|---------------------|------|--------------------|------|
| | Grade 1 (N=8) | | Grade 2 (N=14) | | Grade 3 (N=14) | |
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD |
| WSP(mg/g) ¹⁾ | 40.98 | 2.54 | 41.01 | 4.04 | 40.95 | 2.57 |
| SSP(mg/g) ²⁾ | 32.15 ^b | 5.59 | 37.94 ^{ab} | 7.90 | 43.17 ^a | 8.24 |
| WHC(% ³⁾) | 55.70 ^a | 4.72 | 51.52 ^b | 2.58 | 51.26 ^b | 3.89 |
| Sarcomere length(μ m) | 1.81 | 0.12 | 1.80 | 0.14 | 1.82 | 0.12 |
| Collagen content(g/100g) | 0.39 | 0.06 | 0.37 | 0.11 | 0.33 | 0.07 |

¹⁾ WSP = Water soluble protein solubility.

²⁾ SSP = Salt soluble protein solubility.

³⁾ WHC = Water-holding capacity.

^{ab} Means in the same row with different letters are significantly different(p<0.05).

7) 보수력

보수성은 육색, 조직감, 신선육의 경도, 조리육의 연도, 다즙성 등에 영향을 주는 것으로 알려져 왔다. 본 실험에서 도축 24시간 후 측정된 육질등급에 따른 한우 등심육의 보수력은 1등급육이 $55.70 \pm 4.72\%$ 로서 2등급($51.52 \pm 2.58\%$)과 3등급육($51.26 \pm 3.89\%$)에 비하여 유의적으로 높은 보수력을 나타내었다(Table 5). 한 등(1996)은 근내지방도가 높을수록 보수력이 우수하다고 보고한 바 있으며, 본 실험의 결과와 일치하였다.

8) 근절길이

육질등급에 따른 한우 등심육의 근절길이는 1등급육이 $1.81 \pm 0.12 \mu\text{m}$, 2등급육이 $1.80 \pm 0.14 \mu\text{m}$ 였으며, 3등급육은 $1.82 \pm 0.12 \mu\text{m}$ 로 나타나 육질등급간에 유의적인 차이는 없었다(Table 5).

9) 콜라겐 함량

콜라겐은 소의 골격근에서 1~2%로 구성되며, 결체조직이 많은 근육에서는 4~6% 또는 그 이상 존재하기도 한다(Casey 등, 1985). 육질등급에 따른 한우육 등심부위의 콜라겐 함량은 1등급육이 가장 높았고, 3등급육이 가장 낮게 나타났으나 육질등급간 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다(Table 5).

동물의 품종간의 연도차이는 근육조직의 차이와 결체조직의 함량차이에서 오는 것으로 알려져 왔으나, hydroxyproline 함량 측정에 의한 결체조직 함량의 비교는 변이가 심하여 확실한 결론을 내릴 수 없다. Dransfield(1977)와 김 등(1996)은 콜라겐 함량과 연도와는 높은 상관성이 있다고 보고하기도 하였으나, Field(1968)와 Hunsley 등(1971)은 콜라겐함량은 연도와 상관성이 없다고 보고한 바 있다.

3. 등급 및 저장기간에 따른 한우육의 연도 관련 특성

1) 전단력의 변화

연도는 고기의 기호성을 좌우하는 중요한 요소로서 사후강직이 완료된 actin과 myosin간의 상호 결합이 많아 연도가 저하된다. 이러한 도체육의 연도를 증진시키기 위해서 통상적으로는 쇠고기 반도체를 $0 \sim 5^\circ\text{C}$ 에서 약 7~14일 정도 저장하여 숙성시킨다(Darnsfield 등, 1981). 쇠고기의 숙성은 근육 내의 단백질 분해효소인 calpain의 활성화(Dransfield, 1994; Koochmarie, 1994)이나 사후 근육의 온도(Davey와 Gilbert, 1976; Parrish 등, 1969)와 pH(Bruce와 Ball, 1990) 등 여러 가지 요인에 따라 영향을 받는다.

육의 숙성 과정 중 연화는 두 단계로 일어나는데 초기의 급격한 연도의 증가는 주로 myofibrils의 구조적 약화, 즉 Z-disk, actin의 약화, myosin간에 형성된 rigor linkage의 약화, connectin fragmentation 등에 의하여 일어나고 숙성이 진행됨에 따라 endomysium과 perimysium이 구조적으로 약화되는데 이것은 collagen fibril을 연결하고 collagen fibres를 안정화시키는 proteoglycans의 분해와 깊은 관계가 있다고 하였다(Takahashi, 1996).

Fig. 1은 냉장저장 기간동안 한우등심육의 전단력을 측정된 결과를 나타낸 것이다. 등급에 관계없이 저장기간이 경과함에 따라 전단력값은 모든 등급에서 유의적으로 감소하였으며($p < 0.05$), 1등급과 2등급육에서는 7일과 14일 저장육 사이에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 등급간에 있어서

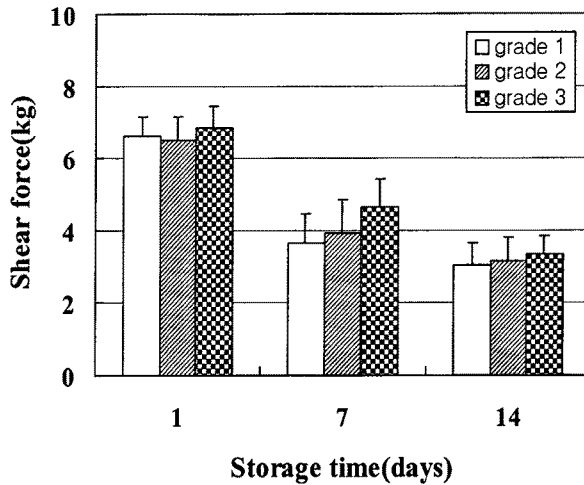


Fig. 1. Changes in shear force of loin muscles in Hanwoo beef according to quality grade during storage at 2°C.

는 3등급육이 1, 2등급육에 비하여 전단력값이 다소 높게 나타났으나 등급간에 유의적인 차이는 없었다($p>0.05$). 이러한 결과는 Field 등(1971), 한 등(1996) 및 Huff와 Parrish 등(1993)의 보고와 유사한 경향이였다. 이와 이(1998)에 따르면 쇠고기 진공포장육의 연도증가는 저장 1~2주 내에 가장 크게 일어나며 그 이후에는 연도의 증가폭이 저장 초기에 비하여 상대적으로 완만하다고 하였다.

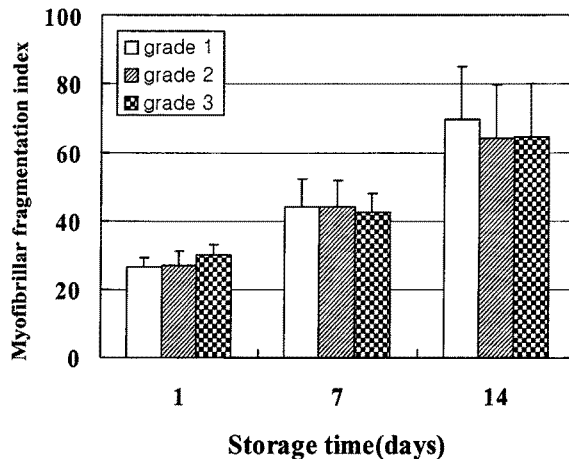


Fig. 2. Changes in myofibril fragmentation index(MFI) of loin muscles in Hanwoo beef according to quality grade during storage at 2°C.

2) 근원섬유 소편화도

식육의 연도는 도살직후보다 일정시간 저온에서 숙성시킨 것이 우수하여 식육으로서의 가치가 향

상된다. 숙성중 고기가 연화하는 요인에는 결합조직의 약화와 근원섬유의 약화가 있으나 근원섬유의 약화가 더 큰 요인으로 알려져 있다. 근원섬유구조의 약화는 Z선구조의 약화(Hattori와 Takahashi, 1979), actin과 myosin간 강직결합의 약화(Herring 등, 1965), neburin filament의 약화(Fritz와 Greaser, 1991) 그리고 titin filament의 약화(Fritz와 Greaser, 1991; Paterson과 Parrish, 1987; Takahashi와 Saito, 1979)에 의해서 일어난다.

고기의 연도를 예측하는 지표로 근원섬유 소편화지수(myofibrillar fragmentation index, MFI)가 유효하며, 연도와 유의한 상관이 있다고 알려져 있다(Olson과 Parrish, 1977; Parrish 등, 1979)

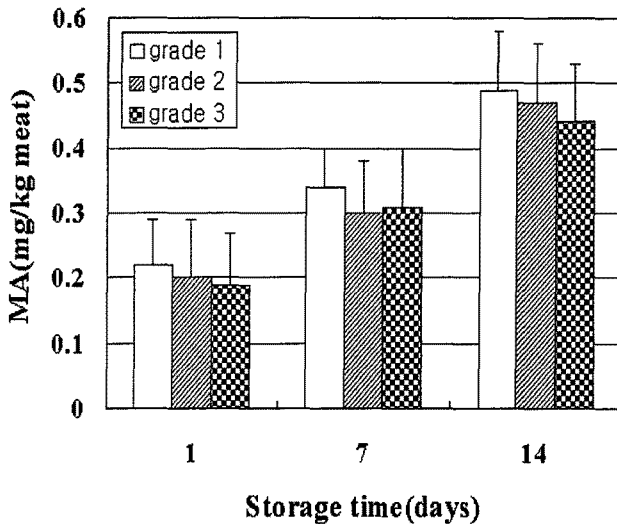


Fig. 3. Changes in TBA value of loin muscles in Hanwoo beef according to quality grade during storage at 2°C.

4. 육질등급에 따른 저장성 및 관능적 특성

1) 지방산패도(TBA)

육의 저장중 지질 산화의 진행상태를 평가하는데 있어 TBA는 다가 불포화지방산의 산화물질인 malondialdehyde(MA)의 생성을 측정하는 것으로 MA mg/kg의 단위로서 표시한다. 이러한 TBA는 시간의 경과, 저장온도, 지방산의 조성, 산소의 활성, 항산화제 등의 여러 요인에 의해 영향을 받는다.

Fig. 3은 2°C에서 저장한 한우육의 TBA가 변화를 나타낸 것이다. 육질등급에 따른 TBA는 전체적으로 지방함량이 많은 1등급육이 2,3등급에 비하여 다소 높게 나타났으며, 2,3등급간에는 차이가 없었다($p>0.05$). 또한 저장기간이 경과함에 따라 TBA는 점차적으로 증가하는 경향을 보였다. 이와같이 저장기간이 경과함에 따라 TBA가 증가하는 경향을 보이는 것은 지질산화에 의해 생성된 과산화물이 2차 산화생성물로 분해되었기 때문이며, 일차적으로 저장기간이 경과함에 따라 TBA는 증가한다고 보고되고 있다(Witte 등, 1970; 김 등, 1972; 박 등, 1988). 가식권에 대한 판정에서 高坂(1975)은 0.5 mg/kg이상에서 산패취를 느낀다고 보고 하였으며, 박 등(1988)은 TBARS가 0.25 mg/kg일 때 산패

취를 느낀다고 하였다. 그러나 본 실험에서는 저장 14일까지 0.44~0.47 정도의 수준으로 나타났으나 산패취를 느끼지 못했다.

2) 휘발성 염기태 질소 함량의 변화

식육은 저장 중에 근육단백질이 아미노산과 그 외에 여러 가지 무기태 질소로 분해되며 휘발성 염기태 질소 함량도 증가하게 된다. 高坂(1975)은 저장 중에 일어나는 단백질의 분해산물인 암모니아 질소의 양을 측정하는 휘발성 염기태 질소(volatile basic nitrogen:VBN) 측정법이 신선육의 선도 측정에 유효하다고 하였다. 한우육의 저장기간에 따른 휘발성 염기태 질소의 변화는 Fig. 4와 같다. 도축 24시간 후의 VBN 함량은 10 mg% 이하이었으며, 저장기간이 경과함에 따라 직선적으로 증가되어 14일 후 17~20 mg%를 나타내었다($p < 0.05$).

이는 저장기간에 따라 VBN 함량이 증가한다고 보고한 박 등(1988)과 한 등(1996)의 결과와 일치하였다. 육질등급간의 차이에 있어서는 1등급육이 가장 낮은 VBN 함량을 나타냈으며, 2등급육과 3등급육 사이에는 유의적인 차이가 없었다($p > 0.05$).

이와 성(1989)은 20 mg% 이상을 신선육의 부패 수준으로 보고하였으며, 김 등(1972)은 15 mg%를 부패의 기준으로 판단하였다. 본 실험에서는 냉장 저장 14일 후 VBN 함량이 17~20 mg% 수준으로 나타났으나 관능적으로는 신선한 상태를 유지하였다.

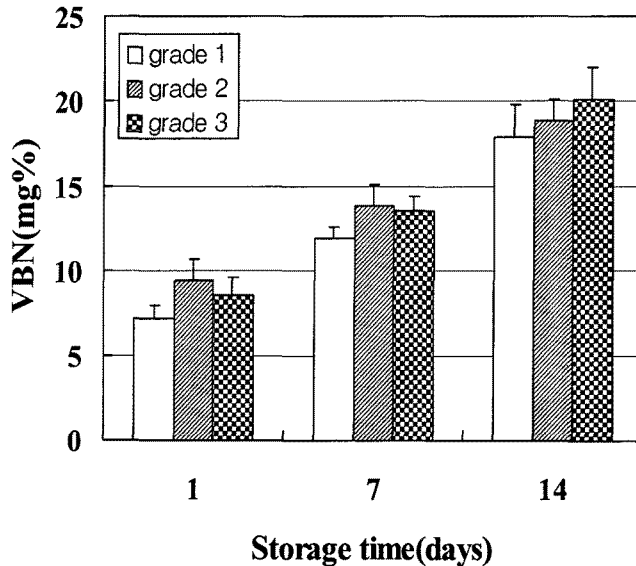


Fig. 4. Changes in VBN value of loin muscles in Hanwoo beef according to quality grade during storage at 2°C.

3) 관능평가

육의 특징에는 성분상의 특징, 관능적인 특징이 있는데 관능적인 특징은 소비자들의 기호도에 따라

크게 좌우되는 부분이다. 즉, 서양 사람들의 기호도와 동양 사람들의 기호도도 다르기 때문에 한우는 우리들의 기호도에 맞는 관능적인 특징을 가지고 있다고 보여 진다.

식육의 대표적인 관능적 특성에는 풍미, 연도, 다즙성 등을 들 수 있다. Table 6은 저장기간 동안의 등급에 따른 관능적 특성을 나타낸 것이다. 식육의 독특한 맛성분과 향기성분의 전구물질은 각각 적육과 지방조직의 수용성물질이라고 보고 되어 있으며, 가열육의 기호성에 관여하는 향미는 복합적인 전구물질들이 열처리 과정에서 일어나는 여러 가지 반응에 의하여 많은 휘발성 물질들이 생성되면서 얻어지는 것으로 알려져 있다. 식육 향에 관여하는 휘발성 성분들은 약 600개 이상이 동정되어 있고, 식육의 종류, 품종, 연령, 성별 및 사료 등이 이러한 향기에 영향을 주며 저장 중 휘발성물질들의 변화 양상은 향기에 절대적인 영향을 준다. 본 실험에서 풍미는 1등급육이 2, 3등급육에 비하여 다소 좋은 것으로 나타났으나 유의적인 차이는 없었으며($p>0.05$), 저장기간이 경과함에 따라 다소 감소하는 경향을 나타냈으나 저장기간에 따른 유의적인 차이는 없었다($p>0.05$). 비록 근내지방이 육의 풍미에 직접적인 영향을 미친다고 할 수 있으나, 풍미의 강도는 근내지방 함량과 밀접한 관련을 나타내지는 않는다(Andersen 등, 1977; Armbruster 등, 1984, Campion과 Crouse, 1975; Crouse와 Smith, 1978; Dikeman 등, 1986; Gregory 등 1995; Van Vleck 등, 1992; Wheeler 등, 1996).

Table 6. Changes in sensory characteristics¹⁾ of loin muscles for Hanwoo beef according to quality grade during storage at 2°C

| Traits | Quality grade | | | | | |
|------------------------------|---------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|
| | Grade 1 (N=8) | | Grade 2 (N=14) | | Grade 3 (N=14) | |
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD |
| Flavor | | | | | | |
| D+1 | 7.52 | 0.47 | 7.12 | 0.46 | 7.05 | 0.58 |
| D+7 | 7.07 | 0.55 | 6.88 | 0.24 | 6.62 | 0.53 |
| D+14 | 7.12 | 0.29 | 6.80 | 0.44 | 6.67 | 0.71 |
| Tenderness | | | | | | |
| D+1 | 6.48 ^y | 0.27 | 6.42 ^y | 0.52 | 6.08 ^y | 0.36 |
| D+7 | 7.78 ^{a,x} | 0.76 | 7.07 ^{a,xy} | 0.72 | 6.55 ^{b,xy} | 0.57 |
| D+14 | 8.13 ^{a,x} | 0.27 | 7.37 ^{a,x} | 0.51 | 6.90 ^{b,x} | 0.76 |
| Juiciness | | | | | | |
| D+1 | 7.43 ^a | 0.39 | 7.02 ^{ab} | 0.65 | 6.60 ^b | 0.86 |
| D+7 | 7.45 ^a | 0.55 | 6.96 ^{ab} | 0.56 | 6.52 ^b | 0.53 |
| D+14 | 7.58 ^a | 0.49 | 6.98 ^{ab} | 0.57 | 6.68 ^b | 0.76 |
| Overall acceptability | | | | | | |
| D+1 | 7.32 ^a | 0.30 | 6.95 ^{ab} | 0.64 | 6.53 ^b | 0.65 |
| D+7 | 7.37 ^a | 0.59 | 6.82 ^b | 0.57 | 6.70 ^b | 0.48 |
| D+14 | 7.50 ^a | 0.47 | 7.12 ^{ab} | 0.88 | 6.73 ^b | 0.85 |

¹⁾ Scale from 1 to 9, 1=extremely undesirable in flavor, extremely tough, extremely dry and extremely undesirable overall; 9=extremely desirable in flavor, extremely tender, extremely juicy and extremely desirable overall.

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

^{x,y} Means in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

Denoyelle (1995)는 품질과 근내지방 사이의 관계는 단지 4% 이하의 지방함량에서 유의적인 경사도를 나타내는 곡선을 보였다고 하였다.

우육의 기호성에는 많은 요소가 관여하게 되며 그 중에서 연도가 가장 중요하게 작용한다(Bratzer 등, 1978). 연도는 품종에 따른 차이는 있으나(Boccard 등, 1979) 주로 연령에 의해 영향을 받게 되며 (Bailey, 1988), 숙성기간과 숙성온도에 의해 큰 영향을 받는다(Henderson 등, 1970; Hostetler 등, 1975; Martin 등, 1971).

연도에 있어서 도축 24시간 후의 연도는 육질 등급간에 차이가 없었으나 냉장저장 기간이 경과함에 따라 1, 2등급육이 3등급육에 비하여 연도가 우수한 것으로 나타났다($p < 0.05$). 또한 모든 등급에서 숙성에 의하여 7일과 14일에는 저장초기에 비하여 높은 연도점수를 유지하였으며, 전체적으로 7일과 14일 숙성육 사이에는 연도에 있어서 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 육의 사후 숙성에 의한 연도증가는 여러 연구자들에 의하여 보고된 바 있으며(Yates 등, 1983; 성 등, 1988; 최 등, 1995), 연도와 근내지방 함량과의 관계에 있어서 많은 연구자들이 약간의 양의 상관관계를 갖는다고 보고하고 있으며 이들의 연구에서 근내지방과 연도와의 상관관계는 평균적으로 $r = 0.17$ 이었다(Andersen 등, 1977; Champion과 Crouse, 1975; Crouse와 Smith, 1978; Dikemen 등, 1986; Fiems 등 2000; Gregory 등, 1995; Jones와 Tatum, 1994; Seideman 등, 1987; Shackelford 등, 1992; Van Vleck 등, 1992; Wheeler 등, 1996).

다즙성에 있어서는 1등급육이 3등급육에 비하여 다소 우수한 것으로 나타났으며($p < 0.05$), 저장기간에 따른 다즙성의 차이는 유의적인 차이가 없었다($p > 0.05$). 식육의 다즙성은 보수력과 관계가 깊으며, 근육내 지방수준의 차이도 다즙성에 중요한 역할을 하는 것으로 보고 되었으나(Berry 등, 1985; Savell 등, 1987), 반면에 Parrish 등(1973)과 Marriott 등(1988)은 근육내지방 수준과 다즙성에 유의적인 상관관계가 없다고 하였다.

전체적인 기호도에 있어서는 1등급육이 가장 우수한 것으로 나타났으며, 3등급육이 상대적으로 기호도가 떨어지는 것으로 나타났다. 저장기간에 따른 기호도는 뚜렷한 차이가 없었다. 전체적인 관능평가 결과를 살펴보면 1등급육이 다른 등급에 비하여 특히 다즙성과 연도가 다소 우수하며 이에 따라 전체적인 기호도에 있어서도 특히 3등급육과 비교하여 유의적으로 우수한 것으로 평가되었다.

IV. 적 요

본 연구는 한우육의 육질등급과 저장기간에 따른 육질 및 저장특성과 맛성분의 차이를 조사하고자 실시하였으며, 도축 24시간 후 도체등급판정을 실시한 한우 36두의 등심부위를 시료로 취하여 2℃ 냉장실에서 14일간 저장하면서 이화학적 특성 및 관능적 특성을 조사하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

육질등급에 따른 도체 특성에 있어서 등급간의 지방두께, 배최장근 단면적 및 육량등급은 차이가 없었으며, 육색과 지방색, 성숙도 등도 차이가 없는 것으로 나타났으나 조직감은 1등급육이 3등급육에 비하여 좋은 것으로 나타났다. 1등급육은 3등급육에 비하여 지방함량($9.87 \pm 2.23\%$)이 높았으며, 수분함량($67.75 \pm 1.63\%$)이 낮았으나($p < 0.05$), 단백질함량은 육질등급간에 차이가 없었다. 도축 24시간

후의 L, b, h-값은 등급간에 차이가 없었으며, a와 C-값은 2등급육이 다른 등급에 비하여 다소 높게 나타났다. L, a, b-값 모두 저장기간이 경과함에 따라 다소 증가하였다. pH는 육질등급간에 차이가 없었으며 저장기간에 따른 차이도 없었다. 1등급육은 3등급육에 비하여 드립감량은 다소 낮은 것으로 나타났다. 가열감량은 등급간에 유의적인 차이는 없었으나 1등급육이 가장 적은 가열감량을 나타냈다. 보수력은 1등급육이 2, 3등급육에 비하여 유의적으로 높았으며, 근질길이와 콜라겐 함량은 등급간에 차이가 없었다. 전단력값은 3등급육이 1, 2등급육에 비하여 다소 높은 전단력값을 보였으나 유의적인 차이는 없으며, 근원섬유 소편화도는 등급간에 차이가 없었다. 저장기간이 경과함에 따라 전단력값은 점차적으로 낮아졌고 근원섬유 소편화도는 유의적으로 증가하였다. 1등급육이 2, 3등급육에 비하여 TBA가 높았고, VBN함량은 낮았으나 유의적인 차이는 없었으며, 저장기간이 경과함에 따라 TBA와 VBN함량은 증가하였다. 관능평가에서 풍미는 육질 등급간에 차이가 없었으나, 연도, 다즙성 및 전체적인 기호도는 1등급육이 3등급육에 비하여 다소 우수한 것으로 나타났다.

참고문헌

- Andersen, B. B., Lykke, T., Kousgaard, K., Buchter, L. and Pedersen, J. W. 1977. Growth, feed utilization, carcass quality and meat quality in Danish dual-purpose cattle. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsog, 453:1.
- AOAC. 1995. Official methods of analysis. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- Armbruster, G., Nour, A. Y. M., Thonney, M. L. and Stouffer, J. R. 1984. Changes in cooking losses and sensory attributes of Angus and Holstein beef with increasing carcass weight, marbling score or Longissimus ether extract. J. Food Sci., 48:835.
- Bailey, A. J. 1988. Connective tissue and meat quality. Proc. Int. Congress Meat Sci. Tech. Part A: 152. Brisbane, Australia.
- Berg, R. T. and Butterfield, R. H. 1976. New concepts of cattle growth. Sydeny University., Press., p.30.
- Berry, B. W., Smith, J. J. and Secrist, J. L. 1985. Effects of fat level on sensory, cooking and Instron properties of restructures beef steaks. J. Anim. Sci., 60:434.
- Blumer, T. N. 1963. Relationship of marbling to the palatability of beef. J. Anim. Sci., 22:771.
- Boakey, K. and Mittal, G. S. 1996. Changes in colour of beef M. longissimus dorsi muscle during ageing. Meat Sci., 42:347.
- Boccard, R. L., Naude, R. T., Cronje, D. L., Smit, M. C., Venter, H. J. and Rossouw, E. J. 1979. The influence of age, sex, and breed of cattle on their muscle characteristics. Meat Sci., 3:261.
- Bratzler, L. J., Gaddis, A. M. and Sulzbacher, W. L. 1978. Freezing meats. In "Fundamental of Food Freezing". Desrosier, N. W. and Tressler, D. K.(Ed.), AVI publishing Co., Inc., Westport, CT. p.215.
- Breidenstein, B. B., Cooper, C. C., Evans, R. G. and Bray, R. W. 1968. Influence of marbling and maturity on palatability of beef muscle. 1. Chemical and organoleptic considerations. J. Anim. Sci., 38:1532.

- Bruce, H. L. and Ball, R. O. 1990. Postmortem interactions of muscle temperature pH and extension on beef quality. *J. Anim. Sci.*, 68:4167.
- Calkins, C. R. and Davis, G. W. 1980. Fragmentation index of raw muscle as a tenderness predictor of steaks from US Good and US Standard steer and bullock carcasses. *J. Anim. Sci.*, 50:1067.
- Campion, D. R. and Crouse, J. A. 1975. Predictive value of USDA beef quality grade factors for cooked meat palatability. *J. Food Sci.*, 40: 1125.
- Casey, J. C., Crosland, A. R. and Patterson, R. L. S. 1985. Collagen content of meat carcasses of known history. *Meat Sci.*, 12:189.
- Chen, M. T., Ockerman, H. W., Cahill, V. R., Plimpton, R. F. Jr. and Parrett, N. A. 1981. Solubility of muscle proteins as a result of autolysis and microbiological growth. *J. Food Sci.*, 46:1139.
- Cooper, T. G. 1977. Biuret protein determination. In "The tools of biochemistry". John Wiley & Sons, New York. p.51.
- Crouse, J. D. and Smith, G. M. 1978. Relationship of selected beef carcass traits with meat palatability. *J. Food Sci.*, 43:152.
- Davey, C. L. and Gilbert, K. V. 1976. The temperature coefficient of beef aging. *J. Sci. Food Agric.*, 27:244.
- Denoyelle, C. 1995. Evolution de la flaveur de la viande bovine en fonction de la teneur en lipides intramusculaires. *Vianades et Produits Carnés*, 16:89.
- Dikeman, M. E., Reddy, G. B., Arthaud, V. H., Tuma, H. J., Koch, R. M., Mandigo, R. W. and Axe, J. B. 1986. Longissimus muscle quality, palatability and connective tissue histological characteristics of bulls and steers fed different energy levels and slaughtered at four ages. *J. Anim. Sci.*, 63:92.
- Dransfield, D. E. 1977. Intramuscular composition and texture of beef muscles. *J. Sci. Fd. Agr.* 28:833.
- Dransfield, E. 1994. Optimization of tenderization, aging and tenderness. *Meat Sci.*, 36:105.
- Dransfield, E., Jones, R. C. D. and MacFie, H. J. H. 1981. Quantifying changes in tenderness storage of beef. *Meat Sci.*, 36:105.
- Field, R. A. 1968. Effect of connective tissue characteristics on tenderness. *J. Anim. Sci.*, 27:1140(abstr.).
- Field, R. A., Riely, M. L. and Chang, Y. O. 1971. Free amino acid changes in different aged bovine muscles and their relationship to shear values. *J. Food Sci.*, 36:611.
- Fiems, L. O., De Campeneere, S., De Smet, D., Van de Voorde, G., Vanacker, J. M. and Boucqué, C. V. 2000. Relationship between fat depots in carcasses of beef bulls and effect on meat colour and tenderness. *Meat Sci.*, 56:41.
- Fritz, J. D. and Greaser, M. L. 1991. Changes in titin and nebulin postmortem bovin muscle revealed by gel electrophoresis, western blotting and immunofluorescence microscopy. *J. Food Sci.*, 56:607.
- Gillett, T. A., Meiburg, D. E., Brown, C. L. and Simon, S. 1977. Parameters affecting meat protein extraction and interpretation of model system data for meat emulsion formation. *J. Food Sci.*, 42:1606.
- Grau, R. and Hamm, R. 1953. Eine einfache methode zur bestimmung der wasserbindung in muskel.

Naturwissenschaften. 40:29.

- Gregory, K. E., Cundiff, L. V., and Koch, R. M. 1995. Genetic and phenotypic (co)variances for growth and carcass traits of purebred and composite populations of beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 73:1920.
- Hattori, A. and Takahashi, K. 1979. Studies on the post-mortem fragmentation of myofibrils. *J. Biochem.*, 85:47.
- Henderson, D. W., Goll, D. E. and Stromer, M. H. 1970. A comparison of shortening and Z-line degradation in postmortem bovine, porcine and rabbit muscle. *Am. J. Anat.*, 128:117.
- Herring, H. K., Cassens, R. G. and Briskey, E. T. 1965. Sarcomere length of tree and restrained bovine muscles at low temperature as related to tenderness. *J. Sci. Food Agric.*, 16:379.
- Honikel, K. O. 1987. How to measure the water holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. In "Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs". Tarrant, P. V., Eikelenboom, G. and Monin, G. (Eds.), Martinus Nijhoff, Dordrecht, p.129.
- Hornstein, I., Crowe, P. F. and Heimberg, M. F. 1961. Fatty acid composition of meat tissue lipids. *J. Food Sci.*, 26:581.
- Hostetler, R. L., Carpenter, Z. L., Smith, G. C. and Duston, T. R. 1975. Comparison of postmortem treatments for improving tenderness of beef. *J. Food Sci.*, 40:223.
- Huff, E. J. and Parrish, F. C. Jr. 1993. Bovine longissimus muscle tenderness as affected by postmortem aging time, age and sex. *J. Food Sci.*, 58:713.
- Jacobs, J. A., Miller, J. C., Sauters, E. A., Howes, A. D., Araji, A. A., Gregory, T. L. and Hust, C. E. 1977. Bulls versus steers. II. Palatability and retail acceptance. *J. Anim. Sci.*, 46:699.
- Jones, B.K. and Tatum, J.D. 1994. Predictors of beef tenderness among carcasses produced under commercial conditions. *J. Anim. Sci.*, 72:1492.
- Kolar, K. 1990. Colorimetric determination of hydroxyproline as measure of collagen content in meat and meat products: NMKL collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 73:54.
- Koohmaraie, M. 1994. Muscle proteinases and meat aging. *Meat Sci.*, 36:93.
- Landon, M. E., Hedrick, H. B. and Thompson, G. B. 1978. Live animal performance and carcass characteristics of beef bullocks and steer. *J. Anim. Sci.*, 47:151.
- Lunt, D. K. and Smith, S. B. 1991. Wagyu beefs holds profit potential for U.S. feedlot. *Feedstuffs*. 19:18.
- Marriott, N. G., Phelps, S. K., Costello, C. A. and Graham, P. P. 1988. Restructured beef with fat variations. *J. Food Qual.*, 11:53.
- Martin, A. H., Fredeen, H. T. and Weiss, G. M. 1971. Tenderness of beef longissimus dorsi muscle from steers, heifers and bulls as influenced by source, postmortem aging and carcass characteristics. *J. Food Sci.*, 36:619.
- Miller, B. J., Ackerman, S. A. and Palumb, S. A. 1980. Effects of frozen storage functionality of meat for processing. *J. Food Sci.*, 45:1466.

- Morgan, J. B., Wheeler, T. L., Koochmaraie, M., Savell, J. W. and Crouse, J. D. 1993. Meat tenderness and the calpain proteolytic system in longissimus muscle of young bulls and steers. *J. Anim. Sci.*, 71:1471.
- Olson, D. G. and Parrish, F. C. Jr. 1977. Relationship of myofibril fragmentation index to measures of beef steak tenderness. *J. Food Sci.*, 42:506.
- Olson, D. G., Parrish, F. C. Jr. and Stromer, M. H. 1976. Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. *J. Food Sci.*, 41:1036.
- Parrish, F. C. Jr, Vandell, C. J. and Culler, R. D. 1979. Effect of maturity and marbling on the myofibril fragmentation index of bovine longissimus muscle. *J. Food Sci.*, 44:1968.
- Parrish, F. C. Jr., Olsen, D. G., Miner, B. E. and Rust, R. E. 1973. Effect of degree of marbling and internal temperature of doneness on beef rib steaks. *J. Anim. Sci.*, 37:430.
- Parrish, F. C. Jr., Rust, R. E., Popenhagen, G. R. and Miner, B. F. 1969. Effect of postmortem aging time and temperature on beef muscle attributes. *J. Anim. Sci.*, 29:398.
- Parrish, F. C. Jr., Young, R. B., Miner, B. E. and Andersen, L. D. 1973. Effect of postmortem conditions on certain chemical, morphological and organoleptic properties of bovine muscle. *J. Food Sci.*, 38:690.
- Paterson, B. C. and Parrish, F. C. Jr. 1987. SDS-PAGE conditions for detection of titin and nebulin in tender and tough bovine muscles. *J. Food Sci.*, 52:509.
- Prusa, K. J. and Bowers, J. A. 1984. Protein extraction from frozen, thawed turkey muscle with sodium nitrate, sodium chloride, and selected sodium phosphate salts. *J. Food Sci.*, 49:709.
- Saffle, R. L. and Galbreath, J. W. 1964. Quantitative determination of salt-soluble protein in various types of meat. *Food Technol.*, 18:1943.
- Salih, A. M., Smith, D. M. and Dawson, L. E. 1987. Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry. *Poultry Sci.*, 66:1483.
- Savell, J. W., Branson, R. E., Cross, H. R., Stiffler, D. M., Wise, J. W., Griffin, D. B. and Smith, G. C. 1987. National consumer retail beef study: palatability evaluations of beef loin steaks that differed in marbling. *J. Food Sci.*, 52:517.
- SAS. 1996. User's Guide: Statistics, version 6 Editions. SAS Inst., Inc., Cary, NC. USA.
- Seideman, S. C., Koochmaraie, M. and Crouse, J. D. 1987. Factors associated with tenderness in young beef. *Meat Sci.*, 20:281.
- Shackelford, S. D., Savell, J. W., Crouse, J. D., Cross, H. R., Schanbacher, B. D., Johnson, D. D. and Anderson, M. L. 1992. Palatability of beef from bulls administered exogenous hormones. *Meat Sci.*, 32:397.
- Takahashi, K. 1996. Structural weakening of skeletal muscle tissue during post-mortem ageing of meat : the non-enzymatic mechanism of meat tenderization., *Meat Sci.*, 43:67.
- Takahashi, K. and Saito, H. 1979. Post-mortem changes in skeletal muscle connectin. *J. Biochem.*, 85:1539.
- Thrall, B. E. and Cramer, D. A. 1971. Relationships of serum, muscle and subcutaneous lipids to beef carcass

- traits and flavor. *J. Food Sci.*, 36:194.
- Van Vleck, L. D., Hakim, A. F., Cundiff, L. V., Koch, R. M. Crouse, J. D., and Boldman, K. G. 1992. Estimated breeding values for meat characteristics of crossbred cattle with an animal model. *J. Anim. Sci.*, 70:363.
- Voyle, C. A. 1971. Sarcomere length and meat quality. 17th European Meeting of Meat Research Workers. Bristol, England. p.95.
- Waldman, R. C., Suess, G. G. and Brungardt, V. H. 1968. Fatty acids of certain bovine tissues and their association with growth, carcass and palatability traits. *J. Anim. Sci.*, 27:632.
- Weakley, D. F., McKeith, F. K., Bechtel, P. J., Martin, S. E. and Thomas, D. L. 1986. Effects of different chilling methods on hot processed vacuum packaged pork. *J. Food Sci.*, 51:757.
- Wheeler, T. L., Cundiff, L. V., Koch, R. M. and Crouse, J. D. 1996. Characterization of biological types of cattle (cycle IV): carcass traits and Longissimus palatability. *J. Anim. Sci.*, 74:1023.
- Witte, V. C., Krause, G. F. and Bailey, M. E. 1970. A new extraction for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J. Food Sci.*, 35:582.
- Xiong, Y. L. and Brekke, C. J. 1991. Protein extractability and thermally induce gelation properties of myofibrils isolated from pre- and postrigor chicken muscles. *J. Food Sci.*, 56:210.
- Yates, L. D., Duston, T. R., Caldwell, J. and Carpenter, Z. L. 1983. Effect of temperature and pH on the post-mortem degradation of myofibrillar proteins. *Meat Sci.*, 9:157.
- 高板和久. 1975. 肉製品の鮮度保持と測定. *食品工業*. 18:257.
- 강종욱, 최도영, 오홍록, 김기환. 1999. 등급별 국내산 한우육과 국별 수입우육의 물리화학적 특성 비교 -육색, 지방색, 성숙도에 관한 고찰-. *한국축산학회지*. 41:555.
- 김년진, 박용근, 공운용. 1972. 감마선 조사에 의한 우육의 저장에 관한 연구. *한국식품과학회지*. 4:95.
- 김대곤, 정근기, 성삼경, 최창본, 김성겸, 김덕영, 최봉재. 1996. 거세가 한우 및 홀스타인 비육우 도체의 이화학적 특성에 미치는 영향. *한국축산학회지*. 38:239.
- 김동훈, 박범영, 유영모, 이종문, 김용곤, 정연후. 1994. 쇠고기 부위별 선도도 및 이용실태 연구. *농업과학 논문집*. 36:497.
- 김중완, 천용현, 장애라, 민중석, 이상욱, 이무하. 2002. 한우의 등급간, 성별간 품질 특성 및 이화학적 성분 규명. *한국동물자원과학회지*. 44:599.
- 문성실, 주선태, 이정일, 박구부. 2001. 근내지방도와 성숙도가 저장기간에 따른 한우육의 이화학적 특성 변화에 미치는 영향. *한국축산식품학회지*. 21:47.
- 문윤희, 김미숙, 김대진, 양종범, 강세주. 1999. 한우 1+ 등급육의 이화학적 특성과 기호성에 관한 연구. *한국식품영양과학회지*. 28:1288.
- 박구부, 김영직, 이한기, 김진성, 김영환. 1988. 저장기간에 따른 육의 선도변화. II. 우육의 선도변화. *한국축산학회지*. 30:672.
- 박범영, 조수현, 유영모, 김진형, 이종문, 정석근, 김용곤. 2000. 한우 배최장근내 지방 함량이 한우육의

- 이화학적 특성에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지. 42:189.
- 성삼경, 김대곤, 안동현, 김수민. 1998. 한우 도체에 대한 전기자극처리가 쇠고기의 품질특성에 미치는 영향. 한국축산학회지. 40:185.
- 성삼경, 안동현, 김수민. 1988. 한우육의 물리적 및 형태적 변화에 미치는 고온숙성의 효과. 한국축산학회지. 30:666.
- 유익중, 박병성, 김수정, 전기홍, 김영봉, 이남형, 정재홍. 1993. 한우육의 우수성 발굴에 관한 연구. 한국식품개발연구원 보고서. G1032-0352.
- 이근택, 이국중. 1998. 진공포장 한우육의 냉장저장중 품질변화. 한국축산학회지. 40:651.
- 이유방, 성삼경. 1989. 식육과 육제품의 분석 실습. 선진문화사.
- 정찬길. 1993. 1992년도 육류등급 연구조사 결과보고서 제2연구과제: 쇠고기의 소비자 의향 조사 연구. 한국종축개량협회. p.41.
- 최양일, 김영규, 이창림. 1995. 포장방법 및 숙성온도가 한우육의 육색, 연도 및 저장특성에 미치는 영향. 한국축산학회지. 37:639.
- 한기동, 김대곤, 김수민, 안동현, 성삼경. 1996. 등급에 따른 한우육의 숙성중 이화학 및 형태학적 특성 변화. 한국축산학회지. 38:589.
- 한봉수, 권연주, 성삼경. 1992. 사원교잡종 Babcock 돈육의 육질. 한국축산학회지. 34:116.