



비육전 방목 및 옥내사육한 한우육의 품질 비교

강선문 · 정재경¹ · 판조노 · 강창기 · 이성기*

강원대학교 동물식품응용과학과, ¹농협중앙회 축산사료연구소

Quality Comparison of Beef from Outdoor-Reared before Finishing and Indoor-Reared Hanwoo

Sun Moon Kang, Jae Kyoung Cheong¹, Panjono, Chang-Gie Kang, and Sung Ki Lee*

Department of Animal Products and Food Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

¹Livestock & Research Institute, National Agricultural Co-operative Federation, Anseong 456-824, Korea

Abstract

This study was carried out to compare the quality of beef from outdoor-reared before finishing and indoor-reared Hanwoo. Among the experimental animals, 28±4 mon-aged Hanwoo cows (n=5) were outdoor-reared for 7 mon (April–November) and then indoor-reared for 6 mon. The 6 mon-aged Hanwoo steers (n=10) were indoor-reared for 24 mon. The *M. longissimus* from all animals were stored at 4±0.2°C for 7 days. Carcasses from outdoor-reared cattle before finishing were lighter, firmer, maturer, and leaner than indoor-reared ($p<0.05$). The beef from outdoor-reared cattle had lower crude fat and *n-6* PUFA contents, *n-6/n-3* ratio, and higher *n-3* PUFA and SFA contents than indoor-reared ($p<0.05$). The pH and water-holding capacity were lower in beef from outdoor-reared cattle than in indoor-reared ($p<0.05$). The aroma pattern by electronic nose was discriminately different between beef from outdoor-reared and indoor-reared cattle. During storage, beef from outdoor-reared cattle showed lower lipid and myoglobin oxidation stabilities, and a darker and less red color than indoor-reared.

Key words : outdoor-reared, indoor-reared, beef quality, Hanwoo

서론

최근 사회적 관심사는 건강하고 풍요로운 삶을 추구하는 웰빙이다. 이에 따라 소비자들은 건강에 유익한 자연 친화형 식육에 관심을 가지게 되었고, EU를 비롯한 선진국들에서는 식육의 생산 방식을 옥내사육에서 방목사육으로 전환하기 시작하였다(Dargon *et al.*, 1996; Enser *et al.*, 1998). 방목사육은 기존의 옥내사육과 비교했을 때, 동물을 위한 복지여건을 향상시키고(Lanari *et al.*, 2002), 건강에 유익한 *n-3* 지방산이 다량 함유되어 있는 청초(Garton, 1965)를 가축에게 제공함으로써 쇠고기내 *n-3* 지방산 함량을 증가시켜 *n-6* 지방산과 *n-3* 지방산의 비율(*n-6/n-3*)을 감소시켜 준다(Realini *et al.*, 2004; Varela *et al.*, 2004). *n-6/n-3*은 아테롬성 질환의 지표(Carleton *et al.*, 1991)로서,

영국의 Department of Health(1994)와 Eaton 등(1996)은 1/1로 섭취했던 원시인보다 10/1로 과도하게 섭취하고 있는 현대인들의 건강을 위해서는 반드시 식이내 *n-6/n-3*을 감소시켜야 한다고 보고하였다.

방목사육은 쇠고기의 건강성 외에도 색깔과 산화안정성에도 영향을 미치지만, 아직까지는 품질 항목들을 어떻게 변화시키는 지에 대해서는 명확하게 밝혀져 있지 않은 실정이다. 육색의 경우 Realini 등(2004)은 방목우가 옥내사육우보다 어두웠다고 보고한 반면, Varela 등(2004)은 방목우와 옥내사육우간에 차이가 없었다고 보고하였다. 특히, 산화안정성에 관한 연구에서 Gatellier 등(2004) 및 Realini 등(2004)은 각각 방목우가 낮았거나 높았다고 보고한 반면, Yang 등(2002)은 방목우와 옥내사육우간에 차이가 없었다고 보고하였다.

국내 품종인 한우에서도 방목에 관한 연구가 시도되었으나, 성장발육, 번식능력 및 사료 이용성에 미치는 영향에 대해서만 보고되었을 뿐(Kang *et al.*, 2003), 고기의 품질에 미치는 영향에 대해서는 아직까지 보고된 바 없다.

*Corresponding author : Sung Ki Lee, Department of Animal Products and Food Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea. Tel: 82-33-250-8646, Fax: 82-33-251-7719, E-mail: skilee@kangwon.ac.kr

따라서 본 연구는 비육기 이전에 초지에서 방목한 한우육과 옥내에서 비육한 한우육의 품질을 비교하고자 실시하였다.

재료 및 방법

시험동물 및 사료

본 시험의 공시 한우는 방목 및 옥내사육구로 나누어 사육을 실시하였다. 방목사육구는 28±4개월령 암소 5두를 충남 서산소재 A목장에서 공시하였다. 4월(28±4개월령)부터 11월(35±4개월령)까지 초지에서 방목한 다음 옥내의 우사에 배치하여 6개월 동안(41±4개월령, 582.0±35.6 kg) 농후사료의 경우 3 kg/head/d, 조사료(매초)의 경우 19 kg/head/d를 급여하였다. 옥내사육구는 6개월령 거세우 10두를 강원도 영월소재 B농가에서 공시하였으며, 농협사료 사양프로그램에 따라 24개월 동안(30개월령, 704.0±44.0 kg) 비육전기(6-14개월령), 비육중기(15-22개월령) 및 비육후기(23-30개월령)로 나누어 옥내의 우사에서 사육하였다. 각 단계별 농후사료와 조사료의 급여량은 농후사료의 경우 비육전기에는 최초 2.5 kg/head/d에서 1-2개월마다 0.5 kg/head/d씩 증가시켜 5.0 kg/head/d까지 급여하였고, 비육중기에는 6.0 kg/head/d에서 2개월마다 1.0 kg/head/d씩 증가시켜 9.0 kg/head/d까지 급여하였으며, 비육후기에는 자유채식시켰다. 조사료의 경우 비육전기에는 볏짚 2.0-2.5 kg/head/d 및 알팔파 큐브 1.0 kg/head/d, 비육중기에는 볏짚 2.0 kg/head/d, 비육후기에는 볏짚 1.0 kg/head/d를 급여하였다.

공시재료

비육완료된 시험동물들을 도축하고 2°C에서 48시간 동안 예냉한 다음 발골하여 얻은 등심(*M. longissimus*) 부위를 본 실험의 재료로 이용하였다. 우선, 4°C 저온실에서 등지방, 결체조직 및 혈액을 위생적으로 제거한 후 살코기를 1 cm 두께로 절단하였다. 표면육색소 및 표면육색 측정용 시료는 선상 저밀도 폴리에틸렌 랩(O₂ transmission rate=35,273 cc/m²·24 hr·tm, 0.01 mm thickness, 3M Co., Korea)에 포장하였으며, 드립감량 및 TBARS 측정용 시료는 식품포장용 저밀도 폴리에틸렌 지퍼백(LDPE cleanwrap zipper bag, Cleanwrap Co., Ltd., Korea)에 넣어 4±0.2°C에서 7일 동안 저장하였다.

도체성적 및 일반성분 함량

도체성적은 육등급사에 의해 판정된 도체등급 자료를 이용하여 분석하였다. 일반성분 함량은 AOAC(1995) 방법에 의해 실시하였다. 수분은 105°C dry oven에 의한 상압 가열건조법, 조지방은 diethyl ether에 의한 Soxhlet 추출법, 조단백질은 Kjeltex system(2200 Kjeltex Auto Distillation Unit, Foss Tecator Co., Sweden)에 의한 micro-Kjeldahl법,

조회분은 550°C 회화로에 의한 건식회화법을 이용하였다.

지방산 조성

시료의 지질은 Folch 등(1957)의 방법에 의해 추출하였다. 시료 6 g과 chloroform:methanol(2:1) 30 mL를 homogenizer(T25 basic ultra turrax, Ika Werke GmbH & Co., Germany)로 13,500 rpm에서 1분 동안 균질하였다. 0.88% KCl 6 mL를 넣고 3,000 rpm에서 10분 동안 원심분리(GS-6R Centrifuge, Beckman Instruments Inc., USA)하였다. 하층액을 40°C에서 질소가스농축기(MGS-2200, Eyla Tokyo Rikakikai Co., Ltd., Japan)로 완전히 농축시킨 다음 순수 지질을 AOAC(1995)의 방법에 의해 fatty acid methyl ester(FAME)로 전환시켰다. 시료의 FAME는 GC에 의해 지방산 standard들(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)의 retention time과 비교, 분석하였으며, 이때 분석 조건은 Table 1과 같다.

pH, 보수력 및 드립감량

pH는 시료 10 g과 증류수 100 mL를 균질기(Nissei AM-7, Nihonseiki Kaisha Ltd., Japan)로 10,000 rpm에서 1분간 균질한 다음 pH meter(F-12, Horiba Ltd., Japan)로 측정하였다.

보수력(water-holding capacity, WHC)은 Hofmann 등(1982)의 여지압착법에 의해 실시하였다. 우선, plexi-glass plate(11.5×5.0×0.8 cm) 위에 놓인 여과지의 중앙에 시료 0.3 g을 올려놓고 나머지 plexi-glass plate로 덮은 다음 동일한 힘으로 나사를 조여 5분 동안 방치하였다. 이후 digitizing area-line meter(Super PLANIX-α, Tamaya Technics Inc., Japan)를 이용하여 내부의 시료면적과 총면적을 측정

Table 1. Analysis method for the fatty acid composition using GC

Instrumentation	
Inlet	Split
Detector	FID
Chromatographic system	Agilent 6890N (Agilent Technologies Co., USA)
Automatic sampler	Agilent 7683 (Agilent Technologies Co., USA)
Column	HP-Innowax (30 m length × 0.32 mm id × 0.25 μm film thickness, Agilent Technologies Co., USA)
Experimental conditions GC/FID	
Inlet temperature	260°C
Injection volume	1 μL
Split ratio	10:1
Carrier	Helium, 1 mL/min constant flow
Oven temperature	150°C for 1 min, 150-200°C at 15°C/min, 200-250°C at 3°C/min, 250°C for 5 min
Detector temperature	280°C

한 다음 백분율(%)로 산출하였다. 드립감량은 Honikel(1998)의 방법에 따라 저장 3일에 발생한 육즙의 양을 시료 초기 무게의 백분율(%)로 나타내었다.

전자코(Electronic nose)에 의한 향기패턴

저장 0일의 시료 1 g을 10 mL headspace vial에 넣고 PTFE/rubber septa와 aluminium cap으로 밀봉한 다음 autosampler(HS 100, Alpha MOS Co., Toulouse, France)에 의해 40°C에서 500 rpm으로 교반하면서 600초 동안 향기성분을 추출하였다. Headspace 가스를 autosampler의 syringe(45°C)로 2.5 mL씩 뽑은 후 12개의 metal oxide 센서를 내장한 전자코(FOX 3000, Alpha MOS Co., Toulouse, France)에 주입하였으며, carrier gas와 flow는 air/150 mL이었다. 분석된 결과는 principal component analysis(PCA, Alpha soft version 8.01 software, Alpha MOS Co., Toulouse, France)로 처리하였다.

지방산화

지방산화(2-Thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)는 Sinnhuber와 Yu(1977)의 방법을 이용하여 실시하였다. 시료 0.4 g과 항산화제 3방울, 1% TBA-0.3% NaOH 3 mL, 0.25% TCA-3.6 mM HCl 17 mL를 혼합하고 98°C water bath(OB-25E, Jeio Tech Co., Korea)에서 30분 동안 가열한 후 얼음물에 담가 10분 동안 냉각하였다. 반응액 5 mL를 원심분리용 glass tube에 옮기고 chloroform 3 mL를 넣은 다음 3,000 rpm에서 30분 동안 원심분리(GS-6R Centrifuge, Beckman Instruments Inc., USA)하였으며, 상등액의 흡광도를 UV-vis spectrophotometer(UV-mini-1240, Shimadzu Co., Japan)로 532 nm에서 측정하였다. 최종수치는 시료 1 kg당 mg malonaldehyde(MA)로 산출하였으며, 대조구는 증류수 0.4 mL를 이용하였다.

표면육색소 함량

시료 표면의 MetMb 및 OxyMb 함량은 Krzywicki(1979)의 방법에 의해 실시하였다. 시료 표면의 반사율을 reflectospectrophotometer(UV-2401PC, Shimadzu Co., Japan)를 이용하여 473, 525, 572 및 730 nm에서 측정하였으며, 이때 측정된 반사율은 2-log(% reflectance)로 변환하여 Demos 등(1996)의 방법에 의해 백분율(%)로 산출하였다. 또한 적색 강도의 지표인 R630-R580(%)은 Strange 등(1974)의 방법에 의해 630 및 580 nm에서의 반사율을 뺀 값으로 산출하였다.

표면육색

시료의 표면육색은 chroma meter(CR-400, Konica Minolta Sensing Inc., Japan)를 이용하여 CIE L(lightness), a(redness), b(yellowness) 및 C(chroma = $[a^2 + b^2]^{1/2}$)를 측정하였으며,

Eagerman 등(1977)의 방법에 따라 총육색(total color = $[(L \times a^2)/b]$)을 산출하였다. 이때 calibrate plate의 illuminant C는 Y=93.6, x=0.3134, y=0.3194이었다.

통계처리

본 실험을 통해 얻은 결과는 SAS(1999) program의 General Linear Model procedure에 따라 처리되었으며, 각 처리구간에 유의성 검증을 위해 분산분석을 실시한 후 t-test로 유의성 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

도체성적 및 일반성분 함량

비육전 방목 및 옥내사육한 한우의 도체성적을 비교한 결과는 Table 2와 같다. 도체성적은 방목우의 도체중, 지육율, 배최장근단면적 및 육질등급이 옥내사육우보다 유의적으로 낮게 나타났던 반면($p < 0.05$), 조직감 및 성숙도는 방목우가 유의적으로 높게 나타났던($p < 0.05$). 하지만 등지방두께, 육량등급, 근내지방도, 육색 및 지방색은 처리구들간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 방목우의 도체중, 등지방 두께 및 배최장근단면적이 낮았다는 Realini 등(2004)의 보고와 일부 동일한 경향을 보였다.

고기의 일반성분 함량(Table 3)은 방목우의 수분이 옥내사육우보다 유의적으로 높게 나타났던 반면($p < 0.05$), 조지

Table 2. Comparison of carcass traits of outdoor-reared before finishing and indoor-reared Hanwoo

Trait	Outdoor	Indoor
Carcass weight (kg)	319.0±24.5 ^b	419.3±31.4 ^a
Dressing percentage (%)	54.8±1.8 ^b	59.5±1.7 ^a
Backfat thickness (mm)	10.6±3.6	9.9±5.9
Ribeye area (cm ²)	77.0±7.3 ^b	92.9±5.8 ^a
Yield grade ¹⁾	2.2±0.4	2.5±0.8
Marbling score ²⁾	4.6±1.5	6.9±1.3
Meat color ³⁾	5.2±0.4	5.0±0.0
Fat color ⁴⁾	2.8±0.4	3.0±0.0
Firmness ⁵⁾	1.4±0.5 ^a	1.0±0.0 ^b
Maturity ⁶⁾	3.4±1.1 ^a	2.4±0.5 ^b
Carcass quality grade ⁷⁾	3.0±0.7 ^b	4.1±0.7 ^a

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

¹⁾ A grade (yield index=67.50)=3, B grade (62.00=yield index <67.50), and C grade (yield index <62.00).

²⁾ No. 1 (devoid)=1-No. 9 (abundant)=9.

³⁾ No. 1 (brightly cherry red)=1-No. 7 (extremely dark red)=7.

⁴⁾ No. 1 (white)=1-No. 7 (dark yellow)=7.

⁵⁾ 1 (firm)=1-3 (soft)=3.

⁶⁾ 1 (youthful)=1-9 (mature)=9.

⁷⁾ 1** grade (good)=5, 1* grade=4, 1 grade=3, 2 grade=2, and 3 grade (bad)=1.

Table 3. Comparison of proximate composition of beef from outdoor-reared before finishing and indoor-reared Hanwoo

Trait	Outdoor	Indoor
Moisture (%)	65.76±2.49 ^a	62.76±4.55 ^b
Crude fat (%)	12.06±4.11 ^b	15.75±4.20 ^a
Crude protein (%)	20.42±1.53	20.69±1.02
Crude ash (%)	0.74±0.04	0.75±0.02

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

방은 방목우가 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 하지만 조단백질 및 조회분은 처리구들간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Smith와 Course(1984)는 소의 연령이 증가함에 따라 근내 지방 함량도 증가한다고 보고하였으며, Kim 등(2002)은 성별에 따른 한우육의 일반성분 함량을 비교한 결과, 암소와 거세우의 지방 함량간에 차이가 없었다고 보고하였다. 또한 방목 및 옥내사육에 따른 비교 시험에서 Realini 등(2004)은 방목우가 옥내사육우보다 낮은 지방 함량을 보였다고 보고하였다. 따라서 이러한 선행연구들을 통해 본 실험결과가 연령과 성별보다는 사육 방식(방목 및 옥내사육)에 의해 영향을 받은 것임을 알 수 있다. 반추동물인 소와 동일하게 단위동물인 돼지에 관한 연구에서도 방목돈의 지방 함량이 옥내사육돈보다 낮았다고 Bee 등(2004)에 의해 보고된 바 있다.

지방산 조성

지방산 조성(Table 4)을 살펴보면, C18:3n-3(linolenic acid), C20:4n-6(arachidonic acid), C20:5n-3(EPA), 포화지방산(SFA) 총량 및 n-3 지방산 총량은 방목우가 옥내사육우보다 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 반면에 C18:2n-6(linoleic acid), 다가불포화지방산(PUFA) 총량, n-6 지방산 총량 및 n-6/n-3은 방목우가 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). Purchas 등(2005)의 보고에 따르면, 연령이 높은 쇠고기가 연령이 낮은 쇠고기보다 포화지방산 총량이 높고, n-3 지방산 총량은 낮았으나, n-6/n-3에서는 차이가 없었다고 하였다. 한편 Elías Calles 등(2000)과 Zembayashi 등(2008)은 성별에 따른 쇠고기의 지방산 조성을 비교한 결과, 암소가 거세우보다 포화지방산 총량이 낮았던 반면, 다가불포화지방산 총량은 높았다고 보고하였다. 또한 Realini 등(2004)과 Varela 등(2004)은 방목 및 옥내사육에 따른 비교 시험에서 방목우가 옥내사육우보다 낮은 n-6/n-3을 보였다고 보고하였다. 결론적으로 이러한 선행연구들은 본 실험결과가 방목에 의해 영향받은 것임을 뒷받침해 준다.

생리학적으로 n-3 지방산은 n-6 지방산을 감소시켜 혈전(Sinclair *et al.*, 1994) 및 cyclooxygenase 및 lipoxigenase의 활성(Kinsella, 1988)을 저하시키고, 혈장내 지방 함량, thromboxane, leucotriene의 합성을 감소시키며, 항응집 효

Table 4. Comparison of fatty acid composition (%) of beef from outdoor-reared before finishing and indoor-reared Hanwoo

Trait	Outdoor	Indoor
C14:0 (Myristic acid)	3.55±0.32	3.67±0.52
C16:0 (Palmitic acid)	28.91±3.26	28.21±1.37
C16:1n-7 (Palmitoleic acid)	0.51±0.10	0.52±0.08
C18:0 (Stearic acid)	26.08±2.01	25.03±1.81
C18:1n-9 (Oleic acid)	37.34±2.60	37.95±1.31
C18:2n-6 (Linoleic acid)	2.40±0.56 ^b	3.59±0.70 ^a
C18:3n-3 (Linolenic acid)	0.26±0.05 ^a	0.21±0.04 ^b
C20:1n-9 (<i>cis</i> -11-Eicosenoic acid)	0.39±0.12	0.39±0.07
C20:4n-6 (Arachidonic acid)	0.44±0.11 ^a	0.33±0.12 ^b
C20:5n-3 (EPA)	0.04±0.01 ^a	0.02±0.01 ^b
C22:4n-6 (DTA)	0.09±0.01	0.08±0.02
SFA ¹⁾	58.54±1.99 ^a	56.91±1.51 ^b
MUFA ²⁾	38.24±2.63	38.86±1.31
PUFA ³⁾	3.22±0.68 ^b	4.23±0.77 ^a
Sn-6	2.92±0.65 ^b	4.00±0.75 ^a
Sn-3	0.30±0.06 ^a	0.23±0.05 ^b
Sn-6/Sn-3	10.11±2.73 ^b	18.13±4.47 ^a

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

¹⁾ Saturated fatty acids.

²⁾ Monounsaturated fatty acids.

³⁾ Polyunsaturated fatty acids.

Table 5. Comparison of pH, water-holding capacity (WHC), and drip loss of beef from outdoor-reared before finishing and indoor-reared Hanwoo

Trait	Outdoor	Indoor
pH	5.43±0.05 ^b	5.59±0.06 ^a
WHC (%)	50.32±6.95 ^b	54.04±4.29 ^a
Drip loss (%)	1.15±0.16	1.11±0.15

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

과와 더불어 prostaglandin의 합성을 증가시킨다(Carleton *et al.*, 1991). 따라서 식이에 의해 n-6/n-3을 10/1로 불균형하게 섭취하고 있는 현대인들의 건강을 위해서는 n-3 지방산의 섭취량을 증가시켜 n-6/n-3을 감소시켜야 하며 (Department of Health, 1994), 본 실험결과에서 n-6/n-3이 낮았던 방목우육이 인간의 건강에 가장 유익하리라 사료된다.

pH, 보수력, 드립감량 및 향기패턴

pH 및 보수력(Table 5)은 방목우가 옥내사육우보다 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 하지만 드립감량(Table 6)은 처리구들간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 일반적으로 고기의 pH가 높을수록 보수력도 높아지게 되며 (Hamm, 1982), 근내지방도 역시 그 함량이 높아질수록 보수력을 증가시킨다(Wood, 1993). 따라서 본 실험결과에서 방목우의 보수력이 옥내사육우보다 낮았던 이유는 pH와

Table 6. Comparison of TBARS and myoglobin contents of beef from outdoor-reared before finishing and indoor-reared Hanwoo during refrigerated storage

Trait	Storage time (d)	Outdoor	Indoor
TBARS (mg MA/kg meat)	0	0.28±0.03	0.27±0.05
	3	0.32±0.03	0.30±0.03
	7	0.45±0.06 ^a	0.35±0.03 ^b
MetMb (%)	0	19.34±2.82	19.30±1.90
	3	25.14±2.22 ^a	24.29±2.09 ^b
	7	26.74±1.83 ^a	25.20±2.47 ^b
OxyMb (%)	0	68.73±3.66	69.38±4.00
	3	66.72±3.97	67.31±3.95
	7	62.12±4.07 ^b	66.38±4.89 ^a
R630-R580 (%)	0	18.45±2.64 ^b	22.80±3.03 ^a
	3	17.71±2.99 ^b	19.37±3.53 ^a
	7	15.53±2.19 ^b	18.57±3.75 ^a

^{a,b} Means±standard deviation in same row with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

근내 지방 함량이 낮았기 때문이다. Varela 등(2004)은 Rubia Gallega 거세우의 방목 및 옥내사육 비교 시험에서 방목우와 옥내사육우의 pH, 보수력, 드립감량간에 차이가 없었다고 상반된 보고를 하였다. 하지만 단위동물인 돼지에 관한 연구에서 Bee 등(2004)의 경우 pH는 방목돈과 옥내사육돈간에 차이가 없었으나, 드립감량은 방목돈이 높았다고 보고하였다. 이와 같이 방목이 고기의 pH와 보수력에 미치는 영향은 아직까지 명확하게 밝혀지지 않았기 때문에, 이 부분에 대해서는 추가 연구가 필요하다고 사료된다.

전자코의 PCA에 의한 향기패턴(Fig. 1)은 분별지수(discrimination index)가 63으로 방목 경산우와 옥내사육 거세우간에 뚜렷한 차이를 보였다. 분별지수는 향기패턴의 차이 정도를 나타내는 수치로서 양의 수로 증가할수록 패턴의 차이가 더욱 뚜렷해지나, 음의 수로 감소할수록 차이가 없어짐을 의미한다(Alpha MOS, 2002). 이러한 이유는 고기의 향기에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 지방산이라는 Brennand(1989)의 보고로 미루어 보아 처리구들간에 지방산 조성의 차이가 있었기 때문이라고 사료된다.

지방산화 및 표면육색소의 변화

저장중 지방산화(TBARS, Table 6)는 저장 7일째에 방목우가 0.45 mg MA/kg meat로 옥내사육우의 0.35 mg MA/kg meat보다 유의적으로 높게 나타나($p<0.05$) 방목우의 지방 산화안정성이 낮은 것으로 나타났다. Realini 등(2004)은 방목지의 청초에는 농후사료의 5-10배 이상의 비타민 E가 함유되어 있기 때문에(Geay *et al.*, 2001), 방목우의 지방 산화안정성이 옥내사육우보다 높다고 보고하였다. 반면에 Gatellier 등(2004)은 농후사료에도 pro-anthocyanidin,

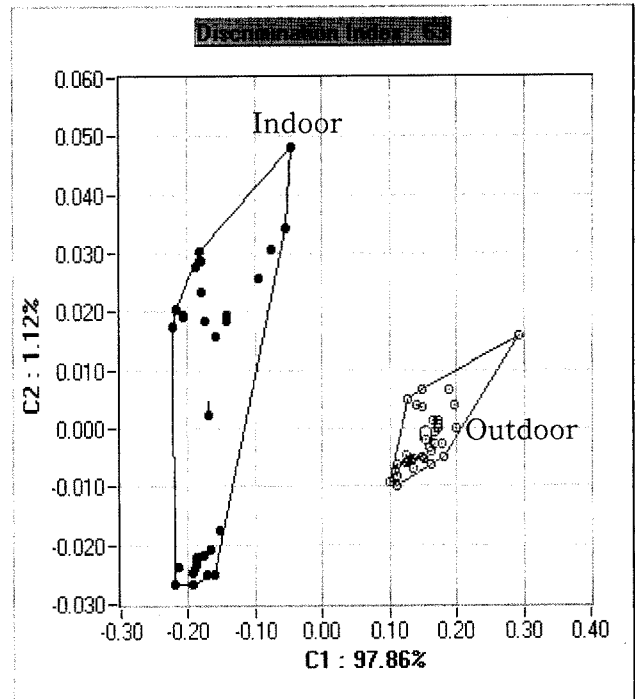


Fig. 1. Comparison of aroma pattern of beef from outdoor-reared before finishing and indoor-reared Hanwoo. This data was analyzed by PCA from electronic nose. Discrimination index is the separated level between aroma graphs of the treatments.

phytic acid 등의 폴리페놀과 같은 항산화 물질이 높게 함유되어 있기 때문에(Jood *et al.*, 1995), 오히려 옥내사육우의 지방 산화안정성이 방목우보다 높았다고 보고하였으며, 이는 본 실험결과와 동일하였다. 또한 이와 함께 Gatellier 등(2004)은 쇠고기의 비타민 E 함량, 항산화 효소(SOD, catalase, GPx) 활성 및 산화안정성은 연령에 의해 영향을 받지 않았다고 보고하였다. 본래 고기의 산화안정성은 주로 사료에 의해 영향을 받는데, 방목이 고기의 산화안정성에 미치는 영향의 경우 명확히 밝혀져 있지 않은 실정이다.

저장중 표면육색소 함량(Table 6)을 살펴보면, MetMb은 저장 3일부터 방목우가 옥내사육 우보다 유의적으로 높게 나타났($p<0.05$). 하지만 OxyMb는 저장 7일째에 방목우가 유의적으로 낮게 나타났으며($p<0.05$), 적색 강도의 지표인 R630-R580(Strange *et al.*, 1974)은 저장기간 동안 방목우가 유의적으로 낮게 나타났($p<0.05$). 이와는 상반되게, Gatellier 등(2005)은 방목 및 옥내사육한 Charolais 거세우육, 미경산우육, 경산우육을 진공포장하여 4°C에 14일 동안 저장한 다음 개봉하여 4°C에 6일 동안 저장하면서 표면육색소를 비교한 결과, 미경산우에서만 방목사육구의 MetMb 생성이 옥내사육구보다 지연되었을 뿐, 거세우와 경산우에서는 방목 및 옥내사육에 따른 차이를 보이지 않았다고 보고하여 방목의 효과가 뚜렷하게 나타나지 않았다.

표면육색의 변화

저장중 표면육색(Table 7)을 살펴보면, L 값(명도)은 저장기간 동안 방목우가 옥내사육우보다 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). a 값(적색도), b 값(황색도), C 값(chroma) 및 총육색(total color) 역시 L 값(명도)과 동일한 결과를 보였다. 총육색은 소비자들에 의한 신선육의 색깔 기호도와 높은 상관성을 가진 수치(Eagerman *et al.*, 1977)로서 본 실험결과를 통해 방목우의 색깔 기호도가 옥내사육우보다 낮음을 예측할 수 있다. 한편, H° 값(hue-angle)은 저장 3일부터 방목우가 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 일반적으로 가축의 연령이 높을수록 근육내 육색소 함량이 증가하기 때문에(Lawrie, 1979), 고기의 a 값이 증가하게 된다. 한편 성별에 따른 한우육의 육색에 관한 연구에서 Kim 등(2002)은 암소가 거세우보다 낮은 a 값 및 b 값을 보인 반면, L 값에서는 차이가 없었다고 보고하였다. 또한 방목 및 옥내사육에 따른 육색에 관한 연구에서 Varela 등(2004)은 방목우와 옥내사육우의 L 값, a 값 및 b 값들간에 차이가 없었다고 보고하였으나, Bee 등(2004)은 방목돈의 L 값이 옥내사육돈보다 낮았으나, a 값 및 b 값은 차이가 없었다고 보고하였다. 본래 가축을 방목하게 되면, 운동(Varnane and Sutherland, 1995)과 청초 섭취로 인한 근육내 식물 색소의 축적(Sanz Egaña, 1967)으로 인해 고기의 육색이 어두워지게 된다. 본 실험결과는 Varela 등(2004)의 보고와는 상반되었지만, Bee 등(2004)의 보고와

는 동일하게 방목육이 전형적인 어두운 육색을 보인 것으로 미루어 보아 연령과 성별보다는 사육방식(방목, 옥내사육)에 의한 영향으로 사료된다.

요 약

본 연구는 비육기 이전에 초지에서 방목한 한우육과 옥내에서 비육한 한우육의 품질을 비교하고자 실시하였다. 방목사육구는 28±4개월령 암소 5두를 7개월 동안(4월-11월) 방목한 다음 다시 6개월 동안 옥내에서 비육하였으며, 옥내사육구는 6개월령 거세우 10두를 24개월 동안 옥내에서 비육하였다. 시료로 등심(*M. longissimus*) 부위를 채취하여 4±0.2°C에서 7일 동안 저장하였다. 도체성적은 방목우의 도체중, 지육율, 배최장근단면적 및 육질등급이 옥내사육우보다 낮았으나($p<0.05$), 조직감 및 성숙도는 방목우가 높았다($p<0.05$). 조지방 및 *n-6* 지방산, *n-6/n-3*은 방목우가 낮았으나($p<0.05$), *n-3* 지방산, 포화지방산은 방목우가 높았다($p<0.05$). pH 및 보수력은 방목우가 낮았으며($p<0.05$), 전자코에 의한 향기패턴은 두 처리구들간에 뚜렷한 차이를 보였다. 저장중 품질은 방목우의 지방 및 육색소 산화안정성이 낮았으며, 옥내사육 우보다 어둡고 덜 붉은 육색을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 농업특정연구사업(과제번호 : 20060101033031)의 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Alpha MOS (2002) Operating Manual, Release January, Alpha MOS, Toulouse, France, pp. 154.
2. AOAC (1995) Official Methods of Analysis. 16th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
3. Bee, G., Guex, G., and Herzog, W. (2004) Free-range rearing of pigs during the winter : adaptations in muscle fiber characteristics and effects on adipose tissue composition and meat quality traits. *J. Anim. Sci.* **82**, 1206-1218.
4. Brennand, C. P. (1989) Factors affecting contributions of volatile branched-chain fatty acids to the species-related flavours of lamb and mutton. Ph. D. thesis, Wisconsin Univ., Madison, USA.
5. Carleton, R. A., Dwyer, J., Finberg, L., Goodman, D. S., Grundy, S. M., Havas, S., Hunter, G. T., Kritchevsky, D., Layer, R. M., Luepker, R. V., Ramirez, A. G., Horn, L. V., Stason, W. B., and Stokes, J. (1991) Report on the expert panel of population strategies for blood cholesterol reduction. A statement from the National Cholesterol Education

Table 7. Comparison of meat color of beef from outdoor-reared before finishing and indoor-reared Hanwoo during refrigerated storage

Trait	Storage time (d)	Outdoor	Indoor
L (Lightness)	0	40.11±1.92 ^b	41.40±2.45 ^a
	3	39.42±2.01 ^b	42.18±2.46 ^a
	7	40.43±2.16 ^b	42.22±2.38 ^a
a (Redness)	0	18.92±1.22 ^b	20.94±1.80 ^a
	3	19.84±1.02 ^b	21.16±1.78 ^a
	7	18.47±0.89 ^b	20.24±1.90 ^a
b (Yellowness)	0	9.67±1.00 ^b	10.50±1.34 ^a
	3	10.39±0.65 ^b	11.22±1.10 ^a
	7	9.87±0.89 ^b	10.88±1.05 ^a
C (Chroma)	0	21.25±1.49 ^b	23.44±2.15 ^a
	3	22.40±1.06 ^b	23.96±1.98 ^a
	7	20.95±1.07 ^b	22.99±2.05 ^a
H° (Hue-angle)	0	27.02±1.43	26.56±1.56
	3	27.65±1.53	27.95±1.69
	7	28.10±1.80	28.28±1.79
Total color (L×a ² /b)	0	1489.43±117.59 ^b	1732.78±139.59 ^a
	3	1496.13±127.89 ^b	1686.00±187.09 ^a
	7	1400.95±107.52 ^b	1594.56±202.38 ^a

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

- program, National Health, Lung and Blood Institute, National Institutes of Health. *Circulation* **83**, 2154-2232.
6. Dargon, J., Badouard, B., and Boulot, S. (1996) Free range pig farming in France. *Techni-Porc*. **19**, 7-13.
 7. Department of Health (1994) Nutritional aspects of cardiovascular disease. Report on Health and Social Subject No. 46, Majesty's Stationery Office, London, UK.
 8. Eagerman, B. A., Clydesdale, F. M., and Francis, F. J. (1977) Determination of fresh meat color by objective methods. *J. Food Sci.* **42**, 707-713.
 9. Eaton, S. B., Eaton, S. B., Konner, M. J., and Shostak, M. (1996) An evolutionary perspective enhances understanding of human nutritional requirements. *J. Nutr.* **126**, 1732-1740.
 10. Elías Calles, J. A., Gaskins, C. T., Busboom, J. R., Duckett, S. K., Cronrath, J. D., and Reeves, J. J. (2000) Sire variation in fatty acid composition of crossbred Wagyu steers and heifers. *Meat Sci.* **56**, 23-29.
 11. Enser, M., Hallett, K. G., Hewett, B., Fursey, G. A. J., Wood, J. D., and Harrington, G. (1998) Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production systems and implications for human nutrition. *Meat Sci.* **49**, 329-341.
 12. Folch, J. M., Lees, M., and Stanley, G. H. S. (1957) A simple method for the isolation and purification and total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* **226**, 497-509.
 13. Garton, G. A. (1965) The digestion and assimilation of lipids. International Symposium on the Physiology of Digestion in the Ruminant, Butterworth, Washington, DC, USA, pp. 390-398.
 14. Gatellier, P., Mercier, Y., and Renere, M. (2004) Effect of diet finishing mode (pasture or mixed diet) on antioxidant status of Charolais bovine meat. *Meat Sci.* **67**, 385-394.
 15. Gatellier, P., Mercier, Y., Juin, H., and Renere, M. (2005) Effect of finishing mode (pasture- or mixed-diet) on lipid composition, colour stability and lipid oxidation in meat from Charolais cattle. *Meat Sci.* **69**, 175-186.
 16. Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J. F., and Culioli, J. (2001) Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reprod. Nutr. Dev.* **41**, 1-26.
 17. Hamm, R. (1982) Über das wasserbindungsvermögen des fleisches. *Fleischerei* **33**, 590 -599.
 18. Hofmann, K., Hamm, R., and Blüchel, E. (1982) Neues über die bestimmung der wasserbindung des fleisches mit hilfe der filterpapierpressmethode. *Fleischwirtsch* **62**, 87-92.
 19. Honikel, K. O. (1998) Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* **49**, 447-457.
 20. Jood, S., Kapoor, A. C., and Singh, R. (1995) Polyphenol and phytic acid contents of cereal grains as affected by insect infestation. *J. Agric. Food Chem.* **43**, 435-438.
 21. Kang, S. W., Im, S. K., Jeong, J. W., Woo, J. S., and Jeon, K. J. (2003) Effect of the level of concentrates and pasture grazing on growth, reproductive performance and feed efficiency in spring born Hanwoo heifers. *Korean J. Anim. Sci. Technol.* **45**, 101-112.
 22. Kim, J. W., Cheon, Y. H., Jang, A. R., Lee, S. O., Min, J. S., and Lee, M. (2002) Determination of physico-chemical properties and quality attributes of Hanwoo beef with grade and sex. *Korean J. Anim. Sci. Technol.* **44**, 599-606.
 23. Kinsella, J. E. (1988) Food lipids and fatty acids : Importance in food quality, nutrition and health. *Food Technol.* **42**, 124-145.
 24. Krzywicki, K. (1979) Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of the beef. *Meat Sci.* **3**, 1-10.
 25. Lanari, M. C., Brewster, M., Yang, A., and Tume, R. K. (2002) Pasture and grain finishing affect the color stability of beef. *J. Food Sci.* **67**, 2467-2473.
 26. Lawrie, R. A. (1979) Meat Science. 3th ed, Pergamon Press Inc., NY, USA, pp. 110-111.
 27. Purchas, R. W., Knight, T. W., and Busboom, J. R. (2005) The effect of production system and age on concentrations of fatty acids in intramuscular fat of the longissimus and triceps brachii muscles of Angus-cross heifers. *Meat Sci.* **70**, 597-603.
 28. Realini, C. E., Duckett, S. K., Brito, G. W., Rizza, M. D., and De Mattos, D. (2004) Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci.* **66**, 567-577.
 29. Sanz Egaña, C. (1967) Enciclopedia de la carne. Espasa-Calpe, Madrid, Spain.
 30. SAS (1999) SAS/STAT software for PC. Release 8.01, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
 31. Sinclair, A. J., Johnson, L., O'Dea, K., and Holman, R. T. (1994) Diets rich in lean beef increase arachidonic acid and long-chain 3 polyunsaturated fatty acid levels in plasma phospholipids. *Lipids* **29**, 337-343.
 32. Sinnhuber, R. O. and Yu, T. C. (1977) The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative deterioration occurring in fats and oils. *J. Jap. Soc. Fish. Sci.* **26**, 259-267.
 33. Smith, S. B. and Crouse, J. D. (1984) Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. *J. Nutr.* **14**, 792-800.
 34. Strange, E. E., Benedicts, R. C., Gugger, R. E., Metzger, V. G., and Swift, C. E. (1974) Simplified methodology for measuring meat color. *J. Food Sci.* **39**, 988-992.
 35. Varela, A., Oliete, B., Moreno, T., Portela, C., Monserrat, L., Carballo, J. A., and Sánchez, L. (2004) Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallega breed. *Meat Sci.* **67**, 515 -522.
 36. Varnane, A. and Sutherland, J. (1995) The colour of meat. In: Meat and meat products-technology, chemistry and microbiology. Chapman & Hall, London, UK, pp. 26.
 37. Wood, J. D. (1993) Production and processing practices to meet consumer needs. In: Manipulating pig production. Battersham E. (ed), Australasian Pig Science Association, Attwood, Victoria, Australia, pp. 135-147.

-
38. Yang, A., Lanari, M. C., Brewster, M., and Tume, R. K. (2002) Lipid stability and meat colour of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Sci.* **60**, 41-50.
39. Zembayashi, M., Nishimura, K., Lunt, D. K., and Smith, S. B. (2008) Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. *J. Anim. Sci.* **73**, 3325-3332.
-
- (2008.05.07 접수/2008.09.26 수정1/2008.11.26 수정2/
2008.12.02 채택)