한국축산식품학회지
Korean J. Food Sci. Ani. Resour.
Vol. 28, No. 2, pp. 196~203(2008)

한우우사 바닥의 톱밥두께가 도축 후 등심의 육질에 미치는 영향

강선문 · 박연수[1] · 이익선 · 김태실 · 판조노 · 이성기*
강원대학교 동물식품응용과학과, [1]강원도 축산기술연구센터

Effect of Sawdust-Bedded Thickness in Floors of Hanwoo on Meat Quality of *M. Longissimus* after Slaughter

Sun Moon Kang, Yeon Soo Park[1], Ik Sun Lee, Tae Sil Kim, Panjono, and Sung Ki Lee*
Department of Animal Products and Food Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea
[1]Gangwon Provincial Livestock Research Center, Hoengseong 225-830, Korea

Abstract

This study was carried out to investigate the effect of sawdust-bedded thickness in floors (SBTF) of Hanwoo on meat quality of *M. longissimus* after slaughter. The 7 mon-aged bulls (22 heads) were housed in single sheds (3×8 m^2/animal) bedded with sawdust of 10, 15, and 20 cm thickness for 20 mon prior to slaughter. The *M. longissimus* from carcasses were then stored at 4±0.2°C for 9 d. SBTF had no significant effect on carcass traits and pH, water-holding capacity, drip loss, cooking loss, Warner-Bratzler shear force, aroma pattern with electronic nose, and sensory attributes of beef. The 20 cm group had the highest crude fat and the lowest n6/n3 (p<0.05). At 9 d, the 10 cm group showed the highest total reducing ability and the lowest TBARS content (p<0.05). During storage, the 10 and 20 cm groups had lower MetMb content, higher OxyMb content, and redder meat color than the 15 cm group (p<0.05).

Key words : sawdust-bedded thickness, meat quality, Hanwoo

서 론

쇠고기의 품질은 다양한 요인들에 의해 영향을 받으며, 이는 크게 내부적 요인과 외부적 요인으로 분류할 수 있다. 내부적 요인에는 소의 품종, 성별, 연령, 근섬유 형태, 도체중 및 근내지방도 등이 있으며, 외부적 요인으로는 기후, 영양상태, 사육밀도 및 면적, 우사바닥의 재질, 도축전 스트레스 등의 사육조건과 전기자극, 도체현수, 냉각, 숙성 및 포장 등의 사후 처리조건을 들 수 있다.

특히, 이 요인들 중 사육조건은 소의 복지측면에서 가장 중요하다고 할 수 있다(Morrison *et al.*, 2001). 이에 따라 최근 식육학의 세계적인 동향으로 복지사육이 쇠고기의 품질에 미치는 영향에 대한 연구(Mercier *et al.*, 2004; Realini *et al.*, 2004)가 이루어지고 있으며, 전세계적으로 소의 사육환경에 복지조건을 도입하고자 법과 규제를 마련하고 있는 실정이다. 소의 사육환경에 복지여건을 향상시켜 줄 수 있는 가장 기본적인 방안으로 기존의 딱딱한 슬레이트 재질인 우사 바닥을 소에게 편안한 재질로 바꿔주는 방법이 있다. Lowe 등(2003)은 우사바닥의 재질에 따른 소의 생산성 및 행동에 대한 연구에서 시험우가 슬레이트 우사보다 짚이 깔린 우사를 더 선호하였다고 보고하였으며, Burgess와 Hutchinson(2005)은 짚이 깔린 우사가 슬레이트보다 동물복지에 더 유리하다고 보고하였다. 하지만 우사바닥에 짚을 깔아주는 것은 노동력의 효율성과 경제성면에서 불리한 단점을 가지고 있다(Lenehan, 2003).

짚이 깔린 우사와 슬레이트 우사에서 사육한 소의 도체성적 및 등심의 육질을 비교한 연구들도 보고된 바 있다. Andersen 등(1991)과 Levy 등(1970)은 각각 짚 처리구의 살코기 및 지방 함량이 슬레이트 처리구보다 높았다고 보고하였으나, Gottardo 등(2004)은 도체성적 및 등심의 육질에서 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 이외에도 다른 종류의 바닥 깔개들과 함께 비교한 연구들도 보고되었는데, Lowe 등(2001)은 짚, 고무 매트 및 슬레이트로 처리하여 비교한 결과, 도체성적 및 육질에서 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. Dunne 등(2007)은 고무 매트 대신 우드칩으로 바꾸어 비교시험을 실시하였다. 그 결과,

*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

우드칩 처리구의 도체중과 근내지방도가 슬레이트 처리구보다 높았고, 등심의 육질에서는 사후강직 2일에 짚 처리구의 L 값(명도)이 우드칩 처리구보다 높았으나, 최종 pH, 총육색소 및 일반성분 함량, 드립감량, 가열감량, 전단력 및 사후강직 14일의 육색에서는 차이를 보이지 않았다.

현재까지 우사바닥에 깔개의 종류가 소의 도체성적 및 등심의 육질에 미치는 영향에 대해 많은 연구들이 수행되어 보고되었으나, 깔개가 깔린 두께에 대한 연구는 보고된 바 없다. 따라서 본 연구는 한우우사 바닥면의 톱밥 두께가 도축후 등심의 육질에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

시험동물 및 사료

7개월령의 비거세 한우 수소 22두(160.8±28.1 kg)를 강원도 횡성소재 A농가에서 27개월령(547.7±33.0 kg)까지 공시하였다. 처리구는 우사바닥의 톱밥두께가 10, 15 및 20 cm로 깔린 단방우사(3×8 m^2)에 각각 7, 7 및 8두씩 배치하여 시험을 실시하였다. 사료는 시판 농후사료와 목초 사일리지를 자유채식시켰다.

공시재료

비육완료된 시험축들을 도축하여 1°C에서 24시간 동안 예냉한 다음 발골하여 얻은 등심(*M. longissimus*) 부위를 본 실험의 시료로 이용하였다. 4°C 저온실에서 등지방, 결체조직 및 혈액을 위생적으로 제거한 후 살코기만을 정형하였다. 육색 및 육색소 측정용 시료는 각각 8×5×1 cm 및 5×3×1 cm으로 절단하여 선상 폴리에틸렌 랩(Oxygen transmission rate = 35,273 cc/m^2 · 24 hr · atm, 0.01 mm thickness, 3M Co., Korea)에 포장하였다. 드립감량, TBARS 및 총환원력 측정용 시료는 두께 1 cm가 되도록 분할하여 식품포장용 저밀도 폴리에틸렌 지퍼백(LDPE cleanwrap zipper bag, Cleanwrap Co., Ltd., Korea)에 넣어 4±0.2°C(CA-G17DZ, LG Co., Korea)에서 12일 동안 저장하였으며, 저장 첫째날을 0일로 설정하였다. 가열육의 관능검사용 시료는 진공포장용 파우치(6" Foodguard bag, Rollpack Co., Korea)에 진공포장하여 4±0.2°C에서 2일 동안 숙성시킨 후 기호도 측정을 실시하였다.

도체성적 및 일반성분 함량

도체성적(도체중, 등지방두께, 배최장근단면적, 육량등급 및 육질등급)은 육등급사에 의해 판정된 도체등급 자료를 이용하여 분석하였다. 일반성분 함량은 AOAC(1995) 방법에 의해 실시하였다. 수분은 105°C dry oven에 의한 상압가열건조법, 조지방은 diethyl ether에 의한 Soxhlet 추출법, 조단백질은 Kjeltec system(2200 Kjeltec Auto Distillation Unit, Foss Tecator Co., Sweden)에 의한 micro-Kjeldahl법, 조회분은 550°C 회화로에 의한 건식회화법을 이용하였다.

지방산 조성

Folch 등(1957)의 방법에 의해 추출한 지질을 AOAC (1995)의 방법에 의해 fatty acid methyl ester화 시킨 다음 GC(Agilent 6890N, Agilent Technologies Co., USA)에 의해 분석하였으며, 각각의 fatty acid methyl ester standard (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)의 retention time과 비교하여 정량하였다. 이때 GC의 분석 조건은 Table 1과 같다.

pH 및 보수력

pH는 시료 10 g과 증류수 100 mL를 가정용 믹서(MX-2000, Brawn Co., Germany)에 의해 속도 2단계로 30초 동안 균질한 다음 pH meter(SevenEasy pH, Mettler-Toledo GmbH, Switzerland)로 측정하였다.

보수력(water-holding capacity, WHC)은 Hofmann 등(1982)의 여지압착법에 준하여 실시하였다. 두개의 plexiglass plate(11.5×5.0×0.8 cm) 사이에 여과지(No. 2, Whatman International Ltd., England)를 넣고 세절한 시료 0.3 g을 취한 후 동일한 힘으로 양쪽 나사를 조여 5분 동안 방치하였다. 이후 digitizing area-line meter(Super PLANIX-α, Tamaya Technics Inc., Japan)를 이용하여 내부의 시료면적과 총면적을 측정하여 보수력을 백분율(%)로 산출하였다.

드립감량 및 가열감량

드립감량 및 가열감량은 Honikel(1998)의 방법에 준하여 실시하였다. 드립감량은 저장 3일에 발생한 육즙의 양을

Table 1. Analysis method of fatty acid composition using GC

Instrumentation	
Inlet	Split/splitless
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	He, 1 mL/min constant flow
Oven temperature	150°C for 1 °C/min 150-200°C at 15 °C/min 200-250°C at 3 °C/min, 250°C for 5 min
FID temperature	280°C

시료 초기무게의 백분율(%)로 산출하였다. 가열감량은 70-90 g의 시료를 저밀도 폴리에틸렌 지퍼백(LDPE cleanwrap zipper bag, Cleanwrap Co., Ltd, Korea)에 넣어 85°C water bath(OB-25E, Jeio Tech Co., Korea)에서 심부온도가 75°C로 될 때까지 가열한 다음 얼음에 담가 4°C 저온실에 하루 동안 방치하였다. 이후 가열중 발생한 육즙의 양을 시료 초기무게의 백분율(%)로 산출하였다.

전단력(WBSF)

가열감량을 측정한 시료들을 각각 1×1×1.5 cm로 성형한 다음 Warner-Bratzler shear blade를 장착한 texture analyser(TA-XT2*i* version 6.06, Stable Micro Systems Co., Ltd., UK)로 전단력(Warner-Bratzler shear force, WBSF)을 측정하였으며, blade와 근섬유 방향이 평행하도록 절단하였다. 이때 분석조건은 load cell 25 kg, pretest speed 5.0 mm/sec, test speed 2.0 mm/sec, posttest speed 5.0 mm/sec 이었으며, 분석된 결과는 kg으로 산출하였다.

총환원력(TRA) 및 TBARS

총환원력(total reducing ability, TRA)은 Lee 등(1981)의 방법을 수정하여 실시하였다. 우선, 시료 2 g과 25 mM pipes buffer(pH 5.8) 10 mL를 homogenizer(Ultra Turrax T25 basic, Ika Werke GmbH & Co., Germany)로 13,500 rpm에서 10초 동안 균질하였다. 균질액 5 mL와 5 mM potassium ferricyanide 2 mL를 혼합한 후 1시간 동안 방치하였다. 이후 0.5% ammonium sulfamate 0.1 mL, 0.5 M lead acetate 0.2 mL, 20% trichloroacetic acid 5 mL 및 증류수 0.2 mL를 순차적으로 넣고, 0.45 μm syringe filter로 여과한 후 420 nm에서 흡광도를 측정(UV-mini-1240, Shimadzu Co., Japan)하였다. 최종적으로 총환원력은 1 mM potassium ferricyanide의 흡광도에서 시료의 흡광도를 뺀 수치로 산출하였다.

TBARS(2-thiobarbituric acid reactive substances)는 Sinnhuber와 Yu(1977)의 방법을 약간 수정하여 실시하였다. 시료의 흡광도를 532 nm에서 UV-vis spectrophotometer (UV-mini-1240, Shimadzu Co., Japan)로 측정하였다. TBARS는 시료 1 kg당 mg malonaldehyde(MA)로 산출하였다.

표면육색소의 함량

시료 표면의 MetMb 및 OxyMb의 함량(%)은 473, 525, 572 및 730 nm에서의 반사율을 reflectospectrophotometer (UV-2401PC, Shimadzu Co., Japan)로 측정(Krzywicki, 1979)한 다음 반사율을 2-log(% reflectance)로 변환하여 Demos 등(1996)의 방법에 따라 산출하였다. 또한 OxyMb에 의한 적색 강도의 지표인 R-Diff. 값은 630 및 580 nm에서의 반사율을 뺀 값으로 산출(Strange *et al.*, 1974)하였다. 저장 0일의 표면육색소 함량은 4°C 암실에서 시료를 1시간 동안 공기에 노출시킨 다음 측정하였다.

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=$[\{L\cdot a^2\}/b]$)을 산출하였다. 이때 calibrate plate의 illuminant C는 Y=93.6, x=0.3134, y=0.3194이었으며, 저장 0일의 표면육색은 표면육색소 함량과 동일하게 4°C 암실에서 시료를 1시간 동안 공기에 노출시킨 다음 측정하였다.

전자코(Electronic nose)에 의한 신선육의 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, 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)에 의해 처리하였다.

신선육 및 가열육의 관능검사

신선육 및 가열육의 관능검사는 10명의 요원에 의해 실시되었다. 신선육의 경우 저장 0일에 표면육색 측정용 시료를 이용하여 육색, 근내지방도 및 종합적 기호도를 조사하였으며, 가열육의 경우 맛, 풍미, 조직감, 다즙성 및 종합적 기호도를 조사하였다. 관능검사의 척도는 9점법에 의해 실시하였으며, "아주 좋다(very good)"를 9점, "아주 나쁘다(very bad)"를 1점으로 정하였다. 가열육을 위한 시료는 1.5×2.5×0.5 cm로 절단한 후 가정용 전자렌지(RE-2550, Samsung Co., Korea)로 시료의 양면을 1분씩 교대로 하여 총 2분 동안 가열하였다. 이때 고기의 심부온도는 평균 78°C이었다.

통계처리

본 실험을 통해 얻은 결과는 SAS(1999) program의 General Linear Model procedure에 의해 분산분석을 실시한 후 Duncan's multiple range test로 유의성 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

도체성적, 기본 육질 및 지방산 조성

한우우사 바닥의 톱밥두께가 도체성적 및 등심의 기본

육질에 미치는 영향은 Table 2와 같다. 도체성적은 톱밥두께에 따른 유의적인 차이가 보이지 않았으며, 처리구들의 육질 및 육량등급은 모두 동일하게 1A로 나타났다. 등심의 일반성분 함량(Table 2)을 살펴보면, 톱밥두께가 증가함에 따라 고기의 수분 함량은 감소하여 20 cm가 10 cm보다 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 조지방 함량은 톱밥두께가 증가함에 따라 증가하여 20 cm가 타처리구들보다 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 하지만 조단백질 및 조회분 함량에서는 처리구들간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 또한 등심의 pH, 보수력, 드립감량, 가열감량 및 전단력에서도 처리구들간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 따라서 소에게 편안한 사육조건을 제공시 고기내 지방 함량은 증가시키나, pH, 보수력 및 조직감에는 영향을 미치지 못하였다. Gottardo 등(2004)은 짚이 깔린 우사와 슬레이트 우사에서 사육한 소 등심의 품질을 비교한 결과, pH, 가열감량 및 전단력의 차이가 없었다고 보고하였으며, Lowe 등(2001)도 동일하게 짚, 고무 매트 및 슬레이트에 따른 육질 비교시험에서 차이가 없었다고 보고한 바 있다. 이러한 보고들의 결과와 동일하게 본 실험에서도 사육조건이 쇠고기의 pH, 보수력 및 전단력에 크게 영향을 주지 못한다고 사료된다.

지방산 조성(Table 3)을 살펴보면, C14:0-C22:6n3, SFA, MUFA 및 PUFA은 처리구들 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, n6/n3은 20 cm가 4.33으로 10 및 15 cm의 5.62 및 5.79보다 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 현대인들은 식이내 n6/n3을 1/1로 섭취했던 원시인들과 달리 10/1로 섭취하고 있으며(Eaton *et al.*, 1996), 특히, n3을 n6보다 적게 섭취하고 있다(Aro *et al.*, 1998). 이로 인해 아테롬성 질환의 발병 위험성이 높아지고 있으며(Carleton *et al.*, 1991), 현대인들의 건강을 위해서는 식이내 n6/n3을 4/1-5/1로 감소시켜야 한다(Department of Health, 1994). 따라서 n6/n3이 가장 낮고 건강 지표에 속한 20 cm가 인간의 건강에 보다 유익하며, 방사시 쇠고기의 n6/n3이 감소하였다는 Realini 등(2004)의 보고로 미루어 보아 편안한 사육조건이 쇠고기의 n6/n3을 감소시킨다고 사료된다.

지방산화 및 표면 육색소 함량의 변화

총환원력(Table 4)은 저장기간 동안 15 및 20 cm가 10 cm보다 빨리 감소하여 저장 9일째에 15 및 20 cm가 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 이에 따라 TBARS(Table 4)는 저장기간 동안 15 및 20 cm가 10 cm보다 빨리 증가하였다. 특히, 저장 6일째에 15 cm가 10 cm보다 유의적으로 높게 나타났으며($p<0.05$), 9일째에는 15 및 20 cm가 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 따라서 이 결과를 통해 15 및 20 cm의 지방 산화안정성이 10 cm보다 낮은 것을 알 수 있으며, 이는 저장중 풍미, 색깔, 영양가 및 안전성의 저하가 빨리 일어날 수 있다는 것을 의미한다(Buckley *et al.*, 1995). Lee 등(2008)은 넓은 면적의 우사에서 한우를 사육시 쇠고기의 저장중 TBARS와 POV가 지연되었다고 보고하였는데, 이는 편안한 사육환경이 고기의 지방 산화안정성을 증가시킨다는 것을 의미한다. 하지만 본 실험결과에서 10 cm보다 편안한 15 및 20 cm의 톱밥두께에서 사육시 한우육의 지방 산화안정성이 낮게 나타나 선행연구 결과와는 상반되었다.

Table 2. Effect of sawdust-bedded thickness in floors of Hanwoo on carcass and technological quality traits of *M. longissimus*

Trait	Sawdust-bedded thickness (cm)		
	10	15	20
Carcass trait			
Carcass weight (kg)	337.1±13.6	320.3±24.0	315.9±26.8
Backfat thickness (mm)	3.4± 1.0	2.9± 0.7	3.1± 0.8
Ribeye area (cm^2)	79.7± 3.5	77.0± 3.6	76.3± 3.8
Yield grade[1)]	3.0± 0.0	3.0± 0.0	3.0± 0.0
Carcass quality grade[2)]	1.0± 0.0	1.0± 0.0	1.0± 0.0
Proximate composition (%)			
Moisture	75.18± 0.86[a]	74.99± 1.72[ab]	74.25± 0.86[b]
Crude fat	3.37± 0.93[b]	3.55± 1.72[b]	4.56± 1.14[a]
Crude protein	21.01± 0.68	20.70± 0.48	20.56± 1.02
Crude ash	0.98± 0.07	0.97± 0.03	0.91± 0.06
pH	5.52± 0.13	5.41± 0.06	5.46± 0.08
WHC (%)	36.08± 3.21	35.96± 2.44	35.04± 3.29
Drip loss (%)	3.12± 0.88	3.45± 0.51	4.15± 1.17
Cooking loss (%)	38.56± 0.91	38.71± 1.20	38.83± 1.41
WBSF (kg)	3.40± 0.64	3.29± 0.80	3.38± 0.75

[a-c] Means±SD in same row with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).
[1)] A grade=3, B grade=2, and C grade=1.
[2)] 1^{++} grade=5, 1^{+} grade=4, 1 grade=3, 2 grade=2, and 3 grade=1.

Table 3. Effect of sawdust-bedded thickness in floors of Hanwoo on fatty acid composition (%) of *M. longissimus*

Trait	Sawdust-bedded thickness (cm)		
	10	15	20
C14:0 (Myristic acid)	3.94±0.42	4.05±0.50	4.16±0.46
C16:0 (Palmitic acid)	31.13±1.18	31.84±1.05	31.70±0.99
C16:1n7 (Palmitoleic acid)	0.64±0.06	0.72±0.14	0.76±0.13
C18:0 (Stearic acid)	19.92±2.16	18.91±4.27	17.86±2.97
C18:1n9 (Oleic acid)	41.58±1.75	41.12±5.13	42.98±3.76
C18:2n6 (Linoleic acid)	0.46±0.07	0.50±0.11	0.45±0.17
C18:3n3 (Linolenic acid)	0.21±0.03	0.22±0.06	0.25±0.10
C20:1n9 (Eicosenoic acid)	0.29±0.03	0.27±0.05	0.29±0.05
C20:4n6 (Arachidonic acid)	1.63±0.30	2.10±1.13	1.35±0.71
C20:5n3 (EPA)	0.11±0.01	0.15±0.08	0.10±0.05
C22:4n6 (DTA)	0.04±0.01	0.04±0.02	0.02±0.01
C22:6n3 (DHA)	0.06±0.02	0.07±0.03	0.05±0.02
SFA[1)]	54.99±1.65	54.80±3.86	53.73±3.25
UFA[2)]	45.01±1.65	45.20±3.86	46.27±3.25
MUFA[3)]	42.51±1.78	42.11±5.08	44.03±3.77
PUFA[4)]	2.50±0.31	3.09±1.38	2.24±1.04
UFA/SFA	0.82±0.05	0.83±0.13	0.87±0.12
MUFA/SFA	0.77±0.05	0.78±0.15	0.83±0.12
PUFA/SFA	0.05±0.01	0.06±0.02	0.04±0.02
n6/n3	5.62±0.52[a]	5.79±1.07[a]	4.33±0.53[b]

[a-b] Means±SD in same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).
[1)] Saturated fatty acids. [2)] Unsaturated fatty acids.
[3)] Monounsaturated fatty acids. [3)] Polyunsaturated fatty acids.

Table 4. Effect of sawdust-bedded thickness in floors of Hanwoo on total reducing ability (TRA) and TBARS content of *M. longissimus* during storage at 4°C

Trait	Storage time (d)	Sawdust-bedded thickness (cm)		
		10	15	20
TRA	0	0.28±0.03[A]	0.28±0.03[A]	0.28±0.03[A]
	3	0.26±0.04[A]	0.24±0.02[B]	0.25±0.03[B]
	6	0.25±0.04[A]	0.22±0.02[B]	0.23±0.04[B]
	9	0.21±0.04[aB]	0.15±0.04[bC]	0.17±0.02[bC]
TBARS (mg MA/kg meat)	0	0.23±0.03[D]	0.25±0.03[D]	0.25±0.03[C]
	3	0.27±0.02[C]	0.28±0.02[C]	0.27±0.02[C]
	6	0.29±0.04[bB]	0.34±0.07[aB]	0.32±0.04[abB]
	9	0.33±0.03[bA]	0.38±0.06[aA]	0.37±0.06[aA]

[a-b] Means±SD in same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).
[A-D] Means±SD in same column with different superscripts are significantly different (p<0.05).

표면육색소(Table 5)를 살펴보면, MetMb 함량은 저장기간 동안 10 및 20 cm가 15 cm보다 유의적으로 낮게 나타났으며(p<0.05), 저장 6일째까지는 20 cm가 10 cm보다 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05). Greene 등(1971)은 고기 표면의 MetMb이 40% 이상이면, 소비자들이 고기를 구매하지 않게 된다고 보고하였다. 본 실험결과에서는 저장 9일째에 10 및 20 cm가 각각 33.58 및 31.93%로 40% 미만의 수준을 나타내었으나, 15 cm는 44.94%로 구매 한계선을 초과하였다. 소비자가 가장 선호하는 선홍색의 육색을 띄게 하는 OxyMb(Feldhusen *et al.*, 1995) 함량과 OxyMb에 의한 적색 강도를 나타내는 R-Diff. 값(Strange *et al.*, 1974)은 MetMb 함량과 정반대의 결과를 나타내어 저장기간 동안 10 및 20 cm가 15 cm보다 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05). 따라서 이 결과를 통해 10 및 20 cm의 육색소 산화안정성이 15 cm보다 높았다는 것을 알 수 있으나, 이러한 이유를 명확히 알기 위해서는 추가연구가 필요하다고 사료된다.

표면육색의 변화

표면육색(Table 6)을 살펴보면, L 값(명도)은 저장 3, 6

Table 5. Effect of sawdust-bedded thickness in floors of Hanwoo on Mb content of *M. longissimus* during storage at 4°C

Trait	Storage time (d)	Sawdust-bedded thickness (cm)		
		10	15	20
MetMb (%)	0	20.01± 2.97^{cD}	22.72± 2.55^{aD}	21.14± 3.07^{bD}
	3	25.04± 3.16^{cC}	27.96± 2.45^{aC}	25.64± 3.24^{bC}
	6	27.18± 2.79^{cB}	30.16± 2.20^{aB}	27.71± 3.24^{bB}
	9	31.93± 8.54^{bA}	44.94±13.24^{aA}	33.58±10.68^{bA}
OxyMb (%)	0	66.64± 6.43^{aA}	63.45± 5.85^{cA}	65.40± 5.56^{bA}
	3	60.22± 5.39^{aB}	57.91± 4.46^{cB}	59.30± 4.86^{bB}
	6	58.64± 5.74^{aC}	54.68± 4.71^{cC}	57.21± 5.25^{bC}
	9	50.22±11.93^{aD}	35.29±17.80^{bD}	49.82±13.91^{aD}
R-Diff.[1)]	0	20.55± 2.63^{aA}	18.94± 2.41^{cA}	19.82± 2.64^{bA}
	3	16.52± 2.41^{aB}	15.17± 1.76^{cB}	16.05± 2.57^{bB}
	6	15.59± 1.95^{aC}	14.42± 1.30^{bC}	15.46± 2.46^{aC}
	9	12.15± 3.25^{aD}	7.64± 4.81^{bD}	12.12± 4.55^{aD}

$^{a-c}$ Means±SD in same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).
$^{A-D}$ Means±SD in same column with different superscripts are significantly different (p<0.05).
[1)] R630 nm-R580 nm (Strange *et al.*, 1974).

Table 6. Effect of sawdust-bedded thickness in floors of Hanwoo on color of *M. longissimus* during storage at 4°C

Trait	Storage time (d)	Sawdust-bedded thickness (cm)		
		10	15	20
L (Lightness)	0	43.03± 1.62^{A}	42.80± 1.04^{A}	42.63± 1.78^{A}
	3	40.73± 2.09^{abB}	41.16± 1.28^{aB}	40.40± 2.17^{bB}
	6	40.14± 2.22^{bB}	40.98± 1.11^{aB}	40.47± 2.01^{abB}
	9	40.28± 2.62^{B}	40.55± 1.48^{C}	40.86± 2.09^{B}
a (Redness)	0	18.52± 1.11^{aA}	18.23± 1.01^{bA}	18.75± 0.90^{aA}
	3	17.88± 1.16^{aB}	16.88± 1.13^{bB}	17.72± 0.99^{aB}
	6	17.46± 1.03^{aC}	16.86± 0.85^{bB}	17.44± 0.99^{aB}
	9	17.39± 1.63^{aC}	16.39± 2.76^{bC}	17.04± 1.64^{aC}
b (Yellowness)	0	10.19± 0.78^{a}	9.89± 0.66^{bB}	10.11± 0.80^{aB}
	3	10.43± 1.02^{a}	9.65± 0.73^{bC}	10.38± 0.88^{aA}
	6	10.30± 1.00^{a}	9.89± 0.58^{bB}	10.43± 0.95^{aA}
	9	10.47± 1.14	10.20± 0.82^{A}	10.48± 1.13^{A}
C (Chroma)	0	21.14± 1.30^{aA}	20.74± 1.18^{bA}	21.31± 1.13^{aA}
	3	20.71± 1.44^{aAB}	19.45± 1.31^{bB}	20.55± 1.21^{aB}
	6	20.28± 1.31^{aB}	19.55± 0.99^{bB}	20.33± 1.28^{aBC}
	9	20.30± 1.91^{aB}	19.35± 2.58^{bB}	20.02± 1.85^{aC}
Total color[1)]	0	1451.00±109.89^{bA}	1440.11± 87.05^{bA}	1485.69± 88.75^{aA}
	3	1250.77± 92.59^{aB}	1216.49± 95.83^{bB}	1225.79±101.54^{abB}
	6	1190.64± 88.12^{C}	1178.97± 75.84^{B}	1181.90± 79.13^{C}
	9	1167.54±150.52^{aC}	1088.96±272.44^{bC}	1135.69±142.67^{abD}

$^{a-b}$ Means±SD in same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).
$^{A-D}$ Means±SD in same column with different superscripts are significantly different (p<0.05).
[1)] L·a^2/b (Eagerman *et al.*, 1977).

일에 10 및 20 cm가 15 cm보다 낮은 경향을 보였다. 3일째에는 20 cm가 15 cm보다, 6일째에는 10 cm가 15 cm보다 유의적으로 낮게 나타났다(p<0.05). a 값(적색도) 및 C 값(chroma)은 저장기간 동안 10 및 20 cm가 15 cm보다 유의적으로 높게 나타났으며(p<0.05), 10 cm와 20 cm간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. b 값(황색도)은 저장 6일까지 10 및 20 cm가 15 cm보다 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05). 소비자에게 있어 육색 기호도와 높은 상관성을 가진 총육색(Eagerman *et al.*, 1977)은 저장 0일에 20 cm가 10 및 15 cm보다 유의적으로 높게 나타났으나(p<0.05), 3일 이후부터는 15 및 20 cm가 10 cm보다 낮은 경향을 보였다. 따라서 이 실험결과를 통해 저장기간

동안 10 및 20 cm의 육색이 15 cm보다 붉고 진하였다는 것을 알 수 있으며, 이러한 이유는 Table 5의 결과를 미루어 보아 10 및 20 cm가 15 cm보다 낮은 MetMb과 높은 OxyMb를 가졌기 때문이라고 사료된다.

향기패턴 및 관능검사

전자코의 PCA에 의한 향기패턴(Fig. 1)은 discrimination index가 -42°C로 톱밥두께에 따른 향기 차이를 보이지 않았다. Discrimination index란, PCA로 분석시 처리구들의 향기 그래프가 분리되는 정도를 나타내는 수치로서 양의 수로 증가할수록 분리도가 증가하며, 음의 수로 감소할수록 분리도가 감소함을 의미한다(Alpha MOS, 2002). 또한 본 실험결과에서 향기패턴의 차이가 없었던 이유는 고기의 향기에 영향을 미치는 가장 큰 요인은 지방산이라는 Brennand(1989)의 보고로 미루어 보아 처리구들간에 지방산 조성의 차이가 없었기 때문이라고 사료된다.

관능검사(Table 7)는 신선육의 경우 20 cm의 근내지방도가 10 및 15 cm보다 유의적으로 높게 나타났으나($p<0.05$), 육색 및 종합적 기호도에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이 결과에서 조지방 함량이 가장 높았던 20 cm의 근내지방도가 가장 좋았다고 평가를 받은 것을 보면, 소비자들은 지방 함량이 높은 쇠고기를 선호하는 것으로 사료된다. 또한 이러한 결과는 지방 함량이 높은 한우육이 소비자에 의한 근내지방도 기호도가 높았다는 Lee 등(2008)의 보고와 동일하였다. 가열육의 관능검사를 살펴보면, 맛, 풍미, 조직감, 다즙성 및 종합적 기호도 모두 처리구들 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이러한 이유는 처리구들간에 보수력, 전단력 및 지방산 조성의 차이가 없었기 때문이라고 사료된다.

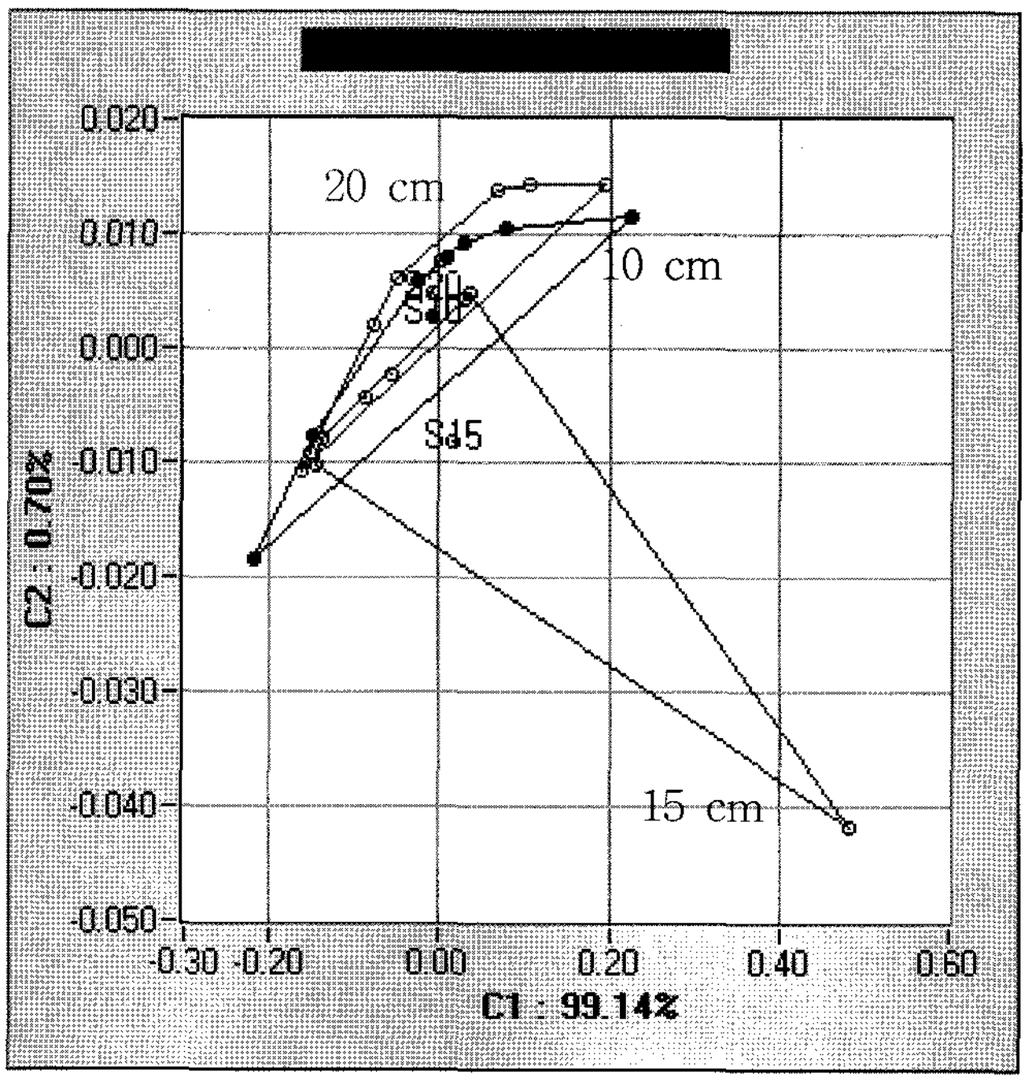

Fig. 1. Effect of sawdust-bedded thickness in floors of Hanwoo on aroma pattern of *M. longissimus*. This data was analysed by PCA from electronic nose. Discrimination index is the separated level between aroma graphs in the treatments.

Table 7. Effect of sawdust-bedded thickness in floors of Hanwoo on sensory evaluation of *M. longissimus*

Trait	Sawdust-bedded thickness (cm)		
	10	15	20
Raw meat			
Marbling score	3.88±1.29[b]	3.74±1.68[b]	4.54±1.32[a]
Meat color	7.52±0.71	7.31±0.78	7.40±0.89
Overall liking	5.05±1.38	4.98±1.51	5.56±1.25
Cooked meat			
Taste	6.72±1.28	7.06±0.94	6.50±0.90
Flavor	7.20±1.41	7.09±0.89	7.30±1.32
Texture	6.68±1.41	7.17±1.04	6.57±1.36
Juiciness	7.00±1.32	6.89±0.90	6.90±1.35
Overall liking	6.56±1.12	6.91±0.92	6.53±1.14

[a-b] Means±SD in same row with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

요 약

본 연구는 한우우사 바닥면의 톱밥두께가 도축후 등심의 육질에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다. 7개월령의 비거세 수소 22두를 톱밥이 10, 15 및 20 cm로 깔린 단방우사(3×8 m^2)에서 27개월령까지 사육한 후 도축하여 등심(*M. longissimus*) 부위를 4±0.2에서 9일 동안 저장하였다. 도체성적, pH, 보수력, 드립감량, 가열감량, 전단력, 전자코에 의한 향기패턴 및 관능적 기호도는 톱밥두께에 따른 유의적인 차이가 없었다. 일반성분 함량 및 지방산 조성은 20 cm가 가장 높은 조지방 함량과 가장 낮은 n6/n3을 보였다($p<0.05$). 저장중 총환원력은 9일째에 10 cm가 가장 높았던 반면($p<0.05$), TBARS는 가장 낮았다($p<0.05$). 표면육색소 함량은 저장기간 동안 10 및 20 cm의 MetMb이 15 cm보다 낮았던 반면($p<0.05$), OxyMb은 높았다($p<0.05$). 표면육색은 저장기간 동안 10 및 20 cm가 15 cm보다 붉은 육색을 나타내었다($p<0.05$).

참고문헌

1. Andersen, H. R., Krohn, C. C., Foldager, J., Munksgaard, L., and Klastrup, S. (1991) Influence of housing and feeding on behaviour, feed intake, growth and carcass and meat quality. Research report, The National Institute of Animal Science, Foulum, Denmark.
2. Alpha MOS (2002) Operating Manual, Release January.

Alpha MOS, Toulouse, France, pp. 154.
3. AOAC (1995) Official Methods of Analysis. 16th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
4. Aro, A., Amaral, E., Kesteloot, H., Rimestad, A., Thamm, M., and van Poppel, G. (1998) Trans fatty acid in fresh fries, soups and snacks from 14 european countries: The transfair study. *J. Food Com. Anal.* **11,** 170-177.
5. 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.
6. Buckley, D. J., Morrissey, P. A., and Gray, J. I. (1995) Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *J. Anim. Sci.* **73,** 3122-3130.
7. Burgess, D. and Hutchinson, W. G. (2005) Do people value the welfare of farm animals. *EuroChoices* **3,** 36-43.
8. Carleton, R. A., Dwyer, J., Finberg, L., Goodman, D. S., Grundy, S. M., Havas, S., Hunter, G. T., Kritcheusky, D., Layer, R. M., Luepker, R. V., Ramírez, 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 Program, National Health, Lung and Blood Institute, National Institutes of Health. *Circulation* **83,** 2154-2232.
9. Demos, B. P., Gerrard, D. E., Mandigo, R. W., Gao, X., and Tan, J. (1996) Mechanically recovered neck bone lean and ascorbic acid improve color stability of ground beef patties. *J. Food Sci.* **61,** 656-659.
10. Department of Health (1994) Nutritional aspects of cardiovascular disease. Report on health and social subjects No. 46, Stationery Office, London, UK.
11. Dunne, P. G., Rogalski, J., Moreno, T., Monahan, F. J., French, P., and Moloney, A. P. (2007) Colour, composition and quality of *M. longissimus dorsi* and *M. extensor carpi radialis* of steers housed on straw or concrete slats or accommodated outdoors on wood-chips. *Meat Sci.* (in press).
12. 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.
13. 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.
14. Feldhusen, F., Warnatz, A., Erdmann, R., and Wenzel, S. (1995) Influence of storage time on parameters of colour stability of beef. *Meat Sci.* **40,** 235-243.
15. 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.
16. Gottardo, F., Ricci, R., Preciso, S., Ravarotto, L., and Cozzi, G. (2004) Effect of the manager space on welfare and meat quality of beef cattle. *Liv. Prod. Sci.* **89,** 277-285.
17. Greene, B. E., Hsin, I., and Zipser, M. W. (1971) Retardation of oxidative color changes in raw ground beef. *J. Food Sci.* **36,** 940-942.
18. Hofmann, K., Hamm, R., and Blüchel, E. (1982) Neunes Über die Bestimmung der Wasserbindung des Fleisches mit Hilfe der Filterpapierpressmethode. *Fleischwirt.* **62,** 87-92.
19. Honikel, K. O. (1998) Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* **49,** 447-457.
20. Krzywicki, K. (1979) Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of the beef. *Meat Sci.* **3,** 1-10.
21. Lee, M., Cassens, R. G., and Fennema, O. R. (1981) Effect of meat ions on residual nitrite. *J. Food Proc. Preservat.* **5,** 191-205.
22. Lee, S. K., Panjono, Kang, S. M., Park, Y. S., Kim, T. S., and Song, Y. H. (2008) The quality characteristics of *M. longissimus* from Hanwoo (Korean cattle) with different floor space. *J. Muscle Foods* **19** (in press).
23. Lenehan, J. J. (2003) Optimisation of cattle housing systems for beef farmers. Beef Production Series No. 44: project No. 4425, The Agriculture and Food Development Authority, Oak Park, Carlow, Ireland.
24. Levy, D., Holzer, Z., and Volcani, R. (1970) Concrete slatted floors vs. bedding for fattening Israeli-Friesian bull calves. *J. Anim. Sci.* **31,** 816-820.
25. Lowe, D. E., Steen, R. W. J., Beattie, V. E., and Moss, B. W. (2001) The effects of floor type systems on the performance, cleanliness, carcass composition and meat quality of housed finishing beef cattle. *Liv. Prod. Sci.* **69,** 33-42.
26. Lowe, D. E., Steen, R. W., Beattie, V. E., Moss, B. W., and Kirkland, R. M. (2003) The effect of housing system on performance, behaviour and welfare of beef cattle. Farmer Funded Research: project B-02-97, The Agricultural Research and Development Council, Dungannon, The Northern Ireland.
27. Mercier, Y., Gatellier, P., and Renerre, M. (2004) Lipid and protein oxidation *in vitro*, and antioxidant potential in meat from Charolais cows finished on pasture or mixed diet. *Meat Sci.* **66,** 467-473.
28. Morrison, R. S., Hemsworth, P. H., Cronin, G. M., and Campbell, R. G. (2001) The effect of restricting pen space and feeder availability on the behaviour and growth performance of entire male growing pigs in deep-litter, large group housing system. *Appl. Anim. Behav. Sci.* **83,** 163-176.
29. 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.
30. SAS (1999) SAS/STAT software for PC. Release 8.01, SAS Institude Inc., Cary, NC, USA.
31. 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.
32. 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.

(2008. 2. 28 접수/2008. 6. 20 수정/2008. 6. 20 채택)