

냉장한 제주흑우육, 한우육 및 호주산 수입우육의 품질 특성 비교

문 윤 희[†]

경성대학교 식품생명공학과

Comparison of Quality Characteristics among Chilled Loins Obtained from Jeju Black Cattle, Hanwoo and Imported Australian Beef

Yoon-Hee Moon[†]

Dept. of Food Science and Biotechnology, Kyungsoong University, Busan 608-739, Korea

Abstract

The nutritional, physicochemical and sensory quality characteristics of chilled loins of Jeju Black Cattle, Hanwoo and imported Australian beef were compared. For nutritional properties, moisture and crude protein contents of Jeju Black Cattle beef were 65.91% and 17.39% respectively, the lowest among the comparison groups. On the other hand, their crude fat and crude ash contents were 15.89% and 0.79%, respectively, the highest among the comparison groups. There was a significant difference in crude ash content, but there was no significant difference in the other properties. The Fe and Zn contents of Jeju Black Cattle beef were 29.85 and 48.13 ppm, respectively, lower than those of Hanwoo beef, although the difference was not significant. These values were higher than those of Australian beef ($p < 0.05$). There was no significant difference among the samples in contents of Ca, P, Na and Cu. The total amino acid and essential amino acid contents of Jeju Black Cattle beef were 16.81% and 9.08%, respectively, the lowest among the samples, although the difference was not significant. The ratio of essential amino acids to total amino acids of Jeju Black Cattle beef was 54.01%, the highest among the samples. The saturated fatty acid (43.25%), stearic acid (13.51%), linoleic acid (2.39%) and essential fatty acid (2.47%) contents of Jeju Black Cattle beef were the lowest. However, their unsaturated fatty acid (56.69%), oleic acid (47.80%) and MUFA/SFA ratios were the highest, and there were significant differences compared with Australian beef. There was no significant difference in the PUFA/SFA ratio. Among physicochemical properties, redness (a^*) of Jeju Black Cattle beef was the highest while melting point was the lowest ($p < 0.05$). There were no significant differences in lightness (L^*), yellowness (b^*), pH, water holding capacity, cooking loss or shear force value. For sensory properties, raw meat aroma, cooked meat aroma and palatability of Jeju Black Cattle beef were superior compared to other comparison groups, with significant differences in comparison with Australian beef ($p < 0.05$). However, there were no significant differences in taste, juiciness, or tenderness of cooked meat.

Key words : Jeju Black Cattle, Hanwoo, imported beef, meat quality.

서 론

한우육은 수입육에 비하여 가격이 비싸지만 그 품질이 우수하다는 인식으로 소비자들의 선호도가 높다. 우리나라는 호주, 미국, 뉴질랜드, 캐나다 및 멕시코 등에서 우육을 수입하고 있으며, 수입 총량은 2010년에 245천 톤이고, 그 중에 호주에서 수입한 것이 122천 톤으로 가장 많았는데, 이는 가정에서 구매하는 우육의 약 25.7%를 차지하였다(Cho *et al* 2011a). 냉장 수입우육은 경쟁력 있는 가격에 기호도를 높이며, 우리 시장을 점유하고 있어서 이에 대응하기 위한 한우육의 우수성 개발이 더욱 필요하다. 한우는 털의 색깔을 기준으로 황갈색의 한우(일반 한우), 황색 바탕에 흑색의 호반

무늬를 띠는 칙소, 흑색의 흑한우 등이 있다(Lee *et al* 2009). 이들 중 황갈색의 한우는 전국의 대부분 지역, 칙소는 울릉도, 흑한우는 제주도에서 많이 사육하고 있다. 한우육의 품질에 대한 정보는 소의 품종별 풍미 특성 비교(Park *et al* 1994)를 비롯하여 부위별 육질 특성(Cho *et al* 2008b), 월령별 도체 특성 파악(Choi *et al* 1999), 거세와 숙성의 효과(Kim *et al* 1999), 육질 등급 요인 분석(Lee *et al* 2004) 및 기능성 사료 급여의 영향(Kook & Kim 2002, Chu *et al* 2003, Jung *et al* 2007, Kang *et al* 2011, Moon *et al* 2011) 등 다양하게 제시되고 있으며, 그 연구의 대상은 대부분 일반 한우육이었다. 한우육은 외국산 수입우육에 비하여 근내지방 축적도와 불포화지방산 조성(Park & Yu 1994, Hwang *et al* 2004, Cho *et al* 2005) 그리고 관능적 특성(Park *et al* 1994, Lee *et al* 2009)이 우수하다는 결과가 보고되어 있다. 최근에 Cho *et al*(2011a)

[†] Corresponding author : Yoon-Hee Moon, Tel : +82-51-663-8093, Fax : +82-51-622-4986, E-mail : yhmoon@ks.ac.kr

과 Cho *et al*(2011b)은 한우육과 호주산 및 뉴질랜드산 수입우육에 대해서 부위에 따른 일반 성분, 지방산 조성, 아미노산 함량, 무기질 함량, 육색 및 전단력에 대한 특성을 비교하여 한우육과 수입육 품질의 차이는 부위별로 다르게 나타났다고 보고하였다. 한우는 일반적으로 농후 사료로 사육하고 있는데, 농후 사료로 사육한 우육은 초지 사료로 사육한 우육에 비해 육색(Baardseth *et al* 1988), 다즙성(Hutchings & Illford 1988), 풍미 및 조직감(Melton SL 1990)이 우수하다는 보고가 있다. 한편, 제주도에서 사육하고 있는 흑한우는 순수 재래종의 흑한우와 교잡종의 흑한우가 있으며, 순수 재래종의 흑한우를 제주흑우라고 부르고 있다. 제주흑우는 외형이 일반 한우와 비슷하지만 체형이 작고 성장 속도가 늦어 경제적 사양 관리가 필요한데, 양질의 고기를 생산할 목적에서 오랫동안 반복하는 개량으로 잡종화되어 그 사육두수가 현저히 줄어들고 멸종 위기에 놓이게 됨에 따라(Lee *et al* 2006) 제주흑우를 대량 사육하기 위한 노력의 일환으로 수정란 이식과 인공수정 등을 통해 농가에 계속 보급하고 있어서 이를 사육하려는 농가가 점차 늘고 있으며(Han *et al* 2010), 수입우육에 대응할 수 있는 브랜드화가 기대된다. 제주흑우육은 고려시대 이후로 왕실에 진상될 만큼 우수한 것으로 전해지고 있어서 그 품질을 과학적으로 파악할 필요성이 크지만, 아직까지 이에 대한 실험적 결과가 흔하지 않으며, 외국산 수입우육과의 품질 비교 결과는 더욱 찾아보기 어렵다. 그러므로 본 연구에서는 냉장한 제주흑우육과 한우육, 그리고 수입 물량이 제일 많은 호주산 냉장 수입우육의 영양적, 물리화학적, 관능적 품질을 비교하여 제주흑우육의 품질을 확인하는데 기초적 자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

제주흑우 사육 목장으로 지정된 제주도 S목장에서 같은 시기에 사육한 제주흑우(37~38개월령)와 한우(31~32개월령)를 도축하고, 지육을 약 20~24시간 냉장한 후 육질 등급 1+ 등급의 것에서 등심 부위를 분할, 진공포장한 것을 구입하여 2±1℃에서 30일간 냉장한 것을 시료로 하였다. 호주산 우육은 전문수입업체가 수입하여 수입육 판매점에 도착한 도축 후 34일의 냉장육을 구입하여 시료로 하였다.

2. 성분 분석

일반성분은 AOAC(2006)의 방법으로 분석하였으며, 무기질 함량의 분석은 시료를 660℃의 회화로에서 2시간 동안 회화하고, HCl : H₂O(1 : 1) 용액에 녹여 하룻밤 방치한 후 여과하여 Perkin-Elmer ICP-OES 2000DV(USA)로 분석하였다(Lee *et al* 1980). 아미노산 분석은 시료 0.02 g에 6 N HCl

15 mL를 넣고 110℃에서 24시간 동안 가수분해하여 분해물을 55℃에서 감압 농축하고, pH 2.2(citric acid) dilution buffer를 이용하여 25 mL로 정용한 후 아미노산분석기(Amino acid analyzer S433, Sykam, Germany)로 분석하였다. 분석에 사용한 column 및 조건은 column size 4 mm×150 mm, absorbance 570 nm와 440 nm, reactor temperature 120℃이었다. 지방산 조성은 Folch법(1957)으로 정제하고, 14% BF₃-methanol 용액을 사용하여 methylation시켰으며, 이것을 GC(Gas chromatography SRI 8610C, USA)로 분석하였다. 사용된 column은 Quadrex(30 m×0.25 mm I.D. 0.25 μm film thickness)이었으며, 250℃에서 분석하였다.

3. 물리화학적 특성

pH의 측정은 pH meter(Model 370,ATI Orion, USA)를 이용하여 측정하고, 표면색도는 색차계(Chromameter CR-200b, Minolta camera Co., Japan)로 측정하여 L*(명도), a*(적색도) 및 b*(황색도)값으로 나타내었다. 이때 표준백색판의 L*, a*, b*값은 각각 97.6, -6.6, 6.3이었다. 보수력은 Hofmann *et al* (1982)의 방법으로 측정하여 planimeter(X-plan, Ushikata 360d II, Japan)로 면적을 구하고, 육의 표면적을 수분의 면적으로 나누어 값으로 표시하였다. 가열 감량은 중심부 온도가 75℃가 될 때까지 끓인 후 가열 전후 무게의 차이를 백분율로 나타내었다. 전단력은 시료를 근섬유와 평행하게 40×15×5 mm가 되도록 자르고 rheometer(Model CR-200D, SUN scientific Co., Japan)로 측정하였다. 그리고 용점은 용점 측정기(Melting point apparatus 12-144, Fisher-Johns, USA)로 측정하였다.

4. 관능평가

생육의 색깔과 가열육의 맛, 향, 다즙성, 연도 및 종합적 기호도는 훈련된 대학생 관능평가원 11명에 의하여 가장 좋다(like extremely)를 7점, 가장 나쁘다(dislike extremely)를 1점으로 하는 7단계 기호 척도법으로 평가하였다(Stone & Sidel 1985). 가열육은 시료의 중심 온도가 75℃에 이르도록 열탕 가열하였다.

5. 통계 분석

실험 결과는 평균치(n=5) 값과 표준편차로 나타내었으며, 유의성은 SAS program(2002)의 분산분석(ANOVA)에 의해 분석하여 Duncan's multiple range test로 5% 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 영양적 특성

제주흑우육과 한우육, 그리고 호주산 수입우육의 영양적

특성을 비교하기 위하여 일반 성분, 무기질, 아미노산 및 지방산 함량을 분석하였다. 일반 성분 함량은 Table 1에 나타내었다. 일반성분에서 제주흑우육은 수분과 조단백질 함량이 제일 적고, 조지방 함량이 가장 많았으나, 모두 시료 간에 유의적 차이가 나타나지 않았다. 다만 조회분 함량은 제주흑우육이 한우육과 함께 호주산 우육에 비하여 유의적으로 높은 값을 보였다($p<0.05$). 무기질 함량은 Table 2에 나타내었다. 칼슘(Ca), 인(P), 칼륨(K), 나트륨(Na), 마그네슘(Mg), 철(Fe), 구리(Cu) 및 아연(Zn)의 함량을 합한 총량은 제주흑우육, 한우육, 호주산 우육의 순으로 많게 나타났으며, 제주흑우육과 한우육은 호주산 우육에 비해 유의적 차이를 보였다($p<0.05$). 무기질 중 가장 많은 것은 칼륨 함량으로 제주흑우육에서 가장 많게 1,729 ppm으로 분석되었으며, 한우육과는 유의성이 없었으나 호주산 우육과 비교하면 유의적으로 많

았다. 마그네슘 함량은 제주흑우육이 151.78 ppm으로 가장 낮았으며, 한우육과 유의적 차이를 보이고($p<0.05$) 호주산 우육과는 유의성이 없었다. 철의 함량은 제주흑우육이 29.85 ppm, 한우육이 30.66 ppm으로 나타났으며, 모두 호주산 우육의 26.17 ppm에 비해 유의적으로 많았다($p<0.05$). 아연의 함량은 제주흑우육이 48.13 ppm, 한우육이 51.35 ppm으로 모두 호주산 우육에 비해 유의적으로 많게 나타났으며($p<0.05$). 한편, 인을 비롯한 칼슘, 나트륨, 구리의 함량은 모두 시료 간의 유의적 차이가 나타나지 않았다($p>0.05$). 무기질은 생리활성을 조절하는데 꼭 필요한 성분이므로 영양 섭취 기준에 맞게 부족함 없이 섭취해야 하며(Cheong *et al* 2007), 특히 동물성의 칼슘, 철 및 아연은 골밀도 감소를 예방하는 무기질로서(Kwon *et al* 2009) 중요하다. Cho *et al* (2008a)은 한우 등심의 칼슘, 철, 아연 함량이 각각 50.91, 20.93 및 42.61 mg/kg으로 보고한 바 있다. 아미노산 함량은 Table 3에 나타내었다. 아

Table 1. Proximate composition (%) of Jeju Black cattle, Hanwoo and imported Australian beef

Item	Jeju Black cattle	Hanwoo	Australian beef
Moisture	65.91±5.32 ^a	66.84±4.32 ^a	66.53±5.74 ^a
Crude protein	17.39±1.26 ^a	17.45±1.32 ^a	18.27±2.28 ^a
Crude fat	15.89±2.63 ^a	14.93±1.17 ^a	14.69±1.76 ^a
Crude ash	0.79±0.03 ^a	0.77±0.01 ^a	0.69±0.02 ^b

^{a,b} Mean±S.D. with different superscripts within the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 2. Mineral contents (ppm) of Jeju Black cattle, Hanwoo and imported Australian beef

Item	Jeju Black Cattle	Hanwoo	Australian beef
Ca	36.47±4.41 ^a	40.59±6.34 ^a	37.15±4.63 ^a
P	1,252.87±116.07 ^a	1,295.64±107.02 ^a	1,173.64±133.02 ^a
K	1,729.42±168.75 ^a	1,608.23±66.71 ^{ab}	1,526.12±89.12 ^b
Na	486.88±73.61 ^a	453.36±22.29 ^a	473.13±36.24 ^a
Mg	151.78±10.79 ^b	190.15±13.58 ^a	167.19±14.15 ^b
Fe	29.85±3.62 ^a	30.66±1.51 ^a	26.17±2.01 ^b
Cu	0.77±0.03 ^a	0.83±0.27 ^a	0.80±0.7 ^a
Zn	48.13±3.97 ^a	51.35±4.70 ^a	41.26±1.49 ^b
Total	3,736.17±349.12 ^a	3,670.81±328.41 ^a	3,445.46±314.19 ^b

^{a,b} Mean±S.D. with different superscripts within the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 3. Amino acid composition (%) of Jeju Black cattle, Hanwoo and imported Australian beef

Item	Jeju Black Cattle	Hanwoo	Australian beef
Aspartic acid	2.12±0.18 ^a	1.60±0.19 ^c	1.88±0.09 ^b
Threonine	0.66±0.04 ^b	0.82±0.02 ^a	0.85±0.03 ^a
Serine	0.46±0.05 ^a	0.49±0.03 ^a	0.52±0.06 ^a
Glutamic acid	2.58±0.16 ^b	3.19±0.16 ^a	2.70±0.19 ^b
Proline	0.54±0.07 ^b	0.58±0.03 ^{ab}	0.69±0.05 ^a
Glycine	0.61±0.03 ^b	0.65±0.05 ^b	0.98±0.06 ^a
Alanine	0.46±0.01 ^c	0.55±0.03 ^b	0.79±0.01 ^a
Cysteine	0.17±0.03 ^a	0.23±0.05 ^a	0.13±0.04 ^a
Valine	0.96±0.04 ^{ab}	0.85±0.09 ^c	1.19±0.02 ^a
Methionine	0.43±0.01 ^b	0.60±0.02 ^a	0.54±0.02 ^a
Isoleucine	0.85±0.04 ^b	1.04±0.05 ^{ab}	1.16±0.02 ^a
Leucine	1.87±0.09 ^a	1.42±0.09 ^b	1.27±0.06 ^b
Tyrosine	0.59±0.02 ^b	0.53±0.09 ^b	0.80±0.02 ^a
Phenylalanine	0.68±0.04 ^b	0.81±0.01 ^a	0.87±0.05 ^a
Histidine	0.77±0.05 ^b	0.87±0.03 ^{ab}	0.99±0.06 ^a
Lysine	1.57±0.07 ^a	1.48±0.03 ^a	1.15±0.04 ^b
Arginine	1.29±0.18 ^a	1.21±0.16 ^a	1.13±0.32 ^a
Total	16.81±2.56 ^a	16.92±2.58 ^a	17.64±2.83 ^a

^{a,b} Mean±S.D. with different superscripts within the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

미노산 총량은 제주흑우육 16.81%, 한우육 16.92%, 호주산 우육이 17.64%로 호주산 우육에서 가장 많게 분석되었으나, 시료 간에 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. 아미노산 중 serine, cysteine 및 arginine은 시료 간의 유의적 차이를 보이지 않았고, 나머지 아미노산들은 모두 시료 간의 유의적 차이를 나타내었으며, 제주흑우육에서 가장 많이 분석된 아미노산은 aspartic acid, leucine 및 lysine이고, 한우육에서는 glutamic acid 및 methionine, 호주산 우육에서는 threonine, proline, glycine, alanine, valine, isoleucine, tyrosine, phenylalanine 및 histidine이 유의적으로 많이 분석되었다($p < 0.05$). 식품으로 공급 받아야 하는 필수아미노산인 histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, threonine, valine, arginine의 합계는 제주흑우육, 한우육, 호주산 우육이 각각 9.08%, 9.10%, 9.15%로 계산되어 제주흑우육이 다소 낮은 편이지만, 총 아미노산에 대한 필수아미노산의 비율은 각각 54.01%, 53.78% 및 51.87%로 제주흑우육에서 가장 높게 나타났다. 이는 우육의 아미노산 조성이 우리의 몸을 구성하는 아미노산 조성과 유사하다는 측면에서 의미가 있겠다. 필수 아미노산 중 곡류에 부족한 lysine과 간에서 대사되지 않아도 근육에서 대사할 수 있어서 피로감을 덜 느끼게 하는 leucine(Son *et al* 2008)은 제주흑우육에서 가장 많이 나타나서 한우육과 호주산 우육에 비해 유의적 차이($p < 0.05$)를 보였으나, 한우육과 호주산 우육은 유의성이 없었다. 한편, 제주흑우육, 한우육 및 호주산 우육의 지방산 조성 결과는 Table 4에 나타내었다. 제주흑우육의 포화지방산(SFA) 총량은 43.25%로 가장 낮았으며, 시료 간의 유의적 차이가 나타났다($p < 0.05$). 그러나 포화지방산 중 가장 많이 함유한 palmitic acid는 25.41~26.76%의 수준에서 시료 간에 유의적 차이를 보이지 않았다. Palmitic acid 다음으로 많은 포화지방산은 stearic acid로 제주흑우육의 경우 13.51%로 가장 낮고, 호주산 우육이 16.26%로 가장 높아서 서로 유의적 차이($p < 0.05$)를 보였으나, 한우육은 15.11%로 제주흑우육 또는 호주산 우육과 유의적 차이가 없었다. 불포화지방산(USFA) 총량은 제주흑우육이 56.69%, 한우육 54.87%, 호주산 우육이 53.02%로 제주흑우육이 호주산 우육보다 유의적으로 높았으나($p < 0.05$), 한우육의 경우 제주흑우육 또는 호주산 우육에 비해 유의적 차이가 없었다. 우육의 불포화지방산 함량이 높으면 LDL-cholesterol 농도가 감소하고(Keys A 1970), 동맥경화증 발생을 억제하는 효과가 있음이 알려져 있다(Hornstein *et al* 1967). 불포화지방산 중 가장 많은 지방산은 단가불포화지방산(MUFA)의 oleic acid로 제주흑우육이 47.80%로 가장 많고, 한우육은 45.96%, 호주산 우육은 44.16%로 모든 시료 간의 유의적 차이가 인정되었다($p < 0.05$). 이 결과는 한우육이 수입육보다 oleic acid 함량이 높았다는 Park & Yu(1994)의 결과와 일치하였으며,

Kang *et al*(2008)이 보고한 46~47%와 비슷하였다. 또 다른 단가불포화지방산의 palmitoleic acid 함량도 제주흑우육이 가장 많았는데 호주산 우육과는 유의적 차이가 있었으며($p < 0.05$), 한우육과의 차이는 유의성이 없었다. 단가불포화지방산의 총량은 제주흑우육이 53.87%로 가장 많았으나 시료 간의 유의적 차이를 보이지 않았다. 다가불포화지방산(PUFA)의 총량은 제주흑우육, 한우육, 호주산 우육이 각각 2.82%, 3.47% 및 3.00%로 제주흑우육이 가장 낮으면서 한우육에 비해 유의적 차이를 보이고($p < 0.05$) 호주산 우육과는 유의성이 없었다. 필수지방산인 linoleic acid, linolenic acid 및 arachidonic acid의 합계는 제주흑우육이 2.47%로 가장 낮고 한우육이 3.11%로 가장 높으며, 호주산 우육은 2.65%로 계산되었다. 이때에 오메가 6 지방산의 linoleic acid 함량은 시료 간 유의적 차이($p < 0.05$)를 보여 한우육, 호주산 우육, 제주흑우육의 순으로 많게 나타났으며, arachidonic acid와 오메가 3 지방산의 linolenic acid는 시료 간 유의적 차이를 보이지 않았다. USFA/SFA 비율은 제주흑우육이 1.31%로 가장 높게 나타났으며, 한우육과는 유의성이 없고 호주산 우육과는 유의적 차이를 보였다($p < 0.05$). MUFA/SFA는 기호성을 표시하는 간접적인 지표가 될 수 있으며, 그 비율이 높으면 기호성이 우수하다는 보고가 있는데(Anderson *et al* 1975) 본 실험에서는 제주흑우육이 1.25%로 가장 높게 나타나서 호주산 우육과는 유의적 차이를 보이고($p < 0.05$) 한우육과는 유의성이 없었다. 그리고 PUFA/SFA 비율은 0.06%와 0.07% 범위에서 시료 간에 유의적 차이 없이 비슷한 수준을 보였다. 우육의 지방산 조성은 영양적 품질가치는 물론 특히 기호도에서 풍미에 관여하고(Blumer TN 1963, Rule *et al* 1995), 소의 품종, 성별, 사료의 선택적 급여 등 사양 조건에 따라 달라지는데(Miller *et al* 1967, Cho *et al* 2005), 곡류를 급여한 우육은 myristic acid, palmitic acid, oleic acid 함량이 높고, 목초로 사양한 경우 stearic acid, linoleic acid, linolenic acid 등이 높다고 하였다(Realini *et al* 2004). Anderson DA(1975)와 Cho *et al*(2008a)은 우육의 oleic acid 함량이 많으면 풍미를 증진시켜 기호도가 향상한다고 하였으며, 한우의 사료에 무화과 발효물(Kook & Kim 2002), 마늘대 사일리지(Chu *et al* 2003), 죽초액(Kook & Kim 2003) 및 감귤박(Jung *et al* 2007) 등을 급여하면 급여사료의 영향으로 oleic acid 함량이 증가한다는 보고가 있다. 본 실험에 이용한 제주흑우육과 한우육은 같은 시기에 동일한 장소에서 동일한 사료로 사육한 소의 등심육으로 oleic acid 함량의 경우 제주흑우육이 한우육보다 높게 분석되어($p < 0.05$) 제주흑우육 특이성이 있는 것으로 생각되고, 한우육도 호주산 우육보다 그 함량이 많은 것이 주목된다. 한편 제주흑우육에서 가장 낮은 결과를 보였던 stearic acid는 지방의 경도를 조절하는 지방산으로(Wood *et al* 2004)

Table 4. Fatty acid composition(%) of Jeju Black cattle, Hanwoo and imported Australian beef

Fatty acids	Jeju Black Cattle	Hanwoo	Australian beef
Myristic acid 14:0	3.00±0.36 ^a	3.15±0.21 ^a	2.19±0.13 ^b
Myristoleic acid 14:1	1.08±0.37 ^a	1.09±0.23 ^a	1.17±0.46 ^a
Pentadecenoic acid 15:0	0.23±0.05 ^a	0.29±0.06 ^a	0.31±0.05 ^a
Palmitic acid 16:0	25.43±3.61 ^a	25.41±3.68 ^a	26.76±2.77 ^a
Palmitoleic acid 16:1	4.27±0.32 ^a	3.72±0.36 ^{ab}	3.69±0.18 ^b
Magaric acid 17:0	0.54±0.06 ^b	0.63±0.06 ^{ab}	0.86±0.07 ^a
Magaroleic acid 17:1	0.70±0.10 ^a	0.62±0.17 ^a	0.88±0.18 ^a
Stearic acid 18:0	13.51±1.62 ^b	15.11±2.10 ^{ab}	16.26±1.05 ^a
Oleic acid 18:1	47.80±1.17 ^a	45.96±1.02 ^b	44.16±1.03 ^c
Linoleic acid 18:2	2.39±0.31 ^b	2.99±0.31 ^a	2.56±0.43 ^b
Linolenic acid 18:3	0.05±0.01 ^a	0.08±0.02 ^a	0.06±0.01 ^a
Arachidic acid 20:0	0.51±0.03 ^a	0.42±0.06 ^b	0.50±0.03 ^a
Eicosenoic acid 20:1	0.02±0.00 ^a	0.01±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a
Eicosadienoic acid 20:2	0.13±0.02 ^a	0.16±0.03 ^a	0.14±0.02 ^a
Eicosatrienoic acid 20:3	0.16±0.04 ^a	0.18±0.04 ^a	0.16±0.03 ^a
Arachidonic acid 20:4	0.03±0.02 ^a	0.04±0.01 ^a	0.03±0.01 ^a
Docosadienoic acid 22:2	0.06±0.02 ^a	0.02±0.01 ^b	0.05±0.01 ^a
Tricosanoic acid 23:0	0.03±0.01 ^b	0.08±0.02 ^a	0.06±0.01 ^a
SFA	43.25±2.07 ^b	45.09±5.17 ^{ab}	46.94±2.26 ^a
USFA	56.69±2.19 ^a	54.87±2.72 ^{ab}	53.02±1.88 ^b
MUSF	53.87±5.01 ^a	51.40±5.21 ^a	50.02±4.71 ^a
PUSF	2.82±0.36 ^b	3.47±0.28 ^a	3.00±0.29 ^b
USFA/SFA	1.31±0.09 ^a	1.21±0.10 ^{ab}	1.13±0.08 ^b
MUFA/SFA	1.25±0.21 ^a	1.14±0.23 ^{ab}	1.07±0.33 ^b
PUFA/SFA	0.06±0.01 ^a	0.07±0.01 ^a	0.06±0.02 ^a

^{a,b} Mean±S.D. with different superscripts within the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

그 함량이 많아지면 향미 변화로 인해 기호성이 떨어진다는 보고가 있으며(Westerling & Hedrick 1979), Hwang *et al* (2004)은 한우육의 경우 수입우육보다 stearic acid 함량이 낮 으면서 향미가 우수하다고 하였다.

2. 물리화학적 특성

제주흑우육과 한우육, 그리고 호주산 우육의 물리화학적 특성은 Table 5에 나타내었다. pH 값은 제주흑우육 5.77, 한우육 5.82, 호주산 우육이 5.80으로 나타나서 시료 간의 유의적 차이가 인정되지 않았다. 표면색도에 있어서 명도(L*)는

시료 간의 유의적 차이가 없었고, 적색도(a*)는 제주흑우육이 한우육과 호주산 우육에 비해 높게 나타났다($p<0.05$). 그리고 황색도(b*)는 명도와 마찬가지로 시료 간에 유의적 차이가 나타나지 않았다. 우육의 육색은 미오글로빈 함량에 의해 달라지는데(Santamaria *et al* 1992), 호주산 우육의 육색은 한우 3등급육의 육색과 비슷하고(Kang *et al* 1999) 비교적 한우육보다 어둡게 보인다는 보고가 있다(Kim *et al* 2000). 보수력은 제주흑우육이 39.02%로 가장 높았으나 시료 간의 유의적 차이가 없었다. 가열 감량은 제주흑우육이 28.61%로 가장 낮았으나 시료 간의 유의적 차이가 없었는데, 한우 3등급

Table 5. Physicochemical properties of Jeju Black cattle, Hanwoo and imported Australian beef

Item	Jeju Black Cattle	Hanwoo	Australian beef
pH	5.77±0.32 ^a	5.82±0.12 ^a	5.80±0.61 ^a
Hunter's L*	37.95±4.12 ^a	36.31±2.18 ^a	36.92±3.41 ^a
a*	19.83±1.33 ^a	17.50±1.02 ^b	17.21±2.93 ^b
b*	8.29±0.72 ^a	7.81±0.91 ^a	8.30±0.88 ^a
Water holding capacity (%)	39.02±2.32 ^a	37.87±4.05 ^a	38.30±2.96 ^a
Cooking loss (%)	28.61±3.11 ^a	31.74±3.61 ^a	31.05±5.19 ^a
Shear force value (g)	572.27±41.35 ^a	581.38±39.42 ^a	579.91±57.14 ^a
Melting point (°C)	35.61±2.32 ^b	36.86±1.73 ^a	36.99±2.93 ^a

^{a,b} Mean±S.D. with different superscripts within the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

육의 경우, 미국산과 호주산 수입 우육에 비해 가열 감량이 낮았다는 보고가 있다(Kim *et al* 2000). 수입 냉장우육의 경우, 통관되어 소비자까지 유통하려면 도축 후 약 30일 이상이 소요되는 것(Cho *et al* 2011a)을 감안하여 제주흑우육과 한우육도 2°C에서 30일간 냉장한 것을 시료로 이용한 본 연구에서, 냉장우육의 전단력은 시료 간에 유의적 차이를 보이지 않았다. 전단력은 가열육의 연도에 영향을 주며, 연도는 풍미와 함께 우육의 기호도에 영향을 미치는 하나의 특성이기도 하다(Savell *et al* 1987). 한편 지방의 융점은 제주흑우육이 35.61°C로 한우육 또는 호주산 우육보다 유의하게 낮은 값을 보였다($p<0.05$). 융점은 포화지방산인 palmitic acid와 stearic acid를 많이 함유하면 높아지고, 불포화지방산인 oleic acid와 linoleic acid를 많이 함유하면 낮게 되며, 가열하여 먹을 때에는 융점이 낮은 것이 혀로 느껴지는 촉감이 좋다는 보고가 있는데(Blumer TN 1963), 본 연구에서도 oleic acid 함량이 높은 제주흑우육이 융점이 낮은 결과가 나타나서 이와 일치하였다.

3. 관능적 특성

제주흑우육과 황갈색의 한우육, 그리고 호주산 우육의 기호적 특성을 비교하기 위하여 생육과 가열육을 관능평가하여 그 결과를 Table 6에 나타내었다. 생육의 경우, 육색은 제주흑우육과 한우육 사이에 유의적 차이가 없으며, 한우육은 호주산 우육보다 우수하게 평가되었다($p<0.05$). 향은 제주흑우육이 가장 우수하다고 평가하였으며, 한우육과는 유의성이 없고 호주산 우육과 비교하면 유의성이 있었다($p<0.05$). 가열우육의 기호도는 맛과 향을 아우르는 풍미, 그리고 다즙성과 연도를 포함한 조직감이 크게 좌우한다(Kim *et al* 2000). 가열육을 관능평가한 결과에서의 맛은 제주흑우육, 한우육 및 호주산 우육 모두 비슷하게 평가되어 시료 간의 유의적

차이가 없었다. 그러나 가열육의 향은 제주흑우육, 한우육, 호주산 우육의 순으로 우수하고, 제주흑우육과 한우육을 비교하면 유의적 차이가 없었으나 호주산 우육에 비해서는 유의적으로 우수하였다($p<0.05$). 이는 제주흑우육의 경우, MUFA/SFA 비율과 oleic acid 함량이 높고, stearic acid 함량이 낮은 결과(Table 4)와 관련이 있을 것으로 사료된다. 다즙성은 제주흑우육이 우수하였으나 시료 간의 유의적 차이가 없었다. 연도는 시료 간에 유의적 차이 없이 비슷하게 평가하였다. 연도와 전단력은 상관이 크다는 보고가 있으며(Kim *et al* 2009), 본 실험에서도 연도와 전단력(Table 5)의 결과가 모두 시료 간에 유의성이 나타나지 않았다. 우육의 연도는 냉장 기간에 따라 변하게 되고, -1.5~0°C에서 32일 이후(Yanagi-

Table 6. Sensory properties of Jeju Black cattle, Hanwoo and imported Australian beef

Item	Jeju Black Cattle	Hanwoo	Australian beef
Raw meat			
Color	5.78±0.31 ^{ab}	6.02±0.38 ^a	5.13±0.49 ^b
Aroma	5.77±0.31 ^a	5.42±0.62 ^{ab}	4.87±0.43 ^b
Cooked meat			
Taste	5.26±0.39 ^a	5.17±0.41 ^a	5.28±0.42 ^a
Aroma	5.48±0.46 ^a	5.23±0.36 ^a	4.76±0.35 ^b
Juiciness	5.12±0.33 ^a	5.11±0.49 ^a	4.83±0.51 ^a
Tenderness	5.19±0.61 ^a	5.26±0.43 ^a	5.25±0.29 ^a
Palatability	5.54±0.30 ^a	5.38±0.34 ^a	5.03±0.27 ^b

^{a,b} Mean±S.D. with different superscripts within the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

hara *et al* 1995), 그리고 2°C에서 20일 이후(Moon *et al* 1998)에는 그 변화의 폭이 크지 않았다는 결과로 보아 본 실험에 이용한 모든 냉장 우육은 연도의 변화가 거의 완료 상태에 있기 때문에 시료별 차이에서 유의성이 없는 것으로 생각된다. 기호도는 제주흑우육, 한우육, 호주산 우육의 순으로 우수하였으며, 제주흑우육은 한우육과 비교하면 유의적 차이가 없었으나 호주산 우육보다는 유의적으로 우수하였다($p < 0.05$). 기호도가 가장 우수한 제주흑우육은 호주산 우육에 비해 맛과 연도에서 유의적 차이가 없었으나, 가열육 향이 유의적으로 우수했던 결과로 보면, 연도가 비슷한 냉장 우육의 경우 그 기호도는 맛보다 향이 크게 관여한 것을 확인할 수 있었다. Wilson GD(1960)는 도살 직후의 우육에는 유산취 또는 혈액취가 존재하나, 이것을 냉장 숙성시켜서 가열하면 방향성이 강하게 된다고 하였다. 가열 우육의 기호도가 좋아지면 우선 생육향이 우수해야 하고, 이때의 우수한 생육향이란 도축 후 냉장 중 생성되는 숙성향을 의미하는 것으로, 숙성향은 적육에서 증식하는 통성혐기성 저온 세균인 *Brochothrich thermosphacta*가 주로 oleic acid와 palmitoleic acid에 작용하여 생성한 방향성 성분의 우유향과 유사한 감미로운 향이며, 이 생육향은 가열육에 존재하여 기호도를 좋게 한다는 보고가 있다(Matsuishi *et al* 1993). 가열 우육의 향기 성분은 수백 종의 화합물들이 동정되어 있으며, 2-methyl-3-furanthiol 등과 같이 단독으로 식육과 유사한 향기를 갖는 물질도 있으나(Wilson GD 1960, Smith *et al* 1978) 궁극적으로는 여러 종류의 화합물이 관여하여 좋은 향기가 발생하게 되고(Matsuishi *et al* 1993), 이는 소의 품종별로 상이하므로(Sato *et al* 1995) 제주흑우육의 가열육 향에 대한 별도의 연구가 필요하겠다.

요 약

냉장한 제주흑우육, 한우육 및 호주산 수입우육의 품질 특성을 비교하였다. 영양적 특성에서, 제주흑우육의 수분은 65.91%, 조단백질은 17.39%로 가장 낮고 조지방은 15.89%, 조회분은 0.79%로 가장 높게 나타났으며, 조회분은 유의적 차이를 보이고 나머지는 모두 시료 간에 유의적 차이가 없었다. 제주흑우육은 철과 아연 함량이 각각 29.85 및 48.13 ppm으로 한우육보다 낮았으나 유의적 차이가 아니고 호주산 우육보다 높게 나타났으며($p < 0.05$), 칼슘, 인, 나트륨 및 구리의 함량은 시료 간 유의적 차이가 없는 것으로 분석되었다. 제주흑우육은 아미노산 총량과 필수 아미노산 함량이 각각 16.81 및 9.08%로 다른 시료에 비해 가장 낮았으나 시료 간에 유의적 차이가 나타나지 않았으며, 총아미노산에 대한 필수아미노산의 비율은 54.01%로 가장 높게 나타났다. 제주흑우육은 포화지방산 총량(43.25%), stearic acid(13.51%), linoleic acid(2.39%) 및 필수지방산(2.47%) 함량이 가장 낮은 반면

불포화지방산 총량(56.69%), 단가불포화지방산인 oleic acid 함량(47.80%) 및 MUFA/SFA 비율이 높게 나타나서 호주산 우육에 비해 유의적 차이가 있었다. PUFA/SFA 비율은 시료 간에 유의적 차이가 없었다. 물리화학적 특성에서, 제주흑우육은 적색도(a*)가 높고 용점이 가장 낮게 나타났으며($p < 0.05$), 명도(L*)와 황색도(b*), pH, 보수력, 가열 감량 및 전단력은 시료 간에 유의적 차이가 없었다. 관능평가 결과에서, 제주흑우육은 생육의 향, 가열육 향 및 기호도가 가장 우수하여 호주산 우육에 비교하면 유의성이 인정되었다($p < 0.05$). 그러나 가열육의 맛, 다즙성 및 연도는 시료 간에 유의적 차이가 나타나지 않았다.

감사의 글

이 논문은 2012학년도 경성대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

문 헌

- Anderson DA, Kisellan JA, Watt BK (1975) Comprehensive evaluation of fatty acid in beefs. *J Am Diet Assoc* 67: 35-41.
- AOAC (2006) *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC. 210-219.
- Baardseth P, Skrede G, Naes T, Thomassen Ms, Iversen A, Kaaber L (1988) A comparison of CIE L* a* b* value obtained from two different instruments on seeral food commodities. *J Food Sci* 53: 1737-1742.
- Blumer TN (1963) Relationship of marbling to the palatability of beef. *J Anim Sci* 22: 771-778.
- Cheng SH, Na YJ, Lee EH, Chang KJ (2007) Anthropometric measurement, dietary behaviors, health-related behaviors and nutrient intake according to lifestyles of college students. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1560-1570.
- Cho SH, Kang GH, Seong PN, Park BY, Jung SK, Kang SM, Kim YC, Kim JH, Kim DH (2011b) Meat quality and nutritional properties of Hanwoo and imported NewZealand beef. *Korean J Food Sci Ani Resour* 31: 935-943.
- Cho SH, Kim JH, Seong PN, Cho YM, Chung WT, Park BY, Chung MO, Kim DH, Lee JM, Ahn CN (2008a) Calorie, cholesterol, collagen, free amino acids, nucleotide-related compounds and fatty acid composition of Hanwoo steer beef with 1⁺⁺ quality grade. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28: 333-343.
- Cho SH, Kim JH, Seong PN, Cho YM, Chung WT, Park BY,

- Chung MO, Kim DH, Lee JM, Ahn CN (2008b) Physicochemical meat quality properties and nutritional composition of Hanwoo steer beef with 1⁺⁺ quality grade. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28: 422-430.
- Cho SH, Park BY, Kim JH, Hwang IH, Kim JH, Lee JM (2005) Fatty acid profiles and sensory properties of *longissimus doris*, *triceps brachii*, and *semimembranosus* muscles from Korean Hanwoo and Australian Angus beef. *Asian-Australian J Anim Sci* 18: 1786-1793.
- Cho SH, Seong PN, Kang GH, Park BY, Jung SK, Kang SM, Kim YC, Kim JH, Kim DH (2011a) Meat quality and nutritional properties of Hanwoo and imported Australian beef. *Korean J Food Sci Ani Resour* 31: 772-781.
- Choi YI, Kim NS, Chung CS, Song MK, Won YS, Chung JK, Lim JH, Lee CL (1999) Changes of carcass characteristics and meat quality by growing age in Hanwoo bulls. *Korean J Anim Sci* 38: 697-708.
- Chu GM, Lee HJ, Park JS, Cho HW, Ahn BH (2003) Effect of garlic stalk silage on performance and carcass characteristics of Hanwoo steers. *Korean J Anim Sci & Technol* 45: 1007-1018.
- Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-507.
- Han SH, Ko JC, Kim YH, Kim NY, Kim JH, Ko MS, Jeong HY, Cho IC, Yang YH, Lee SS (2010) Verification of ET and AI derived offspring using on the genetic polymorphisms of microsatellite and coat color related genes in Jeju Black Cattle. *Journal of Life Science* 20: 381-387.
- Hoffman K, Hamm R, Blüchel E (1982) Neues über die bestimmung der wasserbindung des fleisches mit hilfe der filterpapierpress methode. *Fleischwirtschaft* 62: 87-93.
- Hornstein I, Crowe PE, Hiner R (1967) Composition of lipids in some beef muscle. *J Food Sci* 32: 650-655.
- Hutching JB, Illford PJ (1988) The perception of food texture-the philosophy of the breakdown path. *J Texture Studies* 19: 103-115.
- Hwang IH, Park BY, Cho SH, Kim JH, Lee JM (2004) Meat quality of highly marbled imported beef with reference to Hanwoo. *Korean J Anim Sci & Technol* 46: 1-8.
- Jung IC, Yang SJ, Moon YH (2007) Feeding effect of citrus by-product TMR forage on the nutritional composition and palatability of Hanwoo loin. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 578-583.
- Kang JO, Choi DY, Oh HR, Kim GH (1999) Comparison of physicochemical characteristics of the meat quality grades in Hanwoo beef and imported beef of several countries : A consideration on meat color fat color and maturity. *Korean J Anim Sci* 41: 555-562.
- Kang MK, Kim HJ, Lee HJ, Jang A, Yun GS, Jo C (2011) Effect of dietary KocetiTM on meat quality of Hanwoo loin. *Korean J Anim Sci & Technol* 53: 514-548.
- Kang SM, Lee IS, Song YH, Lee SK (2008) Meat quality comparison of beef from Hanwoo supplemented with dietary *Rhus verniciflua* Stoke meal, silicate, and chromium-methionine during refrigerated storage. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28: 138-145.
- Keys A (1970) Coronary heart disease in seven countries. *Circulation* 41: 1-211.
- Kim IS, Lee SO, Lee M, Lee JM, Kim JH, Kim YK (2000) Physicochemical, microbiological and sensory characteristics of chilled chuck rolls of Hanwoo and imported beef. *Korean J Anim Sci & Technol* 42: 117-124.
- Kim JH, Cho SH, Seong PN, Jeong DW, In TS, Hah KH, Jung MO, Park BY, Lee JM, Kim DH (2009) Relationship between sensory property and warner-branded Hanwoo Beef. *Korean J Food Sci Ani Resour* 29: 40-46.
- Kim MS, Jung IC, Moon YH (2000) Comparison of palatability of frozen beef and vacuum chilled beef during storage period. *Korean J Food Sci Ani Resour* 20: 192-198.
- Kim SY, Kwon YJ, Kim DG, Kim SM, Sung SK (1999) Effects of castration and aging on the tenderness factors in Hanwoo beef. *Korean J Anim Sci* 38: 621-628.
- Kook K, Kim KH (2002) The effects of fig fermented product supplementation on animal performances, serum profile and meat quality in Hanwoo bulls. *Korean J Anim Sci & Technol* 44: 739-746.
- Kook K, Kim KH (2003) The effects of supplemental levels of bamboo vinegar on growth performance, serum profile and meat quality in fattening Hanwoo cow. *Korean J Anim Sci & Technol* 45: 57-68.
- Kwon SM, Lee BK, Kim HS (2009) Relation between nutritional factors and bone status by broadband ultrasound attenuation among college students. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1551-1558.
- Lee CH, Shim SC, Park H, Han KW (1980) Distribution and relation of mineral nutrients in various parts of Korea ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). *Korean J Ginseng Sci* 4: 55-64.
- Lee JM, Kim TW, Kim JH, Cho SH, Seong PN, Jung MO,

- Cho YM, Park BY, Kim DH (2009) Comparison of chemical, physical and sensory traits of *longissimus lumborum* Hanwoo beef and Australian Wagyu beef. *Korean J Food Sci Ani Resour* 29: 91-98.
- Lee JM, Park BY, Cho SH, Kim JH, Yoo YM, Chae HS, Choi YI (2004) Analysis of carcass quality grade components and chemico-physical and sensory traits of *m. longissimus dorsi* in Hanwoo. *Korean J Anim Sci & Technol* 46: 833-840.
- Lee TH, Kang SY, Kim HS, Kang MS, Yun YM, Lee JM, Kang TY (2006) Changes of hormonal level and blood biochemistry following superovulation treatments of Jeju Black cow. *Korean J Emb Trans* 21: 225-231.
- Matsuishi M, Mori J, Moon YH, Okitani A (1993) Generation of the desirable aroma, the conditioned raw beef aroma induced by storage of meat in air. *Ani Sci & Technol* 64: 163-170.
- Melton SL (1990) Effect of feed on flavor of red meat. *J Anim Sci* 68: 4421-4435.
- Miller GJ, Varnell TR, Rice RW (1967) Fatty acid composition of certain ovine tissue as affected by maintenance level rations of roughage and concentrate. *J Anim Sci* 29: 41-45.
- Moon YH, Hong DJ, Kim MS, Jung IC (1998) Changes of physicochemical and sensory characteristics in vacuum packaged beef loin during cold storage time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 214-219.
- Moon YH, Yang SJ, Jung IC (2011) Effect of feeding mugwort (*Artemisia capillaris*) TMR fodder on nutritional composition of Hanwoo beef. *Journal of Life Science* 21: 568-575.
- Park BS, Yu IJ (1994) Comparison of fatty acid composition for Hanwoo, Holstein and imported beef. *Korean J Anim Sci Technol* 36: 69-75.
- Park HI, Lee MH, Chung MS (1994) Comparison of flavor characteristics and palatability of beef obtained from various breeds. *Korean J Food Sci Technol* 26: 500-506.
- Realini CE, Duckett SK, Brito GW, Dalla-Rizza M, De Matos 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.
- Rule DC, Smith SB, Romans JR (1995) Fatty acid composition of muscle and adipose tissue of meat animals. In: The biology of fat in meat animals. Smith SB, Smith DR (eds) American Society of Animals Science, Champaign, IL, pp. 144-165.
- Santamaria I, Lizarraga T, Astiasaran I, Bello J (1992) Contribution al problema del desarrollo del color en el Chorizo de pamplona: comportamiento de nitritos, nitrosos pigmentos carnicos. *Alimentaria* 1: 23-26.
- SAS (2002) SAS/STAT User's Guide; statistics, Release 8.2 edition, SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.
- Sato M, Nakamura T, Numata M, Hashida H, Homma S, Sato A, Fujimaki M (1995) Study on factors related to beef quality; With special reference to flavor and palatability. *Anim Sci Technol* (in Japan) 66: 149-159.
- Savell JW, Cross HR, Francis JJ, Wise JW, Hale DS, Wilkes DL, Smith GC (1987) National consumer retail beef study: palatability evaluations of beef loin steaks differed in marbling. *J Food Sci* 52: 517-519,532.
- Smith GC, Culp GR, Carpenter ZL (1978) Postmortem aging of beef carcasses. *J Food Sci* 48: 823-829.
- Son SM (2008) Report for the nutritional value of Hanwoo, Hanwoo Board. Korea.
- Stone H, Sidel ZL (1985) Sensory evaluation practices. Academic press Inc., New York, USA, pp 45-51.
- Wilson GD (1960) The Science of meat and meat products. W.H. Freeman Co. San Francisco, California, pp. 212-219.
- Westerling DB, Hedrick HB (1979) Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *J Anim Sci* 48: 1343-1348.
- Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, Sheard PR, Enser M (2004) Effect of fatty acids on meat quality : A review. *Meat Sci* 66: 21-32.
- Yanagihara K, Yano Y, Nakamura T, Nakai H, Tanabe R (1995) Changes in sensory, physical and chemical properties of beef loins during prolonged conditioning at chilled temperatures. *Anim Sci Technol* (in Japan) 66: 160-166.