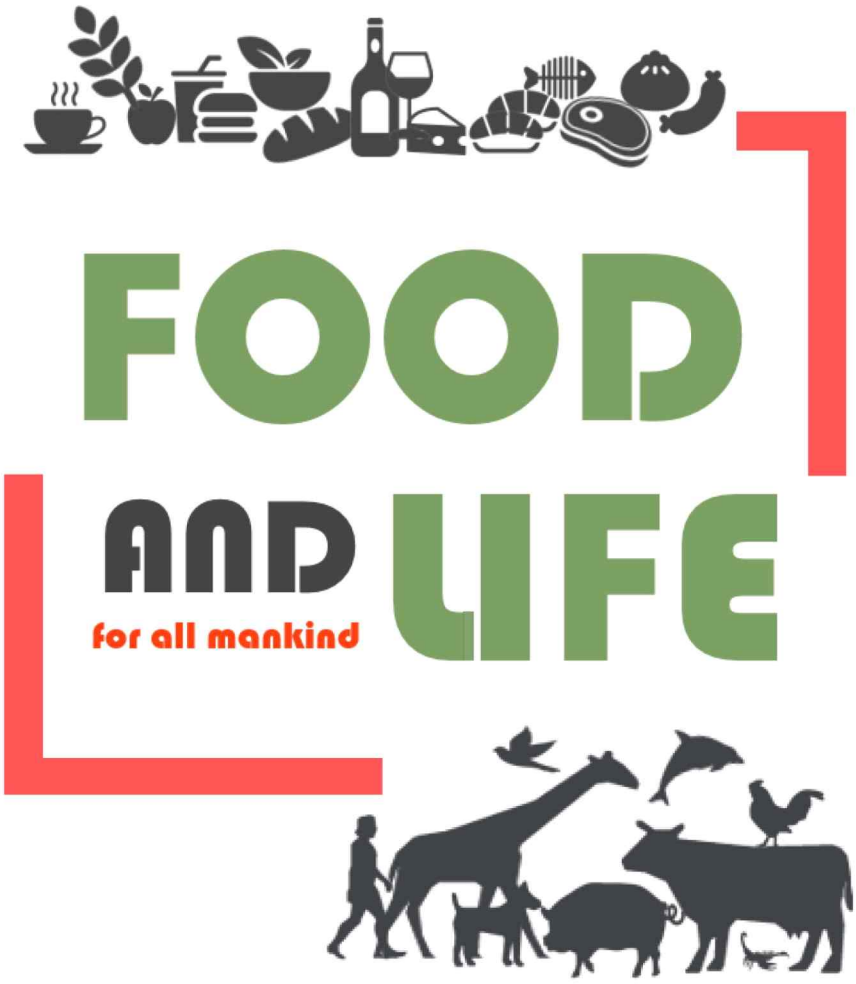


The Food and Life has published all type articles such as research articles, review articles, survey articles, research note, short communication or editorial since 2020. It covers the all scientific and technological aspects of food and life science.

https://www.foodnlife.org

Food and Life (2026) 2026(3):167-173
https://doi.org/10.5851/fl.2600010

Research Article Open Access

한우 1++ 등급 내 마블링 스코어(7, 8, 9) 차이가 등심의 지방산 프로파일에 미치는 영향 비교

우민경[1,†], 진실[2,†], 도한울[2], 원정일[2], 강성식[2], 손준규[2], 정사무엘[1,*]

[1]충남대학교 동물자원생명과학과
[2]국립축산과학원 축산자원개발부 한우연구센터

Comparative study on fatty acid profiles of *Longissimus thoracis* across different marbling scores (7, 8, and 9) within 1++ grade Hanwoo steers

Minkyung Woo[1,†], Shil Jin[2,†], Hanwool Do[2], Jeong Il Won[2], Sung-Sik Kang[2], Jun Kyu Son[2], Samooel Jung[1,*]

[1]*Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea*
[2]*Hanwoo Research Center, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25340, Korea*

Abstract

This study investigated the effects of marbling score (MS) variations within Hanwoo quality grade 1++ on the appearance and fatty acid composition of the *Longissimus thoracis* muscle. A total of 110 samples were categorized into three groups: MS 7 (n=34), MS 8 (n=30), and MS 9 (n=46). Meat color analysis revealed no significant differences in CIE a* and yellowness CIE b* among the groups ($p>0.05$); however, CIE L* was significantly higher in the MS 8 and MS 9 groups than in the MS 7 group ($p<0.05$). Regarding fatty acid composition, myristic acid (C14:0) content increased significantly as the MS increased from 7 to 9 ($p<0.05$). Conversely, the proportions of linoleic acid (C18:2, n-6), dihomo-γ-linolenic acid (C20:3, n-6), and arachidonic acid (C20:4, n-6) were significantly lower in the MS 9 group than in the MS 7 group ($p<0.05$). Despite these variations, the atherogenic index (AI) and thrombogenic index (TI) did not differ significantly among the groups ($p>0.05$). These results imply that even within the same 1++ grade, the appearance and nutritional properties of Hanwoo beef vary according to the MS.

Keywords: Hanwoo, beef, marbling score, fatty acid profile

서 론

우육의 품질을 결정하는 다양한 요인 중 근내지방(intramuscular fat) 함량은 연도, 다즙성 및 풍미를 결정하는 핵심 인자이다(Jeon et al., 2024; Jin et al., 2025; Liu et al., 2025). 이러한 이유로 근내지방도(marbling score, MS)는 소 도체 등급 판정 시 육질을 평가하는 주요 지표로 활용되며, 높은 근내지방 함량은 상위 육질등급 판정으로 이어져 농가의 경제적 수익과 직결된다. 그러나 근내지방 축적을 위한 장기 사육은 농가의 생산비 부담을 가중시키며, 고열량 지방 섭취가 소비자 건강에 미칠 수 있는 잠재적 부정적 영향에 대한 우려가 지속적으로 제기되어 왔다. 이에 따라 국가적으로 사육 기간 단축이 권고되었으나, 이는 근내지방 함량 저하에 따른 육질 등급 하락의 우려를 낳았다. 이러한 산업적·사회적 요구를 반영하여 2019년 12월 소 도체 등급 판정 기준이 개정되었다. 개정 전 기준에서는 MS 8번과 9번만이 1++ 등급을 부여받았고 MS 7번은 1+ 등급에 해당하였으나, 개정 후에는 MS 7, 8, 9번 모두 1++ 등급으로 포함되도록 기준이 완화 및 확대되었다. 그 결과, 1++ 등급 출현율은 2019년 15.7%에서 개정 직후인 2020년 22.5%, 2021년 23.8%로 증가하였으며, 2025년에는 28.9%에 달하는 것으로 나타났다(축산물품질평가원, 축산유통정보).

† These authors contributed equally to this work.

*Corresponding author : Samooel Jung. Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea. Tel: +82-42-821-5774, Fax: +82-42-825-9754, E-mail: samooel@cnu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

지방의 높은 열량으로 인한 과잉 섭취 경향은 현대인들에게 기피 요인이 되고 있으나, 영양학적 측면에서 지방은 필수 지방산 및 불포화 지방산을 공급하는 필수 영양소이다(Cougo et al., 2026; Kim et al., 2024a; Lee et al., 2025). 우육의 지방산 조성을 보면 단일 불포화 지방산인 oleic acid의 비중이 가장 높으며(Jung et al., 2026), 이는 혈중 low-density lipoprotein (LDL)-cholesterol 저하 및 심혈관계 질환 예방 등 보건학적으로 유익한 기능을 갖는다(Sales-Campos et al., 2013). 또한 우육에는 필수 지방산인 linoleic acid, linolenic acid 및 arachidonic acid도 함유되어 있어 단순한 에너지원 이상의 가치를 지닌다. 기존 연구에 따르면 근내 지방의 축적은 단순히 지방 조직의 양적 증가에 그치지 않고, 지방 합성 과정에서 관여하는 stearoyl-CoA desaturase와 같은 효소의 활성 변화를 동반하여 지방산의 질적 구성에 변화를 유도하는 것으로 알려져 있다 (Bartoň et al., 2011; Kim et al., 2024b).

하지만 MS에 따른 지방산 조성의 가변성에도 불구하고, 현행 등급 체계에서는 MS 7, 8, 9번 우육이 모두 동일한 1^{++} 등급으로 분류 및 유통되고 있다. 이로 인해 등급 내 존재할 수 있는 품질 변이에 대한 정보가 미흡하며, 이는 소비자에게 정밀한 품질 지표를 제공하는 데 한계로 작용하고 있다. 따라서 본 연구는 1^{++} 등급 한우 등심(*Longissimus thoracis*) 내에서 MS 차이가 지방산 조성 및 품질 특성에 미치는 영향을 확인하고자 수행되었다.

재료 및 방법

시료 준비

본 연구에는 강원도 평창·영월·정선 지역에서 사육된 한우 거세우 시료를 사용하였다. 공시축은 평창 소재 도축장에서 도축되었으며, 도축 후 48시간이 경과한 도체로부터 제13흉추부위의 배최장근(*Longissimus thoracis*)을 7-10 cm 두께로 채취하였다. 모든 시료는 도축 후 72시간 시점에 분석에 이용되었으며, 분석 전까지 냉장 상태(2℃)를 유지하였다. 총 110점의 시료는 MS에 따라 세 그룹으로 분류하였으며, 각 그룹별 시료 수는 MS 7(n=34), MS 8(n=30) 및 MS 9(n=46)였다.

육색 분석

MS에 따른 한우육의 육색 차이를 규명하기 위해 색도계(CM-5, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 CIE L*(명도), a*(적색도) 및 b*(황색도) 값을 측정하였다. 시료의 분석 전 20분간 블루밍(blooming) 과정을 거쳤으며, 지방층을 제외한 근육 표면의 서로 다른 지점을 3회 반복 측정하였다. 측정된 결과값은 전용 소프트웨어(Spectra Magic Software, Minolta, Japan)를 통해 평균값을 산출하여 분석에 이용하였다.

지방산 조성 분석

지질추출

한우 시료 내 지질은 Folch 등(1957)의 방법을 변형하여 추출하였다. 시료 10 g에 Folch 용액(Chloroform:Methanol=2:1, v/v) 100 mL와 산화 방지를 위한 5% pyrogallol 용액(in Ethanol) 2 mL를 첨가한 후, 균질기(T25 basic, IKA GmbH & Co. KG, Staufen, Germany)를 사용하여 20초간 균질화하였다. 균질액은 25℃ 배양기에서 150 rpm으로 1시간 동안 반응시킨 후, Whatman No. 4 여과지를 이용하여 상등액을 회수하였다. 회수된 상등액 40 mL에 0.9% NaCl 용액 8 mL를 혼합하여 층분리를 유도하였으며, 수거된 하층액을 45℃에서 질소 가스로 농축하였다. 최종적으로 anhydrous sodium sulfate로 수분을 제거하여 순수한 지질 추출물을 획득하였다.

메틸화(Methylation)

추출된 지질(약 100 mg)에 내부 표준 물질인 triundecanoate (C11:0, 1 mg/mL in iso-octane) 1 mL와 0.5 N methanolic NaOH 1.5 mL를 혼합하고, 85℃ 항온 수조에서 10분간 가열하여 비누화하였다. 냉각 후, BF3-Methanol 2 mL를 첨가하여 동일 조건에서 가열함으로써 메틸화(Methylation)를 수행하였다. 이후 iso-octane 2 mL와 포화 NaCl 용액 1 mL를 첨가하여 각각 1분간 혼합하고, 원심분리기(1580 R, LABOGENE, Allerød, Denmark)로 2,500 rpm및 4℃ 조건에서 3분간 원심 분리하였다. 획득된 상등액은 anhydrous sodium sulfate로 탈수한 후 GC 분석용 시료로 사용하였다.

기체 크로마토그래피 분석

지방산 메틸 에스테르(fatty acid methyl esters, FAME) 분석은 SP-2560 capillary column(100 m×0.25 mm×0.2 μm)이 장착된 기체 크로마토그래프(Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 이용하였다. Split ratio는 200:1, 주입기(injector) 및 검출기(detector) 온도는 225℃로 설정하였으며, 운반 기체인 질소(N_2)의 유속은 0.75 mL/min으로 유지하였다. 오븐 온도는 100℃에서 4분간 유지 후, 3℃/min의 속도로 220℃까지 승온하여 10분간 유지하였다. 각 지방산의 피크는 FAME Mix-37 표준 물질(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)의 유지 시간(retention time)과 비교하여 동정하였으며, 함량은 총 지방산 피크 면적에 대한 백분율(%)로 계산하였다.

동맥경화 및 혈전형성 지수 분석

우육의 보건학적 가치를 평가하기 위해 동맥경화 유발 지수(atherogenic index, AI)와 혈전 유발 지수(thrombogenic index, TI)를 아래 식에 의거하여 산출하였다.

$$AI = [C_{12:0}+(4 \times C_{14:0})+C_{16:0}]/\Sigma UFA$$

$$TI = (C_{14:0}+C_{16:0}+C_{18:0})/[(0.5 \times \Sigma n\text{-}6PUFA)+(3 \times \Sigma n\text{-}3PUFA)+(n\text{-}3FA/n\text{-}6FA)]$$

통계분석

본 연구의 모든 데이터는 SAS 프로그램(version 9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA)의 PROC MIXED를 이용하여 혼합모형(mixed model) 분석을 실시하였다. 통계 분석 시 MS를 고정효과(fixed effect)로, 소 도체의 도축 일자를 임의 효과(random effect)로 설정하였다. 분석 결과는 최소제곱평균과 평균의 표준오차(standard error of the means, SEM)로 나타내었다. 처리군(MS 7, 8, 9) 간의 유의성 검정은 Tukey의 다중검정법(Tukey's multiple range test)을 이용하였으며, $p<0.05$ 수준에서 통계적 유의성을 판정하였다.

결과 및 고찰

등심 이미지 및 육색

MS에 따른 한우 등심의 조지방 함량을 분석한 결과, MS 7, 8 및 9 그룹에서 각각 19.58%, 20.68% 및 27.43%로 나타났다. 통계적으로 MS 7과 MS 8 사이에는 유의적인 차이가 없었으나, MS 9 그룹은 MS 7 및 8 그룹과 비교하여 조지방 함량이 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$; data not shown). 이러한 정량적 분석 결과는 시료의 외관적 특성을 나타낸 Fig. 1과도 일치하였다. 육안 관찰 시 MS 9 그룹은 MS 7 그룹에 비해 근내지방이 더욱 조밀하고 풍부하게 분포되어 있음을 확인할 수 있었다. 이는 동일한 1^{++} 등급으로 분류되더라도 MS 7과 MS 9 사이에는 실질적인 근내지방 함량 차이가 존재함을 의미하며, 실제 소비자가 육안으로 등심을 선택할 때에도 그 차이를 인지할 수 있는 수준으로 생각된다.

식육의 육색은 소비자가 품질을 예측하고 구매 여부를 결정하는 핵심 지표이며, 일반적으로 선명한 선홍색(bright cherry-red)을 띠는 육류에 대한 선호도가 높다(Thies et al., 2024). 본 연구 결과, MS 7, 8 및 9 그룹 간의 적색도(a*)와 황색도(b*)는 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 1). 반면, 명도(L*)는 MS 8 및 9 그룹이 MS 7 그룹에 비해 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 이는 MS와 명도 사이에 정의 상관관계가 있다는 기존 연구 보고와 일치하는 결과이다(Zhang et al., 2022). 또한, Im 등(2024)은 한우 채끝 등심의 근내지방 함량이 높을수록 명도값이 유의적으로 증가하나 적색도에는 유의한 차이가 없음을 보고한 바 있어 본 연구 결과와 유사하였다. 식육의 육색은 육색소 단백질인 myoglobin의 함량 및 화학적 상태 뿐만 아니라, 근육 표면에서의 빛의 산란과 흡수 정도에 의해 결정된다(Cha et al., 2025). 본 연구에서 MS 9 그룹의 명도가 높게 나타

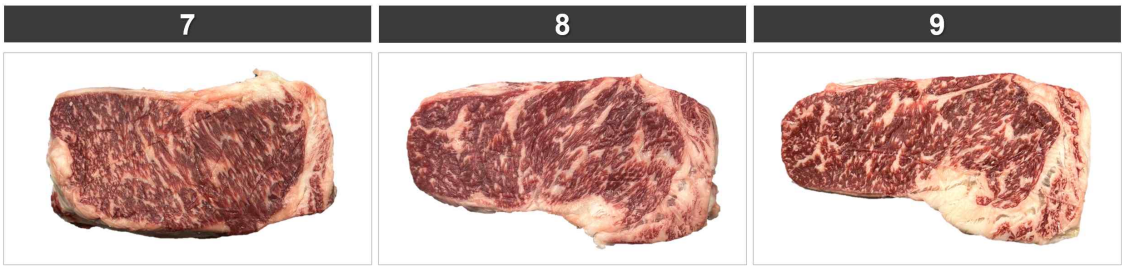


Fig. 1. Epresentative images of Hanwoo *Longissimus thoracis* muscle across different marbling scores. (7) Beef loin with a marbling score of 7; (8) Beef loin with a marbling score of 8; (9) Beef loin with a marbling score of 9.

Table 1. Color properties (CIE L*, a*, and b*) of Hanwoo *Longissimus thoracis* muscle according to different marbling scores

	L*	a*	b*
MS 7	36.31^{B}	19.10	16.46
MS 8	38.32^{A}	18.91	16.90
MS 9	38.47^{A}	18.54	17.07
SEM[1)]	0.560	0.272	0.259

[1)] Standard error of the least square mean.
^{A,B} Different letters indicate significant differences between means of marbling scores ($p<0.05$).

난 것은 근내지방 함량의 증가로 인해 상대적으로 근섬유 밀집도가 감소하고, 백색의 지방 조직에 의한 빛의 산란 효과가 증대되었기 때문으로 판단된다(Zhang et al., 2022).

등심 지방산 조성

MS에 따른 한우 등심의 지방산 조성 분석 결과를 Table 2에 제시하였다. 분석 결과 myristic acid(C14:0), myristoleic acid (C14:1), margaric acid(C17:0), linoleic acid(C18:2, n-6), linolenic acid(C18:3, n-3), eicosadienoic acid(C20:2), dihomo-γ-linolenic acid(C20:3, n-6) 및 arachidonic acid(C20:4, n-6) 조성에서 MS 그룹 간 유의적인 차이가 관찰되었다. 특히 MS 함량 증가에 따른 선형적인 증감 추세는 C14:0, C18:2, C20:3 및 C20:4에서 명확하게 나타났다.

포화지방산인 myristic acid의 조성은 MS 9 그룹이 MS 7 그룹에 비해 유의적으로 높았으며(p<0.05), 이는 우육 등심의 근내지방 함량과 myristic acid 조성 사이에 유의미한 정의 상관관계(r=0.48)가 존재한다는 기존 연구 결과와 일치한다(Kazala et al., 1999).

반면 불포화 지방산인 linoleic acid, dihomo-γ-linolenic acid 및 arachidonic acid의 조성은 MS 9 그룹에서 MS 7 그룹 대비 유의적으로 낮게 나타났다(p<0.05). 이러한 결과는 근내지방 함량이 증가할수록 필수 지방산인 C18:2(r=−0.40)와 C20:4(r=

Table 2. Fatty acid composition (%) of Hanwoo *Longissimus thoracis* muscle according to different marbling scores

	MS 7	MS 8	MS 9	SEM[1)]
C12:0	0.10	0.10	0.11	0.008
C14:0	3.47^{B}	3.68^{AB}	3.79^{A}	0.085
C14:1	0.99^{B}	1.20^{A}	1.12^{AB}	0.056
C15:0	0.31	0.28	0.30	0.012
C16:0	27.52	27.38	27.28	0.289
C16:1	4.97	5.41	5.29	0.133
C17:0	0.71^{AB}	0.64^{B}	0.71^{A}	0.020
C17:1	0.66	0.64	0.65	0.018
C18:0	10.75	10.28	10.79	0.209
C18:1 trans9	1.74	1.68	1.88	0.138
C18:1 cis9	45.32	45.47	45.00	0.360
C18:2 trans	0.20	0.22	0.27	0.045
C18:2 n-6	2.26^{A}	2.02^{AB}	1.93^{B}	0.081
C20:0	0.09	0.09	0.10	0.006
C18:3 n-6	0.04	0.05	0.04	0.004
C20:1	0.30	0.31	0.27	0.017
C18:3 n-3	0.11^{AB}	0.15^{A}	0.09^{B}	0.015
C20:2	0.04^{AB}	0.05^{A}	0.03^{B}	0.004
C20:3 n-6	0.17^{A}	0.16^{AB}	0.15^{B}	0.006
C20:4 n-6	0.25^{A}	0.22^{A}	0.18^{B}	0.010
SFA	42.73	42.22	43.09	0.410
MUFA	54.17	54.88	54.22	0.401
PUFA	3.10^{A}	2.89^{AB}	2.69^{B}	0.093

[1)] Standard error of the least square mean.
[A,B] Different letters indicate significant differences between means of marbling scores (p<0.05).

-0.33)의 조성이 감소한다는 보고(Hoehne et al., 2012)를 뒷받침한다. 본 연구에서 중성지질과 인지질 분획을 직접 분리하여 정량 하지는 않았으나, 이러한 현상은 고도의 근내지방 축적 과정에서 중성지질(triglyceride)의 급격한 축적으로 인해 상대적으로 인지질(phospholipid)의 비율이 감소하는 것에 따른 결과로 추정된다. 특히 linoleic acid는 인지질의 주요 구성 지방산이므로, 중성지질 비중이 높은 고마블링 우육에서 그 조성이 낮아지는 결과를 초래한다(Ren et al., 2025).

우육의 지방산 조성은 지방의 영양학적 가치와 품질을 결정하는 핵심 지표이다. 최근 연구에 따르면, 포화지방산 섭취가 심혈관계 질환에 미치는 영향은 총 LDL 수치보다 입자 크기가 작고 밀도가 높은 small dense LDL(sdLDL)의 양에 의해 결정된다는 새로운 관점이 제시되고 있다(Astrup et al., 2020). 포화지방산은 주로 무해한 large buoyant LDL을 증가시킬 뿐 sdLDL 형성에 미치는 영향은 미미함에도 불구하고(Adams et al., 2010), 대중적인 소비자 인식 측면에서 포화지방산은 여전히 기피 요인으로 작용하고 있다. 따라서 본 연구 결과, MS 9 그룹에서 관찰된 높은 포화지방산 조성은 소비자에게 부정적인 품질 특성으로 인식될 가능성이 크다. 또한, 체내 건강 유지에 필수적이며 외부 섭취가 요구되는 linoleic acid와 arachidonic acid의 조성이 MS 9에서 유의적으로 낮아졌으며, 전체 다가불포화지방산(polyunsaturated fatty acid, PUFA) 비율 또한 MS 7 그룹(3.10%) 대비 MS 9 그룹(2.69%)에서 감소하였다. 이러한 결과는 지방의 양적 측면(함량)에서는 MS 9이 우수할 수 있으나, 영양학적 질(quality) 측면에서는 MS 9 등심이 MS 7 대비 다소 낮을 수 있음을 시사한다.

보건학적 지수 분석

MS 차이가 한우 등심 지방의 보건학적 가치에 미치는 영향을 평가하기 위해 AI와 TI를 산출하였다(Fig. 2). 분석 결과, AI와 TI 모두 모든 MS 그룹 간에 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다(p>0.05).

AI와 TI는 식육 내 포화지방산과 불포화지방산의 상대적 비율 및 각 지방산의 생리 활성을 종합적으로 고려한 수치로, 심혈관계 질환 예방 측면에서 지방의 품질을 판단하는 중요한 척도로 이용된다(Mokhtari and Farhangi, 2025). 일반적으로 이 지수들이 낮을수록 보건학적으로 우수한 것으로 간주된다. 본 연구에서 MS 9 그룹은 앞선 결과에서 myristic acid(C14:0)와 같은 특정 포화지방산의 조성이 유의적으로 높았음에도 불구하고, 종합적인 AI 및 TI 수치에서 MS 7 그룹과 유사한 수준을 유지하였다.

이는 근내지방 함량이 증가하더라도 전체적인 지방산의 균형 측면에서는 심혈관 건강에 미치는 잠재적 위험성이 유의미하게 높아지지 않음을 시사한다. 따라서 1^{++} 등급 내에서 MS가 높은 우육을 선택하더라도, 지방산 조성의 종합적인 보건학적 지수 측면에서는 낮은 MS 제품과 차별적인 건강 위해 요소가 없음을 의미한다.

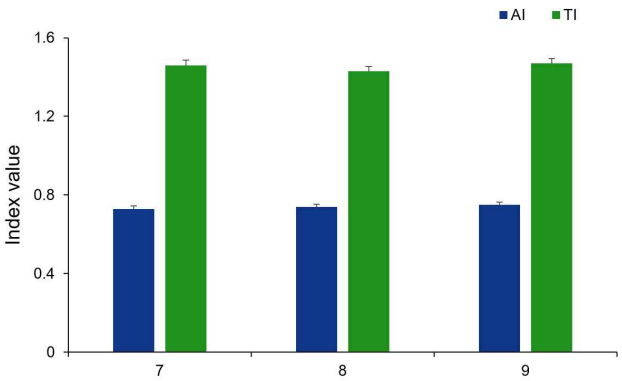


Fig. 2. Atherogenic index (AI) and thrombogenic index (TI) of Hanwoo *Longissimus thoracis* muscle according to different marbling scores. (7) Beef loin with a marbling score of 7; (8) Beef loin with a marbling score of 8; (9) Beef loin with a marbling score of 9.

결론

본 연구는 한우 1^{++} 등급 내 MS(7, 8, 9)의 차이가 등심의 외관 및 지방산 특성에 미치는 영향을 규명하고자 수행되었다. 연구 결과, MS 9 그룹은 높은 근내지방 함량으로 인해 MS 7 그룹 대비 육색의 L*가 유의적으로 높게 나타나 외관적 차별성을 보였다. 지방산 조성 분석에서는 MS 9 그룹이 MS 7 그룹에 비해 포화지방산인 myristic acid의 조성은 높은 반면, 필수 지방산인 linoleic acid 및 arachidonic acid의 조성은 낮아 영양학적 조성 측면에서는 다소 낮은 특성을 나타냈다. 그러나 AI 및 TI는 MS 등급과 관계없이 유사한 수준을 유지하여, 근내지방 함량 증가에 따른 종합적인 보건학적 위해 요소의 증가는 관찰되지 않았다.

결론적으로, 본 연구는 2019년 개정 등급제 도입 이후, 동일한 1^{++} 등급으로 묶여 유통되는 한우 등심이라 할지라도 세부 MS(7, 8, 9)에 따라 시각적 L*뿐만 아니라 필수지방산 및 다가불포화지방산 조성에서 실질적인 품질 경향성의 차이가 존재함을 확인하였다. 따라서 향후 소고기 육질 등급 체계에 대한 소비자 정보 제공 및 홍보 시, 이러한 세부 등급별 품질 특성을 함께 고려함으로써 소비자의 알 권리를 충족시키고 선택의 폭을 넓히는 정책적 노력이 필요할 것으로 사료된다.

Conflicts of Interest

The authors declare no potential conflict of interest.

Acknowledgments

This research was supported by a Research Project of the Rural Development Administration (RDA), Republic of Korea (Project No. PJ01502802). This study was also supported by the 2026 RDA Fellowship Program at the National Institute of Animal Science, RDA, Republic of Korea.

Ethics Approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

Author Contributions

Conceptualization: Jung S.
Formal analysis: Woo M, Jin S.
Data curation: Woo M, Jin S, Do H.
Writing-original draft preparation: Woo M, Jin S.
Writing-review & editing: Woo M, Jin S, Do H, Won JI, Kang SS, Son JK, Jung S.

Author Information

Minkyung Woo (Graduate student, Chungnam National University)
https://orcid.org/0009-0007-5885-8340
Shil Jin (Researcher, National Institute of Animal Science)
https://orcid.org/0000-0003-1120-3631
Hanwool Do (Researcher, National Institute of Animal Science)
https://orcid.org/0009-0001-5128-4790
Jeong Il Won (Researcher, National Institute of Animal Science)
https://orcid.org/0000-0003-3151-7144
Sung-Sik Kang (Researcher, National Institute of Animal Science)
https://orcid.org/0000-0002-9453-5377
Jun Kyu Son (Researcher, National Institute of Animal Science)
https://orcid.org/0000-0002-6266-3606
Samooel Jung (Professor, Chungnam National University)
https://orcid.org/0000-0002-8116-188X

References

Adams TH, Walzem RL, Smith DR, Tseng S, Smith SB. 2010. Hamburger high in total, saturated and trans-fatty acids decreases HDL cholesterol and LDL particle diameter, and increases tag, in mildly hypercholesterolaemic men. Br J Nutr 103:91-98.

Astrup A, Magkos F, Bier DM, Brenna JT, de Oliveira Otto MC, Hill JO, King JC, Menta A, Ordovas JM, Volek JS, Yusuf S, Krauss RM. 2020. Saturated fats and health: a reassessment and proposal for food-based recommendations: JACC state-of-the-art review. J Am Coll Cardiol 76:844-857.

Bartoň L, Bureš D, Kott T, Řehák D. 2011. Effect of sex and age on bovine muscle and adipose fatty acid composition and stearoyl-CoA desaturase mRNA expression. Meat Sci 89:444-450.

Cha JY, Kim YJ, Kim JH, Park MK, Jung S, Choi YS. 2025. Study on structural analysis and physicochemical properties of meat using hyperspectral image analysis. Food Life 2025:15-22.

Cougo ACTS, de Souza G, Bonjour F, Irigaray BA, Jachmanián I, Brito G, Campo MM, Ibáñez F, Luzardo S. 2026. Bioactive compounds and fatty acid composition in raw and cooked beef with two different ageing periods. Meat Sci 234:110045.

Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. J Biol Chem 226:497-509.

Hoehne A, Nuernberg G, Kuehn C, Nuernberg K. 2012. Relationships between intramuscular fat content, selected carcass traits, and fatty acid profile in bulls using a F2-population. Meat Sci 90:629-635.

Im C, Song S, Cheng H, Park J, Kim GD. 2024. Changes in meat quality and muscle fiber characteristics of beef striploin (*M. longissimus lumborum*) with different intramuscular fat contents following freeze-thawing. LWT 198:116081.

Jeon H, Jeong SKC, Lee S, Kim D, Kim HB, Bae IS, Kim Y, Seong PN, Jung S, Jo K. 2024. Correlation of electrical conductivity and color with water loss and shear force of pork loin. Korean J Agric Sci 51:307-314.

Jin S, Kim HJ, Won JI, Jang SS, Kang SS, Kim SW. 2025. Genetic analysis and genomic evaluation of marbling fineness in highly marbled Hanwoo steers. Korean J Agric Sci 52:279-288.

Jung Y, Kim D, Jeong D, Oh S, Park BK, Sujiwo J, Yoon SK, Jang A. 2026. Differences in physicochemical traits, bioactive and flavor compounds, and sensory attributes of Hanwoo beef loin according to slaughter age. Meat Sci 234:110038.

Kazala EC, Lozeman FJ, Mir PS, Laroche A, Bailey DRC, Weselake RJ. 1999. Relationship of fatty acid composi-

tion to intramuscular fat content in beef from crossbred Wagyu cattle. J Anim Sci 77:1717-1725.

Kim S, Choi J, Kim ES, Keum GB, Doo H, Kwak J, Ryu S, Choi Y, Kang J, Kim H, Chae Y, Lee Y, Kim D, Seol KH, Kang SM, Kim Y, Seong PN, Bae IS, Cho S, Kwon HJ, Jung S, Lee Y, Kim HB. 2024a. Assessing the relationship between muscle-to-fat ratio in pork belly and Boston butt using magnetic resonance imaging. Korean J Agric Sci 51:187-192.

Kim S, Choi J, Kim ES, Keum GB, Doo H, Kwak J, Ryu S, Choi Y, Kang J, Kim H, Chae Y, Sung A, Lee Y, Kim D, Seol KH, Kang SM, Kim Y, Seong PN, Bae IS, Cho S, Kwon HJ, Jung S, Lee Y, Kim HB. 2024b. A study on the correlation between muscle-to-fat ratios in Boston butt, pork belly, and half-carcass. Korean J Agric Sci 51:443-450.

Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation. 2019. Cow. Available from: https://www.ekapepia.com/v3/supplyTrend/statistics/grade/cow.do?programUrl=%2Fgradeinfo%2Fstatistics%2Fcow_statistics_1.asp&startDate=2019-01&endDate=2019-12&sidoCode=&abattCode=. Accessed on Apr 17, 2026.

Lee S, Jo K, Park MK, Choi YS, Jung S. 2025. Role of lipids in beef flavor development: a review of research from the past 20 years. Food Chem 475:143310.

Liu X, Song Y, Hwang I. 2025. Characterization of Hanwoo beef flavor across cooking doneness levels using solid-phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry and chemometric analysis. Food Life 2025:65-72.

Mokhtari R, Farhangi MA. 2025. Dietary and plasma atherogenic and thrombogenic indices and cardiometabolic risk factors among overweight and individuals with obesity. BMC Endocr Disord 25:33.

Ren Y, Zhou L, Tang C, Li J, Shi Y, Zhao Q, Zhang J, Bai Y. 2025. Characterization of lipid distribution and volatile profile in high-marbling beef of Jiaxian Red cattle. J Food Compos Anal 141:107374.

Sales-Campos H, de Souza PR, Peghini BC, da Silva JS, Cardoso CR. 2013. An overview of the modulatory effects of oleic acid in health and disease. Mini-Rev Med Chem 13:201-210.

Thies AJ, Altmann BA, Countryman AM, Smith C, Nair MN. 2024. Consumer willingness to pay (WTP) for beef based on color and price discounts. Meat Sci 217:109597.

Zhang X, Liu C, Kong Y, Li F, Yue X. 2022. Effects of intramuscular fat on meat quality and its regulation mechanism in Tan sheep. Front Nutr 9:908355.

ⓒ Copyright. Korean Society for Food Science of Animal Resources.

Date Received May 11, 2026
Date Revised Jun. 29, 2026
Date Accepted Jul. 24, 2026