

한우 암소고기의 육질특성

Meat Quality Property of Hanwoo Cow Beef

조수현^{1*}, 강선문¹, 황인호², 황도연³ (Soohyun Cho^{1*}, Sun-Moon Kang¹, Inho Hwang², Doyeon Hwang³)

¹국립축산과학원 축산물이용과, ²전북대학교 동물자원과학부, ³축산물품질평가원

¹Animal Products Utilization Division, National Institute of Animal Science

²Department of Animal Science, Chonbuk National University

³Choongbuk Branch, Korea Institute for Animal Product's Evaluation

I. 서론

우리나라에서 암소고기 생산은 전체 한우 도축물량의 약 46%를 차지하고 있는데(KAPE, 2017), 이것은 유럽과 미국이 각각 총 쇠고기 소비량의 약 30% 및 15% 수준이라는 점을 감안했을 때 상당히 높은 수준이다. 암소고기는 대체적으로 연하고 부드러운 것으로 알려져 있어 소비자들의 선호도가 높은 편이지만, 출하연령이 비슷한 수소나 거세우와는 달리 암소가 송아지 생산 목적이 있는 만큼 출하 월령 범위가 다양하기 때문에 육질은 균일하지 못하다. 외국에서 연령이 많은 암소고기는 일반적으로 더 질기기 때문에 대부분 분쇄 가공육으로 이용하거나(Xiong 등, 2007), 질긴 육질을 개선시키고자 숙성, 전기자극(Dransfield 등, 1992; Hwang 등, 2003), 도체현수방법(Herring 등, 1992), tendercut(Ludwig 등, 1997), blade tenderisation(Benito-Delgado 등, 1994) 등을 활용한다. 그 밖에도 가축은 연령이 많을수록 육질이 좋지 않고, 고기 내 산화안정성 저하로 육색을 산화시켜 결과적으로 고기의 변색에도 영향을 미칠 수 있다.

소는 도축 후 골화정도(ossification degree)을 평가하는데 국내에서 이를 '성숙도(maturity)'라고 한다. 육질등급 판정 기준 항목 중 하나인 성숙도는 도체의 척추 가시돌기와 연골을 포함한 뼈의 색, 형태 및 골화정도 범위를 기준으로 1번(매우 어림)부터 9번(골화가 상당히 많이 진행되었음)까지 구분되어 있다. Moon 등(2006)은 한우 암소육의 경우, 성숙도가 증가할수록 적색도와 황색도가 증가하였고, 연도, 다즙성, 향미, 기호도와 같은 관능특성도 성숙도 수준이 낮은 암소육보다 유의적으로 더 낮았다고 보고하였다. 한국의 현행 쇠고기 육질등급은 거의 마블링 수준

*Corresponding author: Soohyun Cho
Animal Products Utilization Division, National Institute of Animal Science,
Wanju 55365, Korea
Tel: +82-63-238-7351
Fax: +82-63-238-7397
Email: shc0915@korea.kr

에 따라 우선적으로 결정되지만, 연령이 많은 암소에서 이러한 점을 반영하여 예외규정을 둔다. 암소가 나이가 많고 성숙도 점수가 높은 경우 그 개체는 마블링 함량이 많아도 육질등급은 하향된다. 예를 들어 성숙도가 8번 또는 9번인 경우 1⁺⁺ 등급육은 1등급으로, 1⁺ 등급은 1등급으로 하향되는 것이다. Hilton 등(2001)은 암소고기의 육질은 성숙도에 따라 연도와 전단력 수준이 달라지는데, 성숙도가 높아질수록 황색지방이 증가하고 육질이 질겨진다고 하였다.

한편, 연령이 적은 개체보다 연령이 많은 개체가 육질이 질긴 이유가 결체조직내 콜라겐의 교차결합 비율이 증가하기 때문이라는 연구보고가 있었다(Weston 등, 2002). 콜라겐은 근육 내에서 결체조직을 구성하는 조직단백질 중 하나인데, 근육내 소량 존재하지만 고기의 수축뿐 아니라, 연도에도 관여하는 질긴 섬유성 결체조직 성분이다(Stanton and Light, 1990; Purslow, 2014). 특히 콜라겐 타입 I과 콜라겐 타입 III은 근육에서 서로 다른 기능과 수축특성을 가지는 것으로 알려져 있다(Kovanen 등, 1984; Drexler 등, 2012).

현재까지 암소고기는 무조건 연하고 맛이 좋을 것이라는 다수의 소비자들의 긍정적인 기대가 있음에도 불구하고, 정작 암소육의 연령 및 성숙도가 육질과 맛에 미치는 영향에 대하여 체계적으로 조사한 연구 보고 자료는 없었다. 따라서 본 원고에서 저자는 한우 암소고기를 연령과 성숙도 수준에 따라 분류하고, 각 그룹별 육

질 및 관능특성을 비교함으로써 소비자들이 국내 유통되고 있는 한우 암소고기의 육질을 이해하고 판단할 수 있는 기초자료를 제시하고자 한다.

II. 본론

1. 한우 암소의 연령별 육질특성

(1) 공시재료

본 연구에 사용된 한우고기 시료는 국립축산과학원 한우시험장에서 사육된 암소(2-15세) 총 126두를 공시축으로 하였으며, 연령별로 3개 그룹(그룹 1, 5세 이하; 그룹 2, 6-8세; 그룹 3, 9세 이상)으로 구분하여 분석하였다.

(2) 일반성분

한우 암소의 등심과 우둔육 부위의 지방, 단백질, 수분 및 콜라겐 함량을 분석한 결과는 표 1과 같다. 등심과 우둔육 모두 5세 이하 연령그룹 1이 그보다 연령이 더 많은 그룹 2 또는 3과 비교했을 때 근내지방 함량은 높고, 수분함량이 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 단백질함량은 등심에서는 연령그룹 1이 연령그룹 2와 3보다 유의적으로 높았던 반면, 우둔부위에서는 3개의 연

표 1. 한우암소 연령그룹별 등심과 우둔육의 일반성분

부위	연령그룹*	수분(%)	단백질 (%)	지방(%)	콜라겐(%)
등심	1	63.47±0.31 ^{**b}	20.06±0.09 ^b	13.46±0.33 ^a	1.87±0.02
	2	64.86±0.30 ^a	20.53±0.09 ^a	10.95±0.25 ^b	1.83±0.02
	3	65.08±0.35 ^a	20.49±0.10 ^a	10.86±0.45 ^b	1.81±0.04
우둔	1	67.22±0.31 ^b	20.81±0.10	8.23±0.35 ^a	1.87±0.02 ^a
	2	68.23±0.28 ^a	21.04±0.15	6.92±0.39 ^b	1.76±0.02 ^a
	3	68.37±0.31 ^a	21.08±0.19	6.30±0.46 ^b	1.72±0.03 ^b

*그룹 1, < 5세; 그룹 2, 6-8세; 그룹 3, > 9세, **평균±표준오차

^{a-c}동일한 카테고리내 횡그룹 간 서로 다른 알파벳 첨자를 가진 평균치 간에 유의적 차이가 있음($p < 0.05$) (Cho 등, 2012)

령그룹 간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 콜라겐 함량은 등심부위에서는 연령그룹 간의 유의적인 차이가 없었으나, 우둔부위에서는 9세 이상의 연령 그룹 3이 그룹 1과 2보다 유의적으로 낮은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 근육내 콜라겐 농도는 가축의 나이를 반영하여 성숙되고 연도 변화에 영향을 준다고 하였다 (Weston 등, 2002).

(3) 육색, 가열감량, 보수력, 전단력

육색은 소비자가 식육구매시 영향을 주는 첫 번째 육질요인이라면 연도를 비롯한 육질과 맛은 그 소비자가 동일한 제품을 재구매할지 여부를 결정하게 해준다. 등심과 우둔육의 연령그룹에 따른 육색과 가열감량 분석 결과는 표 2와 같다. 등심부위의 육색은 5세 이하의 연령 그룹 1이 9세 이상의 연령 그룹 3과 비교하여 L*값(백색도)과 a*값(적색도)이 유의적으로 높았다($p < 0.05$) (표 2). 한편, 우둔부위는 그룹 3이 그룹 1보다 a*(적색도)값이 유의적으로 낮았으며, L*(백색도)값과 b*(황색도)값에서는 유의적인 차이가 없었다($p > 0.05$). 육색은 주로 마이오글로빈(myoglobin) 함량에 의존하는데 전체 육색소 함량의 약 90% 이상을 차지하는 마이오글로빈은 가축의 연령이 증가함에 따라 증가하지만, 쇠고기의 경우 적색의 살코기는 마블링의 영향을 받아 육색소

의 양이 증가한다고 하더라도 근내지방이 증가하면 백색도(L*) 수치가 증가할 수 있다. 가열감량(%)의 경우, 한우암소의 등심부위는 연령이 적은 그룹 1이 연령이 많은 그룹 3보다 유의적으로 낮았던 반면에 우둔부위는 연령그룹 간 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 보수력 또한 등심부위는 연령이 적은 그룹 1이 연령이 많은 그룹 3보다 유의적으로 낮았던 반면에, 우둔부위는 연령그룹간 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다(그림 1). 연도(tenderness)는 소비자들이 고기의 품질을 판단케 하는 가장 중요한 특성 중의 하나인데, 이러한 연도를 기계적으로 측정하는 전단력은 등심과 우둔부위에서 모두 연령이 많은 그룹 3이 연령이 적은 그룹 1과 2보다 유의적으로 높게 나타나(그림 2), 등심과 우둔부위 모두 연령이 증가할수록 생산되는 고기는 질겨지는 것을 알 수 있었다. Wulf and Wise(1999)는 암소의 연령이 증가함에 따라 쇠고기 연도는 감소한다고 하였다. Huff-Loneragan 등(1995)은 나이 많은 소의 등심육이 질긴 이유가 아마도 사후 calpain-mediated protein 분해를 방해하는 calpastatin 활성이 더 높을 것으로 추론하였다. 따라서 이러한 사실들과 본 연구결과를 종합해 보면 나이가 많은 암소는 연령이 젊은 암소와 비교했을 때 상대적으로 더 많은 산화스트레스를 받으며, 이로 인하여 calpain 활성이 감소하여 사후 산화안정성과 연화기능이 감소되어 질겨지고 또한 전반적인 육질이 저

표 2. 한우암소 연령그룹별 등심과 우둔육의 육질특성

부위	연령그룹*	육 색			가열감량(%)
		백색도(L*)	적색도(a*)	황색도(b*)	
등심	1	34.84±0.33 ^{**c}	20.18±0.24 ^a	8.98±0.16	23.44±0.49 ^b
	2	35.68±0.42 ^a	19.78±0.21 ^{ab}	9.21±0.27	24.42±1.02 ^{ab}
	3	33.66±0.36 ^b	19.20±0.26 ^b	9.31±0.21	26.30±0.62 ^a
우둔	1	34.33±0.23	20.67±0.21 ^a	9.61±0.17	26.54±0.43
	2	34.10±0.31	20.28±0.30 ^{ab}	9.54±0.20	27.46±0.59
	3	33.42±0.26	19.62±0.30 ^b	9.04±0.21	28.08±0.63

*그룹 1, < 5세; 그룹 2, 6-8세; 그룹 3, > 9세, **평균±표준오차

^{a, b}동일한 카테고리내 횡그룹 간 서로 다른 알파벳 첨자를 가진 평균치 간에 유의적 차이가 있음($p < 0.05$) (Cho 등, 2012)

그림 1. 한우암소육의 연령그룹별 보수력

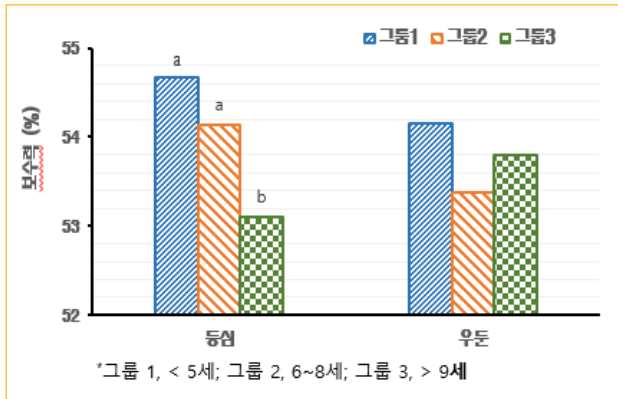
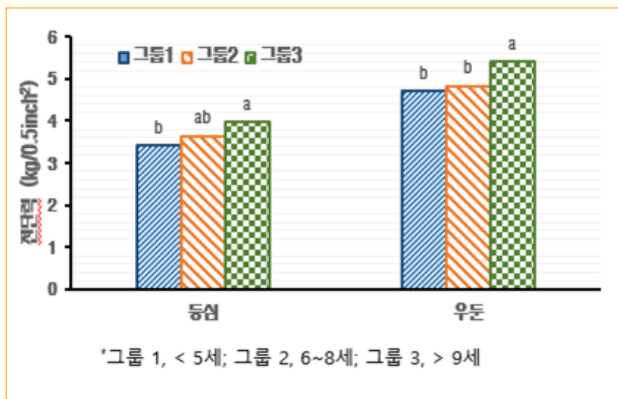


그림 2. 한우암소육의 연령그룹별 전단력



하된다는 것을 알 수 있다.

(4) 지방산 조성

등심부위의 지방산 조성은 연령그룹 간 유의적인 차이가 없었으나, C18:1n7 및 C18:1n9 함량은 연령그룹 1이 유의적으로 더 높았고, 총포화지방산(SFA) 함량은 연령이 많은 그룹 3이 그룹 1보다 유의적으로 더 높은 것으로 나타났다(표 3). 반면 우둔부위는 연령그룹 1이 C16:1n7, C18:1n7, C18:1n9의 및 총단일불포화지방산(MUFA) 함량이 연령그룹 3보다 유의적으로 높았다(p<0.05). 반대로 다가불포화지방산(PUFA) 함량은 연령그룹 3이 연령그룹 1보다 더 높아 결과적으로 우둔부위의 단일불포화지방산/포화지방산 비율이 그룹 1이 유의적으로 더 높은 것으로 나타났다(p<0.05)(표 4).

표 3. 한우암소 연령그룹별 등심육의 지방산 특성

지방산	연령그룹*		
	1	2	3
C14:0	4.33±1.33	3.17±0.09	2.96±0.14
C16:0	29.35±0.98	0.94±0.26	31.46±0.48
C18:0	13.02±0.47	13.83±0.31	14.25±0.58
C16:1n7	3.97±0.22	3.87±0.11	3.46±0.20
C18:1n7	0.38±0.03 ^a	0.28±0.02 ^b	0.27±0.03 ^b
C18:1n9	46.75±1.02 ^a	46.20±0.37 ^a	45.06±0.92 ^b
C18:2n6	1.92±0.19	1.41±0.07	1.68±0.28
C18:3n3	0.18±0.09	0.09±0.01	0.20±0.09
C18:3n6	0.14±0.06	0.08±0.00	0.10±0.07
C20:1n9	0.14±0.02	0.09±0.01	0.12±0.03
C20:4n6	0.40±0.24	0.33±0.01	0.36±0.27
SFA	45.21±1.48 ^b	47.89±0.45 ^{ab}	48.75±0.73 ^a
MUFA	52.46±1.17	50.49±0.44	48.85±0.94
PUFA	3.64±1.08	1.94±0.08	2.40±0.76
MUFA/SFA	1.64±0.49	1.06±0.02	1.01±0.03
PUFA/SFA	0.08±0.20	0.04±0.00	0.05±0.02

*그룹 1, < 5세; 그룹 2, 6~8세; 그룹 3, > 9세, **평균±표준오차
^{a-b}동일한 횡그룹간 서로 다른 알파벳 첨자를 가진 평균치간에 유의적 차이가 있음(p<0.05)
 (Cho 등, 2012)

표 4. 한우암소 연령그룹별 우둔육의 지방산 특성

지방산	연령그룹*		
	1	2	3
C14:0	2.37±0.09	2.40±0.08	2.23±0.11
C16:0	28.52±0.78	28.52±0.41	29.14±0.54
C18:0	10.51±0.51 ^b	11.03±0.31 ^{ab}	12.24±0.51 ^a
C16:1n7	4.97±0.22 ^a	4.73±0.18 ^{ab}	4.13±0.26 ^b
C18:1n7	0.49±0.04 ^a	0.42±0.03 ^{ab}	0.35±0.03 ^b
C18:1n9	49.45±1.39 ^a	49.09±0.68 ^a	47.26±1.10 ^b
C18:2n6	2.49±0.20	2.31±0.21	2.71±0.39
C18:3n3	0.17±0.08	0.20±0.07	0.30±0.13
C18:3n6	0.10±0.05	0.11±0.05	0.18±0.10
C20:1n9	0.20±0.03	0.17±0.02	0.15±0.03
C20:4n6	0.65±0.23	0.91±0.23	1.09±0.37
SFA	41.40±1.22	41.95±0.54	43.62±0.63
MUFA	55.10±1.03 ^a	54.41±0.78 ^a	51.89±0.91 ^b
PUFA	3.50±0.41 ^b	3.64±0.61 ^b	4.50±1.11 ^a
MUFA/SFA	1.39±0.05 ^a	1.32±0.04 ^{ab}	1.20±0.04 ^b
PUFA/SFA	0.08±0.01	0.09±0.01	0.11±0.03

*그룹 1, < 5세; 그룹 2, 6~8세; 그룹 3, > 9세, **평균±표준오차
^{a-b}동일한 횡그룹간 서로 다른 알파벳 첨자를 가진 평균치간에 유의적 차이가 있음(p<0.05)
 (Cho 등, 2012)

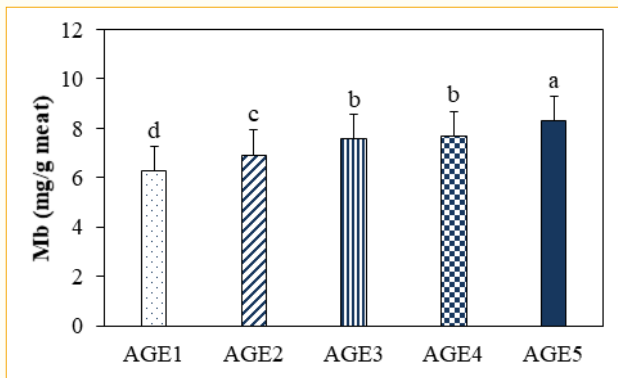
지방산 조성은 영양적인 가치뿐만 아니라, 유통기한이나 향미 등 육질에 다양한 영향을 미치는 요인이라는 점에서 쇠고기 근육내 지방산 조성은 중요하다. 한편, 본 연구에서는 암소의 연령층이 증가할수록 총 포화지방산 함량은 증가하였고 C18:1n9 함량은 감소하였으며, C18:2n6 함량은 유의적인 차이가 없었다.

(5) 육색소 함량

한우 암소 연령별(1.9-3.7세[10두], 4.0-4.8세[11두], 5.0-5.7세[12두], 6.0-6.9세[8두], 7.5-11.5세[7두]) 채끝육의 총 육색소(Myoglobin) 함량을 비교한 결과는 그림 3과 같다. 총 육색소(마이오글로빈) 함량은 연령이 증가함에 따라 유의적으로 증가하여 7.5-11.5세 > 5.0-5.7세, 6.0-6.9세 > 4.0-4.8세 > 1.9-3.7세 순으로 높게 나타났다(p<0.05). 일반적으로 소의 연령이 증가함에 따라 근육 내에 총 육색소 함량이 증가하며 (Humada 등, 2014), 고연령의 쇠고기에서 헴링(Heme ring)의 중요 구성성분인 철 함량이 높게 나타났다는 보고(Kotula 등, 2005)가 이 결과를 뒷받침해준다.

(6) 저장 특성

그림 3. 한우 암소 연령그룹별 채끝육의 총 육색소(Myoglobin) 함량 비교



^{a-d} 서로 다른 알파벳은 서로 다른 연령그룹들간에 유의적인 차이가 있음을 의미함(p<0.05).

연령그룹: AGE1, 1.9-3.7세; AGE2, 4.0-4.8세; AGE3, 5.0-5.7세; AGE4, 6.0-6.9세; AGE5, 7.5-11.5세 (Cho 등, 2015)

한우 암소 채끝육을 연령별 그룹으로 나누어 랩포장하여 4℃에서 12일간 저장하면서 지방산화(TBARS) 및 단백질산화(Carbonyl)를 분석하여 비교한 결과는 그림 3 및 4와 같다. TBARS 함량은 저장 8일째부터 7.5-11.5세 그룹이 연령그룹들 중에서 가장 높게 나타났으며(p<0.05), 6.0-6.9세 그룹의 경우 1.9-3.7세 그룹보다 유의적으로 높은 TBARS 함량을 보였다(p<0.05). 이러한 결과는 Xiong 등(2007)이 암소의 연령이 증가함(2-4세~10-12세)에 따라 랩포장한 쇠고기 패티의 냉장 저장 중 TBARS 함량이 현저하게 증가했다는 연구보고와 일치하는 경향이였다. Xiong 등(2007)은 연령이 많은 암소고기가 젊은 연령의 암소고기보다 지방산화도가 빠르다고 하였는데, 그것은 연령이 많은 암소(10~12세) 육에 내생의 항산화 성분(endogenous antioxidants) 함량이 연령이 낮은 암소보다 낮기 때문이라고 하였다(Vitale 등, 2014). 일반적으로 동물의 연령이 증가할수록, 즉, 노화가 진행됨에 따라 지방산화가 촉진되는 이유는 미토콘드리아의 붕괴 때문이다(Wickens, 2001). 노화가 일어나는 동안에 미토콘드리아는 자신이 생성한 자유라디칼에 의해 손상을 받게 되고, 이로 인해 더 많은 자유라디칼이 생성됨으로써 지방, 단백질, DNA와 같은 세포 구성성분들에서 치명적인 산화가 발생하고, 지속적으로 증가한다(Marzetti 등, 2010; Tichivavangana과 Morrissey, 1985).

Carbonyl 함량(그림 4)의 경우, 7.5-11.5세 그룹이 저장 8일째부터 1.9-3.7세 그룹보다 유의적으로 높은 수치를 보였으며(p<0.05), 저장 12일째에는 6.0-6.9세 그룹의 carbonyl 함량이 1.9-3.7세 그룹보다 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05). 이는 고연령 쥐의 뇌 및 간조직에서 carbonyl 함량이 높았다는 Tian 등(1998)의 보고와 동일한 결과였다. Wickens(2001)는 노화에 의해 발생된 자유라디칼은 결체조직을 비롯한 근육단백질을 산화하여 응집시킨다고 하였으며, Stadtman(1995)은 고연령의 동물은 산화된 단백질을 총 단백질 함량의 30-50% 수준으로 가지고 있다고 하였다.

한우 암소 채끝육을 연령별 그룹으로 나누어 랩포장한 다음 4°C에서 12일간 저장하면서 측정된 육색 결과는 그림 5와 같다. 모든 저장기간 동안 4.0-4.8세, 5.0-5.7세 및 6.0-6.9세 그룹들이 1.9-3.7세 그룹보다 유의적으로 낮은 명도(L*) 및 적색도(a*)를 보였으며, 특히, 7.5-11.5세 그룹에서 적색도가 빠른 속도로 감소하였다. 고연령의 한우 암소고기에서 낮은 명도를 보인 이유는 총 육색소 함량이 높았기 때문이다 (Boccard 등, 1979). Tang 등(2010)의 연변황우에 관한 연구에서도 본 실험결과와 동일하게 고연령(9-10세)의 쇠고기에서 낮은 명도와 적색도를 보였고, 냉장저장 중 육색안정성이 가장 떨어졌다고 보고되었으며, 연령이 높음에 따라 육색안정성이 감소했던 이유는 지방

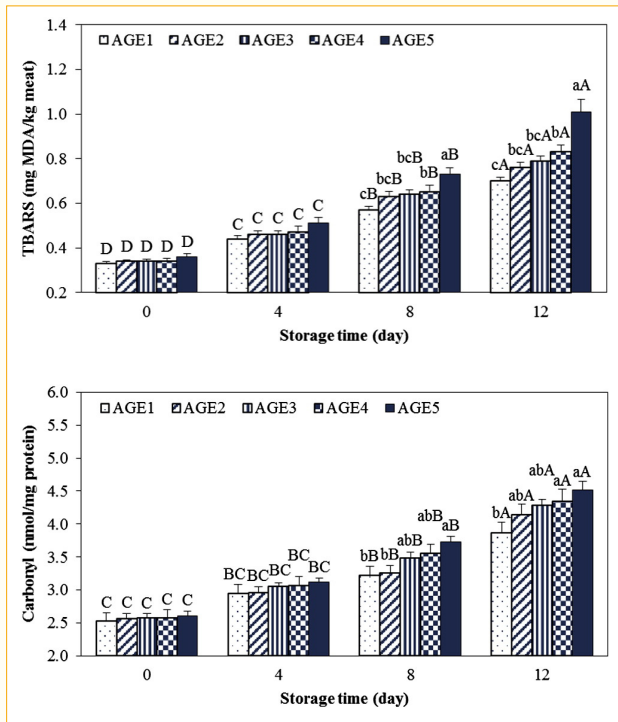
산화의 영향 때문이다(Faustman 등, 2010).

2. 한우암소의 성숙도별 육질특성

(1) 공시재료

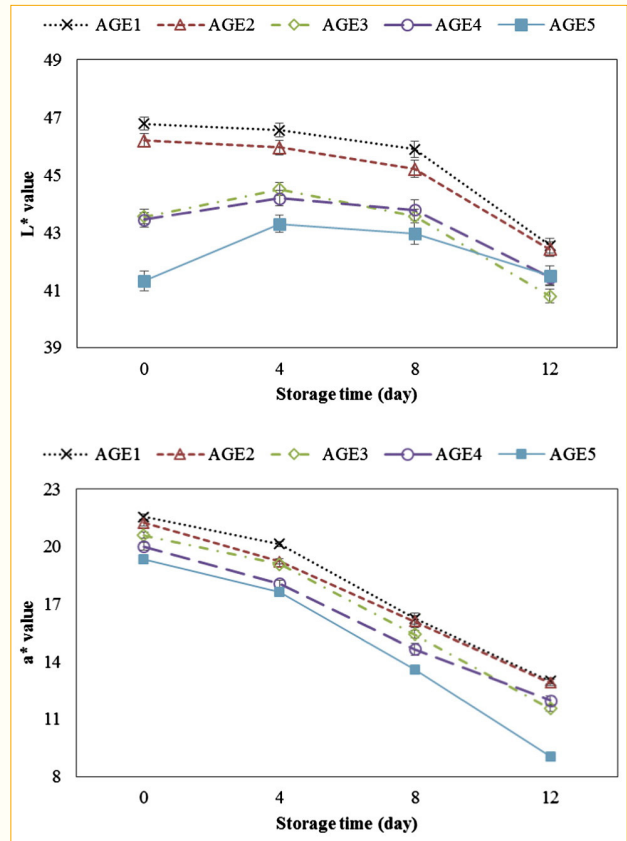
공시시료는 나주공판장에서 도축(2012년 7-9월)한 한우암소 중에서 1+ 등급이면서 성숙도 6개 구간(4-9번)에 해당하는 개체 총 90두분(도체중 250-440 kg, 성숙도 4-9번)을 성숙도 구간별 각 15두씩을 배치하여 육질과 관능특성 분석에 이용하였다. 성숙도 구간별 추정 연령과 시료배치는 표 5와 같다. 성숙도가 증가할수록 한우암소의 생물학적 평균 연령은 증가하

그림 4. 한우 암소 연령그룹별 채끝육의 4°C 저장 중 지방산화(TBARS) 및 단백질산화(Carbonyl) 비교



^{a-d}서로 다른 알파벳은 동일한 저장일 내에서 서로 다른 연령그룹들 간에 유의적인 차이가 있음(p<0.05)
^{A-D}서로 다른 알파벳은 동일한 연령그룹 내에서 서로 다른 저장일들 간에 유의적인 차이가 있음(p<0.05)
 연령그룹: AGE1, 1.9-3.7세; AGE2, 4.0-4.8세; AGE3, 5.0-5.7세; AGE4, 6.0-6.9세; AGE5, 7.5-11.5세 (Cho 등, 2015)

그림 5. 한우 암소 연령그룹별 채끝육의 4°C 저장 중 육색 비교



*연령그룹: AGE1, 1.9-3.7세; AGE2, 4.0-4.8세; AGE3, 5.0-5.7세; AGE4, 6.0-6.9세; AGE5, 7.5-11.5세 (Cho 등, 2015)

는 경향이었으며, 성숙도와 암소 연령간의 상관도는 0.72($p < 0.0001$)로 분석되었다. 생물학적 연령과 골화도는 약 15개월 간격이었으나 정비례적으로 진행되지는 않았으며, 성숙도 6-7번, 성숙도 8-9번은 간격이 15개월 이상으로 나타났다.

(2) 일반성분

수분, 지방, 단백질 및 콜라겐 함량 분석결과는 표 6과 같다. 수분함량은 약 63.21-63.98% 범위였으며, 성숙도 그룹간에 유의적인 차이가 있었다($p > 0.05$). 단백질 함량은 성숙도 4번 그룹(20.59%)은 성숙도 9번 그룹(20.05%)보다 유의적으로 높았다. 근내지방 함량은 14.10-15.56% 범위로 성숙도 4번 그룹이 가장 높았다($p < 0.05$). 한우 암소의 도축연령은 대략 5세(성숙도 4-6번) 전후가 42.6%로 쇠고기 시장에서 가장 수요가

많은 범위이다. 국내시장에서 마블링 함량이 많을수록 쇠고기 맛, 다즙성 및 연도에 긍정적인 영향을 미치는 요인인데, 연령 또는 성숙도와와의 연관성은 연구자에 따라 보고된 결과가 다양하다. Moon 등(2006)은 한우암소에 대한 연구결과에서 성숙도가 낮은 암소일수록 성숙도가 높은 암소보다 마블링 점수가 더 높았으며, 마블링이 많은 도체가 더 높은 육질등급을 받았다고 하였다. Galli 등(2008)은 헤어포드종을 대상으로 4개 연령그룹(3, 4-5, 6-8, 12세) 중에서 12세 이상 그룹의 암소고기가 근내지방함량이 가장 낮았다고 하였다. 콜라겐 함량은 성숙도 그룹간에 유의적인 차이는 없었다(표 6).

(3) 콜라겐 타입

한우 암소 등심육의 성숙도 수준별(성숙도 4-9번, 각 15두)로 콜라겐 타입별 함량 변화를 분석한 결과, 추출된 밴드내 콜라겐 타입 I과 III의 정량적 강도함량도 이와 유사한 경향을 나타냈다(표 7, 그림 6). 콜라겐 타입 I 밴드 강도는 성숙도 9에서 가장 높았던 반면에, 성숙도 4와 5번 그룹에서는 낮은 경향을 나타냈다($p < 0.05$). 한편, 콜라겐 타입 III는 성숙도 4번에서 가장 높았으며, 성숙도가 증가할수록 그 양은 감소하였다($p < 0.05$). 콜라겐 타입 I과 III의 비율은 성숙도 수준이 증가하면서 점차 증가하였다. 이러한 결과는 그림 6에 나타난 전기영동 SDS-PAGE 결과와도 일치하였다. 콜라겐 타입

표 5. 한우 암소 성숙도별 분석두수 및 연령

요인	성숙도						Correlation coefficient
	4	5	6	7	8	9	
분석두수	15	15	15	15	15	15	
생물학적 나이(월령)	43.2	52	49.3	64.4	71	86.2	0.723*

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

표 6. 성숙도 수준에 따른 한우암소 채끝등심육의 일반성분(%)

성숙도	수분	단백질	지방	콜라겐
4	63.35±0.27*	20.59±0.14 ^a	15.56±0.28 ^a	1.95±0.08
5	63.87±0.27	20.72±0.16 ^a	14.37±0.33 ^{ab}	1.89±0.03
6	63.21±0.28	20.28±0.09 ^{ab}	14.91±0.31 ^{ab}	1.93±0.03
7	63.94±0.28	20.31±0.10 ^{ab}	14.10±0.30 ^b	1.96±0.03
8	63.96±0.29	20.45±0.15 ^{ab}	14.70±0.34 ^{ab}	1.91±0.03
9	63.74±0.39	20.05±0.15 ^b	14.73±0.43 ^{ab}	2.01±0.04
Correlation coefficient	0.075	-0.184**	-0.088**	0.072

*평균±표준오차

^{a, b}동일한 열내에서 서로 다른 알파벳 첨자를 가진 평균치는 유의적으로 다름($p < 0.05$)

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

(Cho 등, 2017)

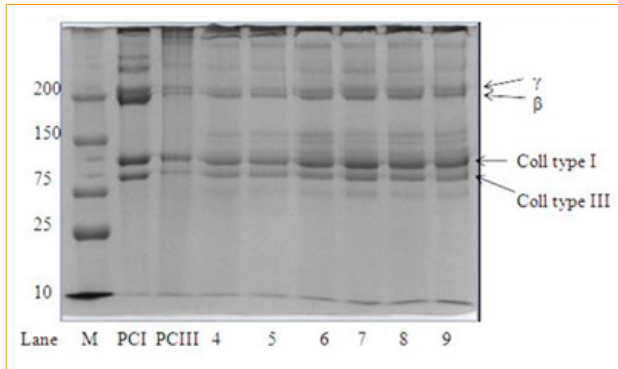
표 7. 성숙도 수준에 따른 한우암소 채끝육의 콜라겐 타입별 정량분석 결과 및 비율

콜라겐 타입	성숙도					
	4	5	6	7	8	9
타입 I	3,984 ^b	4,125 ^b	4,745 ^{ab}	5,056 ^{ab}	5,060 ^{ab}	5,106 ^a
타입 III	1,732.2 ^a	1,690.5 ^{ab}	1,615.5 ^{ab}	1,597.9 ^{ab}	1,576.7 ^{ab}	1,571.2 ^b
타입 I 과 타입 III 비율	2.23	2.44	2.49	3.16	3.21	3.25

^{a, b}Means with the same superscripts in the same row did not differ ($p > 0.05$)

(Cho 등, 2017)

그림 6. 한우 암소육의 성숙도 수준에 따른 콜라겐 타입에 대한 SDS-PAGE 분석



*Lane M-분자마커; Lane PCI-콜라겐 타입 I 스펀다드; PCIII-콜라겐 타입 III 스펀다드; Lane 4~9-성숙도 4~9 범위 한우 암소육 시료; β-프라이머와 γ-프라이머는 근육내외 콜라겐 구성물질

29종 중에서 콜라겐 타입 I과 III은 근육내에서 가장 많이 차지하고 있다. Aberle 등(2001)의 연구결과에 따르면 근육내 결체조직에서 콜라겐 타입 I은 거대한 섬유를 형성하기 때문에 그 양이 많아지면 질겨지며 콜라겐 타입 III는 미세한 섬유를 형성하기 때문에 embryonal 하고 어린 조직에서 특징적이고 그 함량의 증가는 근육을 더 연하게 해주는 것과 연관된다고도 하였다(Lepetit, 2008). 콜라겐 타입 III는 가축의 성숙도가 증가하면서 타입 I로 대체되면서 교차결합이 부가적으로 형성된다(McCormick, 2009). McCormick(2009)은 부위에 따라 차이는 있으나, 성숙한 소의 근육 전반에는 골격근 근섬유를 둘러싼 근주막(perimysium)에는 콜라겐 타입 I이 타입 III보다 더 우세하게 차지하고 근내막에는 콜라겐 타입 III가 타입 I 함량이 더 많다고 하였다. 사실상 가축은 연령이 증가할수록 콜라겐 교차결합수가 증가하면서 안정된 연결구조를 형성한다. 콜라겐 섬유의 상대적인 불용성은 분자간 교차결합으로 발생하는데, 이것은 나이가 든 가축일수록 콜라겐의 용해성이 점차 감소한다(Aberle 등, 2001; McCormick, 2009). 본 연구결과에 의하면 타입 I과 III의 함량 비율은 가축의 연령과 성숙도 수준에 따라 변화하기 때문에 고기의 연도에 대한 잠재적인 지시제로 활용이 가능할 것으로 생각된다.

(4) 육색, 가열감량, 보수력, 전단력

쇠고기 육색은 중요한 육질 특성으로 소비자들이 상품을 선택할 때 결정적인 역할을 한다(Suman 등, 2014). 표 8에 나타난 바와 같이 한우 암소육의 육색에서 백색도(L*값)는 성숙도 8, 9번 그룹이 성숙도 4번 그룹보다 유의적으로 낮았으나, 적색도(a*)와 황색도(b*값)는 성숙도 그룹간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. Xiong 등(2007)은 나이가 많은(10-12세) 암소육으로 만든 패티 생육이 나이가 젊거나(2-4세) 및 중간(6-8세) 연령 그룹의 패티 생육과 비교했을 때 백색도(L*값)가 더 낮고 더 어두운 경향이 있었는데, 이것은 나이가 많은 암소육의 경우 미오글로빈 산화로 인한 변색 때문이라고 보고하였다. Moon 등(2006)은 한우 암소의 성숙도 수준이 증가할수록 등심스테이크육의 적색도와 황색도가 증가하였다고 보고하였다. Bocard 등(1979)은 생리적인 나이가 증가함에 따라 살코기의 육색이 어두웠다고 보고하였다.

성숙도 4, 5, 6번 그룹은 성숙도 8, 9번 그룹보다 보수력이 유의적으로 높은 것으로 나타났다(p<0.05)(그림 7). Kim 등(2002)은 마블링과 보수력 간에 정의 상관관계가 있다고 보고하였고 Berry 등(1993)은 마블링

표 8. 성숙도 수준에 따른 한우암소 채끝육의 육질특성

성숙도	육색			가열감량(%)
	백색도(L*)	적색도(a*)	황색도(b*)	
4	38.14±0.51 ^a	20.50±0.36	9.81±0.15	24.32±0.71
5	36.79±0.51 ^{ab}	19.80±0.42	9.97±0.31	24.75±0.35
6	36.72±0.55 ^{ab}	19.08±0.42	9.53±0.31	24.60±0.47
7	36.47±0.45 ^{ab}	19.87±0.38	10.21±0.22	25.51±0.29
8	35.64±0.52 ^b	19.74±0.33	10.00±0.28	25.55±0.26
9	35.99±0.51 ^b	19.86±0.36	9.97±0.26	25.89±0.26
Correlation coefficient	-0.206 ^{***}	-0.051	0.046	0.283 [*]

*평균±표준오차

^{a, b}동일한 열내에서 서로 다른 알파벳 첨자를 가진 평균치는 유의적으로 다름(p<0.05)

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

(Cho 등, 2017)

과 전단력 간에 부의 상관관계가 있다고 하였는데, 본 연구결과와 일치하는 경향이였다. 전단력 수치들은 성숙도 7, 8, 9번 그룹이 성숙도 4, 5, 6번 그룹과 비교했을 때 유의적으로 높았다($p < 0.05$) (그림 8). 생리적인 성숙한(성숙도 C-E) 소들이 젊은(성숙도 A) 소보다 사후 근원섬유 분해속도가 감소한다는 연구보고가 있었다 (Huff-Lonergan 등, 1995). 도축 후 저장 중에 쇠고기 연도는 칼페인 유래 근원섬유 단백질(myofibrillar proteins)의 분해와 연관성이 있다(Huff-Lonergan과 Lonergan, 2005; Zhang 등, 2013). Huff-Lonergan 등(1995)은 나이가 많은 암소육의 등심육에 도축 후에 칼페인 유래 단백질 분해를 억제하는 칼파스타틴(calpastatin)의 활성이 더 높았다는 근거를 제시하였다. 이와 비슷한 맥락으로 Hilton 등(1998)도 성숙도

C-E 그룹에서 성숙도 수준이 증가할수록 전단력이 증가하고, 전반적인 연도점수가 감소하였다고 하였다. 가열감량은 성숙도 수준이 증가함에 따라 증가하는 경향이였으나 유의적인 차이는 없었다($p > 0.05$) (표 8). 가열감량과 성숙도간 상관도는 0.28($p < 0.05$) 이었다. 또한 전단력은 본 연구에서 성숙도 수준과 강한 연관성을 보였다($r^2 = 0.72$, $p < 0.0001$) (그림 8).

(5) 관능특성

관능특성을 분석한 결과, 성숙도 4-6번 그룹이 성숙도 9번 그룹의 등심육보다 연도점수가 더 낮게 평가되었다($p < 0.05$) (표 9). 다즙성과 향미에서는 성숙도 그룹에 따른 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 성숙도 9번 그룹은 성숙도 그룹 전체에서 전체 기호도가 가장 낮았다($p < 0.05$). 한우 거세우육의 경우 근내지방도가 쇠고기의 연도, 다즙성 및 향미와 매우 연관성이 많다고 하였던(Cho 등, 2012) 반면에, 암소육의 연도는 근내지방도보다 오히려 성숙도와 더 연관성이 있다고 하였다 (Lawrence 등, 2001; Moon 등, 2006). 본 연구결과에서도 가축의 연령이 증가할수록 등심육의 연도는 감소하는 경향이 일치하였다.

그림 7. 한우암소육의 성숙도별 보수력

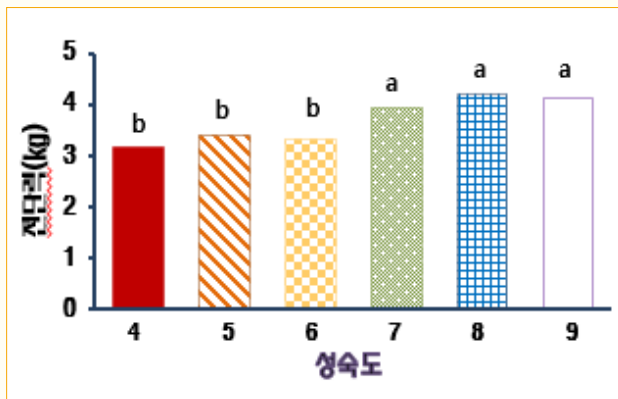


그림 8. 한우암소육의 성숙도별 전단력

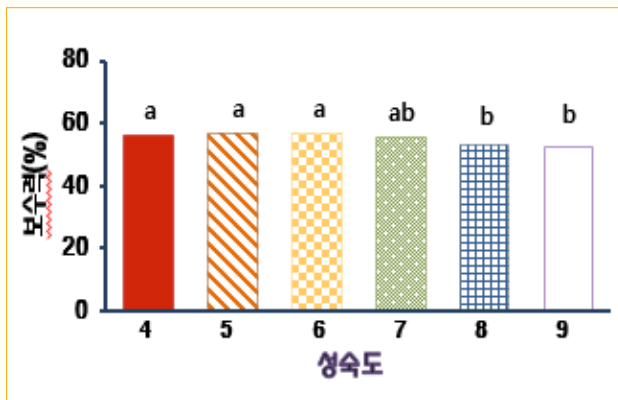


표 9. 성숙도 수준에 따른 한우암소 채끝육의 관능특성

성숙도	연도	다즙성	향미	기호도
4	73.37±2.04 ^a	78.75±1.66	74.57±1.79	72.89±1.95
5	73.07±2.04 ^a	78.95±1.57	77.49±1.47	72.79±1.85
6	73.02±1.87 ^a	77.85±1.62	76.05±1.59	72.54±1.86
7	69.84±1.69 ^{ab}	76.67±1.30	75.79±1.21	69.42±1.67
8	68.93±1.76 ^{ab}	75.76±1.41	73.92±1.45	69.57±1.53
9	65.36±2.00 ^b	75.57±1.38	71.58±1.51	66.77±1.73
Correlation coefficient	0.745***	-0.222***	-0.132***	-0.113**

*평균±표준오차

^{a, b}동일한 열내에서 서로 다른 알파벳 첨자를 가진 평균치는 유의적으로 다름($p < 0.05$)

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

(Cho 등, 2017)

III. 결론

한우 암소의 경우 연령과 성숙도 수준을 기준으로 품질특성을 비교했을 때 연령이 많아지고 성숙도가 높아질수록 고기는 질겨지고 보수력 감소 및 가열감량 증가 등 육질을 포함하여 저장성까지도 떨어진다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 콜라겐 타입별 비교에서 콜라겐 타입 I 과 III 함량에 따라 쇠고기 연도는 달라질 수 있으며, 이것은 암소의 성숙도 수준과도 연관성이 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 반영하여 향후 한우 암소고기는

근내지방도 외에도 개체별 연령과 성숙도를 함께 고려하여 육질을 예측하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

사사

본 결과물은 농촌진흥청 국립축산과학원의 경상 과제(Project No. 006524042011 & Project No. 01017001 2014) 연구비 지원을 받아 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Aberle ED, Forrest JC, Gerrard DE, Milss EW, Hedrick HB, Judge MD. 2001. Principles of meat science. 4th edn, pp.103-112. Kendall/Hunt publishing, Iowa.
2. Benito-Delgado J, Marriott NG, Claus JR, Wang H, Graham PP. 1994. Chuck *longissimus* and *infraspinatus* muscle characteristics as affected by rigor state, bladetenderization and calcium, chloride injection. J Food Sci 59:295-299.
3. Berry BW. 1993. Tenderness of beef loin steaks as influences by marbling level, removal of subcutaneous fat and cooking method. J Anim Sci 71:2412-2419.
4. Bocard RL, Naude RT, Cronje DE, Smit MC, Venter HJ, Rossouw EJ. 1979. The influence of age, sex and breed of cattle on their muscle characteristics. Meat Sci 3:261-280.
5. Cho SH, Kang GH, Seong PN, Kang SM, Sun CW, Jeong JH, Hwang IH. 2017. Meat quality traits as a function of cow maturity. Anim Sci J 88:781-789.
6. Cho SH, Kang GH, Seong PN, Park BY, Kang SM. 2015. Effect of slaughter age on the antioxidant enzyme activity, color, and oxidative stability of Korean Hanwoo (*Bos taurus coreanae*) cow beef. Meat Sci 108:44-49.
7. Cho SH, Seong PN, Kang GH, Choi SH, Chang SS, Kang SM, Park KM, Kim YC, Hong SG, Park BY. 2012. Effect of age on chemical composition and meat quality for loin and top round of Hanwoo cow beef. Korean J Food Sci An 28:333-343.
8. Dransfield E, Wadefield DK, Parkman ID. 1992. Modelling post-mortem tenderisation-I: Texture of electrically stimulated and non-stimulated beef. Meat Sci 31:57-73.
9. Drexler HC, Ruhs A, Konzer A, Mendler L, Bruckskotten M, Looso M, Gunther S, Boettger T, Kruger M, Braun T. 2012. On marathons and sprints: An integrated quantitative proteomics and transcriptomics analysis of differences

- between slow and fast muscle fibers. Mol Cell Proteomics 11:M111.010801.
10. Faustman C, Sun Q, Mancini R, Suman SP. 2010. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. Meat Sci 86:86-94.
 11. Galli I, Teira G, Perlo F, Bonato P, Tisocco O, Monje A, Vittone S. 2008. Animal performance and meat quality in cull cows with early weaned calves in Argentina. Meat Sci 79:521-528.
 12. Hilton GG, Tatum JD, Williams SE, Belk KE, Williams FL, Wise JW, Smith GC. 1998. An evaluation of current and alternative systems for quality grading carcasses of mature slaughter cows. J Anim Sci 76:2094-2103.
 13. Herring HK, Cassens RG, Briskey EJ. 1992. Further studies on bovine muscle tenderness as influenced by carcass position, sarcomere length, and fibre diameter. J Food Sci 30:1049-1054.
 14. Huff-Lonergan E, Lonergan SM. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. Meat Sci 71:194-204.
 15. Huff-Lonergan E, Parrish FC Jr., Robson RM. 1995. Effects of postmortem aging time, animal age, and sex on degradation of titin and nebulin in bovine *longissimus* muscle. J Anim Sci 73:1064-1073.
 16. Humada MJ, Sanudo C, Serrano E. 2014. Chemical composition, vitamin E content, lipid oxidation, colour and cooking losses in meat from Tudanca bulls finished on semi-extensive or intensive systems and slaughtered at 12 or 14 months. Meat Sci 96:908-915.
 17. Hwang IH, Devine CE, Hopkins DL. 2003. The biochemical and physical effects of electrical stimulation on beef and sheep meat tenderness. Meat Sci 65:677-691.
 18. Kim JW, Cheon YH, Jang AR, Lee SO, Min JS, 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.
 19. Kotula AW, Lusby WR. 1982. Mineral composition of muscles of 1- to 6-year-old steers. J Anim Sci 54:544-548.
 20. Korea Institute for Animal Product's Quality Evaluation (KAPE). 2017. Animal products grading statistical yearbook.
 21. Kovanen H, Suominen H, Heikkinen E. 1984. Collagen of slow twitch and fast twitch muscle fibres in different types of rat skeletal muscle. Eur J Appl Physiol 52:235-242.
 22. Lawrence TE, Whatley JD, Montgomery TH, Perino LJ, Dikeman ME. 2001. Influence of dental carcass maturity classification on carcass traits and tenderness of *longissimus* steaks from commercially fed cattle. J Anim Sci 79:2092-2096.
 23. Lepetit J. 2008. Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects: A review. Meat Sci 80:960-967.
 24. Ludwig CJ, Claus JR, Marriott NG, Johnson J, Wang H. 1997. Skeletal alteration to improve beef *longissimus* muscle tenderness. J Anim Sci 75:2404-2410.
 25. Marzetti E, Hwang JC, Lees HA, Wohlgemuth SE, Dupont-Versteegden EE, Carter CS. 2010. Mitochondrial death effectors: Relevance to sarcopenia and disuse muscle atrophy. Biochim Biophys Acta Gen Subj 1800:235-244.
 26. McCormick R. 2009. Collagen. Chapter 7, In: Du, M, McCormick R (eds.) Appl. Muscle Biol. Meat Sci. CRC Press, New York, NY.
 27. Moon SS, Yang HS, Park GB, Joo ST. 2006. The relationship of physiological maturity and marbling judged

- according to Korean grading system to meat quality traits of Hanwoo beef females. *Meat Sci* 74:516-521.
28. Purslow PP. 2014. New developments on the role of intramuscular connective tissue in meat toughness. *Annu Rev Food Sci Technol* 5:133-153.
 29. Stadtman ER. 1995. The status of oxidatively modified proteins as a marker of aging. In: Esser K, and Martin MG (eds), *Molecular aspects of aging*. John Wiley & Sons, Inc., Chichester, pp 129-144.
 30. Stanton C, Light N. 1990. The effects of conditioning on meat collagen: Part 3-Evidence for proteolytic damage to endomysial collagen after conditioning. *Meat Sci* 27:41-54.
 31. Suman SP, Rentfrow G, Nair MN, Joseph P. 2014. 2013 early career achievement award--Proteomics of muscle- and species-specificity in meat color stability. *J Anim Sci* 92:875-882.
 32. Tang D, Ma Y, Liang CY. 2010. Oxidative stability and color properties of beef from Yanbian yellow cattle of different ages during frozen storage. *Food Sci* 31:48-51.
 33. Tian L, Cai Q, Wei H. 1998. Alterations of antioxidant enzymes and oxidative damage to macromolecules in different organs of rats during aging. *Free Radical Bio Med* 24:1477-1484.
 34. Tichivavangana JZ, Morrissey PA. 1985. Metmyoglobin and inorganic metals as prooxidants in raw and cooked muscle systems. *Meat Sci* 15:107-116.
 35. Vitale M, Perez-Juan M, Lloret E, Arnau J, Realini CE. 2014. Effect of aging time in vacuum on tenderness, and color and lipid stability of beef from mature cows during display in high oxygen atmosphere package. *Meat Sci* 96:270-277.
 36. Weston AR, Roger SR, Pas W, Althen TG. 2002. The role of collagen in meat tenderness: A review. *The Professional Animal Scientist* 18:107-111.
 37. Wickens AP. 2001. Ageing and the free radical theory. *Respiral Physiology* 128:379-391.
 38. Wulf DM, Wise JW. 1999. Measuring muscle color on beef carcasses using the L*, a*, b* color space. *J Anim Sci* 77:2418-2427.
 39. Xiong YL, Mullins OE, Stika JF, Chen J, Blanchard SP, Moody WG. 2007. Tenderness and oxidative stability of postmortem muscles from mature cows of various ages. *Meat Sci* 77:105-113.
 40. Zhang W, Xiao S, Ahn DU. 2013. Protein oxidation: Basic principles and implications for meat quality. *Crit Rev Food Sci Nutr* 53:1191-1201.