

성숙도와 근내지방도가 국내산 비육 한우의 육질에 미치는 영향

강세주¹ · 문윤희² · 박경숙³ · 박현숙³ · 정인철^{3*}

¹축산물등급판정소, ²경성대학교 식품생명공학과, ³대구공업대학 호텔외식조리계열

Effect of Maturity and Marbling Score on Meat Quality Properties in Korean Native Fattening Hanwoo

Se-Ju Kang¹, Yoon-Hee Moon², Kyung-Sook Park³, Hyun-Suk Park³ and In-Chul Jung^{3*}

¹Animal Product Grading Service, Gyonggido 435-010, Korea

²Dept. of Food Science and Biotechnology, Kyungsoong University, Busan 608-736, Korea

³Div. of Hotel Culinary Arts, Daegu Technical University, Daegu 704-721, Korea

Abstract

The effect of maturity and marbling score on meat quality properties in fattening Hanwoo loin was investigated. No differences attributable to maturity and marbling score were noted in pH, L* value (lightness), a* value (redness), b* value (yellowness), cooking loss. Myofibrils extractability, hardness, springiness, cohesiveness, gumminess and chewiness. In the case of water holding capacity, a maturity score of 6 and 7, and marbling score of 8 and 9 were the highest among the groups ($p < 0.05$). The shear force become higher when maturity score increased and marbling score decreased ($p < 0.05$).

Key words : Maturity, marbling, fattening Hanwoo loin, water holding capacity, shear force.

서 론

국제무역환경의 변화로 쇠고기 시장이 개방되면서 수입고기와 한우고기의 차별화 및 고급화를 위하여 1992년 7월부터 육류 등급제가 부분적으로 실시되다가 등급 판정의 세분화, 소비자 인식 변화 등으로 지금은 완전 정착 단계에 있다. 그러나 근내지방도를 중심으로 육질 등급 판정이 내려지면서 근내지방도가 우수하지만 성숙도가 높아 육질 등급이 하향되는 기준에 의하여 축산업자들로부터 민원이 발생하고 있다. 육류 등급제의 시행은 고급육 생산을 통한 축산농가의 수익성을 향상시키고, 소비자들에게 신뢰도를 형성하여 수입고기와 차별화를 위하여 도입되었다. 한우고기의 등급 판정은 성숙도, 근내지방도, 육색, 지방색, 조직감을 고려하여 결정한다. 그 중 성숙도는 좌도체 흉추골, 요추골, 천추골, 갈비뼈에서 연골의 골화 정도, 뼈의 융합 정도를 평가하는 항목으로서 나이를 알 수 없는 한우고기의 나이를 어느 정도 예측할 수 있는 기준이 된다(Kim *et al* 2007a). 성숙한 한우 도체는 결체 조직 단백질로 인하여 비성숙한 도체보다 연도가 떨어지며, 지질 산화에도 영향을 미치고, 육색이 어두우면서 선명하지 못한 것(Shorthose & Harris 1990, Wulf *et al* 1996,

Xiong *et al* 2007)으로 알려져 있기 때문에 등급 판정에서 하향의 원인이 되는 것으로 판단된다. 근내지방은 근섬유 사이에 형성되어 근내막을 벌집 모양으로 만들고, 근주막 섬유를 분리하고 약하게 하기 때문에 연도를 향상시킨다(Jeremiah *et al* 2003, Nishimura *et al* 1999). 그리고 풍미와 다즙성에도 영향을 미쳐 기호성을 향상시키는 중요한 요인이 된다(Wheeler *et al* 1994). 연도는 쇠고기의 관능 특성 중 소비자들의 식감에 영향을 미치는 가장 중요한 요소로서(Chandraratne *et al* 2006, Tian *et al* 2005) 근내지방뿐만 아니라 품종, 연령, 성별(Huff & Parrish 1993), 근원섬유단백질과 결체조직 단백질의 특성(Jeremiah *et al* 2003), 사료(Aalhus *et al* 1992) 등에 의하여 달라진다. 따라서 본 연구는 성숙도와 근내지방도가 한우 등심의 육질에 미치는 영향을 판단하여 성숙도에 의한 등급 판단 하향에 대한 근거 자료를 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 이용된 한우 등심은 김해 공판장에서 정상적으로 도축된 소 도체를 대상으로 축산물등급판정소에서 농림수산식품부 고시 2009-344호 축산물등급 판정 세부 기준에 따라 등급 판정을 실시하였다. 등급 판정 결과를 토대로 성

* Corresponding author : In-Chul Jung, Tel : +82-53-560-3854, Fax : +82-53-560-3859, E-mail : inchul3854@hanmail.net

속도가 No. 6, 7, 8 및 9이고, 근내지방도가 No. 5, 7, 8 및 9인 정상 비육된 한우 암소 16두의 등심을 구입하여 이용하였으며, 근내지방도가 육질에 미치는 영향이 클 것으로 판단되어 비교적 근내지방도가 낮은 No. 5를 포함시켰다. 한우 등심은 약 4°C의 냉장 상태로 실험실로 운반하여 즉시 실험에 이용하였다.

2. pH 측정

한우 등심의 pH 측정은 대기 온도에서 pH 4.00과 7.00 buffer로 보정한 유리전극이 부착된 pH meter(ATI Orion 370, USA)를 이용하여 측정하였는데, 시료는 분쇄한 후 10 g을 취하여 증류수 40 mL와 함께 균질한 후 측정하였다.

3. 표면 색깔

한우 등심의 표면 색깔은 색차계(Chromameter CR-200b, Minolta Camera Co., Japan)를 이용하여 명도(lightness, L^* 값), 적색도(redness, a^* 값) 및 황색도(yellowness, b^* 값)를 측정하였다. 이 때 색보정을 위하여 사용된 calibration plate의 L^* , a^* 및 b^* 값은 각각 97.5, -6.1 및 7.4이었다.

4. 보수력 및 가열 감량

한우 등심의 보수력은 Hoffman *et al*(1982)의 방법에 따라 테시케이터에서 습기를 제거한 여과지 위에 시료 0.3 g을 올려놓고, 양쪽에서 일정한 압력으로 눌러서 여과지 위에 나타난 수분의 면적을 planimeter(X-plan, Ushikata 360d II, Japan)로 구하고, 육의 표면적을 수분의 면적으로 나눈 값으로 표시하였다(Hoffman *et al* 1982). 그리고 가열 감량은 시료의 중심 온도가 75°C에 도달했을 때 가열 전후의 무게 차이를 각각 백분율로 나타내었다.

5. 근원섬유단백질 추출성

근원섬유단백질의 추출성은 Yang *et al*(1970)의 방법에 따라서 0.16 M KCl을 이용하여 추출한 단백질의 농도를 550 nm에서 측정하여 구하였다.

6. 조직감 및 전단력

조직감 및 전단력은 근섬유와 평행하게 가로, 세로, 높이를 각각 40, 15 및 5 mm로 자르고 rheometer(CR-200D, SUN Scientific Co., Japan)를 이용하여 측정하였다. 이때 경도(hardness), 탄성(springiness), 응집성(cohesiveness)은 round adapter 25번을 이용하여 table speed 120 mm/min, graph interval 30 m/sec, load cell(Max) 2 kg의 조건으로 측정하였다. 뭉침성(gumminess)은 peak max×cohesiveness값으로, 저작성(chewiness)은 (peak max ÷ distance)×cohesiveness×springiness 값으로 나타내었다.

7. 통계 처리

모든 실험 결과들은 3회 반복 측정한 평균값을 이용하여 평균±표준편차로 나타내었으며, 통계 처리는 SPSS 12.0을 이용하였다. 근내지방도 간의 유의성과 성숙도 간의 유의성 사이의 차이는 $p<0.05$ 수준에서 one-way ANOVA를 실시한 후 유의한 차이가 있는 경우 $p<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 시료들 사이의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 한우 등심의 pH

한우 등심의 pH는 Table 1과 같다. 성숙도와 근내지방도에 따른 pH는 5.36~5.44 사이로 나타났다. Cho *et al*(2008)은 식육의 pH는 영양 상태, 수송 거리, 계절 등 도축 당시의 글리코겐의 함량에 영향을 받는다고 하였으나, Villarreal *et al*(2003)은 수송 시간은 pH에 영향을 미치지 않는다고 하였으며, Kim *et al*(1996)은 품종, 성 및 부위에 따라 pH의 변화가 없다고 보고하여서 식육의 최종 pH는 여러 가지 조건이 복합적으로 작용하여 도축 당시의 글리코겐의 양이 결정하는 것으로(Hamm R 1982) 본 실험에서의 성숙도와 근내지방도 사이에는 규칙적인 변화가 없었다.

2. 한우 등심의 표면 색깔

성숙도와 근내지방도가 다른 한우 등심의 표면 색깔은 Table 2와 같다. L^* 값(명도)은 성숙도 9인 경우는 근내지방도 5가 가장 낮았고 9가 가장 높았으며, 근내지방도가 9인 경우는 성숙도가 7인 경우 가장 낮았다($p<0.05$). 그리고 a^* 값(적색도) 및 b^* 값(황색도)은 성숙도와 근내지방도에 따른 유의한 차이가 없었다. 육색과 지방의 색은 등급 판정에 중요할 뿐만 아니라 소비자들의 구매 욕구에도 영향을 미친다. 그리고 우리

Table 1. pH of fattening Hanwoo loin

Maturity	Marbling score			
	5	7	8	9
6	5.44±0.02 ^{aA}	5.42±0.02 ^{abA}	5.38±0.01 ^{bc}	5.36±0.02 ^{cB}
7	5.42±0.02 ^{AB}	5.39±0.01 ^A	5.41±0.02 ^{NS}	5.40±0.01 ^A
8	5.44±0.02 ^{aA}	5.42±0.02 ^{aA}	5.37±0.02 ^b	5.40±0.02 ^{abAB}
9	5.40±0.01 ^{aA}	5.36±0.01 ^{bB}	5.39±0.02 ^{ab}	5.38±0.02 ^{abAB}

Mean±S.D.(n=3).

^{a~c} Values with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$.

^{A,B} Values with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$.

Table 2. Surface color of fattening Hanwoo loin

Color	Maturity	Marbling score			
		5	7	8	9
L*	6	35.1±2.1	35.1±1.9	33.7±3.2	37.4±2.5 ^{AB}
	7	35.0±2.3	35.3±1.8	37.3±2.6	35.3±1.9 ^B
	8	34.3±2.5	34.2±1.9	35.5±2.6	38.9±2.1 ^{AB}
	9	34.5±1.9 ^b	36.9±3.1 ^{ab}	39.0±2.5 ^a	42.8±3.3 ^{aA}
a*	6	17.5±1.5	16.6±2.4	15.7±1.6	15.9±1.5
	7	15.4±1.2	17.9±2.1	18.0±2.4	16.3±1.9
	8	17.1±2.1	16.5±1.6	16.8±1.9	19.7±2.7
	9	15.7±2.1	17.1±2.4	17.8±1.9	18.2±1.6
b*	6	2.8±0.9	2.4±0.6	3.5±1.1	2.6±0.6
	7	2.5±1.0	3.0±0.7	3.9±1.0	3.0±0.8
	8	2.4±0.9	3.3±0.9	3.4±1.0	4.1±1.3
	9	3.0±0.7	3.0±0.9	3.4±0.9	4.0±1.0

Mean±S.D.(n=3).

^{a~c} Values with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$.^{AB} Values with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$.

나라의 경우, 등급 판정에 육색 및 지방색은 각각 No. 1~No. 7까지 분류하여 육색은 약한 선홍색에서 암적색까지, 지방색은 백색에서 황색까지 분류하고 있다(Cho *et al* 2008). 육색은 주로 미오글로빈의 농도나 화학적 상태에 따라 결정되며(Han *et al* 1994, Sakata & Nagata 1992), 지방의 색은 β -carotene의 양에 의존하기 때문에(Yang *et al* 1992) 사료의 영향이 크다고 볼 수 있다. Kim *et al*(2002)은 미오글로빈 함량은 근내지방도가 높아지면 줄어들고, 성별에 따라 비거세우, 거세우, 미경산우 순으로 높다고 하였으며, Fiems *et al*(2000)은 도체의 지방 함량이나 근내지방도가 L*값과 음의 상관관계가 있다고 보고하였다.

3. 한우 등심의 보수력 및 가열 감량

한우 등심의 보수력 및 가열 감량을 측정하고 그 결과를 Table 3 및 4에 나타내었다. 보수력은 성숙도 6 및 7은 근내지방도가 높아지면서 증가하는 경향이었으나, 성숙도 8 및 9는 근내지방도와 연관성이 없었다. 그리고 근내지방도 8 및 9는 성숙도가 높아짐에 따라 보수력이 감소하였다($p<0.05$). 보수력은 근원섬유 내의 공간에 수분을 저장하는 능력을 나타내는 것으로(Huff-Lonergan & Lonergan 2005) 근원섬유의 수축으로 인한 근질겔의 단축으로 보수력이 감소하고 가

Table 3. Water holding capacity(%) of fattening Hanwoo loin

Maturity	Marbling score			
	5	7	8	9
6	55.3±1.2 ^b	55.7±0.8 ^{bb}	60.9±1.4 ^{aA}	59.8±1.6 ^{aA}
7	55.4±1.5 ^b	58.7±1.2 ^{aa}	58.2±1.2 ^{aA}	58.1±0.9 ^{aA}
8	54.2±0.9	55.8±1.4 ^B	54.4±1.2 ^B	54.9±1.4 ^B
9	53.7±1.1	54.5±1.2 ^B	54.1±0.9 ^B	54.1±1.4 ^B

Mean±S.D.(n=3).

^{a~c} Values with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$.^{AB} Values with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$.

Table 4. Roast loss(%) of fattening Hanwoo loin

Maturity	Marbling score			
	5	7	8	9
6	14.9±1.9	16.3±2.1	14.7±1.2	15.2±1.5
7	15.1±1.8	17.0±1.5	15.5±1.9	14.5±1.8
8	15.5±1.5	16.4±1.6	15.6±1.8	14.2±1.5
9	14.9±1.8	16.2±1.5	15.9±2.0	14.6±1.9

Mean±S.D.(n=3).

열 감량이 증가하며(Bower *et al* 1987), 근내지방도가 높을수록 가열 감량이 감소하고 보수력이 높아지는 것으로 알려져 있다(Breidenstein *et al* 1968). 본 연구에서의 가열 감량은 성숙도와 근내지방도에 따른 유의한 차이가 없었으나, 근내지방도가 높을수록 가열 감량은 다소 적어지고, 보수력이 높게 나타난 것으로 나타났으며, 성숙도가 높으면 근내지방도가 높아도 보수력은 낮게 나타난다는 사실을 알 수 있었다.

4. 한우 등심의 근원섬유단백질 추출성

한우 등심의 근원섬유 단백질의 추출성을 측정하고, 그 결과를 Table 5에 나타내었다. 근원섬유 단백질의 추출성은 전체적으로 43.3~46.7 mg/g으로 성숙도와 근내지방도의 차이에 의한 유의한 차이가 없었다. 근원섬유 단백질의 추출성은 도축 후 근육의 상태에 따라서 다르게 나타나는데, 사후 경직 상태에서는 감소하고 숙성시킴으로써 증가하여 연도를 개선시키는 것으로 알려져 있다(Moon *et al* 1998). 본 연구에 이용된 한우 등심은 성숙도와 근내지방도의 차이보다는 도축 후의 조건이 같아서 유의성이 없는 것으로 생각된다.

Table 5. Myofibrillar protein extractability(mg/g) fattening Hanwoo loin

Maturity	Marbling score			
	5	7	8	9
6	45.9±2.1	46.7±1.9	45.3±1.5	44.8±2.1
7	44.3±1.9	45.3±1.4	44.9±1.5	45.1±2.0
8	44.1±2.1	43.8±1.5	44.5±1.3	44.7±1.5
9	43.4±1.3	43.7±1.6	44.0±1.5	43.9±1.1

Mean±S.D.(n=3).

5. 한우 등심의 조직감 및 전단력

성숙도와 근내지방도가 다른 한우 등심의 조직감 및 전단력을 조사한 결과는 Table 6과 같다. 경도(hardness)는 물질을 변형시킬 때 필요한 힘을, 탄력성(springiness)는 제품의 외부로부터 힘을 가한 후 생긴 변형이 힘을 제거하였을 때 원상 복귀하는 성질을, 부착성(cohesiveness)은 물체의 표면과 표면에 부착되어 있는 것을 분리시키는데 필요한 힘을, 검성(gumminess)은 제품을 삼킬 수 있도록 씹는데 필요한 에너지를, 저작성(chewiness)은 제품을 부수는데 필요한 힘을, 전단력(shear force)은 제품을 절단하는데 필요한 힘을 나타내기 때문에(Kim *et al* 2007b) 경도나 전단력이 높으면 풍미,

Table 6. Hardness(dyne/cm²), springiness(%), cohesiveness(%), gumminess(kg), chewiness(g) and shear force value(kg) of fattening Hanwoo loin

Texture	Maturity	Marbling score			
		5	7	8	9
Hardness	6	780±17	790± 8	787±15	788±11
	7	797± 9	785± 9	785±14	795±12
	8	812± 8	800±10	801± 8	791± 6
	9	815± 9	795±15	801±11	796±16
Springiness	6	81± 1 ^B	81± 1	81± 1 ^B	84± 3
	7	80± 1 ^{bB}	83± 1 ^a	84± 2 ^{aAB}	82± 2 ^{ab}
	8	81± 3 ^{abAB}	80± 1 ^b	84± 4 ^{abAB}	84± 1 ^a
	9	85± 1 ^A	83± 3	87± 2 ^A	85± 2
Cohesiveness	6	62± 2	63± 3	63± 2	62± 2
	7	62± 1	63± 1	63± 1	64± 2
	8	63± 3	64± 2	64± 2	64± 2
	9	64± 4	66± 2	64± 2	64± 1
Gumminess	6	313± 6	315± 5	311± 6	315±10
	7	311± 8	320± 6	323± 8	319±10
	8	318± 7	314± 5	316± 3	318± 5
	9	316±11	323±11	318± 4	314± 8
Chewiness	6	273± 9	273± 5	278± 3	271± 3
	7	269± 3	278± 8	271± 1	264± 7
	8	251± 1 ^b	260± 2 ^a	262± 2 ^a	258± 5 ^a
	9	265± 1 ^b	265± 6 ^{ab}	271± 4 ^a	258± 5 ^b
Shear force	6	1,354±47 ^a	1,305±24 ^{abB}	1,309±69 ^{abAB}	1,266±25 ^{bb}
	7	1,345±17 ^a	1,287±45 ^{abB}	1,289±24 ^{abB}	1,267±44 ^{bb}
	8	1,435±75	1,394±45 ^A	1,418±34 ^A	1,427±67 ^A
	9	1,392±45	1,451±59 ^A	1,409±64 ^A	1,412±61 ^A

Mean±S.D.(n=3).

^{a,b} Values with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$.^{A,B} Values with different superscripts in the same column are significantly different at $p<0.05$.

연도, 다즙성도 나쁜 것으로 해석하고 있다(May *et al* 1992). 본 연구에서 경도, 부착성, 검성은 성숙도와 근내지방도에 따른 유의한 차이가 없었으나, 탄력성은 성숙도의 경우 근내지방도 5 및 8에서 유의한 차이가 있었고, 근내지방도는 성숙도 7 및 8에서 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 그리고 저작성은 성숙도의 차이에 따른 유의한 차이가 없었고, 근내지방도는 성숙도 8 및 9에서 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 전단력은 성숙도가 높을수록 높고, 근내지방도가 높을수록 낮게 나타났다($p < 0.05$). Berry BW(1993)의 근내지방도가 높을수록 전단력이 낮아진다는 결과와 일치하는 경향이었다.

이상에서 성숙도가 높은(No. 8, 9) 경우 근내지방도 No. 8, 9번이더라도 육질 등급이 하향되어야 하는 것이 본 연구 결과의 보수력 및 전단력 측정에서 어느 정도 설득력이 얻었으나, Kim *et al*(2008)의 연구에서 성숙도와 전단력 사이에 유의한 상관관계가 없다는 보고와는 다른 결과가 나타났다.

요 약

본 연구는 성숙도와 근내지방도가 육질에 미치는 영향을 규명하기 위하여 수행하였다. 성숙도와 근내지방도에 따른 pH, L*값, a*값, b*값, 가열 감량, 근원섬유 단백질 추출성, 경도, 탄력성, 부착성, 검성 및 저작성은 유의한 차이가 없었다. 그러나 보수력의 경우 성숙도가 6 및 7이고, 근내지방도가 8 및 9인 것이 높았다($p < 0.05$). 전단력은 성숙도 9이고 근내지방도 7인 것이 가장 높았다($p < 0.05$). 따라서 본 연구의 결과는 성숙도와 근내지방도가 한우 등심의 육질에 미치는 영향이 있다고 판단된다.

문 헌

- Aalhus JL, Jones SDM, Tong AKW, Jeremiah LE, Robertson WM, Gibson LL (1992) The combined effects of time on feed, electrical stimulation and aging on beef quality. *Canadian J Anim Sci* 72: 525-535.
- Berry BW (1993) Tenderness of beef loin steaks as influenced by marbling level, removal of subcutaneous fat and cooking method. *J Anim Sci* 71: 2412-2419.
- Bowers JA, Craig JA, Kropf DH, Tucker TJ (1987) Flavor, color and other characteristics of beef longissimus muscle heated to seven internal temperatures between 55°C and 85°C. *J Food Sci* 52: 533-536.
- Breidenstein BB, Cooper CC, Evans RG, Bray RW (1968) Influence of marbling and maturity on palatability of beef muscle. 1. Chemical and organoleptic consideration. *J Anim Sci* 27: 1532-1536.
- Chandraratne MR, Samarasinghe S, Kulasiri D, Bickerstaffe R (2006) Prediction of lamb tenderness using image surface texture features. *J Food Eng* 77: 492-499.
- Cho SH, Kim JH, Seong PN, Cho YM, Chung WT, Park BY, Chung MO, Kim DH, Lee JM, Ahn CN (2008) Physicochemical meat quality properties and nutritional composition of Hanwoo steer beef with 1⁺ quality grade. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28: 422-430.
- Fiems LO, De Campeneere S, De Smet S, Van de Voorde G, Vanacker JM, Boucqué (2000) Relationship between fat depots in carcasses of beef bulls and effect on meat colour and tenderness. *Meat Sci* 56: 41-47.
- Hamm R (1982) Postmortem changes in muscle with regard to processing of hot-boned beef. *Food Technol* 37: 105-115.
- Han D, McMillin KW, Godber JS (1994) Hemoglobin, myoglobin, and total pigments in beef and chicken muscle: Chromatographic determination. *J Food Sci* 52: 1279-1282.
- Hoffman K, Hamm R, Blüchel E (1982) Neues über die bestimmung der Wasserbindung des leisches mit Hilfe der Filterpapierpress methode. *Fleischwirtschaft* 62: 87-93.
- Huff EJ, Parrish FC (1993) Bovine longissimus muscle tenderness as affected by postmortem ageing time, animal age and sex. *J Food Sci* 58: 713-716.
- Huff-Lonergan E, Lonergan SM (2005) Mechanism of water holding capacity of meat: the role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Sci* 71: 194-204.
- Jeremiah LE, Dugan MER, Aalhus JL, Gibson LL (2003) Assessment of the relationship between chemical components and palatability of major beef muscles and muscle groups. *Meat Sci* 65: 1013-1019.
- Kim DG, Jung KK, Sung SK, Choi SB, Kim SG, Kim DY, Choi BJ (1996) Effects of castration on the carcass characteristics of Hanwoo and Holstein. *Korean J Anim Sci Technol* 38: 239-248.
- Kim DH, Seo JT, Kwack SC, Lee JI (2007) Studies on the standardization of carcass quality score for pork quality assurance. *Korean J Food Sci Ani Resour* 27: 424-431.
- Kim DY, Kim BD, Baek SG, Jeong HJ, Kim DG, Han GD (2008) Correlation between shear force and grade decision factors on Hanwoo cow carcass. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28: 344-348.
- Kim JH, Cho SH, Seong PN, Hah KH, Jeong JH, Lim DG, Park BY, Lee JM, Kim DH, Ahn CN (2007) Effect of maturity score and number of extractions on the chemical

- properties of water extract from Hanwoo shank bones. *Korean J Food Sci Ani Resour* 27: 463-468.
- 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.
- May SG, Dolezal HG, Gill DR, Ray FK, Buchanan DS (1992) Effects of days, fed, carcass grade traits and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. *J Anim Sci* 70: 444-453.
- 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.
- Nishimura T, Hottori A, Takahashi K (1999) Structural changes in intramuscular connective during the fattening of Japanese black cattle. Effect of marbling on beef tenderization. *J Anim Sci* 77: 93-104.
- Sakata P, Nagata A (1992) Heme pigment content in meat as affected by the addition curing agents. *Meat Sci* 32: 343-350.
- Shorthose WR, Harris PV (1990) Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. *J Food Sci* 55: 1-8.
- Tian YQ, McCall DG, Dripps W, Yu Q, Gong P (2005) Using computer vision technology to evaluate the meat tenderness of grazing beef. *Food Australia* 57: 322-326.
- Villarroel M, María GA, Sañudo C, Olleta JL, Gebresenbet G (2003) Effect of transport time on sensorial aspects of beef meat quality. *Meat Sci* 63: 353-357.
- Wheeler TL, Cundiff LV, Koch RM (1994) Effect of marbling degree on beef palatability in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *J Anim Sci* 72: 3145-3151.
- Wulf DM, Morgan JM, Tatum JB, Smith GC (1996) Effects of animal age, marbling score, calpastatin activity, subprimal cut, calcium injection, and degree of doneness on the palatability of steaks from Limousin steers. *J Anim Sci* 74: 569-576.
- Xiong YL, Mullins OE, Stika JF, Chen J, Blanchard SP, Moody WG (2007) Tenderness and oxidative stability of post-mortem muscles from mature cows of various ages. *Meat Sci* 77: 105-113.
- Yang A, Larsen TW, Tume RK (1992) Carotenoid and retinol concentration in serum adipose tissue and liver and carotenoid transport in sheep, goats and cattle. *Aust J Agric Res* 43: 1809-1817.
- Yang R, Okitani A, Fujimaki M (1970) Studies on myofibrils from the stored muscle. Part. I. Postmortem changes in adenosine triphosphatase activity of myofibrils from rabbit muscle. *Agric Biol Chem* 34: 1765-1769.

(2009년 11월 12일 접수, 2010년 3월 11일 채택)