

## 열탕 가열 중 한우 홍두깨살 및 아롱사태의 중심온도가 가열감량, 보수력, 표면색도 및 조직감에 미치는 영향

문 윤 희<sup>†</sup>

경성대학교 식품생명공학과

### Effects of Internal Temperature on Physical Properties of Hanwoo Beef Eye of Round and Center of Heel during Boiling

Yoon-Hee Moon

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

#### Abstract

In this experiment, the effect of internal temperature on the physical properties of Hanwoo beef eye of round (ER) and center of heel (CH) during boiling was investigated. The pH value of Hanwoo beef ER and CH began to increase significantly ( $p<0.05$ ) compared to raw meat around an internal temperature of 40°C and 50°C, respectively; in addition, it showed the biggest changes around 70°C and 80°C, respectively. No significant difference beyond the temperatures noted above was observed. The  $L^*$  value of Hanwoo beef ER and CH began to increase significantly around an internal temperature of 50°C and 60°C, respectively, while the  $a^*$  and  $b^*$  values kept decreasing up to 80°C ( $p<0.05$ ). None of these values showed a significant difference beyond the threshold temperature (50~60°C for the  $L^*$  value, 80°C for the  $a^*$  and  $b^*$  values). Hanwoo beef ER and CH showed the highest cooking loss and lowest water holding capacity around an internal temperature of 60°C and 70°C, respectively. No significant difference was observed beyond those temperatures. The hardness, gumminess and chewiness of Hanwoo beef ER and CH showed the biggest change around an internal temperature of 70°C and 80°C, respectively, while their cohesiveness showed the biggest change around 60°C and 70°C, respectively. No significant difference was observed beyond those temperatures. The springiness of Hanwoo beef ER and CH shown began to increase significantly around an internal temperature of 70°C and 80°C, respectively, while it began to decrease significantly around 90°C ( $p<0.05$ ). Hanwoo beef ER showed a faster change in its physical properties due to boiling compared to CH.

Key words : Hanwoo beef, internal temperature, physical properties.

#### 서 론

한우고기는 근섬유가 가늘고 결체조직 함량이 낮으면서 근내지방 침착도가 우수함은 물론 풍미를 좋게 하는 올레산 함량이 높아 연하고 맛이 좋은 품종 특이성을 갖는다(Kim *et al* 1994, Cho *et al* 2008). 이러한 한우고기의 영양적 특성 및 물리화학적 특성에 대한 연구는 부위(Cho *et al* 2007a) 및 육질등급별(Lee *et al* 2009, Lee *et al* 2010)로 많이 이루어졌으나, 부위별로 최적의 가열조리 조건을 정립하기 위한 정보는 많지 않으며, 특히 가열조리 과정에서의 중심온도에 따른 물리적 품질특성 변화에 대한 연구는 흔하지 않다. 우리나라의 경우, 쇠고기의 부위는 10개 부위(등심, 채끝, 우둔, 설도, 안심, 양지, 갈비, 사태, 앞다리 및 목심)로 대부분할하고, 이를 39

개 부위로 소분할하는데, 각 부위별로 물리화학적 품질 특성(Cho *et al* 2007b)과 이용도가 다를 수 있다. 대부분할 10개 부위 중 우둔부위를 소분할하면 우둔살과 홍두깨살로 나누고, 사태 부위를 소분할하면 앞사태, 뒤사태, 뭉치사태, 아롱사태 및 상박살로 나누고 있다(농림부고시 제 2007-82호). 이들 중 홍두깨살과 아롱사태 부위는 습열 가열하여 조리하는 장조림 원료로 이용하기 적당한 부위이다. 가열조리육의 좋은 기호도를 갖기 위해서는 우수한 풍미와 질기지 않은 연도를 갖도록 가열하는 것이 중요하며, 특히 쇠고기는 돼지고기나 닭고기에 비하여 연도의 중요성이 크다. 가열육의 연도를 좌우하는 도축 전의 요인은 축종(Samuel *et al* 2011), 성별(Berry *et al* 1978), 비육도와 성숙도(Luckette *et al* 1975, Berry *et al* 1974), 특히 사양기간이 길어지면서 생기는 콜라겐과 같은 육기질 단백질의 증가(Hunsley *et al* 1971) 등이 있다. 도축방법(Froning *et al* 1978)과 도체의 부위(Obuz *et al* 2004)도 연

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

도에 영향을 미친다. 그리고 도축 후의 요인으로는 생육의 저장온도(Martin *et al* 1971) 및 액토미오신 형성에 의한 사후경직(Marsh BB 1977) 등을 들 수 있다. 한편, 습열 또는 건열에 의한 가열방법, 가열조리육의 중심온도(Lawrence *et al* 2001, Purslow PP 1985) 등 가열조건의 차이에 따라서 연도가 달라지며(Krystyna & Henryk 1999), 이는 주로 단백질의 변성에 기인한다(Mette *et al* 2000). 일반적으로 근원섬유단백질에 속하는 미오신은 55℃, 액틴은 70~80℃, 트로포닌과 트로포미오신은 80℃ 이상(Cheng & Parrish 1979)에서 변성이 일어나고, 근장단백질은 약 65℃(Laakkonen E 1973), 육기질 단백질의 콜라겐은 65~70℃(Martens *et al* 1982)에서 변성되기 시작하여 물리적 특성이 변화한다. Krystyna & Henryk (1999)는 쇠고기를 가열할 때에 중심온도에 따른 조직감의 변화를 살펴본 결과, 생육에 비하여 경도는 80℃까지 상승한 후 100℃까지 변화의 폭이 크지 않았으며, 탄력성은 60℃까지 저하한 후 상승하여 70℃와 80℃에서 최고의 값을 보인 후 다시 100℃까지 낮아졌으며, 응집성은 70℃까지 상승한 후 100℃까지 낮아지며, 저작성은 80℃까지 상승하였다가 90℃부터는 낮아진다고 하였다. 가열에 의한 물리적 특성 변화 과정에서 가열육의 pH 값과 등전점은 상승하고(Anglemier *et al* 1964), 미오글로빈의 변성에 의한 육색 변화(Lien *et al* 2002)와 더불어 가열감량이 많아지고(Jinjun *et al* 2008), 보수력이 저하(Laakkonen E 1973)하면서 조직감 변화 현상이 나타난다. 이러한 조리과정 중의 변화는 부위에 따라 차이가 있으며(Obuz *et al* 2004), 가열육의 관능 특성에 큰 영향을 미친다(Cross *et al* 1976, Wood *et al* 1995, Huang *et al* 2011). 그러므로 가열육의 우수한 연도를 유지하기 위하여 부위에 따라 최고의 가열조건을 파악할 필요가 있다. 홍두깨살과 아롱사태는 장조림처럼 습열조리에 많이 이용하는 부위로 열탕 가열시 중심온도에 따른 물리적 특성 변화에 대한 자료가 요구된다. 따라서 본 연구에서는 한우육의 소분할 부위 중에서 홍두깨살과 아롱사태를 대상으로 하여, 열탕 가열 중 중심온도 상승에 따른 물리적 특성 변화 현상을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

한우(470±43 kg) 홍두깨살과 아롱사태는 도축 후 약 24시간 냉장한 후 분할하여 진공포장(Cryovac, 60 μm, BB4L, Japan)한 것을 한우 전문식육점에서 5 개체분(1+등급) 주문 구입하여, 10일간(도축 후 12일) 냉장 숙성한 것을 시료로 하였다. 가열하기 전에 근섬유 방향으로 가로(길이), 세로(폭), 높이(두께)를 7×5×1.7 cm가 되도록 자르고, 온도계(Thermo recorder, TR-81, T&D Co., Japan)를 시료의 중심에 꽂아 열

탕 속에서 중심온도 100℃에 도달할 때까지 가열하였으며, 각 중심온도에 도달한 시료는 실온에서 냉각하여 실험에 이용하였다.

### 2. 실험방법

pH, 표면색도, 가열감량, 보수력 및 조직감을 측정하였는데, pH 측정은 유리전극이 부착된 pH meter(ATI Orion 370, USA)를 이용하여 측정하였으며, 표면색도는 색차계(CR-200b, Minolta Camera Co., Japan)를 이용하여 명도(lightness, L\*값), 적색도(redness, a\*값) 및 황색도(yellowness, b\*값)를 측정하였다. 색 보정을 위해 사용된 calibration plate의 L\*, a\* 및 b\*값은 각각 97.5, -6.1 및 7.4이었다. 가열감량은 열탕 속에서 각각의 중심온도가 되도록 가열하였을 때 가열 전 후의 중량, 또는 길이의 차이를 각각 백분율로 계산하여, 중량은 감량으로 나타내고, 길이는 단축율로 표시하였다. 길이의 측정은 캘리퍼(Vernier caliper, Mitutoyo Co., Japan)로 하였다. 보수력은 Hoffman *et al*(1982)의 방법으로 측정하였다. 즉, 데시케이터에서 습기를 제거한 여과지 위에 같은 시료 0.3 g을 올려놓고, 이를 조임나사가 달린 두 장의 호마이카 판 중간에 고정하여 양쪽에서 끝까지 나사를 조여 30초 후 여과지 위에 나타난 시료의 표면적과 수분의 면적을 planimeter(X-plan, Ushikata 360d II, Japan)로 구하여, 시료의 표면적을 수분의 면적으로 나눈 값으로 표시하였다. 조직감은 시료의 가로, 세로, 높이가 40×15×5 mm 되도록 근섬유와 평행하게 자르고, rheometer(CR-200D, Sun Scientific Co., Japan)를 이용하여 측정하였다. 경도(hardness), 탄성(springiness), 응집성(cohesiveness)은 round adapter 25번(직경 2.5 cm, 높이 3.5 cm)을 이용하여 table speed 120 mm/min, graph interval 30 m/sec, load cell(Max) 2 kg(clearance 0.05%)의 조건으로 하였다. 뭉침성(gumminess)은 peak max×cohesiveness 값으로, 그리고 저작성(chewiness)은 (peak max ÷ distance) × cohesiveness×springiness 값으로 나타내었다.

### 3. 통계 분석

실험은 5회 반복하였으며, 얻어진 자료는 SAS program (2002)을 이용하여 통계 분석하였고, 시료간의 차이는 Duncan's multiple range test로 5% 수준에서 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. pH 및 표면색도

한우의 홍두깨살과 아롱사태 부위를 분할하여 진공 포장한 것을 도축 후 12일간 냉장한 후 열탕에서 중심온도가 100℃에 이를 때까지 가열하면서 중심온도별 pH 값을 측정할 결

**Table 1. Changes in pH value of Hanwoo beef by internal temperature during boiling**

	Internal temperature (°C)								F value
	RM <sup>3)</sup>	40	50	60	70	80	90	100	
ER <sup>1)</sup>	5.60 ±0.32 <sup>d4)</sup>	5.65 ±0.41 <sup>c</sup>	5.72 ±0.18 <sup>b</sup>	5.79 ±0.06 <sup>b</sup>	5.89 ±0.09 <sup>aA</sup>	5.93 ±0.12 <sup>a</sup>	5.94 ±0.18 <sup>a</sup>	5.93 ±0.23 <sup>a</sup>	15.90 <sup>**</sup>
CH <sup>2)</sup>	5.59 ±0.32 <sup>c</sup>	5.62 ±0.52 <sup>bc</sup>	5.69 ±0.05 <sup>b</sup>	5.71 ±0.11 <sup>b</sup>	5.76 ±0.07 <sup>bB</sup>	5.90 ±0.15 <sup>a</sup>	5.91 ±0.25 <sup>a</sup>	5.92 ±0.51 <sup>a</sup>	16.12 <sup>**</sup>

1) Eye of round, 2) Center of heel, 3) Raw meat, 4) Mean±S.D.

<sup>a-d</sup> Means with different superscripts within the same row are significantly different at  $p<0.05$ .

<sup>A-B</sup> Means with different superscripts within the same column are significantly different at  $p<0.05$ .

<sup>\*\*</sup>  $p<0.01$ .

과는 Table 1에 나타내었다. 흉두깨살과 아롱사태의 pH 값은 두 부위 모두 중심온도에 따른 유의적 차이( $p<0.01$ )를 보였다. 흉두깨살은 중심온도 40°C, 아롱사태는 50°C에서 생육의 pH 값보다 유의적( $p<0.05$ )으로 높아지기 시작했다. 그리고 흉두깨살은 70°C로 높아질 때에, 아롱사태는 80°C로 높아질 때에 pH 값이 가장 크게 변화하여 생육의 경우보다 각각 0.29 및 0.32 단위 높게 나타나고, 그 이상의 온도에서는 유의적 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과로 흉두깨살이 아롱

사태보다 가열에 의한 pH 값의 변화 속도가 빠른 것을 알 수 있었다. 한편, 동일한 중심온도에서 부위별 차이를 보면 흉두깨살의 pH 값이 더 높은 경향을 보였으며, 70°C에서는 부위간의 유의적 차이( $p<0.05$ )가 있었다. 가열육의 pH 값 변화는 근원섬유 단백질의 변성에 의하여 아미노산에 있는 염기성 활성기가 밖으로 노출되기 때문으로, 쇠고기의 경우 약 0.3 단위 높아졌다는 보고가 있다(Fogg & Harrison 1975). 중심온도별 두 부위의 표면색도는 Table 2에 나타낸 바와 같다.

**Table 2. Changes in color of Hanwoo beef by internal temperature during boiling**

	Internal temperature (°C)								F value
	RM <sup>3)</sup>	40	50	60	70	80	90	100	
Hunter's color, L <sup>*</sup>									
ER <sup>1)</sup>	51.17 ±2.78 <sup>d4)</sup>	61.32 ±2.31 <sup>b</sup>	75.25 ±2.37 <sup>aA</sup>	76.37 ±5.26 <sup>a</sup>	76.46 ±3.08 <sup>a</sup>	75.86 ±5.01 <sup>a</sup>	75.03 ±6.78 <sup>a</sup>	75.05 ±5.93 <sup>a</sup>	15.49 <sup>**</sup>
CH <sup>2)</sup>	54.21 ±2.24 <sup>c</sup>	58.55 ±2.41 <sup>bc</sup>	63.15 ±3.13 <sup>bB</sup>	74.19 ±4.00 <sup>ab</sup>	74.32 ±2.65 <sup>a</sup>	73.98 ±6.13 <sup>a</sup>	73.27 ±8.29 <sup>a</sup>	73.52 ±6.98 <sup>a</sup>	15.32 <sup>**</sup>
Hunter's color, a <sup>*</sup>									
ER	17.59 ±0.98 <sup>aB</sup>	16.99 ±1.37 <sup>abB</sup>	16.38 ±0.33 <sup>b</sup>	16.45 ±0.75 <sup>b</sup>	16.47 ±0.68 <sup>b</sup>	15.02 ±0.82 <sup>c</sup>	14.89 ±0.80 <sup>c</sup>	14.81 ±0.86 <sup>c</sup>	16.58 <sup>**</sup>
CH	23.15 ±1.07 <sup>aA</sup>	22.13 ±0.39 <sup>aA</sup>	17.09 ±0.29 <sup>b</sup>	17.10 ±0.28 <sup>b</sup>	17.25 ±0.83 <sup>b</sup>	15.30 ±0.99 <sup>c</sup>	15.17 ±1.65 <sup>c</sup>	15.16 ±1.72 <sup>c</sup>	19.40 <sup>**</sup>
Hunter's color, b <sup>*</sup>									
ER	8.13 ±0.71 <sup>a</sup>	5.28 ±0.27 <sup>bB</sup>	5.09 ±0.23 <sup>bcB</sup>	4.53 ±0.15 <sup>cB</sup>	4.42 ±0.18 <sup>cB</sup>	3.27 ±0.20 <sup>dB</sup>	3.23 ±0.47 <sup>dB</sup>	3.21 ±0.51 <sup>dB</sup>	38.46 <sup>***</sup>
CH	8.39 ±0.59 <sup>a</sup>	7.41 ±0.53 <sup>abA</sup>	7.10 ±0.12 <sup>bA</sup>	6.74 ±0.31 <sup>bA</sup>	6.55 ±0.56 <sup>cA</sup>	5.51 ±0.23 <sup>dA</sup>	5.48 ±0.61 <sup>dA</sup>	5.46 ±0.52 <sup>dA</sup>	51.41 <sup>***</sup>

1) Eye of round, 2) Center of heel, 3) Raw meat, 4) Mean±S.D.

<sup>a-d</sup> Means with different superscripts within the same row are significantly different at  $p<0.05$ .

<sup>A-B</sup> Means with different superscripts within the same column are significantly different at  $p<0.05$ .

<sup>\*\*</sup>  $p<0.01$ , <sup>\*\*\*</sup>  $p<0.001$ .

표면색도에서 L\*값의 경우, 홍두깨살과 아롱사태의 가열육은 두 부위 모두 생육보다 높은 값을 보이고, 중심온도에 따라 유의적 차이가 있었다( $p<0.01$ ). 중심온도에 따른 홍두깨살 L\*값의 변화를 보면 40℃에서 생육의 경우보다 유의적으로 높아지기 시작하여 50℃에서 가장 크게 변화하였고, 그 이상의 중심온도에서는 유의적 차이를 보이지 않았다. 그런데, 아롱사태의 경우를 보면 50℃에서 생육의 경우보다 유의적으로 높아지기 시작하여 60℃에서 가장 크게 변화하였고, 그 이상의 중심온도에서는 유의적 차이가 없었다. 이 결과로 홍두깨살이 아롱사태보다 낮은 온도에서 가열에 의해 L\*값이 크게 변하는 것을 알 수 있었다. 동일한 중심온도에서 두 부위의 L\*값의 차이를 보면 홍두깨살이 아롱사태보다 높게 나타났으며, 50℃에서는 부위간의 유의적 차이를 보였다( $p<0.05$ ). 한편, a\*값은 홍두깨살과 아롱사태 모두 가열에 의해 낮아져서( $p<0.01$ ) L\*값과 반대의 현상을 보였다. 홍두깨살과 아롱사태는 모두 50℃의 중심온도에서 생육의 경우보다 유의적( $p<0.05$ )으로 낮아진 후 70℃까지 유의적 차이를 보이지 않았으며, 80℃에 도달할 때에 다시 유의적으로 낮아져 각각 15.02 및 15.30의 값으로 비슷하게 나타났다. 그리고 80℃부터 100℃까지는 두 부위 모두 a\*값이 차차 낮아졌으나, 유의적 차이가 나타나지 않았다. 이는 Berry & Bigner-George(1999)가 보고한 중심온도 71℃보다 81~85℃에서 a\*값이 유의적으로 낮았다는 결과와 부분적으로 유사하였다. 동일한 중심온도에서

부위별 a\*값의 차이를 보면 40℃에서 홍두깨살이 아롱사태보다 유의적( $p<0.05$ )으로 낮게 나타났으나, 50℃ 이상에서는 유의적 차이를 보이지 않았다. b\*값은 홍두깨살과 아롱사태 모두 가열에 의해 유의적으로 낮아졌다( $p<0.001$ ). 가열육의 b\*값은 홍두깨살이 40℃, 아롱사태가 50℃에서 생육의 경우보다 유의적으로 낮아지기 시작하여 낮은 중심온도에 있어서 홍두깨살의 변화 속도가 빠른 현상을 보였다. 두 부위의 b\*값을 비교해 보면 홍두깨살이 아롱사태에 비해 모든 중심온도에서 유의적으로 낮은 결과를 보였으며, 이는 a\*값의 경우와 상이하였다. 그렇지만 b\*값이 가장 크게 낮아진 온도가 두 부위 모두 80℃이고( $p<0.05$ ), 그 이상의 온도에서 중심온도에 따른 유의적 차이를 보이지 않은 결과는 a\*값의 결과와 일치하였다. 식육의 색깔은 주로 미오글로빈 단백질의 함량과 옥시미오글로빈, 메트미오글로빈의 상대적 함량비에 따라 달라진다(Giddings GG 1977). 가열육은 헤모크롬이 헤미크롬으로 변하거나, 마이야르 반응에 의해 갈색으로 변하고, 온도가 높아지면서 미오글로빈에서 단백질 부분인 글로빈의 변성을 일으키고 동시에 헴을 보호하는 능력을 상실하여 회색을 띤 갈색을 나타낸다(Lawrie RA 1985). 가열한 홍두깨살과 아롱사태의 a\* 및 b\*값이 생육의 경우보다 낮게 나타난 것은 글로빈의 열변성(Cornforth *et al* 1986)에 의한 것으로 사료된다. Berry & Bigner-George(1999)는 가열한 쇠고기의 a\* 및 b\*값은 중심온도가 높은 때에 낮았다고 하였으며, Hunt *et*

**Table 3. Changes in cooking time of Hanwoo beef by internal temperature during boiling and cooling time of boiled Hanwoo beef at room temperature**

		Cooking time (sec)								F value
		RM <sup>3)</sup>	Internal temperature (°C)							
		40	50	60	70	80	90	100		
ER <sup>1)</sup>	-	63.5 ±5.4 <sup>d4)</sup>	103.2 ±4.2 <sup>dB</sup>	141.7 ±3.0 <sup>dB</sup>	183.4 ±15.0 <sup>cdB</sup>	236.1 ±15.2 <sup>CB</sup>	309.7 ±28.8 <sup>BB</sup>	462.6 ±52.2 <sup>AB</sup>	18.92 <sup>**</sup>	
CH <sup>2)</sup>	-	79.3 ±8.4 <sup>d</sup>	140.6 ±1.8 <sup>cdA</sup>	192.9 ±4.8 <sup>CA</sup>	247.6 ±3.6 <sup>CA</sup>	321.7 ±7.8 <sup>CA</sup>	431.6 ±13.8 <sup>BA</sup>	682.1 ±31.2 <sup>AA</sup>	22.83 <sup>**</sup>	
		Cooling time (sec)								F value
		RM <sup>3)</sup>	Internal temperature (°C)							
		100	90	80	70	60	50	40		
ER	-	0	45.7 ±0.6 <sup>c</sup>	85.6 ±2.4 <sup>b</sup>	137.1 ±4.8 <sup>b</sup>	204.9 ±6.0 <sup>bcB</sup>	307.2 ±18.6 <sup>abB</sup>	470.1 ±12.6 <sup>AB</sup>	5.37 <sup>*</sup>	
CH	-	0	44.5 ±1.8 <sup>d</sup>	89.2 ±1.3 <sup>c</sup>	151.8 ±16.8 <sup>c</sup>	245.3 ±13.2 <sup>bcA</sup>	387.8 ±21.0 <sup>bA</sup>	605.2 ±58.8 <sup>AA</sup>	6.59 <sup>*</sup>	

1) Eye of round, 2) Center of heel, 3) Raw meat, 4) Mean±S.D.

a-d Means with different superscripts within the same row are significantly different at  $p<0.05$ .

A-B Means with different superscripts within the same column are significantly different at  $p<0.05$ .

\*  $p<0.05$ , \*\*  $p<0.01$ .

al(1999)은 쇠고기를 가열한 경우, 메트미오글로빈 상태의 a\* 및 b\*값은 생육의 경우보다 낮고, 중심온도가 높을수록 더 낮았다고 하였다. 그리고 Lien *et al*(2002)은 가열한 돼지고기의 a\* 및 b\*값이 생육의 경우보다 낮았다고 보고하였다.

## 2. 가열 소요시간, 가열감량 및 보수력

Table 3에는 흥두깨살과 아롱사태를 가열할 때와 냉각할 때에 각 중심온도에 이르기까지의 소요시간을 나타내었다. 중심온도가 100℃에 이를 때까지의 소요시간은 흥두깨살이 아롱사태보다 빨랐으며, 이는 pH값의 변화가 빨랐던 현상과

일치하였고, 중심온도 50℃부터 부위간의 유의적 차이를 보였다( $p<0.05$ ). 한편, 중심온도 100℃에 도달한 시료가 18℃의 실온에서 중심온도 40℃까지 냉각하는데 소요한 시간도 흥두깨살이 더 빠르게 나타났으며, 60℃부터 40℃까지는 동일한 온도에서 부위간의 유의적 차이를 보였다. 가열하는 고기가 중심온도에 도달할 때까지 소요되는 시간은 시료의 크기와 가열조건(Jinjun *et al* 2008), 그리고 부위(Obuz *et al* 2004)에 따라 다르게 나타난다고 하였다. 중심온도 변화에 따른 가열감량과 보수성의 변화를 측정된 결과는 Table 4에 나타내었다. 가열감량에서 무게감량의 결과를 보면, 두 부위 모두

**Table 4. Changes in cooking losses and water holding capacity of Hanwoo beef by internal temperature during boiling**

		Internal temperature (°C)								
		RM <sup>3)</sup>	40	50	60	70	80	90	100	F value
Cooking losses (weight, %)										
ER <sup>1)</sup>	0	5.75 ±0.69 <sup>e4)</sup>	8.13 ±0.09 <sup>d</sup>	20.76 ±0.98 <sup>cA</sup>	28.90 ±1.53 <sup>bA</sup>	34.52 ±1.79 <sup>aA</sup>	36.35 ±2.17 <sup>aA</sup>	37.13 ±2.51 <sup>aA</sup>	89.50 <sup>***</sup>	
CH <sup>2)</sup>	0	4.13 ±0.91 <sup>e</sup>	6.56 ±0.04 <sup>d</sup>	10.29 ±0.51 <sup>cB</sup>	22.15 ±0.69 <sup>bB</sup>	27.47 ±1.13 <sup>abB</sup>	29.96 ±1.95 <sup>aB</sup>	31.19 ±1.98 <sup>aB</sup>	107.76 <sup>***</sup>	
Cooking shortening (length, %)										
ER	0	3.28 ±0.18 <sup>c</sup>	7.26 ±0.54 <sup>bc</sup>	11.32 ±0.88 <sup>b</sup>	19.96 ±0.02 <sup>aA</sup>	20.36 ±0.93 <sup>aA</sup>	21.45 ±0.98 <sup>aA</sup>	21.81 ±1.89 <sup>aA</sup>	17.53 <sup>**</sup>	
CH	0	3.99 ±0.11 <sup>c</sup>	6.88 ±0.62 <sup>b</sup>	10.29 ±0.97 <sup>b</sup>	16.54 ±1.13 <sup>ab</sup>	17.51 ±1.19 <sup>ab</sup>	17.76 ±1.05 <sup>ab</sup>	17.83 ±0.96 <sup>ab</sup>	18.99 <sup>**</sup>	
Cooking shortening (width, %)										
ER	0	1.77 ±0.09 <sup>c</sup>	4.39 ±0.23 <sup>c</sup>	9.11 ±0.73 <sup>b</sup>	10.28 ±1.01 <sup>ab</sup>	11.29 ±0.97 <sup>ab</sup>	11.78 ±0.89 <sup>ab</sup>	12.25 ±2.01 <sup>a</sup>	27.69 <sup>**</sup>	
CH	0	1.20 ±0.13 <sup>b</sup>	3.58 ±0.21 <sup>b</sup>	10.28 ±0.92 <sup>a</sup>	11.25 ±0.99 <sup>a</sup>	12.11 ±1.92 <sup>a</sup>	12.87 ±1.80 <sup>a</sup>	12.95 ±1.27 <sup>a</sup>	21.71 <sup>**</sup>	
Cooking shortening (thickness, %)										
ER	0	0.89 ±0.03 <sup>b</sup>	2.73 ±0.11 <sup>b</sup>	1.08 ±0.51 <sup>b</sup>	-3.30 ±0.15 <sup>aA</sup>	-3.46 ±0.79 <sup>a</sup>	-2.08 ±0.68 <sup>a</sup>	-2.07 ±0.53 <sup>a</sup>	7.55 <sup>*</sup>	
CH	0	0.52 ±0.02 <sup>b</sup>	1.43 ±0.05 <sup>b</sup>	2.87 ±0.13 <sup>b</sup>	0.31 ±0.21 <sup>bB</sup>	-2.72 ±0.48 <sup>a</sup>	-0.12 ±0.60 <sup>a</sup>	-0.48 ±0.53 <sup>a</sup>	10.28 <sup>*</sup>	
Water holding capacity (%)										
ER	52.08 ±7.63 <sup>a</sup>	51.80 ±4.99 <sup>a</sup>	46.18 ±1.18 <sup>b</sup>	39.03 ±2.11 <sup>cB</sup>	35.21 ±1.03 <sup>dB</sup>	35.13 ±1.52 <sup>d</sup>	36.97 ±1.10 <sup>d</sup>	38.70 ±1.10 <sup>cd</sup>	26.93 <sup>**</sup>	
CH	52.17 ±6.19 <sup>a</sup>	51.37 ±5.22 <sup>a</sup>	46.01 ±1.51 <sup>b</sup>	45.11 ±1.69 <sup>bA</sup>	38.91 ±1.77 <sup>cA</sup>	36.15 ±1.11 <sup>c</sup>	37.65 ±1.42 <sup>c</sup>	39.17 ±1.54 <sup>c</sup>	19.42 <sup>**</sup>	

1) Eye of round, 2) Center of heel, 3) Raw meat, 4) Mean±S.D.

a-d Means with different superscripts within the same row are significantly different at  $p<0.05$ .

A-B Means with different superscripts within the same column are significantly different at  $p<0.05$ .

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

중심온도에 따른 유의적 차이( $p < 0.001$ )를 보였다. 그리고 홍두깨살은 60℃, 아롱사태는 70℃로 높아질 때에 가장 큰 변화를 보였으며, 중심온도 100℃에서는 각각 37.13% 및 31.19%의 감량이 있었다. 그리고 중심온도에 도달하는 속도가 빨랐던 홍두깨살이 아롱사태보다 무게감량이 많았으며, 60℃부터는 모든 중심온도에서 부위간의 유의적 차이( $p < 0.05$ )가 나타났는데, 이는 부위에 따라서 가열감량의 차이가 있었다는 Obuz *et al*(2004)의 결과와 일치하였다. Samuel *et al*(2011)은 축종에 따라서도 가열감량의 차이가 나타난다고 보고하였다. 근섬유 방향으로 측정할 길이(가로)의 단축율은 홍두깨살과 아롱사태 모두 중심온도가 높아지면서 점점 상승하였다( $p < 0.01$ ). 두 부위 모두 60℃에서 70℃에 도달할 때에 가장 크게 단축하여 각각 19.96% 및 16.54%의 단축율을 보여, 이 온도에서의 근질의 길이는 매우 짧아지고 있다고 생각된다. 그 이상의 온도에서는 중심온도에 따른 유의적 차이를 보이지 않았으나, 100℃에서 각각 21.81% 및 17.83%의 단축으로 최고치를 보였다. 그리고 중심온도 70℃부터는 홍두깨살이 아롱사태보다 유의적( $p < 0.05$ )으로 큰 단축율을 보여 부위간의 차이가 있음을 알 수 있었다. 폭(세로)의 단축율은 홍두깨살 및 아롱사태의 중심온도가 높아지면서 계속 상승하였는데, 두 부위 모두 길이의 경우보다 낮은 중심온도 즉 60℃에 도달할 때에 가장 크게 변하였으며, 100℃에서 12% 정도 단축하였다. 그리고 모든 중심온도에서 부위간의 유의적 차이가 나타나지 않았다. 두께의 단축율을 보면, 홍두깨살은 60℃, 아롱사태는 70℃에 이를 때까지 가열에 의한 단축이 일어났으나 유의적 차이가 아니었고, 각각 70℃ 및 80℃부터는 오히려 생육의 경우보다 두꺼워져서 길이 및 폭의 단축 결과와 반대 현상을 보였으며, 이 현상은 홍두깨살이 아롱사태보다 빠르고 크게 나타났다. 가열에 의해 두께가 두꺼워진 것은 근섬유 직경의 변화(Krystyna & Henryk 1999)에 기인한 것으로 생각된다. 가열 중에 근질의 길이는 짧아지고(García-Segovia *et al* 2007), 이는 60~70℃ 범위(Dube *et al* 1972) 또는 70~80℃ 범위(Hegarty & Allen 1972)에서 최대로 일어난다는 보고가 있다. 한편, 여러 연구자들은 근질의 길이 변화 정도는 가열하기 전의 근질의 길이에 따라 다르며, 이러한 현상은 전자현미경에 의한 근질의 무늬구조 관찰에서도 확인하였다(Jones *et al* 1976, Jones *et al* 1977, Cheng & Parrish 1976, Hearne *et al* 1978). 보수력의 경우, 홍두깨살과 아롱사태 두 부위 모두 중심온도 74℃까지 생육에 비하여 큰 차이를 보이지 않았으나, 50℃부터 유의적으로 낮아지는 결과를 보여 중심온도에 따른 유의적 차이가 있었다( $p < 0.01$ ). 홍두깨살과 아롱사태의 보수력은 각각 중심온도 60℃ 및 70℃로 높아질 때에 보수력 변화가 가장 크게 나타났으며, 보수력 저하가 가장 크게 변화한 중심온도가 무게감량이 가장 크게 변화한 온도

와 일치한 결과는 Moon *et al*(2001)의 보고한 결과와 같은 경향이였다. 가열 중 가장 낮은 보수력을 보인 중심온도는 두 부위 모두 중심온도 80℃로 나타났으며, 80℃ 이상에서는 보수력 저하가 나타나지 않았다. 이는 습열에서 고온으로 가열된 육기질 단백질의 특성 변화, 특히 콜라겐의 가용성 젤라틴화에 의한 것으로 생각된다(Williams & Harrison 1978). 그리고 모든 중심온도에서 무게감량이 많았던 홍두깨살이 아롱사태보다 낮은 보수력을 나타냈으며, 중심온도 60℃ 및 70℃에서는 부위간의 유의적 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).

### 3. 조직감

홍두깨살과 아롱사태를 가열하면서 중심온도에 따른 조직감의 변화를 측정한 결과는 Table 5에 나타내었다. 경도의 경우, 생육은 홍두깨살이 아롱사태보다 유의적( $p < 0.05$ )으로 낮았으며, 가열육은 두 부위 모두 생육의 경우보다 높게 나타났다( $p < 0.001$ ). 홍두깨살은 40℃, 아롱사태는 50℃의 중심온도에서 생육의 경도보다 유의적으로 높게 나타나기 시작하여 홍두깨살은 70℃, 아롱사태는 80℃로 상승할 때에 가장 큰 변화를 보여 생육의 경우보다 각각 4.95배 및 5.77배 높아졌다. 그 이후 100℃까지 두 부위 모두 다소 낮아지는 경향을 보였으나, 중심온도에 따른 유의적 차이가 나타나지 않았다. 이러한 변화 현상은 Krystyna & Henryk(1999)가 보고한 중심온도에 따른 경도의 변화 결과와 유사하였다. 동일한 중심온도에서 부위별 경도의 차이를 보면 70℃를 제외한 모든 온도에서 홍두깨살이 유의적으로 낮은 결과를 보여 부위간의 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 탄력성의 경우, 홍두깨살과 아롱사태 모두 가열 중 중심온도에 따른 유의적 차이가 있었으며( $p < 0.01$ ), 각각 60℃ 및 70℃까지 생육의 경우보다 낮아진 후, 70℃ 및 80℃에서 제일 크게 상승하여 생육의 경우보다 1.29배 및 1.31배로 높아지고, 중심온도 90℃부터는 두 부위 모두 탄력성이 다시 유의적으로 저하하였다. 동일한 중심온도에서 부위별 탄력성의 차이를 보면 70℃에서는 홍두깨살이 유의적으로 높은 반면, 90℃와 100℃에서 홍두깨살이 유의적으로 낮은 결과를 보여 부위간의 차이가 나타났다. 응집성의 경우, 중심온도에 따라 유의적 차이가 있었다( $p < 0.01$ ). 가열한 홍두깨살과 아롱사태의 응집성은 각각 중심온도 40℃ 및 50℃까지 유의적 차이가 아니지만 생육의 경우보다 낮은 값을 보인 후, 60℃ 및 70℃에서 생육의 경우보다 오히려 유의적으로 높게 나타나서 생육에 비하여 각각 1.34배 및 1.50배로 상승하였으며, 그 이상의 온도에서는 중심온도에 따라 유의적 차이를 보이지 않았다. 동일한 중심온도에서 두 부위의 응집성의 차이를 보면 60℃에서는 홍두깨살, 그리고 70℃ 이상에서는 아롱사태가 유의적( $p < 0.05$ )으로 높게 나타난 결과로 보아, 두 부위는 중심온도에 따른 근원섬유 단백질의 응

집력에 차이(Promeyrat *et al* 2010)가 있는 것으로 사료된다. 뭉침성은 생육의 경우 홍두깨살과 아롱사태가 각각 663.9 kg 및 739.7 kg으로 홍두깨살이 유의적( $p<0.05$ )으로 낮은 값을 보였다. 가열 중 홍두깨살과 아롱사태의 뭉침성은 각각 중심 온도 50℃ 및 60℃까지 생육의 경우보다 유의적으로 낮고, 그 이상의 온도부터 상승하기 시작하여 80℃에서 가장 높은 869.8 kg 및 850.2 kg으로 생육의 경우보다 각각 1.28배 및 1.14배 상승하였다. 그리고 가열육은 모든 중심온도에서 부

위간의 유의적 차이가 나타나지 않아 가열에 의해 부위별 뭉침성의 차이가 줄어지는 것을 알 수 있었다. 저작성의 경우, 생육은 홍두깨살이 아롱사태보다 유의적( $p<0.05$ )으로 낮았으며, 가열육은 두 부위 모두 생육의 경우보다 높게 나타났다( $p<0.001$ ). 홍두깨살은 40℃, 아롱사태는 50℃의 중심온도에서 생육의 경우보다 유의적으로 높게 나타나기 시작하여, 홍두깨살은 70℃, 아롱사태는 80℃로 상승할 때에 가장 큰 변화를 보여 생육의 경우보다 각각 3.45배 및 3.37배로 높아

**Table 5. Changes in textural properties of Hanwoo beef by internal temperature during boiling**

	Internal temperature (°C)								F value
	RM <sup>3)</sup>	40	50	60	70	80	90	100	
<b>Hardness (dyne/cm<sup>2</sup>)</b>									
ER <sup>1)</sup>	631.7 ±27.1 <sup>eB4)</sup>	709.1 ±21.8 <sup>dB</sup>	831.3 ±42.7 <sup>cB</sup>	1,182.6 ±61.5 <sup>bB</sup>	3,129.5 ±97.3 <sup>a</sup>	3,236.7 ±103.7 <sup>aB</sup>	3,107.4 ±89.9 <sup>aB</sup>	3,087.2 ±95.6 <sup>aB</sup>	42.29 <sup>***</sup>
CH <sup>2)</sup>	770.6 ±16.4 <sup>dA</sup>	881.5 ±20.8 <sup>dA</sup>	1,293.9 ±91.5 <sup>cA</sup>	2,128.1 ±76.6 <sup>cA</sup>	3,081.6 ±72.9 <sup>b</sup>	4,448.3 ±99.1 <sup>aA</sup>	4,419.2 ±61.5 <sup>aA</sup>	4,412.3 ±105.7 <sup>aA</sup>	31.84 <sup>***</sup>
<b>Springiness (%)</b>									
ER	67.8 ±5.9 <sup>b</sup>	61.9 ±6.1 <sup>bc</sup>	59.8 ±5.4 <sup>c</sup>	59.2 ±3.8 <sup>bc</sup>	87.8 ±4.9 <sup>aA</sup>	86.0 ±5.7 <sup>a</sup>	60.2 ±5.2 <sup>cB</sup>	58.77 ±2.6 <sup>cB</sup>	15.74 <sup>**</sup>
CH	69.9 ±6.6 <sup>b</sup>	67.7 ±6.3 <sup>bc</sup>	62.2 ±4.9 <sup>c</sup>	61.1 ±3.2 <sup>c</sup>	69.6 ±4.3 <sup>bcB</sup>	91.9 ±2.2 <sup>a</sup>	71.3 ±3.6 <sup>bA</sup>	68.7 ±1.5 <sup>bA</sup>	17.48 <sup>**</sup>
<b>Cohesiveness (%)</b>									
ER	65.6 ±6.9 <sup>bc</sup>	61.9 ±6.3 <sup>c</sup>	67.2 ±3.7 <sup>b</sup>	88.5 ±4.4 <sup>aA</sup>	88.8 ±4.2 <sup>aB</sup>	86.9 ±3.3 <sup>aB</sup>	87.7 ±4.7 <sup>aB</sup>	86.3 ±5.1 <sup>aB</sup>	15.69 <sup>**</sup>
CH	65.1 ±5.7 <sup>bc</sup>	64.3 ±6.9 <sup>bc</sup>	63.7 ±2.1 <sup>c</sup>	66.2 ±3.8 <sup>bB</sup>	98.2 ±4.9 <sup>aA</sup>	99.7 ±4.1 <sup>aA</sup>	97.9 ±4.3 <sup>aA</sup>	97.1 ±5.6 <sup>aA</sup>	16.48 <sup>**</sup>
<b>Gumminess (Kg)</b>									
ER	663.9 ±34.7 <sup>bB</sup>	347.5 ±35.8 <sup>d</sup>	442.1 ±29.3 <sup>c</sup>	528.4 ±49.6 <sup>bc</sup>	852.9 ±59.9 <sup>a</sup>	869.8 ±59.0 <sup>a</sup>	839.8 ±65.1 <sup>a</sup>	832.1 ±96.2 <sup>a</sup>	28.15 <sup>**</sup>
CH	739.7 ±27.9 <sup>bA</sup>	376.4 ±34.8 <sup>d</sup>	451.9 ±23.3 <sup>cd</sup>	589.7 ±52.2 <sup>c</sup>	683.4 ±72.7 <sup>b</sup>	850.2 ±67.4 <sup>a</sup>	841.5 ±78.2 <sup>a</sup>	840.7 ±66.3 <sup>a</sup>	21.25 <sup>**</sup>
<b>Chewiness (g)</b>									
ER	261.2 ±17.5 <sup>dB</sup>	311.2 ±32.5 <sup>cbB</sup>	453.9 ±13.1 <sup>cB</sup>	609.6 ±19.8 <sup>bB</sup>	901.4 ±24.3 <sup>aB</sup>	946.7 ±23.0 <sup>a</sup>	932.8 ±29.1 <sup>a</sup>	929.3 ±41.1 <sup>a</sup>	29.96 <sup>***</sup>
CH	342.5 ±15.9 <sup>dA</sup>	373.2 ±25.8 <sup>dA</sup>	599.1 ±12.3 <sup>cA</sup>	652.7 ±23.6 <sup>bcA</sup>	671.8 ±20.0 <sup>bA</sup>	986.2 ±19.3 <sup>a</sup>	953.6 ±33.4 <sup>a</sup>	949.5 ±43.2 <sup>a</sup>	37.61 <sup>***</sup>

1) Eye of round, 2) Center of heel, 3) Raw meat, 4) Mean±S.D.

<sup>a-d</sup> Means with different superscripts within the same row are significantly different at  $p<0.05$ .

<sup>A-B</sup> Means with different superscripts within the same column are significantly different at  $p<0.05$ .

\*\*  $p<0.01$ , \*\*\*  $p<0.001$ .

졌다. 그 이후 100℃까지는 두 부위 모두 중심온도 상승에 의한 유의적 차이가 나타나지 않았다. 이러한 저작성의 변화 현상은 경도의 변화 현상과 유사하였으나, 변화의 폭은 그보다 낮은 편이었다. 부위별 저작성의 차이를 보면 중심온도 70℃까지 홍두깨살이 유의적으로 낮은 결과를 보여 부위간의 차이( $p<0.05$ )가 있었으나, 80℃ 이상의 높은 온도에서는 부위간의 유의적 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과들로 미루어 보아 한우육의 홍두깨살과 아롱사태를 열탕에서 가열 조리할 경우, 연도가 최고로 저하하는 중심온도는 각각 70℃ 및 80℃ 정도로 부위별 차이가 있음을 확인하였다.

## 요 약

한우의 홍두깨살과 아롱사태를 열탕에서 가열하는 동안 중심온도에 따른 물리적 특성 변화를 확인하였다. 홍두깨살과 아롱사태의 pH 값은 각각 중심온도 40℃ 및 50℃에서 생육의 pH 값보다 유의적( $p<0.05$ )으로 상승하기 시작하여 각각 70℃ 및 80℃에서 가장 크게 변화한 후, 그 이상의 온도에서는 유의적 차이를 나타나지 않았다. 홍두깨살과 아롱사태의 표면색도에서  $L^*$  값은 각각 50℃ 및 60℃까지 유의적으로 높아졌으나,  $a^*$  값 및  $b^*$  값은 모두 80℃까지 낮아졌으며 ( $p<0.05$ ), 모두 그 이상의 온도에서는 유의적 차이가 없었다. 홍두깨살과 아롱사태의 중심온도가 각각 60℃ 및 70℃에서 가열감량이 가장 높은 반면 보수력은 가장 낮게 나타났으며, 그 이상의 온도에서는 유의적 차이를 보이지 않았다. 홍두깨살과 아롱사태의 조직감에서 경도, 뭉침성 및 저작성은 각각 70℃ 및 80℃에서 가장 크게 변하고, 응집성은 각각 60℃ 및 70℃에서 가장 크게 변하였으며, 그 이상의 온도에서는 유의적 차이를 나타나지 않았다. 탄력성은 홍두깨살과 아롱사태의 중심온도가 각각 70℃ 및 80℃에서 유의적으로 높아진 후 두 부위 모두 90℃부터 유의적으로 낮아졌다( $p<0.05$ ). 홍두깨살은 아롱사태보다 가열에 의한 물리적 특성 변화가 빠르게 나타났다.

## 감사의 글

이 논문은 2013학년도 경성대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

## 문 헌

Anglemier AF, El-Badawi AA, Cain RF (1964) Effect of irradiation and preirradiation treatments on beef muscle proteins. *J Food Sci* 29: 837-842.

- Berry BW, Bigner-George ME (1999) Properties of beef patties cooked to elevated internal temperatures as a means of reducing pink color. *J Muscle Food* 10: 215-230.
- Berry BW, Joseph AL, Wagner SB, Jennings TG, Matsushima JK, Brinks JS, Carpenter ZL, Fagerin PT (1978) Carcass palatability and retail characteristics of steers and short scrotum bulls. *J Anim Sci* 47: 601-605.
- Berry BW, Smith GC, Carpenter ZL (1974) Beef carcass maturity indicators and palatability. *J Anim Sci* 38: 507-514.
- Cheng CS, Parrish Jr, FC (1976) Scanning electron microscopy of bovine muscle: effect of heating on ultrastructure. *J Food Sci* 41: 1449-1454.
- Cheng CS, Parrish Jr, FC (1979) Heat-induced changes in myofibrillar proteins of bovine *longissimus* muscle. *J Food Sci* 44: 22-24.
- Cho SH, Kim JH, Seong PN, Cho YM, Chung WT, Park BY, Chung MO, Kim DH, Lee JM, Ahn CN (2008) Calorie, cholesterol, collagen, free amino acids, nucleotide-related compounds and fatty acid composition of Hanwoo steer beef with 1<sup>++</sup> quality grade. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28: 333-343.
- Cho SH, Kim JS, Seong NP, Choi YH, Park BY, Lee YJ, In TS, Chun SY, Kim YK (2007a) Cholesterol, free amino acid, nucleotide-related compounds, and fatty acid composition of Korean Hanwoo bull beef. *Korean J Food Sci Ani Resous* 27:440-449.
- Cho SH, Park BY, Kim JH, Choi YH, Seong PN, Chung WT, Chung MO, Kim DH, Ahn CN (2007b) Nutritional composition and physicochemical meat quality properties of Korean Hanwoo bull beef. *J Anim Sci & Technol* 49: 871-880.
- Cornforth DP, Vahabzadeh F, Carpenter CE, Bartholomew DT (1986) Role of reduced hemochromes in pink color defect of cooked turkey rills. *J Food Sci* 51: 1132-1138.
- Cross HR, Stanfield MS, Koch EJ (1976) Beef palatability as affected by cooking rate and final internal temperature. *J Meat Sci* 43: 114-121.
- Dube G, Bramblett VD, Judge MD, Harrington RB (1972) Physical properties and sulfhydryl content of bovine muscles. *J Food Sci* 37: 23-25.
- Fogg NE, Harrison DL (1975) Relationships of electrophoretic patterns and selected characteristics of bovine skeletal muscle and internal temperature. *J Food Sci* 40: 28-34.
- Froning GW, Babji AS, Mather FB (1978) The effect of

- preslaughter temperature, stress, struggle and anesthetization on color and textural characteristics of turkey muscle. *Poult Sci* 57: 630-633.
- García-Segovia P, Andrés-Bello A, Martínez-Monzó J (2007) Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (*M. pectoralis*). *J Food engineering* 80: 813-821.
- Giddings GG (1977) The basis of color in muscle foods. *J Food Sci* 42: 288-294.
- Hearne LE, Penfield MP, Goertz GE (1978) Heating effects on bovine *semitendinosus*; Phase contrast microscopy and scanning electron microscopy. *J Food Sci* 43: 13-16.
- Hegarty PVJ, Allen CE (1972) Rigor stretched turkey muscles. Effects of heat on fiber dimensions and shear values. *J Food Sci* 37: 652-658.
- Hoffman K, Hamm R, Blüchel E (1982) Neues über die bestimmung der wasserbindung des fleisches mit hilfe der filterpapierpress methode. *Fleischwirtschaft* 62: 87-93.
- Huang F, Huang M, Xu X, Zhou G (2011) Influence of heat on protein degradation, ultrastructure and eating quality indicators of pork. *J Sci Food Agric* 91: 443-448.
- Hunsley RE, Vetter RL, Kline EA, Burroughs W (1971) Effects of age and sex on quality, tenderness and collagen content of bovine *longissimus muscle*. *J Ani Sci* 33: 933-938.
- Hunt MC, SØrheim O, Slinde E (1999) Color and heat denaturation of myoglobin forms in ground beef. *J Food Sci* 64: 847-851.
- Jinjum X, Amanda W, David EG, Gang Y (2008) Heating induced optical property changes in beef muscle. *J Food engineering* 84: 75-81.
- Jones SB, Carrol RJ, Cavanaugh JR (1976) Muscle samples for scanning electron microscopy: preparative techniques and general morphology. *J Food Sci* 41: 867-873.
- Jones SB, Carrol RJ, Cavanaugh JR (1977) Structural changes in heated bovine muscle. A scanning electron microscope study. *J Food Sci* 42: 125-131.
- Kim CJ, Suck JS, Ko WS, Lee ES (1994) Studies on the cold and frozen storage for the production of high quality meat of Korean native cattle II. Effects of cold and frozen storage on the drip, storage loss and cooking loss in Korean native cattle. *J Food Sci* 14: 151-154.
- Krystyna P, Henryk D (1999) Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine *M. semitendinosus* during heating. *Meat Sci* 51: 237-243.
- Laakkonen E (1973) Factors affecting tenderness during heating of meat. In: Chichester CO, Mrak EM, Stewart GF (Eds), *Advances in Food Research*, Acad pme Press, New York. pp 257-323.
- Lawrence TE, King DA, Obuz E, Yancey EJ, Diceman ME (2001) Evaluation of electric belt grill, forced air convection oven, and electric broiler cookery methods for beef tenderness research. *Meat Sci* 58: 239-246.
- Lawrie RA (1985) *The Quantity and Chemical Nature of Myoglobin*. *Meat Science*. 14th ed. Pergamon Press, New York. pp 169-175.
- 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 YJ, Kim CJ, Kim JH, Park BY, PN, Kang GH, Kim DH, Cho SH (2010) Comparison of fatty acid composition of Hanwoo beef by different quality grades and cuts. *Korean J Food Sci Ani Resous* 30: 110-119.
- Lien R, Hunt MC, Anderson S, Kropf DH, Loughin TM, Dikeman ME, Velazco J (2002) Effects of endpoint temperature on the internal color of pork loin chops of different quality. *J Food Sci* 67: 1007-1010.
- Luckett RI, Bidner TD, Icaza EA, Turner JW, Boston AC (1975) Tenderness studies in straight bred and crossbred steers. *J Anim Sci* 40: 468-475.
- Marsh BB (1977) The basis of tenderness in muscle foods. *J Food Sci* 42: 295-297.
- Martens H, Stabursvik E, Martens M (1982) Texture and colour changes in meat during cooking related to thermal denaturation of muscle protein. *J Texture Studies* 13: 291-309.
- Martin AH, Fredeen HT, Weiss GM (1971) Tenderness of beef *longissimus dorsi* muscle from steers, heifers, and bulls as influenced by source, postmortem aging and carcass characteristics. *J Food Sci* 36: 619-623.
- Mette C, Peter PP, Lone ML (2000) The effect of cooking temperature on mechanical properties of whole meat, single muscle fibers and perimysial connective tissue. *Meat Sci* 55: 301-307.
- Moon YH, Kang SJ, Hyon JS, Kang HG, Jung IC (2001) Comparison of the palatability related with characteristics of beef carcass grade B2 and D. *J Korean Soc Food Sci*

- Nutr* 30: 1152-1157.
- Obuz E, Dikeman ME, Grobbel JP, Stephens JW, Loughin TM (2004) Beef *longissimus lumborum*, *biceps femoris*, and deep *pectoralis* Warner-Bratzler shear force is affected differently by endpoint temperature, cooking method, and USDA quality grade. *Meat Sci* 68: 243-248.
- Promeyrat A, Bax ML, Traoré S, Aubry L, Santé-Lhoutellier V, Gatellier Ph (2010) Changed dynamics in myofibrillar protein aggregation as a consequence of heating time and temperature. *Meat Sci* 85: 625-631.
- Purslow PP (1985) The physical basis of meat texture: observations on the fracture behaviour of cooked bovine *M. semitendinosus* during heating. *Meat Sci* 51: 237-243.
- Samuel O, Eric L, Jean-Bernard G, Alain K (2011) Kinetic analysis of cooking losses from beef and other animal muscles heated in a water bath-Effect of sample dimensions and prior freezing and ageing. *J Meat Sci* 88: 338-346.
- SAS (2002) SAS/STAT User's Guide; statistics, Release 8.2 edition, SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Williams JR, Harrison DL (1978) Relationship of hydroxyproline solubilized to tenderness of bovine muscle. *J Food Sci* 43: 464-472.
- Wood JD, Nute GR, Fursey FAP, Cuthbertson A (1995) The effect of cooking conditions on the eating quality of pork. *Meat Sci* 40: 127-135.

---

접 수: 2013년 04월 30일  
 최종수정: 2013년 08월 11일  
 채 택: 2013년 08월 28일