

# 기열 한우육 및 호주산우육 스테이크에서 심부온도에 따른 glucose, lactate 및 핵산 분해 물질 함량 비교

강선문<sup>1</sup> · 강근호<sup>1</sup> · 성필남<sup>1</sup> · 김영춘<sup>1</sup> · 김진형<sup>1</sup> · Hoa Van Ba<sup>1</sup> · 장선식<sup>2</sup> · 조수현<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립축산과학원 축산물이용과, <sup>2</sup>농촌진흥청 국립축산과학원 한우연구소

## Comparison of glucose, lactate, and nucleotide degradation products content of cooked Hanwoo and Australian beef steaks by internal temperature

Sun-Moon Kang<sup>1</sup>, Geun-Ho Kang<sup>1</sup>, Pil-Nam Seong<sup>1</sup>, Young-Chun Kim<sup>1</sup>, Jin-Hyoung Kim<sup>1</sup>, Hoa Van Ba<sup>1</sup>, Seon-Sik Jang<sup>2</sup>, Soo-Hyun Cho<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Animal Products Utilization Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Iseo-myeon, Wanju 55365, Korea

<sup>2</sup>Hanwoo Research Institute, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Daegwanryeong-myeon, Pyeongchang 25340, Korea

Received on 20 October 2015, revised on 24 November 2015, accepted on 7 December 2015

**Abstract :** This study was conducted to compare the glucose, lactate, and nucleotide degradation products content of cooked beef steaks from Korean Hanwoo (quality grade: 1) and Australian cattle (*Bos indicus*, grain-fed for 100 d) by internal temperature. The loins (*M. longissimus dorsi*) and top rounds (*M. semimembranosus*) from two cattle breeds were cut into about 2 cm thickness and then cooked in a 180°C electronic oven until internal temperature attained to 50, 70, or 90°C. Regardless of internal temperature, glucose content was higher ( $P<0.05$ ) in cooked loin and top round steaks from Hanwoo compared to those from Australian cattle. Lactate content was shown to be lower ( $P<0.05$ ) in cooked steaks from Hanwoo than in those from Australian cattle. Lower ( $P<0.05$ ) hypoxanthine and higher ( $P<0.05$ ) guanosine 5'-monophosphate, inosine 5'-monophosphate, inosine contents were observed in cooked steaks from Hanwoo. Furthermore, glucose content tended to be decreased by internal temperature but nucleotide degradation products content was not changed by internal temperature. Therefore, these findings suggest that cooked Hanwoo beef steaks had higher flavor precursors related to sweet and umami tastes than cooked Australian beef steaks.

**Key words :** Glucose, Lactate, Nucleotide, Internal temperature, Hanwoo beef, Australian beef

## I. 서론

국내 쇠고기의 자급율은 2012년 48.2%였으며, 2013년에 50.1%로 약간 증가하였다가 2014년에는 48.1%로 다시 감소하였다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2015). 1인당 연간 쇠고기의 소비량은 2011년에 10.2 kg에서 2012년에는 9.7 kg으로 감소하였다가 2014년에는 10.8 kg으로 약간 증가하였다. 최근 FTA 협상 타결로

외국산 냉장우육이 수입되고 있어 한우육의 경쟁력 제고 방안이 필요한 시점이다. 2010년 국내 쇠고기 수입량은 미국, 호주, 멕시코 등지로부터 약 245,000톤이 수입되었다. 특히 이중 호주산우육이 가장 많은 비중을 차지하였으며, 냉장우육과 냉동우육이 각각 88,000톤 및 34,000톤이었다(Cho et al., 2011).

한우육(등심, 1등급)의 가격은 100 g당 6.33달러로써 1.44달러인 호주산 수입우육(등심)에 비해 아주 높다(Korea Meat Trade Association, 2014). 이 때문에 가격 측면에서 한우육의 대외 경쟁력이 호주산 우육에 비해 낮은 실정이

\*Corresponding author: Tel: +82-63-238-7351

E-mail address: shc0915@korea.kr

다. 그럼에도 불구하고 대부분의 국내 소비자들은 한우육의 기호도에 절대적인 신뢰를 가지고 있어 수입산우육보다 한우육을 구매하기를 원한다. Hwang 등(2004)은 한우육과 호주산 수입우육(Wagyu)의 관능적 기호도 비교 연구에서 한우육의 풍미 기호도가 호주산 수입우육 보다 높았다고 보고하였다. 또한 Yang 등(2007)은 한우육의 종합적 기호도가 호주산 수입우육에 비해 높았다고 보고한 바 있다.

쇠고기는 탄수화물, 리보핵산(ribonucleotide), 단백질, 지방산 및 티아민(thiamine) 등 다양한 풍미 전구물질을 함유하고 있다(Mottram, 1991). 이 성분들은 사후 근육에서 효소 반응을 통해 저분자 물질로 전환된다. 특히, 핵산의 경우 hypoxanthine (Hx), guanosine 5'-monophosphate (GMP), inosine 5'-monophosphate (IMP) 및 inosine로 분해된다(Koutsidis et al., 2008b). GMP, IMP 및 inosine은 고기에 감칠맛(umami)을 부여하는 반면, Hx은 쓴맛(bitterness)을 일으킨다(MacLeod, 1994). 또한 탄수화물 중 glycogen은 glycolysis를 통해 glucose로 분해된 후 lactate로 분해되어 각각 고기에 단맛과 신맛을 부여한다(Hornstein and Crowe, 1960).

고기의 풍미성분은 품종, 급여사료, 전기자극, 숙성, 가공 및 가열처리 등에 의해 영향을 받는다(Belk et al., 1993; Miller et al., 1997b; Calkins, 2002; Streff et al., 2003; Adhikari et al., 2004; Koutsidis et al., 2008a). Cho 등(2011)은 한우육과 호주산우육의 풍미성분을 비교했을 때 일부 유리아미노산들의 함량에서 차이가 있었다고 보고하였다. 또한 Glascock(2014)은 심부온도가 80°C가 되도록 가열한 쇠고기의 감칠맛이 58°C로 가열한 쇠고기보다 강하였다고 보고하였다. 하지만 현재까지 심부온도별로 가열처리한 한우육과 호주산 수입우육에서 풍미 전구물질을 비교한 연구는 보고된 바 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 여러 심부온도별로 가열처리한 한우육과 호주산우육 스테이크에서 glucose, lactate 및 IMP 등과 같은 탄수화물 및 핵산 분해 물질 함량을 비교하고자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시약 준비

Perchloric acid (PCA), potassium hydroxide (KOH), potassium bicarbonate (KHCO<sub>3</sub>), triethylamine, glucose

assay kit (hexokinase), glycine buffer,  $\beta$ -nicotinamide adenine dinucleotide hydrate (NAD) 및 L-lactic hydrogenase (from bovine heart, LDH)는 Sigma-Aldrich Co. LLC (St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였다. Acetonitrile (UPLC grade)은 J. T. Baker (Phillipsburg, NJ, USA)로부터 구입하였다. 증류수는 Milli-Q Water Purifier (Millipore SAS, Molsheim, Alsace, France)를 이용하여 제조 및 준비하였다.

### 2. 공시재료의 처리 및 설계

공시재료로 한우 10두(거세우, 1등급) 및 호주산우(*Bos indicus*) 10두의 등심과 우둔을 시중으로부터 구입하여 이용하였다. 호주산우육은 도축 전 100일간 곡류 비육시켜 생산한 후 국내로 수입 및 판매되기까지 약 30일이 소요되었다. 등심(*M. longissimus dorsi*)과 우둔(*M. semimembranosus*)의 등지방, 결체조직 및 혈액을 깨끗이 제거한 후 약 2 cm 두께로 절단하였다. 준비된 스테이크들은 세 그룹으로 나누고, 180°C 가정용 전기오븐(EON-C301S, Tongyang Magic Co., Seoul, Korea)에 넣어 심부온도가 각각 50, 70 및 90°C가 될 때까지 가열한 다음 얼음 위에 올리고 2°C에서 2시간 동안 냉각하였다. 이때 스테이크의 심부온도는 digital thermometer (305B, Tecpel Co., Ltd., Taiwan)를 이용하여 측정하였다.

### 3. 탄수화물 및 핵산 분해 물질 추출

가열육의 glucose, lactate 및 핵산 분해 물질은 Tikkd 등(2006)의 방법에 의해 추출하였다. 분쇄한 시료 5 g과 0.6 M PCA 15 mL를 homogenizer (T25 Digital Ultra-Turrax, Ika Werke GmbH & Co., KG, Staufen, Baden-Württemberg, Germany)로 2,600 g에서 30초 동안 균질하고, 2°C, 5,000 g (Avanti J-E Centrifuge, Beckman Coulter, Inc., Palo Alto, CA, USA)에서 10분 동안 원심분리한 후 Whatman filter paper No. 1으로 여과하였다. 이전 과정을 2회 더 실시한 다음 여액 3 mL를 15 mL 용량의 tube에 옮기고 0.8 M KOH와 0.2 M KHCO<sub>3</sub>로 중화시켰다. 이후 중화된 여액에서 potassium chlorate를 제거하기 위해 2°C, 5,000 g에서 5분 동안 원심분리한 다음 다시 0.20  $\mu$ m syringe filter로 여과하였다. 최종 여과액은 실험 직전

까지 얼음 위에 올려 2°C에 보관하였다.

#### 4. Glucose 함량 측정

Glucose 함량은 Kunst 등(1984)의 방법에 준하여 실시하였다. 여액 100  $\mu\text{L}$ 와 glucose assay kit (1 U/mL hexokinase-1 U/mL glucose-6-phosphate dehydrogenase-1 mM ATP-1.5 mM NAD) 1 mL를 혼합하였다. 이후 혼합물을 37°C water bath에서 30분 동안 incubation한 후 340 nm (ProteomnLab DU-800 UV/Visible spectrophotometer, Beckman Coulter, Inc., Fullerton, CA, USA)에서 흡광도를 측정하였다. 최종 결과는 NADH의 millimolar extinction coefficient ( $6.22 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ )와 흡광도를 이용하여 고기 1 g당  $\mu\text{mol}$ 로 산출하였다.

#### 5. Lactate 함량 측정

Lactate 함량은 Gutmann과 Wahlefeld (1974)의 방법에 준하여 실시하였다. 여액 100  $\mu\text{L}$ 와  $\beta\text{-NAD-LDH-0.6 M glycine buffer (pH 9.2)}$  2.9 mL를 혼합한 후 37°C water bath에서 30분 동안 incubation하였다. 이후 혼합물의 흡광도를 340 nm (ProteomnLab DU-800 UV/Visible spectrophotometer, Beckman Coulter, Inc., Fullerton, CA, USA)에서 측정하였다. 최종 결과는 NADH의 millimolar extinction coefficient ( $6.22 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ )와 흡광도를 이용하여 고기 1 g당  $\mu\text{mol}$ 로 산출하였다.

#### 6. 핵산 분해 물질 함량 측정

Hx, GMP, IMP 및 inosine 함량은 여액 1  $\mu\text{L}$ 를 Acquity UPLC BEH C18 column (2.1 mm  $\times$  100 mm  $\times$  1.7  $\mu\text{m}$ , Waters Corporation, Milford, MA, USA)이 장착된 ultra-performance liquid chromatography (Waters Corporation, Milford, MA, USA)에 직접 주입하여 분석하였다. 분석 시 mobile phase A와 B는 0.15 M triethylamine (pH 6.0)과 acetonitrile을 이용하였고, 0.4 mL/min의 flow rate에서 0 - 0.1, 3 min: 100% A/0% B, 1.3 - 6.0 min: 100% - 94% A/0% - 6% B, 6.0 - 6.5 min: 94% - 100% A/6% - 0% B, 6.5 - 7.5 min: 100% A/0% B로 gradient elution을 실시하였다. 또한 column 온도와 UV detection은 35°C

및 260 nm이었다.

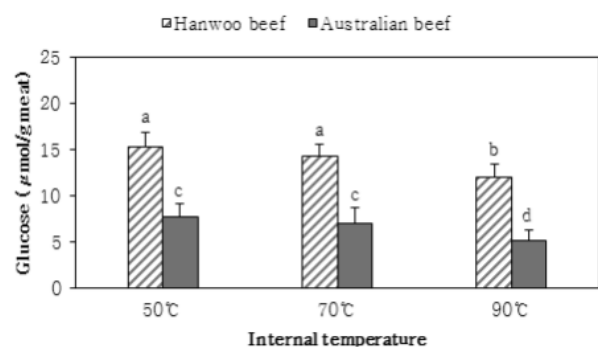
#### 7. 통계분석

본 실험을 통해 얻은 결과들은 SPSS (2011) program의 analysis of variance에 의해 분석한 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 평균들 간에 유의성 차이를 5% 수준에서 검증하였다.

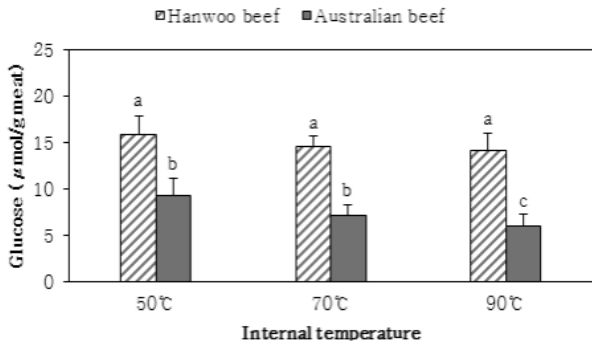
### III. 결과 및 고찰

#### 1. Glucose 함량

가열 한우육 및 호주산우육 등심 스테이크에서 심부온도에 따른 glucose 함량을 비교한 결과는 Fig. 1과 같다. Glucose는 가축이 살아있을 때 근육 에너지원으로 저장하고 있던 glycogen이 도축 후 근육내 효소에 의해 분해되면서 생성된다(Badwell et al., 1965). 가열 한우육 등심 스테이크의 glucose 함량은 15.35, 14.35 및 12.07  $\mu\text{mol/g meat}$ 로써 7.75, 7.08 및 5.11  $\mu\text{mol/g meat}$ 인 호주산우육 등심 스테이크보다 약 2배 가까이로 현저하게 높게 나타났다 ( $P < 0.05$ ). 심부온도에 따른 glucose 함량의 차이를 살펴보면, 50 및 70°C 가열 스테이크들의 glucose 함량이 90°C 가열 스테이크에 비해 높게 나타났다 ( $P < 0.05$ ). 가열 우둔 스테이크의 경우(Fig. 2) 한우육의 glucose 함량이 15.88, 14.56 및 14.17  $\mu\text{mol/g meat}$ 로써 9.28, 7.14 및 6.07  $\mu$



**Fig. 1.** Comparison of glucose content ( $\mu\text{mol/g meat}$ ) of cooked loin steaks from Hanwoo and Australian cattle (*Bos indicus*) by internal temperature. These data are presented as means $\pm$ standard deviations. <sup>a-d</sup>Different letters indicate significant differences among treatments ( $P < 0.05$ ).

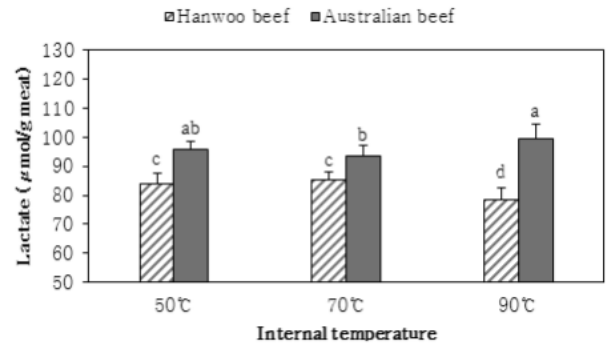


**Fig. 2.** Comparison of glucose content ( $\mu\text{mol/g meat}$ ) of cooked top round steaks from Hanwoo and Australian cattle (*Bos indicus*) by internal temperature. These data are presented as means $\pm$ standard deviations. <sup>a-c</sup>Different letters indicate significant differences among treatments ( $P<0.05$ ).

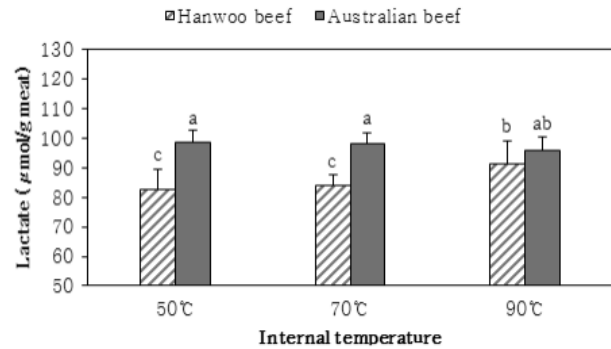
mol/g meat인 호주산우육에 비해 현저하게 높게 나타났다 ( $P<0.05$ ). 또한 우둔에서 심부온도에 따른 차이는 한우육에서는 나타나지 않았으나 ( $P>0.05$ ), 호주산우육에서는 50 및 70°C 가열 스테이크들이 90°C 가열 스테이크보다 높은 glucose 함량을 보였다 ( $P<0.05$ ). 본 실험결과에서 한우육의 glucose 함량이 호주산우육보다 높게 나타난 이유는 호주와는 달리 국내에서는 소도체에 전기자극을 실시하지 않기 때문이다. 전기자극은 사후 근육내 ATP, glycogen 및 glucose을 빨리 소모시킬 뿐만 아니라, 빠른 glycolysis의 작용으로 인해 lactate를 급격히 생성시킨다. 또한 호주산우육의 glucose 함량은 도축 후 전기자극한 Charolais우육의 glucose 함량인 7.33  $\mu\text{mol/g meat}$  (Koutsidis et al., 2008b)와 유사한 범위였다. 뿐만 아니라 본 실험에서 심부온도가 증가함에 따라 glucose 함량이 감소하는 경향을 보인 이유는 가열시 발생하는 glucose와 아미노산간의 maillard reaction 때문인 것으로 사료된다. 고기내 glucose는 단맛을 일으킬 뿐만 아니라, 고기를 가열시 아미노산과 maillard reaction을 일으킴으로써 가열육 특유의 향기를 생성한다(MacLeod, 1994).

## 2. Lactate 함량

가열 한우육 및 호주산우육 등심 스테이크에서 심부온도 별 lactate 함량을 비교한 결과는 Fig. 3과 같다. 한우육 등심 스테이크의 lactate 함량은 83.76, 85.07 및 78.50  $\mu\text{mol/g meat}$ 이었으며, 이는 95.59, 93.44 및 99.48  $\mu\text{mol/g meat}$ 인 호주산우육 등심 스테이크보다 유의적으로 낮은



**Fig. 3.** Comparison of lactate content ( $\mu\text{mol/g meat}$ ) of cooked loin steaks from Hanwoo and Australian cattle (*Bos indicus*) by internal temperature. These data are presented as means $\pm$ standard deviations. <sup>a-d</sup>Different letters indicate significant differences among treatments ( $P<0.05$ ).



**Fig. 4.** Comparison of lactate content ( $\mu\text{mol/g meat}$ ) of cooked top round steaks from Hanwoo and Australian cattle (*Bos indicus*) by internal temperature. These values are means $\pm$ standard deviations. <sup>a-c</sup>Different letters indicate significant differences among treatments ( $P<0.05$ ).

수치였다 ( $p<0.05$ ). 심부온도에 따른 lactate 함량은 한우육 등심 스테이크에서는 90°C 가열 스테이크의 lactate 함량이 70°C 가열 스테이크보다 유의적으로 높게 나타났으며 ( $P<0.05$ ), 호주산우육 등심 스테이크에서는 90°C 가열구가 50 및 70°C 가열구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다 ( $P<0.05$ ). 가열 우둔 스테이크의 경우(Fig. 4) 한우육의 lactate 함량은 82.37, 84.00 및 91.28  $\mu\text{mol/g meat}$ 로써 98.70, 97.90 및 95.79  $\mu\text{mol/g meat}$ 인 호주산우육에 비해 유의적으로 낮게 나타났다 ( $P<0.05$ ). 심부온도에 따른 lactate 함량을 살펴보면, 한우육 스테이크에서는 큰 차이가 나타나지 않았으나 ( $P>0.05$ ), 호주산우육에서는 90°C 가열구가 50 및 70°C 가열구에 비해 유의적으로 낮은 수치를 보였다 ( $P<0.05$ ). 본 실험에서 한우육 스테이크의 lactate 함량이 호주산우육 스테이크보다 낮았던 이유는 역시 도축 후 전기자극의 유무 때문으로 사료된다. 이러한 결과는 전기자

극에 의해 쇠고기 근육내 lactate 함량이 급격하게 증가하였다는 Kondos와 Taylor (1987)의 보고가 뒷받침해 준다.

### 3. 핵산 관련 물질 함량

가열 한우육 및 호주산우육 등심 스테이크에서 심부온도에 따른 핵산 분해 물질 함량을 비교한 결과는 Table 1과 같다. 한우육 등심 스테이크의 Hx 함량이 호주산우육 등심 스테이크보다 유의적으로 낮게 나타났던 반면( $P < 0.05$ ), GMP, IMP 및 inosine 함량은 유의적으로 높게 나타났다( $P < 0.05$ ). 하지만 한우육 및 호주산우육 스테이크 모두에서 심부온도에 따른 Hx, GMP, IMP 및 inosine 함량이 유의적인 차이를 나타내지 않았다( $p > 0.05$ ). 가열 우둔 스테이크의 경우(Table 2) inosine 함량에서는 한우육 스테이크와 호주산우육 스테이크간에 큰 차이를 나타내지 않았으나( $P > 0.05$ ), Hx, GMP 및 IMP 함량은 가열 등심 스테이크에서와 동일하게 한우육이 호주산우육보다 유의적으로 높게 나타났었다( $P < 0.05$ ). 이러한 결과는 한우육이 호주산우육에 비해 높은 IMP 함량과 낮은 Hx 함량을 보였다는 Park

등(1994)의 보고와 동일하였다.

## IV. 요약

본 연구는 가열 한우육 및 호주산우육 스테이크에서 심부온도에 따른 glucose, lactate 및 핵산 분해 물질 함량을 비교하고자 실시하였다. 시료로 한우육(거세우, 1등급) 및 호주산우육(*Bos indicus*, 100일 곡류 비육)의 등심(*M. longissimus dorsi*)과 우둔(*M. semimembranosus*)를 약 2 cm 두께로 절단하여 각각 세 그룹으로 나누고, 180°C 오븐에서 심부온도가 각각 50, 70 및 90°C가 되도록 가열하였다. Glucose 함량은 심부온도에 관계없이 한우육 스테이크가 호주산우육 스테이크에 비해 현저하게 높았다( $P < 0.05$ ). 이와 반대로 lactate 함량은 한우육 스테이크가 호주산우육 스테이크보다 낮았다( $P < 0.05$ ). 핵산 분해 물질 중 Hx 함량은 모든 심부온도에서 한우육 스테이크가 호주산우육 스테이크보다 낮았던 반면( $P < 0.05$ ), GMP, IMP 및 inosine 함량은 한우육 스테이크가 높았다( $P < 0.05$ ). 심부온도가 증가함에 따라 쇠고기 스테이크의 glucose 함

**Table 1.** Comparison of nucleotide degradation products content ( $\mu\text{mol/g}$  meat) of cooked loin steaks from Hanwoo and Australian cattle (*Bos indicus*) by internal temperature.

| Items <sup>1)</sup> | Hanwoo beef              |                          |                          | Australian beef          |                          |                          |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                     | 50°C                     | 70°C                     | 90°C                     | 50°C                     | 70°C                     | 90°C                     |
| Hx                  | 2.85±0.69 <sup>b</sup>   | 2.68±0.61 <sup>b</sup>   | 2.66±0.41 <sup>b</sup>   | 5.34±0.12 <sup>a</sup>   | 5.33±0.29 <sup>a</sup>   | 5.65±0.24 <sup>a</sup>   |
| GMP                 | 0.052±0.017 <sup>a</sup> | 0.053±0.015 <sup>a</sup> | 0.057±0.013 <sup>a</sup> | 0.004±0.002 <sup>b</sup> | 0.004±0.002 <sup>b</sup> | 0.007±0.004 <sup>b</sup> |
| IMP                 | 2.16±0.70 <sup>a</sup>   | 2.17±0.63 <sup>a</sup>   | 2.35±0.54 <sup>a</sup>   | 0.34±0.07 <sup>b</sup>   | 0.34±0.09 <sup>b</sup>   | 0.39±0.08 <sup>b</sup>   |
| Inosine             | 1.36±0.16 <sup>a</sup>   | 1.32±0.30 <sup>a</sup>   | 1.19±0.13 <sup>a</sup>   | 0.84±0.16 <sup>b</sup>   | 0.96±0.17 <sup>b</sup>   | 0.98±0.17 <sup>b</sup>   |

These data are presented as means±standard deviations.

<sup>a,b</sup>Different letters indicate significant differences among treatments ( $P < 0.05$ ).

<sup>1)</sup>Hx: hypoxanthine; GMP: guanosine 5'-monophosphate; IMP: inosine 5'-monophosphate.

**Table 2.** Comparison of nucleotide degradation products content of cooked top round steaks from Hanwoo and Australian cattle (*Bos indicus*) by internal temperature.

| Items <sup>1)</sup> | Hanwoo beef              |                          |                          | Australian beef          |                          |                          |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                     | 50°C                     | 70°C                     | 90°C                     | 50°C                     | 70°C                     | 90°C                     |
| Hx                  | 3.46±0.91 <sup>b</sup>   | 3.58±0.80 <sup>b</sup>   | 3.99±0.67 <sup>b</sup>   | 6.38±0.35 <sup>a</sup>   | 6.25±0.17 <sup>a</sup>   | 6.15±0.27 <sup>a</sup>   |
| GMP                 | 0.048±0.018 <sup>a</sup> | 0.043±0.014 <sup>a</sup> | 0.049±0.012 <sup>a</sup> | 0.004±0.003 <sup>b</sup> | 0.009±0.005 <sup>b</sup> | 0.012±0.006 <sup>b</sup> |
| IMP                 | 2.11±0.80 <sup>a</sup>   | 1.72±0.58 <sup>a</sup>   | 1.97±0.52 <sup>a</sup>   | 0.34±0.11 <sup>b</sup>   | 0.46±0.18 <sup>b</sup>   | 0.47±0.22 <sup>b</sup>   |
| Inosine             | 1.34±0.27                | 1.27±0.29                | 1.25±0.14                | 1.22±0.22                | 1.18±0.15                | 1.11±0.10                |

These data are presented as means±standard deviations.

<sup>a,b</sup>Different letters indicate significant differences among treatments ( $P < 0.05$ ).

<sup>1)</sup>Hx: hypoxanthine; GMP: guanosine 5'-monophosphate; IMP: inosine 5'-monophosphate.

량은 감소하는 경향을 보였으나, lactate 함량은 일정한 경향을 보이지 않았다. 또한 핵산 분해 물질 함량은 심부온도의 증가에 따라 유의적인 변화를 보이지 않았다. 따라서 가열 한우육 스테이크의 단맛 및 감칠맛 관련 풍미 전구물질 함량이 호주산우육 스테이크보다 높았다.

## 감사의 글

본 연구는 2013년도 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후 연수과정지원사업(과제번호: PJ9070002013)의 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

## 참고 문헌

- Adhikari K, Keene MP, Heymann H, Lorenzen CL. 2004. Optimizing beef chuck flavor and texture through cookery methods. *Journal of Food Science* 69:174-180.
- Badwell CE, Pearson AM, Spooner ME. 1965. Post mortem changes in muscle. I. Chemical changes in beef. *Journal of Food Science* 30:766-772.
- Belk KE, Miller RK, Evans LL, Liu SP, Acuff GR. 1993. Flavor attributes and microbial levels of fresh beef roasts cooked in varying foodservice methodology. *Journal of Muscle Foods* 4:321-337.
- Calkins CR. 2002. Sensory differences among the beef value cuts. Proceedings of the 55th Annual Reciprocal Meat Conference of the American Meat Science Association, Michigan State University, East Lansing, USA.
- Cho S, Seong P, Kang G, Park BY, Jung S, Kang SM, Kim Y, Kim J, Kim D. 2011. Meat quality and nutritional properties of Hanwoo and imported Australian beef. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 31:772-781.
- Glascock RA. 2014. Beef flavor attributes and consumer perception. Master's thesis, Texas A&M University, College Station, USA.
- Gutmann I, Wahlefeld AW. 1974. L-(+)-lactate: Determination with lactate dehydrogenase and NAD. H. U. Bergmeyer (Ed.), Academic Press, Inc., NY, USA, Vol. 3, pp. 1464-1468.
- Hornstein I, Crowe PF. 1960. Meat flavour chemistry: Flavour studies on beef and pork. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 8:494-498.
- Hwang IH, Park BY, Cho SY, Kim JH, Lee JM. 2004. Meat quality of highly marbled imported beef with reference to Hanwoo beef. *Korean Journal of Animal Science and Technology* 46:659-666.
- Kondos AC, Taylor DG. 1987. Effect of electrical stimulation and temperature on biochemical changes in beef muscle. *Meat Science* 19:207-216.
- Korea Meat Trade Association. 2014. Annual handbook of meat. Korea Meat Trade Association, Gunpo, Republic of Korea.
- Koutsidis G, Elmore JS, Oruna-Concha MJ, Campo MM, Wood JD, Mottram DS. 2008a. Water-soluble precursors of beef flavour: I. Effect of diet and breed. *Meat Science* 79:124-130.
- Koutsidis G, Elmore JS, Oruna-Concha MJ, Campo MM, Wood JD, Mottram DS. 2008b. Water-soluble precursors of beef flavor. Part II: Effect of *post-mortem* conditioning. *Meat Science* 79:270-277.
- Kunst A, Draeger B, Ziegenhorn, J. 1984. Glucose UV-methods with hexokinase and glucose-6-phosphate dehydrogenase. H. U. Bergmeyer (Ed.), Academic Press, Inc., NY, USA, Vol. 6, pp. 163-172.
- MacLeod G. 1994. The flavor of meat and meat products. F. Shahidi (Ed.), Blackie, Glasgow, pp. 4-37.
- Miller MF, Kerth CR, Wise JW, Lansdell JL, Stowell JE, Ramsey CB. 1997. Slaughter plant location, USDA quality grade, external fat thickness and aging time effects on sensory characteristics of beef loin strip steak. *Journal of Animal Science* 75:662-667.
- Mottram D. 1991. Volatile compounds in foods and beverages. H. Maarse (Ed.), Marcel Dekker, Inc., NY, USA, pp. 107-177.
- Park HI, Lee M, Chung MS. 1994. Comparison of flavor characteristics and palatability of beef obtained from various breeds. *Korean Journal of Food Science and Technology* 26:500-506.
- SPSS. 2011. Statistics version 21.0. International Business Machines Corporation, NY, USA.
- Streff BA, Wulf DM, Maddock RJ. 2003. The effect of USDA quality grade, deep marination, and degree-of-doneness on palatability of gas grilled beef steaks from seven different muscles. Proceedings of the 56th Annual Reciprocal Meat Conference of the American Meat Science, University of Missouri, Columbia, USA.
- Tikk M, Tikk K, Tørngren MA, Meinert L, Aaslyng MD, Karlsson AH. 2006. Development of inosine monophosphate and its degradation products during aging of pork of different qualities in relation to basic taste and retronasal flavor perception of the meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:7769-7777.
- Yang SY, Lim SD, Jeon KH, Nam KB, Kwon SA, Park JE. 2007. Comparison of vitamin A, E, and cholesterol contents and the sensory properties of chilled Hanwoo and Australian beef. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 27:262-266.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2015. General statistics on agriculture, forest, livestock, fishery, and food. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Republic of Korea, pp. 346.