

연령이 홀스타인 육우송아지 등심 및 우둔의 카르니틴, 유리아미노산 및 핵산 관련 물질 함량에 미치는 영향

조수현 · 강근호 · 성필남 · 박범영 · 강선문*

농촌진흥청 국립축산과학원 축산물이용과

Effect of age on the contents of carnitine, free amino acid, and nucleotide-related compound in ribeye and top round from Holstein calf

Soohyun Cho, Geunho Kang, Pil-Nam Seong, Beomyoung Park, Sun Moon Kang*

Animal Products Research and Development Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Suwon 441-706, Korea

Received on 14 October 2014, revised on 6 November 2014, accepted on 11 November 2014

Abstract : This study was conducted to investigate the effect of age on the contents of carnitine, free amino acid, and nucleotide-related compound in Holstein calf meat. Twenty calves were allocated into four age groups (3, 6, 9, or 12 mon of age; n=5/group), and ribeye (*M. longissimus dorsi*) and top round (*M. semimembranosus*) were excised from left side of each carcass on day 1 *post-mortem*. Carnitine contents for ribeye and top round were 0.79~1.16 and 0.65~1.26 mg/100 g, respectively, and those showed a tendency to be the highest in 3 mon group. The contents of majority of free amino acids were the highest ($p<0.05$) in ribeye and top round from 12 mon group. The contents of adenosine monophosphate, inosine monophosphate, and inosine were the highest ($p<0.05$) in ribeye and top round from 12 mon group, but hypoxanthine content was the lowest ($p<0.05$) in those from 12 mon group. These findings suggest that age decreases the carnitine content but increases free amino acid and good taste-related nucleotides contents in Holstein calf meat.

Key words : Age, Calf, Carnitine, Free amino acid, Nucleotide

I. 서론

국내에서 육우산업은 침체된 상황이며, 전체 쇠고기 소비량의 점진적인 증가에도 불구하고 생산량 또한 2013년도 육우 도축두수는 약 45,585두로써 2010년과 비교하여 약 21.2% 감소한 수준이다(KAPE, 2014). 이것은 국내 쇠고기 시장에서 홀스타인 육우가 한우와 비교했을 때 상대적으로 높은 육질등급의 출현율이 낮을 뿐 아니라, 육질과 맛이 떨어져 저가(low price)로 유통되고 있기 때문이다. 특히 암송아지를 선호하는 홀스타인 농가에서는 숫송아지에 대한 시장 수요가 없어 사육조차 기피하고 있는 실정이다. 일부 농가에서는 홀스타인 거세우의 비육기간을 연장

시켜 1등급 이상의 고급육으로 향상시키기 위한 시도가 있었으나, 22개월 이상 비육시 상위 등급 출현율에 비하여 사료 비용이 과다하여 농가에서는 여전히 적자를 면하지 못하고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 해소하기 위해서는 홀스타인 육우송아지육의 품질을 차별화 할 수 있는 방안이 필요하나, 홀스타인 육우송아지육에 관한 연구는 매우 제한되어 있는 실정이다.

카르니틴((3-carboxy-2-hydroxypropyl)trimethylammonium hydroxide)은 미토콘드리아에서 장쇄 지방산(long-chain fatty acids)을 시토졸(cytosol)로부터 베타 산화(β -oxidation) 부위까지 수송하는데 필요한 물질이며(Wolf, 1965), 이러한 이유 때문에 카르니틴은 지방조직의 대사 과정에서 매우 중요한 역할을 한다(Borum, 1978). 뿐만 아니라 카르니틴과 카르니틴의 아실 에스테르(acyl es-

*Corresponding author: Tel: +82-31-290-1685
E-mail address: smkang1014@naver.com

ter)는 유리라디칼(free radicals) 소거 능력을 가지고 있는 대표적인 기능성 생리물질이다(Arduini, 1992). Vanella 등(2000)은 카르니틴 아실 에스테르 중 하나인 L-propionylcarnitine이 활성산소중(superoxide anion)을 소거시키고, 리놀레산(linoleic acid)의 과산화를 억제시키며, 과산화수소(H₂O₂)에 의한 손상으로부터 보호해 준다고 보고하였다. 또한 Ando 등(2001)은 동물의 학습 능력을 향상시킨다고 보고한 바 있다.

유리아미노산 및 핵산과 같은 저분자 수용성 물질은 고기의 맛과 향기에 기여하는 중요한 전구물질이다(Mancy et al., 1964). 이중 유리아미노산은 단맛, 신맛, 쓴맛, 짠맛 및 우마미(umami)에 직접적으로 관여할 뿐만 아니라(Kato et al., 1989), glucose, glucose 5-phosphate, ribose, ribose 5-phosphate 등과 같은 당류와 메일라드(maillard) 반응물을 생성하여 가열육 특유의 향기를 생성하기도 한다(Cerny and Grosch, 1994). 핵산 중 구아노신 일인산(guanosine monophosphate) 및 이노신 일인산(inosine monophosphate)은 우마미의 대표적인 물질로 알려져 있으며(Tikk et al., 2006), 아데노신 일인산(adenosine monophosphate) 및 하이포크산틴(hypoxanthine)의 경우 각각 단맛 및 쓴맛을 일으킨다고 보고되고 있다(Watanabe et al., 1990).

가축 근육의 조성은 색깔, 풍미, 기호도 및 건강 기능성을 비롯한 고기의 품질에 영향을 미치며, 가축의 연령, 사료의 조성 등 다양한 요인들에 의해 바뀔 수 있다(Boccard et al., 1979; Clemens et al., 1973; Kadim et al., 2006; Melton et al., 1982). Costell 등(1989)에 따르면, 포유동물(취 및 사람)의 연령이 증가함에 따라 골격근 내 카르니틴 및 아세틸 카르니틴(acetyl carnitine) 함량이 감소되었다고 하였다. Okumura 등(2012)과 Iwamoto 등(2009)의 비육우에 관한 연구에서는 비육우의 연령이 증가함에 따라 고기 내 유리아미노산 및 핵산 관련 물질(이노신 일인산) 함량이 변화되었다고 보고하였다. 하지만 육성기 이전의 송아지에서는 연령에 따른 근육 내 성분의 변화에 관한 연구는 현재까지 보고된 바 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 송아지육에 관한 기초 자료를 확보하기 위해 연령별 홀스타인 육우송아지 등심과 우둔에서 기능성 물질인 카르니틴과 맛 관련 전구물질인 유리아미노산 및 핵산 관련 물질의 함량을 조사하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 공시재료

총 20두의 송아지들을 경기도 안성 소재 홀스타인 육우농장에서 공시하였으며, 출하연령(3, 6, 9, 12개월령)에 따라 5두씩 4그룹으로 나누어 군집 사육하였다. 사양방법은 3개월령의 경우 생후부터 90일령까지 대용유와 70일령부터 90일령까지 어린 송아지용 사료(crude protein (CP): 19%; total digestible nutrients (TDN): 71%)를 급여하였다. 6, 9개월령은 3개월령까지 전자의 3개월령 그룹과 동일한 방법으로 급여한 후 중송아지용 사료(CP: 17%; TDN: 71%)와 볏짚을 자유채식으로 급여하였다. 12개월령은 전자의 그룹들과 3개월령 및 9개월령까지 동일하게 급여한 후 육성우용 사료(CP: 14%; TDN: 71%)를 제한 급여하였다. 목표 연령에 도달했을 때 경기도 수원 소재 국립축산과학원 시험도축장으로 운송한 후 하루 동안 절식시키면서 계류시켰다. 도축 후 이등분된 도체들은 즉시 냉각실에 넣어 1°C에서 하루 동안 예냉하였다. 다음날 국립축산식품부(2011)의 쇠고기 부위별 분할정형기준에 따라 발골 및 분할하였으며, 본 연구의 시료로서 좌도체에서 등심(흉추 제 6~13마디; ribeye; *M. longissimus dorsi*)과 우둔(top round; *M. semimembranosus*)을 채취하였다. 각각의 시료에서 등지방, 결체조직을 깨끗이 제거하고 살코기를 분할한 후 진공포장하여 실험 직전까지 -80°C에 보관하였다.

2. 카르니틴 함량 분석

카르니틴 함량은 MFDS(2008)의 Korea Health Function Code에 준하여 실시하였다. 분쇄한 고기 2 g를 정확히 취하여 Ultra-Turrax (T25 Digital, Ika Werke GmbH & Co., KG, Staufen, Baden-Württemberg, Germany)로 0.6 M perchloric acid (PCA)와 함께 2,600 g에서 60초 동안 균질한 후 60분간 초음파 처리하였다. 이후 균질물을 Whatman filter paper No. 41로 여과하고, methanol과 증류수로 활성화시킨 Sep-pak C18 cartridge (Waters Corporation, Dublin, Leinster, Ireland)에 2 mL/min의 flow rate로 통과시킨 다음 0.45 µm membrane filter (Hydrophilic PTFE, Advantec Co., Ltd., Minato Saijyo, Ehime, Japan)로 여과하였다(Lv et al., 2007). 최종적으로 여액내 카르니틴 함량

Table 1. Analysis method for carnitine content using a high performance liquid chromatography.

Items	Condition
Column	Capcell Pak C18 (4.6 mm × 250 mm × 5 μm, Phenomenex Inc., Torrance, CA, USA)
Column temperature	35°C
Injection volume	20 μL
Flow rate	1 mL/min
Mobile phase	A: 0.4% heptafluorobutyric acid; B: acetonitrile
Isocratic elution	A/B = 10%/90%
Detection	UV-detector (G1315B)

은 high performance liquid chromatography (1100 series system, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)를 이용하여 227 nm (Kakou et al., 2005)에서 분석하였다. 이때 자세한 분석 조건은 Table 1과 같으며, 카르니틴의 standard로서 L-carnitine-3-hydroxy-4-trimethylammoniumbutyrate (Acros Organics, Fair Lawn, NJ, USA)를 증류수에 0.25, 0.5, 1 mg/mL의 농도로 녹여서 이용하였다.

3. 유리아미노산 함량

유리아미노산 함량은 Fiechter 등(2013)의 방법에 의해 분석하였다. 시료 5 g과 0.6 M PCA 15 mL를 Polytron (PT-MR2100, Kinematica AG, Luzern, Switzerland)을 이용하여 1,840 g에서 30초 동안 균질하고, 2°C/5,000 g (Avanti J-20XP Centrifuge, Beckman Coulter, Inc., Palo Alto, CA, USA)에서 10분 동안 원심분리한 후 상등액을 Whatman filter paper No. 1으로 여과하였다. 침전물의 잔여 유리아미노산을 추출하기 위해 전 과정을 2회 더 실시하였다. 여액 3 mL에 125 μM 노르발린(norvaline; 내부 표준 물질)을 첨가한 다음 0.55 M NaOH를 이용하여 중화시켰다. 중화된 시료 1 mL를 micro-tube에 옮겨 2°C/16,000 g (Microfuge 22R Centrifuge, Beckman Coulter GmbH, Krefeld, North Rhine-Westphalia, Germany)에서 10분 동안 원심분리한 후 0.2 μm syringe filter로 여과하였다. 여액(100 μL)은 최종적으로 AccQ-Tag Ultra Derivatization Kit (Waters Corporation, Milford, MA, USA)와 1 : 9의 비율로 혼합한 후 55°C에서 10분 동안 반응시켰다. 유도체화된 시료(2 μL)는 AccQ-Tag Ultra RP column (2.1 mm × 100 mm × 1.7 μm, Waters Corporation, USA)이 장착된 ultra performance liquid chromatography (UPLC;

Waters Corporation, USA)에 주입하여 분석하였다. 이때 분석 조건은 mobile phase A: 10% AccQ-Tag Ultra Eluent A (1% acetonitrile-0.6% formic acid-8.4% ammonium formate in water), mobile phase B: 100% AccQ-Tag Ultra Eluent B (60% acetonitrile), column 온도: 55°C, UV detection: 260 nm, sampling rate: 20 points/sec이었다. 또한 각각의 아미노산 피크를 분리시키기 위해 0.7 mL/min의 flow rate로 0-0.54 min: 99.9% A/0.1% B, 0.54-5.74 min: 99.9%-90.0% A/0.1%-10.0% B, 5.74-7.74 min: 90.0%-78.8% A/10.0%-21.2% B, 7.74-8.04 min: 78.8%-40.4% A/21.2%-59.6% B, 8.04-8.64 min: 40.4% A/59.6% B, 8.64-8.73 min: 40.4%-99.9% A/59.6%-0.1% B, 8.73-9.50 min: 99.9% A/0.1% B와 같이 mobile phase의 gradient elution을 실시하였다.

4. 핵산 관련 물질 함량

Tikk 등(2006)의 방법에 의해 시료로부터 핵산 관련 물질을 추출하였다. 시료와 0.6 M PCA의 균질물(시료 : PCA = 1 : 9)을 2°C/5,000 g (Avanti J-E Centrifuge, Beckman Coulter, Inc., USA)에서 10분 동안 원심분리한 후 Whatman filter paper No. 1으로 여과하였다. 준비된 여액은 얼음 위에 올려 2°C에서 냉각시켜 0.8 M KOH와 0.2 M KHCO₃으로 중화시킨 후 2°C/5,000 g에서 5분 동안 원심분리하여 potassium chlorate (KClO₄)를 침전시켰다. 이후 상등액을 0.2 μm syringe filter로 여과한 후 Acquity UPLC BEH C18 column (2.1 mm × 100 mm × 1.7 μm, Waters Corporation, USA)이 장착된 UPLC (Waters Corporation, USA)를 이용하여 분석하였다. 이때 분석 조건은 mobile phase A: 0.15 M triethylamine (pH 6.0), mobile phase

B: acetonitrile (99.9%, UPLC grade), column 온도: 35°C, UV detection: 260 nm, sampling rate: 20 points/sec이었다. Mobile phase의 gradient elution은 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 실시하였다.

5. 통계분석

본 실험을 통해 얻은 결과들은 SAS(2010) program의 analysis of variance에 의해 분산분석을 실시한 후 Student-Newman-Keul's multiple range test에 의해 평균들간에 유의성 차이를 5% 수준에서 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 카르니틴 함량

연령이 홀스타인 육우송아지 등심 및 우둔의 카르니틴 함량에 미치는 영향은 Table 2와 같다. 등심과 우둔의 카르니틴 함량은 각각 0.79-1.16 mg/100 g, 0.65-1.26 mg/100 g 수준으로 함유되어 있었다. 두 부위에서 모두 3개월령이 가장 높은 경향을 나타냈으며, 특히 우둔에서 유의적으로 가장 높은 함량을 보였다($p < 0.05$). 하지만 등심에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 카르니틴은 인간의 간과 신장에서 합성되기는 하지만, 고기와 같은 동물성 식품을 통해 주로 공급받기 때문에 채식주의자들에게는 비타민 B₁₂와 함께 결핍되기 쉬운 성분으로 지적되고 있다(Sachan and Hynatt, 1993). 또한 카르니틴은 아미노산과 유사한 분자량을 가지고 있으며, 동물 체내에서 다양한 생리적 작용을 하는 것으로 알려져 있다(Haecker et al., 1990). 특히 지방 관련 대사에 관여하는데, 에너지원으로 사용될 장쇄

지방산을 다른 장기 또는 미토콘드리아 내막으로 운반하여 지방산의 베타 산화를 촉진시킨다(Diaz et al., 2000; Evangelidou and Vlassopoulos, 2003; Muller et al., 2002). 이외에도 지방과산화물인 malondialdehyde의 생성 억제, 동맥경화 억제, 혈청 콜레스테롤 감소(Dayanandan et al., 2001; Loster and Bohm, 2002; Maccari et al., 1987)와 같은 효과를 가지고 있으며, Bell 등(1992)은 고콜레스테롤 식이에 카르니틴을 첨가했을 때 혈장내 lipoprotein의 수준이 정상으로 회복되었다고 보고한 바 있다. 카르니틴은 동물성 식품내 아주 높게 함유되어 있는 것으로 알려져 있으나(Broquist, 1994), 고기내 카르니틴 함량에 관해서는 현재까지 보고된 바 없다. 반면에 식물성 식품에는 일반적으로 아주 적은 양으로 함유되어 있는 것으로 알려져 있으나, Cha 등(2000)의 연구에 따르면, 콩나물 콩의 카르니틴 함량은 대략 2.57-3.81 mg/100 g으로 상당히 높게 함유되어 있다고 보고되었다. 한편 Schmidt-Sommerfeld 등(1988)은 본 실험결과와 유사하게 성인 혈장내 총카르니틴 및 유리 카르니틴 함량이 1세 이상 유아보다 낮았다고 보고하였으며, 이러한 이유 중 하나가 유아기 동안 우유를 섭취했기 때문이라고 설명하였다. 또한 본 실험결과에서 3개월령에서 카르니틴 함량이 가장 높게 나타났던 이유는 Schmidt-Sommerfeld 등(1988)의 설명과 같이 우유(대용유)의 급여 때문이라고 사료된다.

2. 유리아미노산 함량

연령이 홀스타인 육우송아지 등심 및 우둔의 유리아미노산 함량에 미치는 영향은 Table 3과 같다. 등심 부위에서는 출하연령이 3개월령에서 12개월령로 증가함에 따라 글루타민(glutamine)을 제외한 모든 아미노산들과 총 유리아미노산 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 특히 히스타민(histamine), 아스파라긴(asparagine), 세린(serine), 글리

Table 2. Effect of age on the carnitine content (mg/100 g meat) in ribeye and top round from Holstein calf.

Item	Muscle type	Slaughter age (mon)			
		3	6	9	12
Carnitine	Ribeye	1.16±0.23	0.90±0.03	0.95±0.03	0.79±0.09
	Top round	1.26±0.04 ^a	0.83±0.03 ^b	0.73±0.09 ^b	0.65±0.07 ^b

These values are means±standard errors.

^{a,b}Different letters indicate significant differences among slaughter age groups ($p < 0.05$).

Table 3. Effect of age on the free amino acid content (mg/100 g meat) in ribeye and top round from Holstein calf.

Items ¹⁾	Muscle type	Slaughter age (mon)			
		3	6	9	12
HIS	Ribeye	0.29±0.05 ^c	0.36±0.05 ^{b,c}	1.10±0.28 ^{ab}	1.40±0.37 ^a
	Top round	0.31±0.02 ^b	0.56±0.05 ^b	0.85±0.26 ^b	1.46±0.24 ^a
aSN	Ribeye	0.33±0.07 ^b	0.45±0.03 ^b	0.85±0.16 ^{ab}	1.41±0.32 ^a
	Top round	0.30±0.03 ^b	0.49±0.04 ^b	1.18±0.25 ^a	1.31±0.20 ^a
SER	Ribeye	0.90±0.29 ^c	1.44±0.09 ^{bc}	1.95±0.31 ^{ab}	2.82±0.47 ^a
	Top round	0.79±0.19 ^b	1.46±0.20 ^b	2.45±0.33 ^a	2.91±0.27 ^a
GLN	Ribeye	4.24±0.35	4.76±0.60	4.90±0.47	5.57±1.09
	Top round	3.72±0.42	3.96±0.29	4.43±0.59	4.65±0.25
aRG	Ribeye	21.72±1.14 ^b	31.27±3.49 ^a	34.50±3.51 ^a	35.49±3.05 ^a
	Top round	35.76±4.44	38.21±2.61	39.30±4.70	42.11±4.63
GLY	Ribeye	1.44±0.26 ^b	1.35±0.24 ^b	2.59±0.39 ^a	2.93±0.38 ^a
	Top round	1.20±0.09 ^c	1.22±0.13 ^c	2.87±0.18 ^b	4.14±0.52 ^a
aSP	Ribeye	0.17±0.04 ^b	0.23±0.04 ^b	0.57±0.19 ^b	1.16±0.25 ^a
	Top round	0.18±0.02 ^b	0.19±0.02 ^b	0.58±0.14 ^{ab}	0.98±0.21 ^a
GLU	Ribeye	1.95±0.22 ^b	2.19±0.20 ^b	3.48±0.40 ^a	4.46±0.64 ^a
	Top round	2.20±0.17 ^c	2.52±0.14 ^c	3.49±0.24 ^b	5.17±0.51 ^a
baLa	Ribeye	0.28±0.07 ^b	0.27±0.03 ^b	0.37±0.07 ^{ab}	0.58±0.11 ^a
	Top round	0.26±0.02 ^b	0.27±0.01 ^b	0.39±0.05 ^{ab}	0.60±0.16 ^a
THR	Ribeye	1.36±0.04 ^b	1.34±0.05 ^b	1.93±0.29 ^{ab}	2.64±0.36 ^a
	Top round	1.27±0.02 ^c	1.45±0.04 ^{b,c}	2.05±0.27 ^{ab}	2.52±0.26 ^a
aLa	Ribeye	5.84±0.48 ^b	6.23±0.63 ^b	7.20±0.59 ^{ab}	9.16±0.93 ^a
	Top round	5.05±0.35 ^c	6.76±0.40 ^b	8.22±0.60 ^a	9.60±0.50 ^a
PRO	Ribeye	0.48±0.03 ^b	0.50±0.03 ^b	0.73±0.14 ^{ab}	1.08±0.17 ^a
	Top round	0.46±0.02 ^b	0.55±0.03 ^b	0.64±0.03 ^b	1.08±0.09 ^a
ORN	Ribeye	1.64±0.03 ^b	1.67±0.02 ^b	1.94±0.19 ^{ab}	2.31±0.21 ^a
	Top round	1.70±0.03 ^b	1.83±0.02 ^b	1.85±0.05 ^b	2.73±0.31 ^a
cYS	Ribeye	0.24±0.02 ^c	0.32±0.05 ^{bc}	0.43±0.06 ^b	0.60±0.07 ^a
	Top round	0.39±0.06	0.60±0.07	0.62±0.07	0.63±0.09
LYS	Ribeye	0.99±0.07 ^b	1.10±0.16 ^b	1.89±0.41 ^{ab}	2.96±0.51 ^a
	Top round	0.90±0.06 ^c	1.40±0.09 ^{bc}	2.21±0.42 ^b	3.15±0.36 ^a
TYR	Ribeye	1.85±0.03 ^b	1.91±0.08 ^b	2.09±0.03 ^{ab}	2.36±0.16 ^a
	Top round	1.82±0.02 ^b	2.09±0.05 ^a	2.16±0.08 ^a	2.28±0.13 ^a
MET	Ribeye	1.43±0.03 ^c	1.60±0.05 ^{bc}	1.70±0.02 ^b	2.22±0.14 ^a
	Top round	1.45±0.02 ^c	1.64±0.06 ^{bc}	1.77±0.04 ^b	2.29±0.11 ^a
Val	Ribeye	1.00±0.18 ^b	0.99±0.07 ^b	1.81±0.36 ^{ab}	2.68±0.45 ^a
	Top round	0.91±0.07 ^c	1.42±0.12 ^{bc}	2.10±0.36 ^{ab}	2.78±0.33 ^a
ILE	Ribeye	1.25±0.07 ^b	1.15±0.06 ^b	1.77±0.23 ^{ab}	2.29±0.28 ^a
	Top round	1.22±0.05 ^c	1.43±0.06 ^{bc}	1.68±0.11 ^b	2.59±0.22 ^a
LEU	Ribeye	1.35±0.08 ^b	1.43±0.17 ^b	2.24±0.29 ^{ab}	3.16±0.50 ^a
	Top round	1.28±0.06 ^c	1.92±0.12 ^{bc}	2.48±0.43 ^{ab}	3.36±0.39 ^a
PHE	Ribeye	0.86±0.14 ^b	0.87±0.06 ^b	1.66±0.30 ^{ab}	2.26±0.38 ^a
	Top round	0.75±0.04 ^c	1.31±0.10 ^{bc}	1.80±0.32 ^{ab}	2.49±0.34 ^a
TRP	Ribeye	0.13±0.02 ^b	0.14±0.02 ^b	0.37±0.10 ^{ab}	0.57±0.11 ^a
	Top round	0.12±0.05 ^b	0.23±0.02 ^b	0.33±0.08 ^b	0.55±0.09 ^a
Total	Ribeye	49.74±1.88 ^d	61.55±4.26 ^c	76.08±3.81 ^b	90.12±4.33 ^a
	Top round	62.00±5.17 ^c	71.50±3.45 ^c	83.44±4.56 ^b	99.40±2.90 ^a

These values are means±standard errors.

^{a-d}Different letters indicate significant differences among slaughter age groups ($p < 0.05$).

¹⁾HIS: histamine; ASN: asparagine; SER: serine; GLN: glutamine; ARG: arginine; GLY: glycine; ASP: aspartic acid; GLU: glutamic acid; BALA: β -alanine; THR: threonine; ALA: alanine; PRO: proline; ORN: ornithine; CYS: cysteine; LYS: lysine; TYR: tyrosine; MET: methionine; VAL: valine; ILE: isoleucine; LEU: leucine; PHE: phenylalanine; TRP: tryptophane; Total: HIS + ASN + SER + GLN + ARG + GLY + ASP + GLU + BALA + THR + ALA + PRO + ORN + CYS + LYS + TYR + MET + VAL + ILE + LEU + PHE + TRP.

신(glycine), 아스파르트산(aspartic acid), 글루탐산(glutamic acid), 베타 알라닌(β -alanine), 트레오닌(threonine), 알라닌(alanine), 프롤린(proline), 오르니틴(ornithine), 시스틴(cysteine), 리신(lysine), 티로신(tyrosine), 메티오닌(methionine), 발린(valine), 이소류신(isoleucine), 류신(leucine), 페닐알라닌(phenylalanine) 및 트립토판(tryptophane) 함량은 12개월령이 3, 6개월령에 비해 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), 총 유리아미노산 함량은 12개월령 > 9개월령 > 6개월령 > 3개월령 순으로 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 우둔 부위에서도 도축연령이 증가함에 따라 글루타민과 시스틴을 제외한 나머지 유리아미노산들의 함량이 증가하는 것으로 나타났으며, 총 유리아미노산 함량도 12개월령 > 9개월령 > 3, 6개월령 순으로 유의적인 증가를 나타내었다($p < 0.05$). Armstrong과 Stave(1973)는 성별에 관계없이 어린이의 연령이 증가함에 따라 혈장내 유리아미노산 함량이 증가했으며, 특히 이종 시스틴과 알라닌의 함량이 유의적으로 증가했다고 본 실험결과와 유사하게 보고하였다. 또한 이러한 이유에 대해 연령의 증가에 의해 근육량이 증가했기 때문이라고 설명하였다. 하지만 Okumura 등(2012)은 거세우의 연령이 20개월령에서 30개월령으로 증가함에 따라 고기내 유리아미노산 함량이 감

소되었다고 보고하였다. 따라서 Armstrong과 Stave(1973) 및 Okumura 등(2012)의 보고들을 미루어 볼 때, 유년기 및 성년기 동물에서 연령에 따른 유리아미노산 함량의 변화가 각각 다르게 나타나는 것으로 사료된다.

3. 핵산 관련 물질 함량

연령이 홀스타인 육우송아지 등심 및 우둔의 핵산 관련 물질 함량에 미치는 영향은 Table 4와 같다. 등심과 우둔 모두 출하연령이 증가함에 따라 하이포크산틴 함량이 감소했던 반면, 구아노신 일인산, 이노신 일인산, 이노신(inosine), 아데노신 일인산, 아데노신 이인산 및 총 핵산 관련 물질 함량은 증가하는 것으로 나타났다. 특히 등심의 경우 하이포크산틴 함량은 12개월령 < 9개월령 < 6개월령 < 3개월령 순으로 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.05$). 구아노신 일인산, 이노신 일인산, 아데노신 일인산 및 총 핵산 관련 물질 함량은 9, 12개월령이 3, 6개월령보다 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 우둔에서도 하이포크산틴 함량이 12개월령 < 9개월령 < 6개월령 < 3개월령 순으로 낮게 나타났으며($p < 0.05$), 이와 반대로 구아노신 일인산 및 이노신 일인산 함량은 12개월령 > 9개월령 > 6개월령

Table 4. Effect of age on the nucleotide-related compound content in ribeye and top round from Holstein calf.

Items ¹⁾	Muscle type	Slaughter age (mon)			
		3	6	9	12
Hx	Ribeye	74.74±4.96 ^a	47.04±5.53 ^b	26.48±2.07 ^c	16.01±1.37 ^d
	Top round	93.31±7.07 ^a	64.70±4.75 ^b	31.73±3.59 ^c	17.45±1.84 ^d
GMP	Ribeye	0.49±0.11 ^b	1.29±0.37 ^b	4.65±0.47 ^a	5.12±0.37 ^a
	Top round	1.04±0.29 ^d	2.30±0.29 ^c	5.37±0.36 ^b	7.07±0.90 ^a
IMP	Ribeye	17.92±1.43 ^b	55.09±10.32 ^b	197.64±16.44 ^a	213.54±14.20 ^a
	Top round	28.68±3.60 ^d	77.45±16.15 ^c	228.23±14.89 ^b	267.07±16.57 ^a
Inosine	Ribeye	10.88±0.81 ^b	31.17±3.03 ^a	32.42±3.58 ^a	40.51±3.83 ^a
	Top round	10.07±0.84 ^c	49.04±2.58 ^b	47.95±4.11 ^b	63.98±4.01 ^a
AMP	Ribeye	0.90±0.04 ^c	7.20±0.68 ^b	7.06±0.78 ^a	7.45±0.79 ^a
	Top round	1.59±0.43 ^c	7.50±0.40 ^b	7.81±1.16 ^b	13.23±1.32 ^a
ADP	Ribeye	29.72±1.76 ^b	19.90±1.18 ^c	35.52±2.08 ^{ab}	37.54±3.21 ^a
	Top round	29.21±1.18 ^b	38.71±2.08 ^b	38.78±1.62 ^a	39.00±2.92 ^a
Total	Ribeye	134.71±5.82 ^b	161.69±10.32 ^b	303.76±17.99 ^a	320.17±18.29 ^a
	Top round	163.90±9.42 ^c	239.71±15.94 ^b	359.88±17.73 ^a	407.81±26.01 ^a

These values are means±standard errors.

^{a-d}Different letters indicate significant differences among slaughter age groups ($p < 0.05$).

¹⁾Hx: hypoxanthine; GMP: guanosine monophosphate; IMP: inosine monophosphate; AMP: adenosine monophosphate; ADP: adenosine diphosphate; Total: Hx + GMP + IMP + AMP + ADP.

> 3개월령 순으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 또한 이노신 및 아데노신 일인산 함량은 12개월령 > 6, 9개월령 > 3개월령 순으로 높게 나타났으며($p < 0.05$), 총 핵산 관련 물질 함량은 9, 12개월령이 3, 6개월령보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). Iwamoto 등(2009)은 비육우에 관한 연구에서 비육우의 연령이 30개월령에서 34개월령으로 증가했을 때 고기내 이노신 일인산 함량이 감소했다고 보고하였다. 일반적으로 고기내 이노신 일인산은 아데노신 일인산 탈아민 효소(AMP deaminase)가 아데노신 일인산을 분해함으로써 생성되며(Yoneda et al., 2005), 본 실험결과에서 송아지의 출하연령이 증가함에 따라 이노신 일인산을 비롯한 아데노신 일인산 및 이노신 함량이 증가한 이유는 이러한 핵산 관련 효소들의 활성 변화와 관련 있을 것으로 판단된다.

IV. 요약

본 연구는 연령이 홀스타인 육우송아지 등심 및 우둔의 카르니틴, 유리아미노산 및 핵산 관련 물질 함량에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다. 총 20두의 송아지들을 5두씩 4그룹으로 나누어 3, 6, 9, 12개월령까지 사육하여 도축한 후 좌도체에서 등심(*M. longissimus dorsi*)과 우둔(top round; *M. semimembranosus*)을 시료로써 채취하였다. 카르니틴 함량은 등심과 우둔에 각각 0.79-1.16 및 0.65-1.26 mg/100 g 수준으로 함유되어 있었으며, 두 부위 모두에서 3개월령이 가장 높은 경향을 나타내었다. 유리아미노산 함량은 등심과 우둔 모두에서 대부분의 구성 아미노산이 12개월령에서 가장 높았다($p < 0.05$). 핵산 관련 물질 함량 역시 등심과 우둔 모두에서 구아노신 일인산, 아데노신 일인산, 이노신 일인산 및 이노신이 12개월령에서 가장 높은 수준을 보였던 반면($p < 0.05$), 하이포크산틴은 12개월령에서 가장 낮았다($p < 0.05$). 따라서 연령이 증가함에 따라 홀스타인 육우송아지 고기의 카르니틴 함량이 감소했으나, 유리아미노산 및 좋은 맛과 관련된 핵산 물질의 함량은 증가하였다.

감사의 글

본 연구는 2014 농촌진흥청 국립축산과학원 기관고유사업(PJ009195022014)의 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- Ando S, Tadenuma T, Tanaka Y, Fukui F, Kobayashi S, Ohashi Y, Kawabata T. 2001. Enhancement of learning capacity and cholinergic synaptic function by carnitine in aging rats. *Journal of Neuroscience Research* 66:266-271.
- Arduini MD. 1992. Carnitine and its acyl esters as secondary antioxidants? *American Heart Journal* 123:1726-1727.
- Armstrong MD, Stave U. 1973. A study of plasma free amino acid levels. III. Variations during growth and aging. *Metabolism* 22:571-578.
- Bell FP, Vidmar TJ, Raymond TL. 1992. L-carnitine administration and withdrawal affect plasma and hepatic carnitine concentrations, plasma lipid and lipoprotein composition, and in vitro hepatic lipogenesis from labeled mevalonate and oleate in normal rabbits. *Journal of Nutrition* 122:959-966.
- Boccard 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 Science* 3:261-280.
- Borum PR. 1978. Variation in tissue carnitine concentrations with age and sex in the rat. *Biochemical Journal* 176:677-681.
- Broquist HP. 1994. Carnitine. In *Modern Nutrition in Health and Disease* (8th) edited by Shils ME, Olson JA, Shike M. pp. 459-465. Lea and Febiger Publisher, Philadelphia, USA.
- Cerny C, Grosch W. 1994. Precursors of ethylmethylpyrazine isomers and 2,3-diethyl-5-methylpyrazine formed in roasted beef. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung* 198:210-214.
- Cha YS, Kim HY, Soh JR, Oh SH. 2000. Changes of carnitine levels during the germination of soybean seeds. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition* 29:762-765.
- Clemens E, Arthaud V, Mandigo R, Woods W. 1973. Fatty acid composition of bulls and steers as influenced by age and dietary energy level. *Meat Science* 37:1326-1331.
- Costell M, O'Connor JE, Grisolia S. 1989. Age-dependent decrease of carnitine content in muscle of mice and humans. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 161:1135-1143.
- Dayanandan A, Kumar, P, Panneerselvam C. 2001. Protective role of L-carnitine on liver and heart lipid peroxidation in atherosclerotic rats. *The Journal of Nutritional Biochemistry* 12:254-257.
- Diaz M, Lopez M, Hernandez F, Urbina JA. 2000. L-carnitine effects on chemical composition of plasma lipoproteins of rabbits fed with normal and high cholesterol diets. *Lipids* 35:627-632.
- Evangelio A, Vlassopoulos D. 2003. Carnitine metabolism and deficit-when supplementation is necessary? *Current Pharmaceutical Biotechnology* 4:211-219.
- Fiechter C, Sivec G, Mayer HK. 2013. Application of UHPLC for the simultaneous analysis of free amino acids and biogenic amines in ripened acid-curd cheeses. *Journal of Chromatography*

- B 927:191-200.
- Haecker R, Kaiser E, Oellerich M, Silipradi N. 1990. Carnitine: metabolism, function and clinical application. *Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry* 28:291-295.
- Iwamoto E, Oka A, Iwaki F. 2009. Effects of the fattening period on the fatty acid composition of fat deposits and free amino acid and inosine acid contents of the *longissimus* muscle in carcasses of Japanese Black steers. *Animal Science Journal* 80:411-417.
- Kadim IT, Mahgoub O, Al-Marzooqi W, Al-Zadjali S, Annamalai K, Mansour MH. 2006. Effects of age on composition and quality of muscle *longissimus thoracis* of the Omani Arabian camel. *Meat Science* 73:619-625.
- Kakou A, Megoulas NC, Kouppair MA. 2005. Determination of L-carnitine in food supplement formulations using ion-pair chromatography with indirect conductimetric detection. *Journal of Chromatography A* 1069:209-215.
- KAPE. 2014. 2013 Animal Products Grading Statistical Yearbook. Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation, Gunpo, Korea.
- Kato H, Ra Rhue M, Nishimura T. 1989. Role of free amino acids and peptides in food taste. In *Flavor chemistry, trends and developments*, R. Teranishi, Buttery, R. G. and Shahidi, F. (Eds.), ACS Symposium series 388, ACS, Washington, USA, pp. 158-174.
- Loster H, Bohm U. 2001. L-carnitine reduces malondialdehyde concentrations in isolated rat hearts in dependence on perfusion conditions. *Molecular and Cellular Biochemistry* 217:83-90.
- Lv YF, Hu X, Bi KS. 2007. Determination of mildronate in human plasma and urine by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography B* 852:35-39.
- Maccari F, Arseni A, Chiodi P, Ramacci MT, Angelucci L, Hulsmann WC. 1987. L-carnitine effect on plasma lipoproteins of hyperlipidemic fat-loaded rats. *Lipids* 22:1005-1008.
- Mancy RL, Naumann HD, Bailey ME. 1964. Water-soluble flavour and odour precursors of meat. (I) Qualitative study of certain amino acids, carbohydrates, non amino-acid nitrogen compounds and phosphoric acid esters of beef, pork, and lamb. *Journal of Food Science* 29:136-141.
- Melton SL, Amiri M, Davis GW, Backus WR. 1982. Flavor and chemical characteristics of ground beef from grass-, forage-Grain- and grain-finished steers. *Journal of Animal Science* 55:77-87.
- MFDS. 2008. Korea Health Function Code. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea.
- Muller DM, Seim H, Kiess W, Loster H, Richter T. 2002. Effects of oral L-carnitine supplementation on in vivo long-chain fatty acid oxidation in healthy adults. *Metabolism* 51:1389-1391.
- Okumura T, Saito K, Sowa T, Sakuma H, Ohhashi F, Tameoka N, Hirayama M, Nakayama S, Sato S, Gogami T, Akaida M, Kobayashi E, Konishi K, Yamada S, Kawamura T. 2012. Changes in beef sensory traits as somatic-cell-cloned Japanese black steers increased in age from 20 to 30 months. *Meat Science* 90:159-163.
- Sachan DS, Hynatt RL. 1993. Wheat gluten based diet retarded ethanol metabolism by altering alcohol dehydrogenase and hot carnitine status in adult rats. *The Journal of the American College of Nutrition* 12:170-175.
- Schmidt-Sommerfeld E, Werner, D, Penn D. 1988. Carnitine plasma concentrations in 353 metabolically healthy children. *European Journal of Pediatrics* 147:356-360.
- SAS. 2010. SAS/STAT Software for PC. Release 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, 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.
- Vanella A, Russo A, Acquaviva R, Campisi A, Di Giacomo C, Sorren V, Barcellona ML. 2000. L-propionyl-carnitine as superoxide scavenger, antioxidant, and DNA cleavage protector. *Cell Biological Toxicology* 16:99-104.
- Watanabe K, Lan HI, Yamaguchi K. 1990. Role of extractive components of scallop in its characteristic taste development. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 37:439-445.
- Wolf G. 1965. Recent research in carnitine. MIT Press, Cambridge, USA.
- Yoneda C, Okubo K, Kasai M, Hatae K. 2005. Extractive components of boiled-dried scallop adductor muscle and effect on the taste of soup after mixing with chicken leg meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 809-816.