

숙성에 따른 한우 우둔의 풍미 전구물질 및 향기성분 변화

이주리 · 김선호 · 이현정* · 용해인* · 남기창** · 조철훈* · 정사무엘

충남대학교 농업생명과학대학 동물자원생명과학과, *서울대학교 농업생명과학대학 농생명공학부 동물생명공학 전공
**순천대학교 농업생명과학대학 동물자원학과

The Effect of Aging on Flavor Precursors and Volatile Compounds of Top Round from Hanwoo

Juri Lee, Sun Hyo Kim, Hyun Jung Lee*, Hae In Yong*, Ki Chang Nam**, Cheorun Jo* and †Samooel Jung

Dept. of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Dept. of Agricultural Biotechnology, Center for Food and Bioconvergence, and Research Institute for Agriculture and Life Science,
Seoul National University, Seoul 08826, Korea

**Dept. of Animal Science and Technology, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

Abstract

The influence of aging on the flavor precursors and volatile compounds of top round beef was studied. The concentrations of free amino acids, nucleotides, creatine, dipeptides, and volatile compounds were measured after top round from Hanwoo was aged at 4°C for 21 days. The amount of free amino acids in top round significantly increased with the increase of aging period. There was no effect of aging on the concentrations of adenosine monophosphate or inosine in top round. The inosine monophosphate content of top round significantly decreased with age, while the hypoxanthine content increased. The concentrations of creatine, carnosine, and anserine in top round were not influenced by aging. In total, 24 volatile compound were identified in aged, cooked top round. Of these, the quantities of aldehydes (propanal, pentanal, hexanal, heptanal, octanal, and nonanal), hydrocarbons (pentane and octane), 2-butanone, ethyl acetate, and pyridines (4-ethynyl-pyridine and 4-acetyl-pyridine) significantly increased after aging. We conclude that the flavor of top round can be improved by aging.

Key words: top round, beef, aging, flavor precursors, volatile compound

서론

국내 일인당 우육 소비량은 2013년 기준 10.3 kg으로 총 식육 섭취량 42.7 kg 중 24%를 차지하고 있으며, 지속적으로 소비량이 증가하고 있다(Korea Meat Trade Association 2014). 하지만 우육의 부위별 선호도를 보면 등심의 선호도가 43.5% 인데 반해, 우둔의 선호도는 4.7%로 부위에 따른 선호도에 큰 차이가 있는 실정이다(Hwang 등 2010). 이러한 선호도의 차이는 부위에 따른 소비량의 차이로 이어져 우둔과 같은 비 선호 부위의 경우 생산량 대비 소비량이 낮아 재고의 증가를

피할 수 없으며, 이는 축산농가 및 식육 업체의 경제적 손실을 초래하고 있다. 우육의 부위별 선호도의 차이는 부위별 관능적 특성 차이에 따른 결과로 등심의 경우 높은 근내지방 함량으로 인해 관능적 품질이 우수한 반면, 우둔의 경우 낮은 근내지방 함량으로 인해 등심과 비교하여 관능적 품질이 낮기 때문임이 보고되고 있다(Monson 등 2005; Moon 등 2013). 따라서 우육의 부위별 소비 불균형의 해소를 위해서 우둔과 같은 비 선호 부위의 관능적 품질 개선이 요구되고 있는 실정이다.

식육의 풍미는 연도와 함께 식육의 관능적 품질을 결정하

† Corresponding author: Samooel Jung, Dept. of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea. Tel: +82-42-821-5774, Fax: +82-42-825-9754, E-mail: samooel@cnu.ac.kr

는 매우 중요한 요소이다(Mottram DS 1998). 풍미는 맛과 향의 종합적인 감각으로 유리아미노산, 펩타이드, 당, 무기염류 및 비단백태 질소화합물인 핵산 물질 유래 성분 등의 수용성 물질과 지질 성분이 식육 내 존재하는 풍미 전구물질로서 그 자체로 특정한 맛을 내거나 가열 과정 중 풍미 전구물질 간의 Maillard reaction, Strecker degradation 및 지방산화 등을 통해 생성되는 다양한 향기성분에 의해 식육의 풍미가 결정된다(Macleod 등 1994). 따라서 식육의 풍미 발현에 있어 식육 내 존재하는 풍미 전구물질들의 조성 및 함량이 매우 중요하다. 식육 내 존재하는 풍미 전구물질들의 조성 및 함량에 미치는 영향 요인은 크게 도축 전 요인과 도축 후 요인으로 나눌 수 있다. 도축 전 요인으로는 축종, 종 및 사료 등이 있으며, 도축 후 요인으로는 숙성이 있다(Tikk 등 2006; Koutsidis 등 2008).

숙성은 식육 동물의 도축 후 근육을 빙점 이상의 온도에서 저장하는 것으로 근육의 사후강직이 종료된 시점부터 숙성이 시작된다고 할 수 있다. 일반적으로 사후강직이 완료된 식육은 연도가 낮아 관능적 품질이 낮기 때문에 이를 개선하고자 숙성을 진행하며, 숙성을 통해 풍미 또한 개선된다(Lee 등 2015). 숙성 중 식육의 관능적 품질의 변화는 식육 내 존재하는 효소들의 작용으로 일어난다. 기존 연구에 따르면 식육 내 존재하는 calpain, cathepsin, caspase 및 proteasome 등의 단백질 분해 효소들이 근원섬유 세포골격 단백질을 분해하여 근육 구조의 붕괴되고, 이로 인해 연도가 증가하며, 풍미 전구물질인 유리아미노산들이 증가하여 식육의 풍미 또한 개선됨이 보고되고 있다(Koohmaraie 등 1995; Caballero 등 2007). 게다가 숙성 중 식육 내 고분자 핵산물질 및 당 성분들이 분해되어 소 분자 풍미 전구물질들이 함량이 증가함이 보고되었으며, 숙성된 우육에서 beefy, brothy 및 caramel 향을 내는 향기성분들이 증가하여 우육의 풍미가 개선됨이 보고되었다(Lawrie 등 1979; Spanier 등 1997). 하지만 기존의 연구들은 주로 우육의 선호부위인 등심을 대상으로 이루어졌으며, 숙성에 따른 우둔과 같은 비 선호 부위의 풍미 변화 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 숙성에 따른 우둔 내 풍미 전구물질들의 함량 및 가열된 우둔의 휘발성 향기성분을 조사하여 숙성이 우둔의 풍미에 미치는 영향을 알아보고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 시료 준비

본 연구를 위해서 도축 1일 후의 1등급 거세한우(28개월) 우둔을 시중에서 구매하여 아이스박스에 담아 연구실로 운반하였다(Seoul, Korea). 구매한 우둔은 300 g씩 나누어 진공

포장(-650 mmHg) 하였으며, 각기 포장된 우둔을 하나의 시료로 하여 각 숙성 일자별 3개의 우둔 시료를 1, 7, 14 및 21일간 저온 숙성(4°C)하면서 실험을 진행하였다.

2. 유리아미노산 분석

유리아미노산 분석을 위해 신선 우둔을 동결건조하였으며, 동결 건조된 시료 100 mg을 5% trichloroacetic acid 10 mL에 녹인 후 4°C에서 원심 분리하여 상층액을 분리하였다. 상층액은 0.2 µm 친수성 membrane filter(Whatman Ltd, UK)를 통과시킨 후 HPLC로 유리아미노산을 분석하였다. HPLC를 이용한 아미노산 분석은 Waters(Waters, Milford, MA, USA)에서 제공하는 accq-tab™ 시스템을 이용하였으며, 분석법은 제조사의 제시조건을 준수하여 실시하였다.

3. 핵산물질 함량 분석

핵산관련물질 분석을 위하여 신선 우둔 5 g에 0.7 M perchloric acid 20 mL 첨가한 다음, 30초 동안 균질(T10, Ika Works)하였다. 3,000 rpm으로 4°C에서 15분간 2회 반복하여 원심분리(Union 32R, Hanil)한 다음 상층액을 7 N potassium hydroxide를 이용하여 pH 5로 조정한 후 메스플라스크에 넣고, 0.7 M perchloric acid(pH 5)로 50 mL가 되도록 정용한 후 1.5 mL를 취해 membrane filter(0.2 µm, Whatman)를 이용하여 여과하여 분석시료로 사용하였다. 시료 분석을 위해 준비된 시료 10 µL를 취하여 high performance liquid chromatography(HPLC, Ultimate 3000, Dionex, USA)를 이용하여 분석하였다. 본 연구에 사용한 HPLC 분석 조건은 다음과 같다: Column, Synergi™ 4 µm Hydro-RP 80 Å, 250×4.6 mm; 이동상, 20 mM potassium phosphate, monobasic(pH 5); 유속, 1.0 mL/min; 검출기, UV detector(254 nm); 온도, 30°C. 정량을 위하여 AMP(Adenosine 5'-monophosphate), IMP(Inosine 5'-monophosphate), inosine 및 hypoxanthine(Sigma-Aldrich) 표준물질로 검량선을 작성하여 이용하였다.

4. Creatine 및 dipeptide 함량 분석

숙성에 따른 우둔의 creatine 및 dipeptide 함량 분석을 위해 신선 우둔 2.5 g에 0.01 N hydrochloric acid 7.5 mL 첨가 후 30초간 균질 후 3,000 rpm에서 30분간 원심분리 하였다. 원심분리 후 상층액 1 mL를 2 mL tube에 옮긴 후 10,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 원심분리한 상층액 0.5 mL를 다른 2 mL tube에 옮기고 acetonitrile 1.5 mL 첨가 후 10,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 membrane filter를 사용하여 여과한 후 시료로 사용하였다. 준비된 시료 10 µL를 HPLC를 이용하여 분석을 실시하였다. 본 연구에 사용된 HPLC 조건은 다음과 같다: column, Atlantis HILIC silica column, 150 × 4.6 mm,

3 μ m, Waters, USA; 이동상 A, 0.65 mm ammonium acetate in water : acetonitrile(25:75, pH 5.5); 이동상 B, 4.55 mm ammonium acetate in water : acetonitrile(70:30, pH 5.5); 유속, 1.2 mL/min; 검출기, UV detector(254 nm); 온도, 30°C. 정량을 위하여 creatine, carnosine 및 anserine(Sigma-Aldrich) 표준물질로 검량선을 작성하여 이용하였다.

5. 휘발성 향기성분 함량 분석

우육의 숙성조건에 따른 향기 성분 비교를 위하여 headspace 방법을 이용하였다. 우둔 내 함유된 휘발성 향기 성분 추출을 위하여 Garcia-Esteban 등(2004)의 방법을 변형하였다. 즉, 신선 우둔 4 g에 12 mL의 포화 NaCl 용액을 첨가한 후 1,130 \times g에서 1분간 균질(T10 basic, Ika Works)하였다. 균질화된 시료 10 mL를 취한 다음 휘발성 향기 성분 분석 전용 vial에 넣은 후 80°C에서 30분간 가열한 후 냉각하여 headspace가 장착된 GC-MSD(GC/MS 680/600, Perkin Elmer, Boston, Massachusetts, USA)를 이용하여 분석하였다. 휘발성 향기 성분 분석을 위해 headspace는 85°C로 유지되었으며, 분석 컬럼은 HP-PLOT Q (30 m \times 0.53 mm \times 0.25 μ m film thickness, Agilent, Wilmington, DE, USA)를 사용하였다. 컬럼 온도는 50°C에서 3분간 유지하고, 240°C까지 분당 5°C씩 승온한 후 9분간 유지하였으며, 주입구의 온도는 210°C로 유지하였다. 운반기체는 헬륨가스

(20 mL/min)를 사용하였다. GC/MS 분석으로 얻은 mass spectrum을 GC/MSD의 소프트웨어로 내장된 mass spectrum database (NIST Library, mass spectral search program, version 2.0, USA)를 이용하여 분석 및 동정하였으며, 분석 결과는 피크 면적 (pa*seconds \times 10⁴)으로 나타내었다.

6. 통계분석

모든 실험은 3회 반복하여 실시하였으며, 결과의 분석은 SAS program(ver. 9.3, SAS Institute Inc.) General linear model procedure에 의해 one-way ANOVA 처리 후 측정결과 간의 유의성 검정을 위해 Duncan의 다중검정법을 이용하여 통계분석($p < 0.05$)하였다.

결과 및 고찰

1. 유리 아미노산

본 연구에서 우둔을 21일간 숙성한 결과 총 유리아미노산의 함량이 숙성 기간이 증가함에 따라 유의적으로 증가함이 나타났다(Table 1). Koutsidis 등(2008)은 우육 등심을 21일간 숙성한 결과, 유리아미노산 함량이 80% 가량 증가하였다고 보고하였으며, 우육의 숙성 중 유리아미노산의 증가는 우육 내 존재하는 단백질 분해 효소들의 작용으로 근원섬유 단백

Table 1. Change of the free amino acids (mg%) in top-round beef during 21 days of aging at 4°C

	Aging periods (d)				SEM ¹
	1	7	14	21	
Ala	10.64 ^d	14.72 ^c	17.81 ^b	21.40 ^a	0.624
Gly	3.54 ^c	4.85 ^b	5.50 ^b	7.57 ^a	0.238
Lys	4.80 ^b	7.45 ^a	3.96 ^b	4.22 ^b	0.318
Met	4.67 ^d	6.09 ^c	7.67 ^b	8.95 ^a	0.117
Pro	3.67 ^c	4.21 ^{bc}	4.67 ^b	5.51 ^a	0.238
Ser	4.58 ^d	7.50 ^c	9.63 ^b	11.73 ^a	0.344
Thr	23.69 ^b	28.82 ^a	30.32 ^a	32.36 ^a	1.494
Arg	130.35	136.37	138.65	138.19	5.173
Ile	2.91 ^d	3.88 ^c	4.92 ^b	5.82 ^a	0.15
Leu	5.79 ^d	8.65 ^c	11.29 ^b	13.76 ^a	0.276
Phe	5.54 ^d	7.42 ^c	9.05 ^b	10.92 ^a	0.161
Tyr	6.65 ^b	7.71 ^a	6.04 ^c	5.97 ^c	0.106
Val	4.69 ^d	7.58 ^c	10.44 ^b	13.07 ^a	0.189
Glu	8.19 ^d	10.51 ^c	13.91 ^b	15.48 ^a	0.223
His	18.11 ^b	24.32 ^{ab}	26.38 ^{ab}	31.37 ^a	2.455
Total amino acids	237.83 ^d	280.09 ^c	300.22 ^b	326.34 ^a	4.139

¹Standard error of the means (n=12).

^{a-d} Values with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

질들이 분해됨에 따른 결과임이 보고되고 있다(Feidt 등 1996). 개별 유리 아미노산들의 함량 변화를 보면 arginine을 제외한 모든 유리아미노산들이 숙성에 따른 함량 변화를 보였으며, lysine 및 tyrosine을 제외한 alanine, glycine, methionine, proline, serine, threonine, isoleucine, leucine, phenylalanine, valine, glutamic acid 및 histidine의 함량이 숙성 후 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p<0.05$). Lysine 및 tyrosine의 경우, 숙성 7일 후 숙성 1일차와 비교하여 유의적인 함량 증가가 나타났으나, lysine은 이후로 함량이 감소하여 숙성 1일차와 차이가 없었으며, tyrosine의 함량은 숙성 1일차보다 낮게 나타났다($p<0.05$). 하지만 기존 연구에 따르면 우육 등심을 21일간 숙성하였을 때 glutamine과 alanine을 제외한 모든 유리 아미노산의 함량이 증가하였다고 보고하여 본 연구결과와 일부 일치하지 않았다(Koutsidis 등 2008). Feidt 등(1996)에 따르면 우육은 부위별로 유리아미노산의 함량 변화가 다르며, 이는 부위에 따른 단백질 분해 효소의 활성이 다르기 때문이라고 보고하고 있다. 따라서 본 연구 결과와 기존 연구결과의 차이는 부위 차이에 따른 결과로 유리아미노산의 조성 및 함량 변화가 차이가 있는 것으로 사료된다.

식육 내 유리아미노산은 홀로 특정한 맛을 내며, inosine mono phosphate(IMP)와 같은 물질과 맛에 발현에 있어 상승 효과를 내는 것으로 알려져 있다(Pyun & Hwang 1988). 본 연구에서 숙성 후 함량 증가가 나타난 유리아미노산 중 alanine, glycine 및 threonine은 단맛을 내는 아미노산으로 알려져 있으며, glutamic acid는 신맛, isoleucine, leucine, methionine, phenylalanine 및 histidine은 쓴맛을 내며, valine, serine 및 proline은 단맛뿐만 아니라 쓴맛도 내는 아미노산으로 보고되고 있다(Careri 등 1993; Mau & Tseng 1998). 유리아미노산은 풍미 전구 물질로서 맛을 낼 뿐만 아니라, 식육의 가열 시 환원당 성분들과 함께 Maillard reaction 및 Strecker degradation을 통해 다양한 향기성분들을 생성함이 보고되고 있다(Macleod G 1994). Koutsidis 등(2008)에 따르면 isoleucine, leucine, serine, threonine, valine 및 phenylalanine은 roasty, meaty 및 sweet 향을 내는 휘발성 향기성분들 발생에 관여함이 보고되었다. 게

다가 가열 우육에서 발생하는 다양한 향기성분들 중 황 함유 향기성분들은 낮은 역치값과 함께 meaty나 onion-like 향을 생성하는데, 이러한 황 함유 향기성분들은 황 함유 아미노산들에 유래한다.

2. 핵산관련물질

Inosine mono phosphate(IMP)는 adenosine triphosphate(ATP) 유래 저 분자 수용성 물질로 식육의 감칠맛을 내는 풍미 전구 물질로 알려져 있으며, glutamic acid와 함께 감칠맛 발현에 상승작용을 하는 것으로 보고되고 있다(Calkins 등 1982). 도축 후 식육 동물의 근육 내 ATP는 순차적으로 adenosine diphosphate 그리고 adenosine monophosphate(AMP)로 분해된다. AMP는 AMP deaminase에 의한 탈 아미노 반응을 거쳐 IMP로 분해되고, IMP는 시간이 지남에 따라 효소적 작용에 의해 inosine 또는 hypoxanthine 분해되며, inosine 또한 최종적으로 hypoxanthine으로 분해된다(Pyun & Hwang 1988). 본 연구에서 우둔을 21일간 숙성한 결과 숙성에 따른 우둔 내 AMP 함량은 차이가 없는 것으로 나타났다. 반면, IMP 함량 측정결과, 숙성 1일차 IMP 함량은 215.30 mg/ 100 g이었으나, 숙성 7, 14 및 21일후 IMP 함량이 각각 125.74, 80.89 및 52.50 mg/ 100 g으로 숙성기간이 증가함에 따라 유의적으로 감소함이 나타났다($p<0.05$, Table 2). 본 연구 결과는 기존의 연구 결과와 일치하는 결과로 우육 등심을 21일간 숙성하였을 때 숙성기간 증가와 함께 IMP 함량이 감소됨이 보고되었다(Koutsidis 등 2008). 또한 Koutsidis 등(2008)에 따르면 숙성 기간 중 초기 7일 사이에 IMP 감소량이 가장 높다고 보고하였다. 본 연구에서도 숙성 7일 후 IMP가 40% 가량 감소함이 나타났다. Kim 등(2011)은 우육의 양지를 숙성하면서 핵산관련 물질 함량을 측정한 결과, IMP 함량은 감소하지만, IMP의 분해물인 inosine의 함량 변화는 없고, hypoxanthine의 함량은 증가한다고 보고하였다. 본 연구에서도 기존의 연구 결과와 동일하게 숙성 기간 중 inosine의 유의적인 함량 변화는 없었으나, 숙성 기간이 증가함에 따라 유의적으로 hypoxanthine의 함량이 증가함이 확인되었다($p<0.05$). 기존 연구에 따르면 우육 등심을 21일간 숙

Table 2. Change of the nucleotide contents (mg/100 g) in top-round beef during 21 days of aging at 4°C

Aging periods (d)	AMP	IMP	Inosine	Hypoxanthine
1	1.64	215.30 ^a	27.77	12.86 ^d
7	1.61	125.74 ^b	33.64	29.56 ^c
14	1.89	80.89 ^c	35.75	38.88 ^b
21	1.62	52.50 ^d	34.49	43.76 ^a
SEM ¹	0.162	13.239	3.001	1.179

¹ Standard error of the means (n=12).

^{a-d} Values with different letters within the same column differ significantly ($p<0.05$).

성한 결과, 숙성 14일차부터 inosine의 함량 변화는 없는 반면, hypoxanthine의 함량은 숙성기간 증가와 함께 지속적으로 증가함이 확인되었으며, 이는 IMP가 탈 인산화되어 inosine으로 전변되기 보다는 IMP가 hypoxanthine과 ribose 5-phosphate로 가수분해되기 때문이라고 보고하였다(Shin 등 1994; Koutsidis 등 2008). 본 연구의 결과를 통해 감칠맛을 내는 풍미 전구체인 IMP가 숙성 후 우둔의 풍미에 미치는 효과는 적을 것으로 생각된다.

3. Creatine과 dipeptide

Creatine과 dipeptide인 carnosine 및 anserine은 섭취 시 ATP의 생성을 돕고, 체내에서 항산화 활성을 보임에 따라 식육 내 존재하는 생리 기능성 물질로 보고되고 있다(Decker 등 2000; Intarapichet & Maikhunthod 2005). 하지만 식육의 풍미 측면에서 이들은 쓴맛을 내는 풍미전구물질로도 보고되고 있다(Macleod G 1994). 본 연구의 결과, 우둔 내 creatine, carnosine 및 anserine 함량에 미치는 숙성의 효과는 없는 것으로 나타났다. 본 연구결과는 기존의 연구결과와 부분적으로 일치하였는데, Koutsidis 등(2008)에 따르면 우육 등심의 숙성 중 creatine 함량 변화는 일정한 경향이 없으며, carnosine의 경우 숙성 14일 후 소량 감소한다고 보고하였다. 하지만 숙성이 식육 내 creatine 및 dipeptide의 함량에 미치는 영향에 관한 연구가 매우 미비하여 이에 대한 추후 연구가 필요할 것으로 생각된다.

4. 휘발성 향기성분

휘발성 물질은 식육을 가열 시 Maillard reaction, Strecker degradation, 지방 분해 및 산화 그리고 생성물들 간에 상호작용에 의해 생성되며, 이는 다양한 향을 내어 식육의 풍미를 결정하는 중요 요인이다(Mottram DS 1998; Ba 등 2012). 본 연구에서는 숙성한 우둔을 가열한 결과, 휘발성 향기성분으로서 총 24종의 물질이 동정되었으며, aldehyde류 9종, hydrocarbon류 7종, ketone류 4종 그리고 ester 및 sulfur containing compound가 각각 1종, pyridine류 2종이었다(Table 4). Watanabe

등(2015)은 숙성 후 가열된 우육 설도에서 총 69종의 휘발성 향기성분을 동정하였다. 본 연구에서 동정된 휘발성 향기성분의 수가 적은 이유는 휘발성 향기성분 추출방법이 다르고, 본 연구에서 휘발성 향기성분 발생을 위해 80°C에서 우육을 가열한 반면, Watanabe 등(2015)은 우육을 180°C에서 가열하였는데, 가열온도가 높을수록 휘발성 향기성분의 수와 양이 증가함이 이전 연구에서 보고된 바 있다(Ames 등 2011). Domínguez 등(2014)에 따르면 가열육에서 생성되는 휘발성 향기성분 중 aldehyde의 양이 가장 많다고 보고하였다. 본 연구에서도 숙성 후 가열한 우둔에서 aldehyde의 양이 가장 많음이 확인되어 기존의 연구 결과와 일치함이 나타났다. 하지만 aldehyde류에서는 가장 많은 양을 차지하는 acetaldehyde의 경우 숙성에 따른 유의적인 함량 변화는 없음이 확인되었다. Aldehyde류에서 propanal, pentanal, hexanal, heptanal, octanal 및 nonanal은 숙성 21일 후 2배에서 4배 가량 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). Hydrocarbon류에서는 methanethiol, 2-butene 및 hexane은 감소하였고, pentane과 octane은 증가하는 것으로 나타났다. 기존 연구에 따르면 본 연구에서 숙성에 의해 함량 증가가 나타난 aldehyde류와 hydrocarbon류는 식육의 저장 및 가열처리에 따른 지방산화로 인해 주로 생성되는 물질로 보고되고 있으며, propanal은 caramel, sweet, cooked 및 spicy 향, hexanal은 green 및 fatty 향, heptanal은 fruity, fatty, sweet 및 oil향, octanal은 fruity 및 green 향, nonanal은 sweet, fatty 및 green 향 그리고 pentane은 약간의 지질 산패취를 발생시킨다고 보고되고 있다(Shahidi & Pegg 1994; Ba 등 2012; Watanabe 등 2015). Ketone류에서는 2-butanone만 숙성기간 증가와 함께 증가함이 나타났으며, 이를 제외한 나머지는 성분들은 숙성에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 단일 휘발성 향기성분으로서 ethyl acetate가 acetaldehyde 다음으로 가장 많았으며, 숙성 21일 후 유의적으로 2배 이상 증가함이 확인되었다($p<0.05$). 또한 4-ethenyl-pyridine 및 4-acetyl-pyridine은 숙성 21일 후 유의적으로 6배 가량 증가함이 나타났($p<0.05$). Pyridine류는 Maillard reaction 생성물로 cracker-like 향을 내는 것으로 보고되고 있다(Ba 등 2012).

요약 및 결론

본 연구는 숙성에 따른 우둔의 풍미 전구물질 및 휘발성 향기성분 함량 변화를 알아보기 위해 수행되었다. 본 연구를 위해서 도축 1일 후의 1등급 거세한우(28개월) 우둔을 시중에서 구매하여 진공포장 후 1, 7, 14 및 21일간 저온 숙성(4°C)하였다. 숙성에 따른 유리아미노산 함량 분석 결과, 총 유리아미노산의 함량 증가와 함께 lysine, arginine 및 tyrosine을 제외한 유리아미노산들이 숙성기간이 증가함에 따라 증가하는

Table 3. Change of the creatine and dipeptides contents (mg/100 g) in top-round beef during 21 days of aging at 4°C

Aging periods (d)	Creatine	Carnosine	Anserine
1	312.40	160.75	26.90
7	308.00	158.83	28.19
14	300.73	164.55	27.71
21	302.00	162.61	27.42
SEM ¹	3.890	16.621	2.546

¹ Standard error of the means (n=12)

Table 4. Change of the volatile compounds (peak area $\times 10^5$) in top-round beef during 21 days of aging at 4°C

		Aging periods (d)				SEM ¹
		1	7	14	21	
Aldehydes	Acetaldehyde	153.83	158.78	132.39	142.87	10.059
	Propanal	0.98 ^b	0.90 ^b	1.39 ^b	3.93 ^a	0.196
	Butanal	4.90 ^a	5.35 ^a	5.09 ^a	3.18 ^b	0.260
	Pentanal	1.18 ^b	1.38 ^b	1.51 ^b	3.90 ^a	0.240
	Hexanal	8.27 ^b	10.12 ^b	11.27 ^b	32.14 ^a	2.025
	Heptanal	0.62 ^b	0.55 ^b	0.50 ^b	1.04 ^a	0.067
	Benzaldehyde	2.09	2.01	1.62	1.64	0.148
	Octanal	0.33 ^b	0.24 ^b	0.28 ^b	0.86 ^a	0.044
	Nonal	0.57 ^b	0.52 ^b	0.67 ^b	1.59 ^a	0.208
Hydrocarbons	Methanethiol	28.77 ^a	33.14 ^a	25.82 ^b	7.59 ^c	2.813
	2-Butene	3.01 ^{ab}	3.79 ^a	2.80 ^{ab}	2.02 ^b	0.340
	Butane	1.84 ^b	3.56 ^a	2.31 ^{ab}	3.09 ^{ab}	0.407
	Pentane	2.04 ^b	3.47 ^b	3.99 ^b	11.99 ^a	0.659
	Heptane	0.41 ^{ab}	0.44 ^{ab}	0.61 ^a	0.39 ^b	0.060
	Hexane	2.55 ^a	2.50 ^a	2.65 ^a	1.42 ^b	0.142
	Octane	0.26 ^b	0.31 ^b	1.68 ^b	4.56 ^a	0.673
Ketones	2-Butanone	1.23 ^b	1.39 ^b	1.34 ^b	2.37 ^a	0.193
	2-Propanone	37.87	34.59	49.40	35.59	5.246
	2,3-Butanedione	0.80	0.69	0.61	1.51	0.433
	2-Butanone, 3-Hydroxy-Proline	4.21	2.85	1.60	1.85	0.935
Ester	Ethyl acetate	35.83 ^b	31.17 ^b	33.47 ^b	81.56 ^a	2.146
Sulfur containing compound	Carbon disulfide	2.18 ^b	3.63 ^{ab}	4.73 ^a	3.13 ^{ab}	0.558
Pyridine	4-Ethynyl-pyridine	2.57 ^b	2.47 ^b	2.52 ^b	18.28 ^a	0.488
	4-Acetyl-pyridine	0.25 ^b	0.23 ^b	0.29 ^b	1.48 ^a	0.019

¹ Standard error of the means (n=12).

^{a,b} Values with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

것으로 나타났다($p < 0.05$). 숙성한 우둔의 핵산관련물질 함량 변화에 있어서는 감칠맛을 내는 주요 물질인 IMP는 숙성기간 증가와 함께 감소하였으며, IMP의 분해산물인 hypoxanthine의 함량은 증가함이 확인되었다($p < 0.05$). 우둔의 creatine 및 dipeptide인 carnosine과 anserine 함량은 숙성에 영향을 받지 않았다. 숙성한 우둔을 가열 후 휘발성 향기 물질의 동정 및 함량 변화를 분석한 결과, 총 24종의 휘발성 향기성분이 동정되었으며, 지방산화 유래 aldehyde류와 hydrocarbon류들이 함량이 숙성 후 증가하는 것이 확인되었으며, Maillard reaction 생성물인 pyridine류 또한 숙성 후 크게 증가하는 것이 나타났다. 따라서 숙성을 통해 우둔의 풍미 개선을 유도할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단 방사선기술개발사업(NRF-2014M2A2A6045051)의 지원으로 수행되어 이에 감사를 드립니다.

References

- Ames JM, Guy RCE, Kipping GJ. 2001. Effect of pH and temperature on the formation of volatile compounds in cysteine/reducing sugar/starch mixtures during extrusion cooking. *J Agric Food Chem* 49:1885-1894.
- Ba HV, Hwang I, Jeong D, Touseef A. 2012. Principle of meat

- aroma flavors and future prospect. pp. 145-176. In Latest Research into Quality Control (Ed. Isin Akyar). INTECH
- Caballero B, Sierra V, Oliván M, Vega-Naredo I, Tomás-Zapico C, Alvarez-García Ó, Tolivia D, Hardeland R, Rodriguezcolunga MJ, and Coto-Montes A. 2007. Activity of cathepsins during beef aging related to mutations in the myostatin gene. *J Sci Food Agric* 87:192-199
- Calkins CR, Dutton TR, Smith GC, Carpenter ZL. 1982. Concentration of creatine phosphate, adenine nucleotides and their derivatives in electrically stimulated and nonstimulated beef muscle. *J Food Sci* 47:1350-1353
- Careri M, Mangia A, Barbieri G, Bolzoni L, Virgili R., Parolari G. 1993. Sensory property relationship to chemical data of Italian type dry-cured ham. *J Food Sci* 58:968-972
- Decker EA, Livisay SA, Zhou S. 2000. A re-evaluation of the antioxidant activity of purified carnosine. *Bio Chem* 7:901-906
- Domínguez R, Gómez M, Fonseca S, Lorenzo JM. 2014. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat Sci* 97:223-230
- Feidt C, Petit A, Bruas-Reignier F, Brun-Ballut J. 1996. Release of free amino-acids during ageing in bovine meat. *Meat Sci* 44:1-2, 19-25
- García-Esteban M, Ansorena D, Astiasarán I, Ruiz J. 2004. Study of the effect of different fiber coatings and extraction conditions on dry cured ham volatile compounds extracted by solid-phase microextraction (SPME). *Talanta* 64:458-466
- Hwang EG, Bae MJ, Kim KB. 2010. Research on consumers purchasing characteristics and satisfaction for Hanwoo beef. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:709-718
- Intarapichet KO, Maikunthod B. 2005. Genotype and gender differences in carnosine extracts and antioxidant activities of chicken breast and thigh meat. *Meat Sci* 71:634-642
- Kim HW, Lee ES, Choi YS, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Song DH, Choi SG, Kim CJ. 2011. Effects of aging period prior to freezing on meat quality of Hanwoo muscle (*Longissimus dorsi*). *Korean J Food Sci An* 31:799-806
- KMTA (Korea Meat Trade Association). 2014. Meat consumption per person in Korea. Available from <http://www.kmta.or.kr/html/sub6-1.html?scod=6>
- Koohmaraie M, Wheeler TL, Shackelford SD. 1995. Beef tenderness: Regulation and prediction. *Proc Meat* 95:1-10
- Koutsidis G, Elmore JS, Oruna-Concha MJ, Campo MM, Wood JD, Mottram DS. 2008. Water-soluble precursors of beef flavor: I. Effect of diet and breed. *Meat Sci* 79:124-130
- Lee CW, Lee SH, Min Y, Lee S, Jo C, Jung S. 2015. Quality improvement of strip loin from Hanwoo with low quality grade by dry aging. *Korean J Food Nutr* 28:415-421
- Macleod G. 1994. The flavor of beef. In *The Flavor of Meat and Meat Products*, pp. 4-73. Blackie, London
- Mau JL, Tseng YH. 1998. Nonvolatile taste components of three strains of *Agroclype cylindracea*. *J Agri Food Che* 46: 2071-2074
- Monson F, Sanudo C, Sierra I. 2005. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Sci* 71:471-479
- Moon JH, Sung M, Kim JH, Kim BS, Kim Y. 2013. Quality factors of freshness and palatability of Hanwoo from their physicochemical and sensorial properties. *Korean J Food Sci An* 33:796-805.
- Mottram DS. 1998. Flavor formation in meat and meat product: a review. *Food Chem* 62:415-424
- Pyun JW, Hwang IK. 1988. Study on free amino acids (glutamic acid) and nucleotide relating substances of various foods. *Korean J Soc Food Sci* 4-1:33-40
- Shahidi F, Pegg RB. 1994. Hexanal as an indicator of meat flavor deterioration. *J Food Lipids* 1:177-186
- Shin HK, Lee YW, Oh EK, Choi DY. 1994. Effects of electrical stimulation and storage temperature on ATP-related compounds of Korean native cattle meat *M. semithendinosus* muscles. *Korean J Food Sci An* 26-4:343-347
- Spanier AM, Flores M, Mcmillin KW, Bidner TD. 1997. The effect of post mortem aging on meat flavor quality in Brangus beef. Correlation of treatments, sensory, instrumental and chemical descriptors. *Food Chem* 59:531-538
- Tikk M, Tikk K, Tomgren 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. *J Agric Food Chem* 54:7769-7777
- Watanabe A, Kamada G, Imanari M, Shiba N, Yonai M, Muramoto T. 2015. Effect of aging on volatile compounds in cooked beef. *Meat Sci* 107:12-19

Received 2 November, 2015

Revised 20 November, 2015

Accepted 11 December, 2015