

저장조건이 포장 한우 등심의 관능적 특성 및 지방산 조성에 미치는 영향

설국환^{1*} · 김기현¹ · 김영화¹ · 염경은² · 이무하³

¹농촌진흥청 국립축산과학원, ²서울대학교 식품동물생명공학부, ³아다마과학기술대학교

Effect of storage condition on sensory properties and fatty acid composition of pre-packed Hanwoo loin

Kuk-Hwan Seol^{1*}, Ki Hyun Kim¹, Young Hwa Kim¹, Kyung Eun Youm², Mooha Lee³

¹National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Suwon 441-706, Korea

²Department of Animal and Food Biotechnology, Seoul National University, Seoul 151-921, Republic of Korea

³School of Agriculture, Adama Science & Technology University, Asella, Ethiopia

Received on 28 January 2015, revised on 3 March 2015, accepted on 13 March 2015

Abstract : This study was carried out to determine the effect of storage condition, such as temperature and relative humidity (RH), on the change of sensory properties and free fatty acid composition of pre-packed Hanwoo loin (*Musculus longissimus*) until 21st day of storage. The Hanwoo loin was sliced in 1.0±0.2cm thickness and each of the sliced pieces was packed in a foamed polystyrene tray with linear low-density polyethylene (LLD-PE) film to simulate the pre-packed Hanwoo loin sold in retail market, then stored in home-style refrigerator (Con; 5 °C, 17%RH), and temperature and RH controlled chambers (T1; 5 °C, 55%RH, T2; 5 °C, 85%RH, and T3; -1 °C, 99%RH), respectively. The sensory characteristics of pre-packed Hanwoo loin during storage in different conditions were measured on raw or after cooking. After 21 days of storage, the loin stored in T3 showed significantly high color and acceptability scores (7.46±1.07, 7.06±1.36, respectively) on raw loin, and flavor and acceptability scores (7.16±0.90, 6.90±0.92, respectively) on cooked loin than those of others (p<0.05). The concentration of 12 fatty acids of pre-packed Hanwoo loin during storage in different conditions were analysed. The concentration of oleic acid (C18:1, 39.92±3.22%), palmitic acid (C16:0, 28.20±2.42%), and stearic acid (C18:0, 12.59±2.79%) was high in Hanwoo loin on 1st day of storage. The concentration of palmitic acid of Hanwoo loin stored in T2 was increased significantly after 4th day of storage (p<0.05), and the concentration of myristic acid (C14:0) of Hanwoo loin stored in treated chamber (T1 to T3) was significantly higher than Con after 14th day of storage (p<0.05). The concentration of linolenic acid (C18:3) of Hanwoo loin was decreased significantly after 4th day of storage in all tested storage conditions (p<0.05). However, there was no significant or consistent change in the concentration of oleic acid (C18:1) during storage period in every Hanwoo loin stored in tested conditions. Although, the concentration of total monounsaturated fatty acids (MUFA) was decreased in Con and T2 (p<0.05), there was no consistent change in the monounsaturated fatty acids to saturated fatty acids ratio (MUFA/SFA) during storage period (p>0.05). From those results, it was considered that storage condition affects on the sensory acceptability and fatty acid composition of pre-packed Hanwoo loin as storage period was increased.

Key words : Hanwoo loin, Storage condition, Sensory properties, Free fatty acids

I. 서론

쇠고기의 품질을 구성하는 주요 요소로는 외관특성과 다즙성, 연도 및 향미가 중요하며(Lawrie and Leward,

2006), 이들은 전반적인 기호도와 높은 상관관계가 있는 것으로 보고되었다(Monson et al., 2005). 쇠고기의 품질 특성은 품종, 나이, 성별, 사양, 사료, 체중, 도축과 가공, 숙성 및 조리 중에 일어나는 화학적 변화 등의 요인에 의해 달라질 수 있으나, 온도와 저장조건이 가장 중요한 요인이 되며 사후의 육질은 조리된 고기의 최종 관능적 특성에도 영향을 미친다(Van Moseke et al., 2001; Risvik, 1994),

*Corresponding author: Tel: +82-41-580-3444

E-mail address: skh0205@snu.ac.kr

쇠고기의 품질은 냉장, 숙성에 의해서 향상되는데 특히 숙성에 의한 쇠고기의 연도와 풍미의 향상은 기호도를 증진시키는데 크게 관여한다고 알려져 있다(Jeong et al., 2006). 식육을 냉장 숙성할 경우에는 일반적으로 풍미와 연도가 향상되어 기호도가 증가하는 것으로 알려져 있으나, 숙성이나 유통과정 중의 온도 변화로 인한 지방 산패취 및 육즙(drip)의 발생으로 인하여 기호도가 저하되기도 한다. Tomas 등(2007)은 쇠고기의 저장숙정 중 품질변화를 결정하는 주요 인자는 저장온도라고 보고하였으며, Byeon 등(2009)은 쇠고기의 품질인자 중 온도의존성을 가지는 품질지표에 대하여 탐색하였다.

식육 내 지질 및 지방산 조성은 식육의 상강도(marbling)와 도체의 등급에 영향을 줄 뿐만 아니라 인체에 필요한 열량과 영양성분을 제공하며 맛과 기호도에도 영향을 미친다(Hornstein et al., 1961; Blumer, 1963; Waldman et al., 1968; Dryden and Marchello, 1970; Thrall and Cramer, 1971, Issanchou, 1996; Calkins and Hodgen, 2007). 일반적으로 적육은 포화지방산의 공급원으로 알려져 있지만 쇠고기의 주요 지방산은 palmitic acid, stearic acid 및 oleic acid로서 포화지방산에 비하여 단가불포화지방산 함량이 약간 높은 편이며, 반추동물의 근육 내 지방은 반추 위 내 미생물이 사료 중의 불포화지방산을 포화지방산으로 가수분해 시키기 때문에 비 반추동물에 비하여 포화지방산이 많고 포화지방산에 대한 다가불포화지방산의 비율이 낮다. Oh (2007)는 한우고기가 앵거스와 홀스타인에 비하여 단가불포화지방산 함량이 높게 나타났다고 보고하였으며, Cho 등(2008)은 특히 한우고기에는 서양의 육우품종과는 달리 쇠고기 풍미에 영향을 주는 oleic acid의 함량이 높다고 보고하였다.

식육의 저장기간을 연장하기 위한 방법으로는 온도의 조절, 포장방법의 선정, 보존료 처리 등이 있으며, 저장 중 식육의 품질은 이화학적, 미생물학적, 관능적 변화 등에 의해 좌우된다. 소비자들은 구입한 포장육을 장기간 저장하기 위하여 동결처리를 가장 널리 이용되고 있지만, 이는 식육 단백질의 변성을 초래하여 품질 저하를 일으키는 것으로 알려져 있다(Winger and Fennema, 1976; Yamamoto and Samejima, 1977; Miller et al., 1980). 따라서 소비자들이 한우육을 품질의 저하 없이 냉장상태로 저장할 수 있는 기간을 연장시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요한 상황이다. 숙성은 식육의 빙점 이상의 온도(-1~1℃)에서

저장함으로써 식육을 연화시키는 방법으로 식육의 품질을 향상시키는 중요한 과정이다. Davey와 Gilbert(1967)는 사후 숙성을 시키는 것이 쇠고기 신선육을 생산하는 중요한 방법 중 하나라고 하였다. 숙성의 조건으로, 효소활성의 촉진을 위해 고온 숙성이 이용되기도 하나 미생물에 의한 부패 등 보존성을 고려하여 대부분 냉장숙성이 이용되고 있다(Kim et al., 1998). Joo et al.(2002)은 현재 국내에서 시행되고 있는 한우육 숙성이 습도가 조절되지 않아 매우 건조한 상태인 4℃ 일반 공기순환냉장고에서 이루어지고 있기 때문에, 많은 건조감량이 발생하며, 이러한 일반 냉장고를 식육 소매점에서도 많이 사용하고 있기 때문에 잦은 개폐로 인하여 온도 유지가 어려워 식육의 숙성에 있어 육즙감량을 피할 수 없다는 보고가 있다.

따라서 본 연구는 포장 한우육의 바람직한 저장 조건을 확립하기 위한 기초연구로서 포장된 한우 등심을 냉장고와 온습도를 조절한 항온항습기에 저장하며 저장기간에 따른 관능적 품질 특성 및 지방산 조성의 변화를 비교하기 위하여 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료

강원도 원주소재 축산물 종합처리장에서 도축 후 익일 등급판정을 마친 1등급 27개월령 거세한우의 배최장근(*M. Longissimus*)을 구매하였다. 구매한 한우 등심은 최단시간 내에 실험실로 운반하여 약 1.0±0.2 cm 두께로 절단한 후, 시중의 식육매장에서 사용되는 foamed polystyrene (PEF) tray에 담아 식품포장용 linear low density polyethylene film (LLD-PE) wrap으로 합기포장 하였다. 포장된 한우 등심은 5±1℃/상대습도 55% (T1), 5±1℃/상대습도 85% (T2), -1±1℃/상대습도 99% (T3)로 온도와 습도를 조절한 항온항습기에 저장하였고, 대조구는 5±1℃/상대습도 17%인 냉장고(R-B141GD, LG electronics, Korea)에 저장하여 공시재료로 사용하였다. 저장된 시료는 도축 후 1, 4, 7, 14 및 21일에 육질, 관능 및 지방산 조성 분석을 수행하였다.

2. 관능평가(Sensory evaluation)

시료의 관능검사는 가열 전과 가열 후로 구분하여 실시

Table 1. GC condition for fatty acid analysis.

Item	Conditions
Instrument	HP 6890 Gas Chromatography
Column	Supelco 24110-U column 30 m × 0.25 i.d 0.2 μm film.
Temperature program	3°C/min
Detector	Flame Ionization Detector(FID)
Initial temperature	100°C
Initial time	5 min
Final temperature	250°C
Final time	30 min
Injector temperature	250°C
Detector temperature	240°C
Carrier gas	He
Split ratio	100:1

하였다. 훈련된 관능요원 7명을 대상으로 가열 전 신선육의 육색, 이취, 변색도, 기호도를 조사하였다. 또한 전기그릴 (TEFAL, Model Ry type 1550 series 4, USA)을 이용하여 시료의 심부온도가 75°C에 도달하도록 가열하고 30분간 방냉한 후 육색, 풍미, 연도, 다즙성, 기호도의 5가지 항목에 대하여 조사를 실시하였다. 각 항목에 대한 점수는 1~9로 정하고, 점수가 높을수록 육색, 풍미, 연도, 다즙성, 기호도는 선호도가 높은 것으로, 이취, 변색도는 정도가 심한 것으로 설정하였다.

3. 유리지방산 조성(Free fatty acid profile) 분석

저장기간에 따른 시료의 유리지방산 조성은 Folch 등 (1957)의 방법을 일부 변형하여 분석하였다. 지방의 추출을 위하여 등심 5 g에 Folch 용액(클로로포름:메탄올=2:1) 18 ml과 BHA 50 μl를 가하여 2,500 rpm에서 2분간 균질하였다. 여기에 0.08% NaCl 5 ml을 첨가하여 30초간 교반한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 상층액을 제거한 후 하층에 sodium sulfate anhydrous를 첨가하여 수분을 제거한 후 여과하였다. 추출물은 진공농축한 후 질소 가스로 남은 용매를 제거하였다. 추출한 지방에 14% boron trifluoride (in MeOH) 1 ml을 첨가하여 90°C에서 10분간 methylation 한 후 실온에서 30분간 냉각하였다. 여기에 hexane 2 ml과 증류수 2 ml을 넣고 교반한 후, 상층액 1 ml을 회수하여 기체크로마토그래피(Hewlett Packard

6890 series, Agilent Technologies, Atlanta, GA., USA)를 이용하여 지방산 조성을 분석하였다. 이 때 사용한 기체크로마토그래피의 분석조건은 Table 1과 같다.

4. 통계분석

모든 실험 결과는 SAS 프로그램(9.2, 2012)의 일반선형 회귀모형(general linear model, GLM)을 이용하여 분산 분석을 수행하였고, 평균간 유의성은 Duncan의 다중검정(multiple range test)을 이용하여 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 저장기간에 따른 한우 등심육의 관능적 특성 변화

Table 2는 저장기간에 따른 한우 등심의 가열 전 외관 관능검사의 결과를 나타낸 것이다. 육색은 저장 기간이 경과함에 따라 대조구와 모든 처리구에서 유의적으로 선호도가 저하되었으나 T3의 경우 저장 21일 후에도 7.46±1.07로 다른 처리구들에 비하여 유의적으로 높은 선호도를 보였다($p < 0.05$). 대조구와 T1, T2 처리구의 경우 저장 14일에는 수용 가능한(>5.0) 수준의 선호도를 보였으나, 21일 차에 5.0 이하로 빠른 선호도의 저하를 보여 이 기간 동안 명도와 적색도가 감소하여 육색이 퇴색된다고 보고한 기존의 연구결과와 유사한 경향을 보였다(Seol et al., 2014). 한우 등심의 이취와 변색도는 저장 기간에 따라 유의적으

Table 2. Changes in sensory characteristics of raw Hanwoo loin stored under different storage conditions.

Items	Storage (days)					
	1	4	7	14	21	
Color	Con	8.92±0.27 ^A	8.81±0.40 ^{aA}	7.88±0.89 ^{bB}	7.00±1.10 ^{bC}	4.75±1.95 ^{bD}
	T1	8.92±0.27 ^A	8.71±0.47 ^{abA}	8.36±0.50 ^{ab}	6.36±0.63 ^{bcC}	4.36±1.08 ^{bD}
	T2	8.92±0.27 ^A	8.54±0.51 ^{bB}	7.86±0.93 ^{bC}	5.89±0.99 ^{cD}	3.93±1.07 ^{bE}
	T3	8.92±0.27 ^A	8.90±0.30 ^{aA}	8.54±0.61 ^{ab}	7.78±0.84 ^{aC}	7.46±1.07 ^{aD}
Odor	Con	1.00±0.00 ^C	1.06±0.25 ^{bC}	1.31±0.60 ^C	2.69±1.08 ^{bB}	5.31±1.78 ^{bA}
	T1	1.00±0.00 ^C	1.36±0.50 ^{aC}	1.36±0.50 ^C	3.29±1.20 ^{bB}	6.36±1.08 ^{bA}
	T2	1.00±0.00 ^D	1.11±0.31 ^{bCD}	1.39±0.63 ^C	5.75±1.51 ^{ab}	8.26±0.81 ^{aA}
	T3	1.00±0.00 ^C	1.06±0.24 ^{bC}	1.20±0.45 ^C	1.94±0.91 ^{cB}	2.36±1.41 ^{cA}
Discoloration	Con	1.01±0.12 ^D	1.06±0.25 ^{bD}	1.69±0.87 ^{aC}	2.88±1.20 ^{bB}	5.38±1.75 ^{aA}
	T1	1.01±0.12 ^D	1.21±0.43 ^{abCD}	1.64±0.63 ^{aC}	3.29±0.91 ^{bB}	6.43±1.60 ^{aA}
	T2	1.01±0.12 ^D	1.36±0.49 ^{aCD}	1.79±0.63 ^{aC}	4.61±1.47 ^{ab}	6.56±1.58 ^{aA}
	T3	1.01±0.12 ^C	1.06±0.24 ^{bC}	1.26±0.44 ^{bC}	1.92±1.16 ^{cB}	2.24±1.29 ^{bA}
Acceptability	Con	8.97±0.16 ^A	8.75±0.45 ^A	7.88±1.15 ^{bB}	6.50±1.32 ^{bC}	3.88±2.06 ^{bD}
	T1	8.97±0.16 ^A	8.71±0.47 ^{AB}	8.43±0.65 ^{abB}	6.21±0.70 ^{bC}	3.21±1.67 ^{bD}
	T2	8.97±0.16 ^A	8.71±0.46 ^A	7.96±0.84 ^{bcB}	3.79±1.42 ^{cC}	2.52±0.89 ^{bD}
	T3	8.97±0.16 ^A	8.88±0.39 ^A	8.50±0.61 ^{ab}	7.76±0.80 ^{aC}	7.06±1.36 ^{aD}

Sensory scores were assessed on 9 point hedonic scale where 1=extremely bad or slight, 9=extremely good or much.

^{a-c} Means±SD with different superscripts in the same column significantly differ at 5% level (n=7).

^{A-C} Means±SD with different superscripts in the same row significantly differ at 5% level (n=7).

Con, 5°C/17%RH; T1, 5°C/55%RH; T2, 5°C/85%RH; T3, -1°C/99%RH

로 증가하여 저장 14일까지는 낮은 수준을 유지하였으나 21일에는 T3를 제외한 모든 시료에서 수용할 수 없는 수준 (>5.0)을 보였으며, 특히 T2의 경우 저장 14일에 이미 다른 처리구에 비하여 유의적으로 높은 5.75±1.51의 이취와 4.61±1.47의 변색도를 보여(p<0.05) 동일한 저장온도에서도 상대습도가 높을수록 포장 한우의 저장성에 불리한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 결과적으로 저장기간이 증가함에 따라 대조구와 처리구 모두에서 종합적 기호도가 유의적으로 낮아졌음을 확인 할 수 있었으나(p<0.05), 식육의 빙점 부근에서 과냉각상태로 저장된 T3의 경우 저장 21일에도 외관상의 관능적 특성이 수용 가능한 수준을 유지하고 있는 것으로 나타났으며, 이는 -1°C의 저온에서 식육 중의 미생물과 효소활성이 매우 낮은 상태를 유지하였고, 상대습도는 99%로 높게 나타났으나 실제적으로 공기 중의 수분이 모두 동결되어 낮은 습도를 유지하였기 때문으로 사료된다. Moon et al.(2013)은 조리 전 쇠고기의 저장기간이 증가할수록 표면의 수분과 마블링은 감소하였고 지방색은 진한 황색으로 변화하였으며 육색은 부패와 표면 마름 현상에 따라 갈색이 증가하였고 풍미 또한 이취와 금

속취가 증가하는 것으로 보고하였다. Rho 등(2007)은 소비자들이 신선육의 구매충동을 유도하는 데 큰 역할을 하는 지방색은 황색을 선호하지 않는 것으로 보고하였다.

저장기간에 따른 한우 등심의 가열 후 관능검사 결과는 Table 3에 나타내었다. 육색 과 풍미는 저장 기간이 경과함에 따라 대조구와 모든 처리구에서 유의적으로 낮아졌으나 (p<0.05), 저장 21일에는 T3가 각각 7.65±0.90 및 7.16±0.90으로 유의적으로 높았다(p<0.05). 또한 저장 기간이 증가함에 따라 대조구 및 모든 처리구에서 연도는 유의적으로 증가하고 다즙성은 감소하는 경향을 보였으나(p<0.05), 각 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 종합적인 기호도 역시 저장기간이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였으며, 특히 T1과 T2에서 빠른 저하가 타나났으나 T3는 저장기간 동안 다른 처리구에 비하여 유의적으로 높은 기호도를 유지하는 것으로 나타났다(p<0.05). Moon et al.(2013)은 저장기간이 길어질수록 가열 한우육의 표면 윤기, 고소한향, 감칠맛, 고소한맛, 다즙성, 탄력성 등이 감소하고 누린내가 증가하며 조직감 또한 질기게 느껴져 연도가 감소하였다고 보고하였다. Campo 등(1999)은 근육 내

Table 3. Changes in sensory characteristics of cooked Hanwoo loin stored under different storage conditions.

Items	Storage(days)					
	1	4	7	14	21	
Color	Con	8.82±0.42 ^A	8.88±0.34 ^A	8.69±0.48 ^{abA}	7.63±0.81 ^{bb}	6.75±1.24 ^{bc}
	T1	8.82±0.42 ^{AB}	8.86±0.36 ^A	8.43±0.65 ^{bb}	7.93±0.47 ^{abc}	6.93±1.27 ^{bd}
	T2	8.82±0.42 ^A	8.89±0.31 ^A	8.86±0.36 ^{aA}	7.75±0.80 ^{abB}	6.89±1.19 ^{bc}
	T3	8.82±0.42 ^A	8.84±0.42 ^A	8.60±0.57 ^{abA}	8.10±0.74 ^{AB}	7.65±0.90 ^{ac}
flavor	Con	8.73±0.48 ^A	8.81±0.40 ^A	8.44±0.63 ^{aA}	7.31±0.95 ^{ab}	6.00±1.79 ^{bc}
	T1	8.73±0.48 ^A	8.57±0.65 ^A	7.93±0.62 ^{bb}	6.93±1.00 ^{abc}	5.43±1.65 ^{bd}
	T2	8.73±0.48 ^A	8.64±0.49 ^A	8.39±0.57 ^{aA}	6.29±1.56 ^{bb}	5.89±1.60 ^{bb}
	T3	8.73±0.48 ^A	8.60±0.57 ^A	8.28±0.67 ^{abb}	7.50±1.18 ^{ac}	7.16±0.90 ^{ad}
Tenderness	Con	7.47±0.67 ^C	7.69±0.48 ^{BC}	7.44±0.63 ^C	8.00±0.63 ^B	8.50±0.52 ^A
	T1	7.47±0.67 ^C	7.57±0.51 ^C	7.50±0.52 ^C	8.14±0.66 ^B	8.57±0.51 ^A
	T2	7.47±0.67 ^B	7.46±0.64 ^{BC}	7.68±0.48 ^B	8.11±0.63 ^A	8.37±0.63 ^A
	T3	7.47±0.67 ^C	7.66±0.56 ^{BC}	7.56±0.61 ^C	7.90±0.89 ^B	8.51±0.58 ^A
Juicyness	Con	8.23±0.77 ^A	8.13±0.89 ^A	7.50±1.15 ^{abb}	6.81±0.83 ^{abc}	6.31±1.01 ^C
	T1	8.23±0.77 ^A	7.79±0.80 ^A	7.00±0.68 ^{bb}	7.07±0.83 ^{AB}	6.21±1.12 ^C
	T2	8.23±0.77 ^A	8.14±0.76 ^A	7.57±0.69 ^{AB}	6.36±0.83 ^{bc}	5.74±1.29 ^D
	T3	8.23±0.77 ^A	7.94±0.79 ^A	7.56±0.64 ^{AB}	6.62±1.18 ^{abc}	6.20±1.27 ^D
Acceptability	Con	8.59±0.59 ^A	8.75±0.45 ^A	8.06±0.68 ^{ab}	7.13±0.81 ^{ac}	5.69±1.40 ^{bd}
	T1	8.59±0.59 ^A	8.43±0.65 ^A	7.57±0.76 ^{bb}	7.00±1.04 ^{ac}	4.64±1.39 ^{cd}
	T2	8.59±0.59 ^A	8.57±0.57 ^A	8.18±0.55 ^{aA}	6.14±1.15 ^{bb}	5.30±1.23 ^{bc}
	T3	8.59±0.59 ^A	8.50±0.61 ^A	8.08±0.63 ^{ab}	7.08±1.16 ^{ac}	6.90±0.92 ^{ac}

Sensory scores were assessed on 9 point hedonic scale where 1=extremely bad or slight, 9=extremely good or much

^{a-c} Means±SD with different superscripts in the same column significantly differ at 5% level (n=7).

^{A-C} Means±SD with different superscripts in the same row significantly differ at 5% level (n=7).

Con, 5°C/17%RH; T1, 5°C/55%RH; T2, 5°C/85%RH; T3, -1°C/99%RH

지방함량보다는 저장이 연도에 미치는 영향이 중요하다고 보고하였고, Miller 등(1997)과 Kim et al.(2007)도 저장 기간이 경과함에 따라 연도가 일관성 있게 향상되었으며, 그 원인은 근육의 섬유질과 잔존물의 양이 감소하기 때문 이라고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다. 한편, 전체적 인 기호도는 저장 기간이 경과할수록 대조구 및 처리구에 서 유의적으로 낮아졌으며($p < 0.05$), 저장 21일에 T3가 6.90 ± 0.92 로 다른 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났 다($p < 0.05$). Kim과 Lee (2003)는 저장기간이 경과할수록 연도 또한 높게 평가되었지만, 식육의 풍미와 다즙성은 저 장기간의 영향을 받지 않는다고 보고하였다.

2. 저장기간에 따른 한우 등심육의 지방산 조성 변화

저장 기간에 따른 한우 등심의 지방산 함량 변화는 Table 4에 나타낸 바와 같으며, lauric acid (C12:0)~lignoceric acid

(C24:0)까지 12종의 지방산에 대하여 전체 피크면적에 대한 비율(%)을 측정하였다. Myristic acid (C14:0)는 저장기간 동안 유의적인 차이를 보이지 않다가 저장 14일부터 대조구 ($2.86 \pm 1.40\%$)에 비하여 처리구들(T1, $3.95 \pm 0.45\%$; T2, $3.89 \pm 0.45\%$; T3, $3.88 \pm 0.42\%$)이 유의적으로 높은 함량 을 나타내었다($p < 0.05$). 저장 기간이 증가하더라도 한우 등심 중의 palmitic acid (C16:0)와 palmitoleic acid (C16:1)의 함량은 유의적인 차이를 보이지 않았지만($p > 0.05$), T2에서 palmitic acid 함량은 저장 4일부터 유의적 으로 높아지기 시작하여 저장 21일까지 유사한 수준을 유지 하였고($p < 0.05$), palmitoleic acid는 저장 7일과 14일차에 대조구($3.27 \pm 1.13\%$)에 비해 T1 ($4.59 \pm 1.62\%$)과 T3 ($4.55 \pm 0.86\%$)에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었다($p < 0.05$). 우육의 풍미에 가장 큰 영향을 미치는 oleic acid (C18:1)의 함량은 저장 기간에 따른 유의차는 보이지 않았으 며($p > 0.05$), 다만 저장 4일에 T1과 T2 사이에서 각각

Table 4. Changes in fatty acid composition of Hanwoo loin stored under different storage conditions.

(% of Total Fatty Acids)

Fatty Acid	Items	1	4	7	14	21
C12:0	Con	0.09±0.04	0.09±0.05	0.09±0.05 ^b	0.10±0.03 ^b	0.09±0.04
	T1	0.09±0.04	0.09±0.06	0.10±0.01 ^{ab}	0.11±0.01 ^{ab}	0.11±0.01
	T2	0.09±0.04	0.10±0.05	0.12±0.02 ^{ab}	0.12±0.02 ^a	0.12±0.03
	T3	0.09±0.04 ^B	0.11±0.02 ^{AB}	0.13±0.01 ^{AA}	0.12±0.02 ^{AA}	0.11±0.02 ^{AB}
C14:0	Con	3.50±0.89	3.24±1.34	3.21±1.22	3.20±1.17 ^b	2.86±1.40 ^b
	T1	3.50±0.89	3.59±0.44	3.70±0.38	3.93±0.51 ^a	3.95±0.45 ^a
	T2	3.50±0.89	4.08±0.21	3.87±0.20	4.14±0.25 ^a	3.89±0.45 ^a
	T3	3.50±0.89	3.81±0.39	3.87±0.34	3.89±0.48 ^a	3.88±0.42 ^a
C16:0	Con	28.20±2.42	28.30±3.51 ^b	28.35±3.37 ^{ab}	28.65±2.51 ^{ab}	28.14±2.51 ^{ab}
	T1	28.20±2.42	25.96±1.28 ^b	27.15±1.65 ^b	27.31±2.27 ^b	26.81±1.04 ^b
	T2	28.20±2.42 ^B	31.69±0.41 ^{AA}	30.52±0.71 ^{AA}	31.10±0.36 ^{AA}	30.73±1.06 ^{AA}
	T3	28.20±2.42	28.22±2.23 ^b	27.51±2.56 ^b	28.28±2.82 ^{ab}	28.81±2.45 ^{ab}
C16:1	Con	4.04±1.40	3.50±1.05	3.18±0.82 ^b	3.27±1.13 ^b	3.17±1.41
	T1	4.04±1.40	3.73±2.30	4.94±1.22 ^a	4.59±1.62 ^a	4.43±0.93
	T2	4.04±1.40	3.86±0.22	4.26±0.18 ^{ab}	4.03±0.46 ^{ab}	4.29±0.74
	T3	4.04±1.40	4.32±0.65	4.49±1.15 ^a	4.55±0.86 ^a	4.43±0.67
C18:0	Con	12.59±2.79	12.77±2.33	13.35±2.25	13.14±2.66	13.88±3.40
	T1	12.59±2.79	10.64±2.01	11.46±2.87	12.96±4.09	12.82±2.81
	T2	12.59±2.79	11.63±0.30	10.69±0.59	11.21±0.77	10.97±1.30
	T3	12.59±2.79	11.31±1.98	11.73±3.15	11.24±1.66	11.06±1.60
C18:1	Con	39.92±3.22	40.14±2.11 ^{ab}	38.81±2.67	37.52±3.18	38.79±1.17
	T1	39.92±3.22	41.57±3.86 ^a	40.66±4.05	39.84±3.83	39.49±1.44
	T2	39.92±3.22	37.73±1.30 ^b	38.98±0.86	38.59±0.32	37.96±2.09
	T3	39.92±3.22	39.28±2.96 ^{ab}	40.23±3.40	40.03±0.70	39.64±3.44
C18:2	Con	2.88±0.74	2.69±0.72 ^{ab}	2.77±0.54	3.00±1.32	3.11±0.73
	T1	2.88±0.74	3.37±0.85 ^a	3.25±0.74	3.01±0.40	3.35±0.28
	T2	2.88±0.74	2.34±0.20 ^b	2.50±0.16	2.33±0.27	2.67±0.57
	T3	2.88±0.74	2.96±0.88 ^{ab}	2.75±0.76	2.62±0.61	2.68±0.63

41.57±3.86%와 37.73±1.30%로 유의적인 차이를 보였다 ($p < 0.05$). Stearic acid (C18:0)와 linoleic acid (C18:2)에서는 저장조건에 따른 처리구와 저장기간에 의해 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 ($p > 0.05$), linolenic acid (C18:3)의 함량 또한 저장조건에 따라 대조구와 각 처리구간에 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 ($p > 0.05$) 모든 처리구에서 저장 4일 이후에 함량이 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). Arachidic acid (C20:0)의 함량은 T1과 T3에서 저장기간이 증가함에 따라 함량이 증가하였고, 저장 4일 이후로 대조구와 T2에 비하여 유의적으로 높은 함량을 보였다 ($p < 0.05$). 또한 저장 21일에는 대조구에서 behenic acid (C22:0)의 함량이 0.65±0.57%로 가장 높

게 나타났고, T2에서의 behenic acid 함량은 저장 1일과 비교하였을 때 유의적으로 낮아지는 경향을 보였다 ($p < 0.05$). 쇠고기의 주요 지방산은 palmitic acid, stearic acid 및 oleic acid로서 포화지방산에 비하여 단가불포화지방산 (MUFA) 함량이 약간 높은 편이다. Oleic acid는 쇠고기를 비롯한 대부분 식육의 주요 지방산으로 알려져 있으며, 특히 쇠고기 내 지방산 중에서 함량이 높은 단가불포화지방산으로서 식육의 기호도에 영향을 미친다 (Anderson, 1975). Oleic acid의 함량이 증가할수록 쇠고기의 맛에 대한 소비자의 선호도가 증가하는 반면 (Park and Yoo, 1994), 필수지방산인 linoleic acid (C18:2)와 stearic acid의 함량이 증가하는 것은 향미에 좋지 않은 영향을 주는 것으로 보고되었다

Table 4. Continued.

		(% of Total Fatty Acids)				
Fatty Acid	Items	1	4	7	14	21
C18:3	Con	0.13±0.02 ^A	0.08±0.06 ^B	0.07±0.02 ^B	0.09±0.02 ^{AB}	0.09±0.035 ^{AB}
	T1	0.13±0.02 ^A	0.09±0.03 ^B	0.09±0.02 ^B	0.10±0.02 ^B	0.11±0.024 ^{AB}
	T2	0.13±0.02 ^A	0.09±0.04 ^B	0.09±0.03 ^B	0.08±0.01 ^B	0.08±0.004 ^B
	T3	0.13±0.02 ^A	0.10±0.03 ^B	0.09±0.02 ^B	0.10±0.03 ^B	0.09±0.028 ^B
C20:0	Con	0.14±0.14	0.18±0.05 ^b	0.13±0.06 ^b	0.17±0.07 ^b	0.14±0.049 ^c
	T1	0.14±0.14 ^B	0.35±0.11 ^{aA}	0.25±0.14 ^{abAB}	0.30±0.16 ^{aAB}	0.34±0.186 ^{aAB}
	T2	0.14±0.14	0.16±0.08 ^b	0.18±0.11 ^{ab}	0.21±0.08 ^{ab}	0.19±0.066 ^{bc}
	T3	0.14±0.14 ^B	0.27±0.16 ^{abA}	0.31±0.14 ^{aA}	0.31±0.11 ^{aA}	0.29±0.109 ^{abA}
C22:0	Con	0.36±0.33	0.48±0.51 ^a	0.43±0.50 ^{ab}	0.64±1.20	0.65±0.571 ^a
	T1	0.36±0.33	0.52±0.40 ^a	0.75±0.39 ^a	0.60±0.30	0.42±0.346 ^{ab}
	T2	0.36±0.33 ^A	0.01±0.01 ^{bb}	0.01±0.01 ^{cb}	0.02±0.02 ^B	0.03±0.038 ^{bb}
	T3	0.36±0.33	0.17±0.30 ^{ab}	0.15±0.12 ^{bc}	0.17±0.23	0.15±0.227 ^b
C22:1	Con	0.15±0.30	0.01±0.01	0.01±0.01	0.03±0.05	trace ^b
	T1	0.15±0.30	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	0.02±0.02 ^{ab}
	T2	0.15±0.30	0.01±0.02	0.01±0.01	0.02±0.02	0.03±0.03 ^a
	T3	0.15±0.30	0.01±0.01	0.01±0.01	0.02±0.02	0.02±0.02 ^{ab}
C24:0	Con	0.07±0.03	0.13±0.09 ^a	0.13±0.08 ^a	0.13±0.13 ^a	0.17±0.12 ^a
	T1	0.07±0.03 ^B	0.10±0.03 ^{abAB}	0.12±0.04 ^{aA}	0.09±0.02 ^{abAB}	0.09±0.02 ^{abAB}
	T2	0.07±0.03 ^A	0.04±0.03 ^{baB}	0.04±0.04 ^{baB}	0.03±0.02 ^{baB}	0.03±0.02 ^{bb}
	T3	0.07±0.03	0.07±0.03 ^{ab}	0.08±0.03 ^{ab}	0.08±0.03 ^{ab}	0.08±0.03 ^b
SFA ¹⁾	Con	44.84±1.10	45.09±1.31 ^b	45.59±1.25 ^a	45.92±1.29 ^{ab}	45.84±1.34
	T1	44.84±1.10 ^A	41.16±0.71 ^{cb}	43.43±0.91 ^{ba}	45.19±1.22 ^{abA}	44.44±0.81 ^A
	T2	44.84±1.10 ^C	47.61±0.17 ^{aA}	45.29±0.27 ^{abC}	46.71±0.25 ^{aAB}	45.84±0.49 ^{BC}
	T3	44.84±1.10	43.84±0.84 ^b	43.65±1.07 ^b	43.98±0.89 ^b	44.27±0.80
UFA ²⁾	Con	47.12±0.13 ^A	46.41±0.79 ^{baB}	44.83±0.81 ^{cbC}	43.91±1.14 ^{bc}	45.17±0.67 ^{bbC}
	T1	47.12±0.13	48.77±1.41 ^a	48.95±1.21 ^a	47.54±1.22 ^a	47.39±0.54 ^a
	T2	47.12±0.13 ^A	44.03±0.35 ^{cc}	45.85±0.25 ^{bcB}	45.04±0.22 ^{bbC}	45.04±0.69 ^{bbC}
	T3	47.12±0.13	46.68±0.91 ^b	47.56±1.19 ^{ab}	47.31±0.44 ^a	46.87±0.96 ^a

(Beare, 1962). Waldman 등(1968)과 Westerling과 Hedrick(1979)은 쇠고기의 oleic acid가 전반적인 기호도와 정의 상관관계가 있는 것으로 보고하였으며, 이것은 지방의 연질화(fat softness)와 관련이 있는데 그 이유는 oleic acid의 함량이 높을수록 지방의 융점이 낮아지기 때문으로 보고되었다(Chung et al., 2006; Smith et al., 1998; Wood et al., 2004). Oleic acid는 쇠고기의 기호도를 향상시켜 줄 뿐 아니라 섭취 시 대사성 질병에 대한 위해요인을 감소시킨다는 보고도 있다(Grundy et al., 1988; Kris-Etherton and Yu, 1997). Campo 등(2003)은 지방산 종류 별 향미특성을 분석한 결과 oleic acid는 'oily', linoleic acid는 'cooking oil', linolenic acid는 'fishy' 또는 'linseed' 향미가 특색이

나, 만일 이 3종의 지방산이 cysteine 및 ribose와 함께 존재하는 경우에는 비슷한 'meaty aroma'가 생산된다고 보고하였다. 근내지방의 지방산조성은 쇠고기의 영양적 가치와 기호성 모두에 영향을 줄 수 있으며, 이들은 사양, 품종, 연령 및 지방함량을 포함한 다양한 범위의 요인들에 의해 영향을 받을 수 있는 것으로 알려져 있다(Kris-Etherton and Yu, 1997; McNamara, 1992; Rule et al., 1995). 그 외에도 쇠고기 중의 포화지방산인 palmitic acid와 stearic acid는 관능적인 특성에 긍정적인 영향을 미치는 반면, palmitoleic acid와 linoleic acid, eicosadienoic acid (C20:2n6), eicosatrienoic acid (C20:3n6), arachidonic acid (C20:4n6), docosatetraenoic acid (C22:4n6)와 같은 불포

Table 4. Continued.

		(% of Total Fatty Acids)				
Fatty Acid	Items	1	4	7	14	21
MUFA ³⁾	Con	44.11±1.64 ^A	43.64±1.06 ^{abAB}	42.00±1.17 ^{bBC}	40.82±1.45 ^{bC}	41.97±0.86 ^{bBC}
	T1	44.11±1.64	45.31±2.06 ^a	45.60±1.76 ^a	44.43±1.89 ^a	43.93±0.80 ^a
	T2	44.11±1.64 ^A	41.60±0.51 ^{bB}	43.25±0.35 ^{abAB}	42.64±0.27 ^{aAB}	42.29±0.95 ^{abB}
	T3	44.11±1.64	43.61±1.21 ^{ab}	44.73±1.72 ^a	44.60±0.53 ^a	44.09±1.38 ^a
PUFA ⁴⁾	Con	3.01±0.38	2.77±0.39 ^{ab}	2.83±0.28 ^{ab}	3.09±0.67	3.21±0.38 ^{ab}
	T1	3.01±0.38	3.46±0.44 ^a	3.35±0.38 ^a	3.10±0.21	3.46±0.15 ^a
	T2	3.01±0.38 ^A	2.43±0.12 ^{bB}	2.59±0.10 ^{bAB}	2.40±0.14 ^B	2.75±0.29 ^{bAB}
	T3	3.01±0.38	3.07±0.46 ^{ab}	2.84±0.39 ^{ab}	2.71±0.32	2.78±0.33 ^b
MUFA/SFA	Con	0.98±0.01 ^A	0.95±0.03 ^{bAB}	0.90±0.03 ^{cBC}	0.87±0.03 ^{cC}	0.90±0.03 ^{bBC}
	T1	0.98±0.01 ^C	1.10±0.03 ^{aA}	1.05±0.02 ^{aB}	0.98±0.02 ^{aC}	0.99±0.00 ^{aC}
	T2	0.98±0.01 ^A	0.87±0.01 ^{cD}	0.96±0.00 ^{bB}	0.91±0.00 ^{bC}	0.92±0.01 ^{bC}
	T3	0.98±0.01 ^C	0.99±0.01 ^{bBC}	1.02±0.01 ^{aA}	1.01±0.01 ^{aAB}	1.00±0.01 ^{aBC}
PUFA/SFA	Con	0.07±0.01	0.06±0.01 ^{bc}	0.06±0.00 ^b	0.07±0.01 ^a	0.07±0.01 ^{ab}
	T1	0.07±0.01 ^B	0.08±0.01 ^{aA}	0.08±0.01 ^{aAB}	0.07±0.00 ^{ab}	0.08±0.00 ^{aAB}
	T2	0.07±0.01 ^A	0.05±0.00 ^{cC}	0.06±0.00 ^{bBC}	0.05±0.00 ^{bC}	0.06±0.01 ^{bAB}
	T3	0.07±0.01	0.07±0.01 ^b	0.06±0.01 ^b	0.06±0.01 ^{ab}	0.06±0.01 ^b

^{a-b}Means±SD with different superscripts in the same column significantly differ at 5% level (n=3).

^{A-B}Means±SD with different superscripts in the same row significantly differ at 5% level (n=3).

Con, 5°C/17%RH; T1, 5°C/55%RH; T2, 5°C/85%RH; T3, -1°C/99%RH

¹⁾SFA : Saturated fatty acids

²⁾UFA : Unsaturated fatty acids

³⁾MUFA : Monounsaturated fatty acids

⁴⁾PUFA : Polyunsaturated fatty acids

화지방산들은 풍미의 변화로 인해 전체적인 기호도에 부정적 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Cho et al., 2008; Westering and Hendrick, 1979).

저장 초기의 지방산 조성을 살펴보면 포화지방산으로는 myristic acid와 palmitic acid 및 stearic acid가, 불포화 지방산으로는 palmitoleic acid와 oleic acid 및 linoleic acid가 높은 함량을 나타내었으며, 이러한 지방산 조성은 Park et al.(1989)과 Kim et al.(1996)의 보고와 일치하였다. Kim et al.(1996)은 한우 등심을 포장하여 냉장저장 하였을 때 저장21일차까지 myristic acid, palmitic acid, stearic acid 및 총 포화지방산(SFA) 함량이 계속해서 증가하였고, palmitoleic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid와 총 불포화지방산(UFA) 함량은 점차 감소하였다고 보고하였다. 또한 Park et al.(1989)은 한우육의 저장기간에 따른 지방산 조성 변화에 관한 연구에서 oleic acid의 비율은 저장기간에 따라 점차 감소하고, palmitic acid와 stearic acid의 비율은 증가한다고 보고하였으며, 포화지방

산에 대한 불포화지방산의 비율(unsaturated fatty acids, UFA/saturated fatty acids, SFA)도 점차 감소한다고 보고하였다. 이와 같이 저장기간이 증가함에 따라 불포화지방산의 비율이 감소하는 것은 저장 중 지방산화가 일어나 불포화 지방산이 감소하기 때문이다(Lee and Dawson, 1973; Moerck and Ball, 1974). 그러나 본 연구에서는 T2에서 저장된 한우 등심 중의 palmitic acid 함량만 저장 4일차부터 유의적으로 증가하였고, 모든 저장조건 하에서 linolenic acid의 함량만이 저장 4일차부터 유의적으로 감소하였다. 또한 총 불포화지방산의 함량이 대조구와 T2에서 감소하는 경향을 나타내었으나 포화지방산에 대한 단일불포화지방산의 비율(monounsaturated fatty acids, MUFA/SFA)이나 다가불포화지방산의 비율(polyunsaturated fatty acids, PUFA/SFA) 변화는 저장조건이나 저장기간 간에 일관된 경향을 나타내진 않아 포장 한우 등심을 5°C 이하로 냉장저장 시 온도와 상대습도가 지방산의 산화와 분해에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료되며, 이러한 결과의 차이는 한우

등심 시료상의 차이이거나 시료의 포장방법과 저장조건의 차이에 기인한 것으로 사료된다. 반추동물의 지방은 비 반추 동물 지방보다 근육 내 포화지방산이 많고 다가불포화지방산/포화지방산(PUFA/SFA) 비율이 낮는데, 이유는 반추위 내에서 미생물의 작용으로 불포화지방산을 포화지방산으로 가수분해시키기 때문으로 알려져 있다. 이러한 쇠고기 지방산 조성은 품종, 성장단계, 비육도 및 연령 등에 의해서 달라질 수 있다(May et al., 1993). 다가불포화지방산/포화지방산 비율(MUFA/SFA)은 우육의 풍미를 결정할 수 있는 지표가 될 수 있고, 이 때 풍미에 가장 관련이 있는 것이 oleic acid로 알려져 있다(Anderson et al., 1975).

IV. 결론

본 연구에서 한우 등심의 저장 시 각각 다른 저장 온도와 상대습도가 저장 기간별 관능적 특성과 지방산 조성 변화에 미치는 영향을 살펴보았다. 관능적 특성은 저장온도와 상대습도가 높을수록 저장 14일과 21일 사이의 기간에서 이취와 변색이 급증하여 기호도가 급격히 저하되는 경향을 보였으나, 저장 온도가 낮은 처리구에서는 저장 21일까지 육색과 풍미에서 지속적으로 높은 점수를 유지하여 한우육 저장에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 지방산 조성에서는 한우 풍미에 영향을 미치는 oleic acid의 함량은 유의적인 변화를 보이지 않았으나, ω -3 지방산인 linolenic acid의 함량은 감소하는 것으로 나타났으며, 냉장저장 시 온도와 상대습도가 지방산의 산화와 분해에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 본 연구를 통하여 한우육을 조절된 환경에서 신선함을 유지하되 최적의 맛과 풍미를 가지도록 저장시킬 수 있는 저장조건을 구명하는데 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 지원사업(세부과제명 : 맥류 곡실 발효사료의 양돈 사료화 연구, 세부과제번호: PJ01053103)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고 문헌

Anderson, DA, Kisellan, JA, Watt, BK. 1975. Comprehensive evaluation of fatty acid in beefs. *Journal of the American*

- Dietetic Association.* 67:35-41.
- Beare, JL. 1962. Fatty acid composition of food fats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 10:120-123.
- Blumer, TN. 1963. Relationship of marbling to the palatability of beef. *Journal of Animal Science.* 22:771-778.
- Byeon, KE, An, SR, Shim, SD, Lee, JY, Hong, KW, Min, SG, Lee, SJ. 2009. Investigation on beef quality indicator of off-flavor development during storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources.* 29:325-333.
- Calkins, CR, Hodgen, JM. 2007. A fresh look at meat flavour. *Meat Science.* 77:63-80.
- Campo, MM, Sanudo, C, Panea, B, Alberti, P, Santolaria, P. 1999. Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Science.* 51: 383-390.
- Campo, MM, Nute, GR, Wood, JD, Elmore, SJ, Mottram, DS, Enser, M. 2003. Modelling the effect of fatty acid in odour development of cooked meat in vitro: part I-sensory perception. *Meat Science.* 63:367-375.
- Cho, SH, Park, BY, Kim, JH, Hwang, IH, Kim, JH, Lee, JM. 2008. Fatty acid profiles and sensory properties of *Longissimus dorsi*, *Triceps brachii*, and *Semimembranosus* muscles from Korean Hanwoo and Australian Angus beef. *Asian-Australian Journal of Animal Science.* 18:1786-1793.
- Chung, KY, Lunt, DK, Choi, CB, Chae, SH, Rhoades, RD, Adams, TH, Booren, B, Smith, SB. 2006. Lipid characteristics of subcutaneous adipose tissue and *M. longissimus thoracis* of Angus and Wagyu steers fed to U.S. and Japanese end-point. *Meat Science.* 73:432-441.
- Davey, CL, Gilbert, KV. 1967. Structural changes in meat during aging. *Journal of Food Technology.* 2:57-59.
- Dryden, FD, Marchello, JA. 1970. Influence of total lipid and fatty acid composition upon the palatability of three bovine muscles. *Journal of Animal Science.* 31:36-41.
- Folch, J, Lees, M, Stanley, GHS. 1957. A simple methods for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *Journal of Biology Chemistry.* 226:497-509.
- Grundy, SM, Florentin, L, Nix, D, Whelan, MF. 1988. Comparison of monounsaturated fatty acids and carbohydrates for reducing raised levels of plasma cholesterol in man. *The American Journal of Clinical Nutrition.* 47:965-969.
- Hornstein, I, Crowe, PF, Heimberg, MJ. 1961. Fatty acid composition of meat tissue lipids. *Journal of Food Science.* 26:581-586.
- Issanchou, S. 1996. Consumer expectations and perceptions of meat and meat product quality. *Meat Science.* 43:S5-S19.
- Jeong, GG, Park, NY, Lee, SH. 2006. Quality characteristics of high and low grade Hanwoo beef during storage at 1°C. *Korean Journal of Food Science and Technology.* 38: 10-15.
- Joo, ST, Lee, HK, Kang, GH, Shin, CW, Yang, HS, Moon, SS, Lee, JI, Kim, YH, Park, GB. 2002. Effects of submersion aging in chilled water on tenderness and microbial growth of vacuum-packed Hanwoo Meat. *Korean Journal for Food*

- Science of Animal Resources. 22(3):228-233.
- Kim, BC, Joo, ST, Park, GB, Seong, SK, Lee, M, Lee, SK, Jung, MS, Joo, ST, Choi, YI. 1998. The Science of Muscle Food. pp. 71-91. Sunjinmoonhwas.
- Kim, CJ, Lee, ES. 2003. Effects of quality grade on the chemical, physical and sensory characteristics of Hanwoo (Korean native cattle) beef. Meat Science. 63:397-405.
- Kim, DG, Lee, SH, Kim, SM, Seok, YS, Sung, SK. 1996. Effects of packaging method on physico-chemical properties of Korean Beef. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 25:944-950.
- Kim, JH, Cho, SH, Seong, PN, Hah KH, Kim, HK, Park, BY, Lee, JM, Kim, DH, Ahn, CN.. 2007. Effect of ageing temperature on the meat quality of *Longissimus* muscle from Hanwoo steer. Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 27: 171-178.
- Kris-Etherton, PM, Yu, S. 1997. Individual fatty acid effects on plasma lipids and lipoproteins: human studies. The American Journal of Clinical Nutrition. 65:1628S-1644S.
- Lawrie, RA, Ledward, DA. 2006. Lawrie's meat science. 7th ed., Woodhead Publishing, Cambridge, England.
- Lee, WT, Dawson, LE. 1973. Chicken lipid changes during cooking in fresh and reused cooking oil. Journal of Food Science. 38:1232-1237.
- May, SG, Sturdivant, CA, Lunt, DK, Miller, RK, Smith, SB. 1993. Comparison of sensory characteristics and fatty acid composition between Wagyu crossbred and Angus steers. Meat Science. 35:289-298.
- McNamara, DJ. 1992. Dietary fatty acid, lipoproteins, and cardiovascular disease. Advances in Food and Nutrition Research. 36:253-351.
- 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.
- Miller, AJ, Ackerman, SA, Palumbo, SA. 1980. Effect of frozen storage on functionality of meat for processing. Journal of Food Science. 45:1466-1471.
- Moerck, KE, Ball, Jr., HR. 1974. Lipid autooxidation on mechanically deboned chicken meat. Journal of Food Science. 39:876-879.
- 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 Science. 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 Journal for Food Science of Animal Resources. 33: 796-805.
- Oh, MR. 2007. Comparison of beef quality and nutritional composition of different breeds. Ph.D. thesis, Graduate School of Cheongju University, Korea.
- Park, BS, Yoo, IJ. 1994. Comparison of fatty acid composition among imported beef, holstein steer beef and hanwoo beef. Journal of Animal Science. 36:69-75.
- Park, GB, Lee, JS, Lee, HG, Song, DJ. 1989. Changes in fatty acid composition of Korean native cattle and porcine muscles during postmortem storage. Journal of Animal Science and Technology. 31:254-260.
- Rho, J, Kim, M, Song, HN. 2007. A study on the quality characteristics of brand and non-brand Korean beefs. Korean Journal of Cookery science, 23:187-194.
- Risvik, E. 1994. Sensory properties and preferences. Meat Science. 36:67-77.
- Rule, DC, Smith, SB, Romans, JR. 1995. Fatty acid composition of muscle and adipose tissue of meat animals. In: The biology of fat in meat animals, Smith, SB, Smith, DR. (Eds), American Society of Animal Science. Champaign. 144-165.
- Seol, KH, Kim, KH, Kim, YH, Youm, KE, Lee, M. 2014. Effect of temperature and relative humidity in refrigerator on quality traits and storage characteristics of pre-packed Hanwoo loin. CNU Journal of Agricultural Science. 41:415-424.
- Smith, SB, Yang, A, Larsen, TW, Tume, RK. 1998. Positional analysis of triacylglycerols from bovine adipose tissue lipids varying in degree of unsaturation. Lipids. 33:197-207.
- Thrall, BE, Cramer, DA. 1971. Relationships of serum, muscle and subcutaneous lipids to beef carcass traits and flavour. Journal of food Science. 36:194-198.
- Tomas, R, Anjaneyulu, ASR, Gadekar, YP, Pragati, H, Kondaiah, N. 2007. Effect of comminution temperature on the quality and shelf life of buffalo meat muggets. Food Chemistry. 103:787-794.
- Van Moeseke, W, De Smet, S, Claeys, E, Demeyer, D. 2001. Very fast chilling of beef: Effect on meat quality. Meat Science. 59:31-37.
- Waldman, RC, Suess, GG, Brungardt, VH. 1968. Fatty acids of certain bovine tissue and their association with growth, carcass and palatability traits. Journal of Animal Science. 27:632-635.
- Westerling, DB, Hedrick, HB. 1979. Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. Journal of Animal Science. 48:1343-1348.
- Winger, FJ, Fennema, O. 1976. Tenderness and water holding properties of beef muscle as influenced by freezing and subsequent storage at -3 or 15°C. Journal of Food Science. 41:1433-1438.
- Wood, JD, Nute, GR, Richardson, RI, Whittington, FM, Southwood, O, Plastow, G, Mansbridge, R, da Costa, N, Chang, KC. 2004. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. Meat Science. 67: 661-667.
- Yamamoto, K., Samejima, K. (1977) A comparative study of the changes in hen pectoral muscle during storage at 4°C and -20°C. Journal of Food Science. 42:1642-1645.