냉장저장 중 돼지 저지방 부위 근육의 육색소, POV, TBARS, 유리지방산 함량 및 지방산 조성 변화

성필남* · 조수현 · 김진형 · 강근호 · 박범영 · 이종문 · 김동훈
농촌진흥청 국립축산과학원

Changes in Haem Pigments, Peroxide Value, TBARS, Free Fatty Acid Contents and Fatty Acid Composition of Muscles from Low Fat Pork Cuts during Chilled Storage

Pil Nam Seong*, Soo Hyun Cho, Jin Hyoung Kim, Geun Ho Kang,
Beom Young Park, Jong Moon Lee, and Dong Hoon Kim
National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-350, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the changes in haem pigments, peroxide value, TBARS, free fatty acid contents and fatty acid composition of five muscles from low fat pork cuts during storage at 4°C for 14 d. The myoglobin contents (Oxy, Met and Total) did not change significantly ($p>0.05$) as storage time increased. In addition, the peroxide value did not change significantly ($p>0.05$), but the thiobarbituric acid reactive substances were significantly ($p<0.05$) upregulated during chilled storage. The total free fatty acid contents of the *longissimus dorsi* muscle were significantly ($p<0.05$) upregulated, but the saturated, unsaturated, mono-unsaturated and poly-unsaturated fatty acid composition of the muscles did not change significantly ($p>0.05$) during chilled storage.

Key words: pork muscles, chilled storage, fatty acid composition

서 론

우리나라 소비자의 돼지고기 소비성향은 부위에 따라 선호도 차이가 매우 크다. 소비자가 가장 좋아하는 부위는 삼겹살과 목살이며, 한국육가공협회에서 2003년에 실시한 소비자 조사결과에 의하면 이들 부위를 주로 구입한다는 소비자가 응답자의 93%였으며, 반면 뒷다리와 등심 부위는 20%에도 미치지 못하였다. 이러한 편향된 소비로 인해 부위별 소비자 가격 또한 농협 5개 하나로클럽 2007년 평균, 삼겹살이 약 15천원/kg인데 반해 뒷다리 부위는 약 7천원 수준으로 삼겹살의 50%에 불과한 실정이다.

하지만 돼지고기 부위별 생산 수율은 선호부위인 삼겹살(18.3%), 목심(9.3%), 갈비(8.9%)는 36.5%인데 반해 비선호 부위인 저지방 부위는 뒷다리(30.9%), 앞다리(19.7%), 등심(12.9%)을 합하여 63.5%를 차지하여 비선호 부위의

생산량이 선호부위의 1.74배에 달하고 있다(박 등, 2004). 특히 소비자가 가장 구매를 기피하는 뒷다리 부위는 돼지 한 마리에서 생산되는 양이 전체 정육생산량의 30.9%를 차지하고 있어 이 부위의 소비부진에 따른 양돈산업의 피해가 커 양돈농가와 관련 산업체는 합리적 이용 및 소비 촉진 방안을 지속적으로 요청하고 있는 실정이다.

국내 소비자들이 가장 선호하는 구이용 부위는 삼겹살, 목심, 항정살, 갈매기살 등이며, 목심의 경우 근육과 근육 사이에 지방이 적당히 분포되어 있고, 삼겹살 또한 지방 함량이 풍부하기 때문이다. 특히, 지방함량이 낮은 돼지고기는 굽는 과정에서 건조되어 조직이 딱딱해지고, 풍미가 좋지 않게 되는데 구이용 고기에서 일정수준의 지방함량을 요구하는 이유는 첫째, 지방조직은 고기를 굽는 과정에서 열전도율이 낮아 가열처리에 의한 단백질 변성을 막아줌으로써 익힌 고기의 조직감을 좋게 하고, 둘째, 가열처리 과정에서 지방이 유출되어 고기 표면을 피복함으로써 가열에 의한 고기 내 수분증발을 최소화하여 다즙성을 좋게 하며, 셋째, 고기 속의 지방은 가열처리에 의해 맛과

*Corresponding author : Pil Nam Seong, National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-706, Korea. Tel: 82-31-290-1699, Fax: 82-31-290-1697, E-mail: spn2002@korea.kr

관련된 여러 가지 휘발성 물질을 생성하고, 넷째, 근섬유 막에 축적된 근내지방은 가열 시 수축되는 근섬유 막의 파괴가 용이하도록 함으로써 고기의 연도를 좋게 하며, 다섯째, 고기 속의 지방은 구워진 고기를 먹을 때 입안에서 치아에 의하여 저작하는 과정에서 녹아 나와 침샘을 자극 함으로써 침의 분비를 촉진하여 다즙한 느낌을 갖도록 하기 때문이다(김 등, 2001).

돼지의 앞다리와 뒷다리는 운동기능을 담당하는 생체조직으로 앞다리는 39개 근육, 뒷다리는 36개 근육들로 이루어져 있다(Jones and Burson, 2000). 이러한 근육들은 각각의 기능에 따라 구성성과 영양적 특성이 달라 결국 식육으로 전환된 후 근육의 성숙도, 콜라겐 함량, 근육의 수축상태 등에 의해 다양한 연도 또는 품질특성을 가지게 된다. Kim 등(2008)은 거세돼지 5두와 암돼지 5두의 21개 근육들의 영양성분을 분석한 결과 근육들의 지방함량은 1.54-7.03%로 많은 차이를 보이며, 대퇴근막긴장근(*Tensor fasciae latae*), 넓은등근(*Latissimus dorsi*), 반힘줄모양근(*Semitendinosus*), 상완머리근(*Brachiocephalicus*), 가시위근(*Supraspinatus*) 순으로 높았다고 보고해 저지방 부위 중 지방함량이 높은 근육에 대한 적절한 활용으로 부가가치 향상이 가능할 것으로 여겨진다. 특히, 지방함량이 높은 근육들을 시중에서 고가로 거래되고 있는 항정살, 갈매기 살 등과 같은 구이용 특수부위로 활용한다면 상당한 부가가치 향상효과를 기대할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 돼지고기 저지방 부위를 구성하고 있는 근육들 중 지방함량이 높은 5개 근육들의 냉장유통 중 품질변화에 대한 기초자료를 제시하기 위해 냉장상태에서 14일 동안 저장하면서 근육별 육색소, peroxide value, TBARS 및 지방산 조성 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

시료 준비

일반도축장에서 도축된 삼원교잡종(L×Y×D) A등급 암 돼지 9두를 사용하였고, 도축 후 24시간 냉장된 도체를 구입한 후 실험실로 운반하여 축산물가공처리법시행규칙 제 51조 제2항[별표 13]3의 나에 의한 “식육의 부위별등급별 및 종류별 구분방법”(농림부 고시 제2005-50호;2005.7.1)으로 분할정형하고, 근육을 분리하였다. 앞다리에서는

infraspinatus, *pectoralis profundifan*, *latissimus dorsi*, *supraspinatus* 등 4개 근육을, 뒷다리에서는 *semitendinosus* 1개 근육을 분리하여 실험샘플로 사용하였다(Fig. 1). 또한 등심부위에서 *longissimus dorsi* 1개 근육을 분리하여 대조구로 제시하였다. 근육들은 표면의 근막과 과도한 지방을 제거하고, 3등분으로 분할하여 진공포장 한 후 저장일 별로 배치하였다. 도축 후 3일을 저장 3일로 하여 4℃ 냉장고에서 14일 동안 저장하면서 3, 7, 14일마다 분석하였다. 분석에 사용한 근육들의 저장 3일 근내지방함량은 *infraspinatus*, *pectoralis profundifan*, *latissimus dorsi*, *supraspinatus*, *longissimus dorsi* 근육이 각각 4.49±0.76%, 5.58±0.91%, 4.65±0.75%, 5.62±1.03%, 5.01±1.00%, 2.24±0.42%였다.

육색소 함량, POV, TBARS, 유리지방산 및 지방산 조성 분석

육색소 함량은 Krzywicki(1982)의 방법으로 측정하였으며, 간단하게 설명하면 분쇄된 근육시료 4 g 취하여 냉장고에 보관중인 phosphate buffer(pH 6.8, 이온강도 0.04)를 20 mL 넣은 후 13,000 rpm에서 10초간 균질화하였다. 이때 육색소 추출은 Warriss(1979)의 방법으로 추출하였고, 균질액을 냉암소에서 1시간 방치한 후 5,000 g에서 30분간 원심분리시켰다. 상층액을 Whatman No. 1 여과지로 여과한 후 572, 565, 545, 525 nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같은 산술식으로 계산하였다.

$$[\text{Total-myo}] = C_{\text{Myo}}/C = 0.369R_1 + 1.140R_2 - 0.941R_3 + 0.015$$

$$[\text{Ox}] = C_{\text{Ox}}/C = 0.882R_1 - 1.267R_2 + 0.809R_3 - 0.361$$

$$[\text{Met}] = C_{\text{Met}}/C = -2.514R_1 + 0.777R_2 + 0.800R_3 + 1.098$$

$$R_1 = A^{572}/A^{525}, R_2 = A^{565}/A^{525}, R_3 = A^{545}/A^{525}$$

$$C = C_{\text{Myo}} + C_{\text{Ox}} + C_{\text{Met}}$$

POV(peroxide value) 측정은 분쇄된 근육샘플 50 g에 folch 용액 150 mL 가한 다음 균질기로 3분간 마쇄하여 지질을 추출하고 원심분리 튜브에 Whatman No.1 여과지로 여과했다. 여기에 물을 1/3 정도 가하여 균형을 맞추고 10분간 원심분리하고 aspirator를 이용하여 연결된 모세관으로 상층액을 버리고 하층을 사용하였다. 등근 원형 250 mL flask에 하층을 여과하되 이때 무수황산나트륨(Na_2SO_4)

Fig. 1. Pictures of five muscles.

를 이용하여 남은 수분을 흡착 여과했고 여액을 증발농축기로 50°C에서 지방을 농축시켰다. 이렇게 추출된 지방 5 g에 acetic acid와 chloroform을 3:2로 혼합하여 제조한 용액 30 mL과 saturated potassium iodide 1 mL을 첨가한 후 0.01 N potassium thiosulfate로 적정하였으며, 지시약으로 5% starch를 사용하였다(LMBG, 1991).

TBARS(thiobarbituric acid reactive substances) 측정은 Buege와 Aust(1978)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 5 g을 3배의 증류수를 가해 균질화한 후 여과한 다음 여액 1 mL을 시료로 사용하였으며, 여기에 50 µL dibutylhydroxytoluene (BHT) 7.2%를 넣고 산화반응을 정지시켰다. 반응혼합물을 잘 섞은 다음 2 mL의 TCA/TBA 시약을 가하고, 다시 혼합 후 끓는 물에서 15분간 가열시켰다. 가열 후 찬물에서 식힌 다음 2,000 g의 속도로 15분간 원심분리 시켰다. 상층액을 분광광도계(UV-2001, Hitachi, Japan)로 531 nm에서 측정하였고, 공시료는 시료대신 증류수를 가하여 같은 방법으로 측정하였다. TBARS 값은 흡광도 수치에 5.88을 곱하여 계산한 후 반응혼합물 1 L에 대해서 malondialdehyde (MDA) mg으로 표시하였다.

유리지방산(FFA, free fatty acid) 함량 측정은 Matisek (1992)의 방법으로 수행하였다. 지방 4 g을 ethanol과 toluene 용액 50 mL에 녹여 산은 potassium hydroxide 용액(0.1 mole/L)으로 적정하였고, thymolphthalene을 척도로서 적용하였다. FFA 측정을 위하여 산가는 $SZ = a \times N \times MKOH$ 방정식으로 계산하였으며, $a = mL$ 에 potassium hydroxide (KOH) 용액 적정량, $N = mole/L$ 에 potassium hydroxide 용액 농도, $E = 지방량$, $MKOH = 56.1 g/mole$ 로 계산하였다. 이후 $FFA(\%) = SZ \times MFS / 56.1 \times 100 / 1000$ 식으로 계산하였으며, 이때 MFS는 주요 지방산의 분자량 또는 총지방산의 분자량으로 분자량이 282 g/mole인 oleic acid를 주요 지방산으로 설정하여 계산하였다.

지방산 분석은 Folch 등(1957)의 방법에 따라 혼합한 용액(folch solvent)을 이용하여 지방을 추출하였으며, 추출액의 methylation은 Morrison과 Smith(1964)의 방법을 이용하였고, silica capillary column(Omegawax 205, 30 m×0.32 mm I.D., 0.25 µm film thickness)이 장착된 Gas Chromatography(Star 3600, Varian, USA)를 이용하여 분석하였다. 분석 시 기계조건으로는 Injection port 온도 250°C, 검출기 온도 260°C로 유지하였다. 이동상은 질소(N₂) 가스를 사용하였으며, 분석결과는 전체 피크면적에 대한 비율(%)로 계산하였다.

통계처리

시험결과는 SAS program(SAS, 1996)을 이용하여 분산 분석 및 Duncan의 다중검정을 실시하여 처리구간의 유의성($p < 0.05$)을 검정하였다.

결과 및 고찰

육색소 변화

고기의 색은 소비자가 고기를 구매하는데 있어 가장 중요하게 고려하는 요소 중 하나이며, 육색을 결정하는 가장 주요한 요인은 빛의 파장을 흡수하고 반사시키는 색소들의 함량 및 그것들의 화학적 상태이다. 따라서 식육이 소비자에게 판매되기 전 육색을 결정하는 색소들의 화학적 상태가 어떻게 바뀌는지를 이해하는 것은 중요하다.

Table 1은 돼지고기 저지방 부위 5개 근육들과 *longissimus dorsi* 근육의 냉장저장 중 oxy-myoglobin, met-myoglobin, total-myoglobin 함량 변화를 조사한 결과이다. 14일간 냉장저장 기간 동안 모든 근육들은 oxy-myoglobin, met-myoglobin, total-myoglobin 함량에 유의적인 변화가 없었다($p > 0.05$). 식육에 존재하는 미오글로빈의 함량은 식육동물의 연령, 성별, 근육의 종류 및 근육의 운동상태 등에 따라 차이가 나타나며, 그 차이에 의해 식육의 붉은 색의 정도가 달라진다고 보고하였다(박구부, 2004). 본 연구에서도 근육들 간 육색소 함량에 차이가 많았는데 oxy-myoglobin 함량은 냉장저장 3일과 14일에 *supraspinatus* 근육과 *semitendinosus* 근육이 가장 높은 수치를 나타내었으며, *pectoralis profundifan* 근육과 *longissimus dorsi* 근육이 가장 낮은 수치를 나타내었다($p < 0.05$).

Met-myoglobin 함량은 냉장저장 3일에는 근육들 간 유의적인 차이가 있었으나 7일 이후에는 근육들 간 차이가 없었으며($p < 0.05$), 냉장저장 3일 *longissimus dorsi* 근육에서 met-myoglobin 함량이 가장 높았고, *supraspinatus* 근육에서 가장 낮았다($p < 0.05$). Total-myoglobin 함량은 냉장저장 14일 동안 근육들 간 함량차이가 유사한 경향으로 나타났다. 냉장저장 전 기간 동안 *supraspinatus* 근육은 가장 높은 함량을 보였으며, *longissimus dorsi* 근육은 가장 낮은 함량을 보였다($p < 0.05$). 냉장저장 역시 돈육의 육색(Frederick et al., 2004; Lindahl et al., 2006; Rosenvold and Andersen, 2003; Schluter et al., 1994), 홍색화(blooming) 정도(Lindahl et al., 2006; Zhu et al., 2001), met-myoglobin 생성 정도(Lindahl et al., 2006)에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으나 본 실험에서는 6개 근육 모두에서 냉장저장 14일까지는 변화가 없는 것으로 조사되었다.

POV(peroxide value)

일반적으로 식육의 선도를 증가시키고 미생물에 의한 부패를 감소시키기 위해 냉장상태로 유통 또는 저장하지만 낮은 온도에서 고기를 저장한다 할지라도 가축의 도축 후 근육 내 지질의 지방분해 작용과 지질산화와 같은 생화학적 변화들이 지속적으로 발생하기 때문에 고기의 신선도에는 결국 한계가 있다(Gray et al., 1996; Kanner, 1994;

Table 1. Changes in haem pigments contents (mg/g) of pork muscles during chilled storage

Muscles		Storage days		
		3	7	14
Oxy-myoglobin (mg/g)	<i>Infraspinatus</i>	0.26±0.02 ^{A1)}	0.25±0.03	0.23±0.02 ^{AB}
	<i>Pectoralis Profundi-fan</i>	0.19±0.01 ^B	0.20±0.02	0.18±0.01 ^B
	<i>Supraspinatus</i>	0.28±0.03 ^A	0.26±0.03	0.25±0.02 ^A
	<i>Semitendinosus</i>	0.26±0.02 ^A	0.27±0.03	0.25±0.02 ^A
	<i>Latissimus dorsi</i>	0.22±0.02 ^{AB}	0.23±0.04	0.20±0.02 ^{AB}
	<i>Longissimus dorsi</i>	0.18±0.01 ^B	0.19±0.02	0.18±0.01 ^B
Met-myoglobin (mg/g)	<i>Infraspinatus</i>	0.29±0.01 ^{ABC*}	0.29±0.02	0.31±0.01
	<i>Pectoralis Profundi-fan</i>	0.31±0.01 ^{AB}	0.32±0.01	0.32±0.01
	<i>Supraspinatus</i>	0.27±0.02 ^C	0.28±0.01	0.29±0.01
	<i>Semitendinosus</i>	0.27±0.01 ^{BC}	0.28±0.02	0.29±0.02
	<i>Latissimus dorsi</i>	0.29±0.01 ^{ABC}	0.29±0.04	0.30±0.01
	<i>Longissimus dorsi</i>	0.32±0.01 ^A	0.31±0.02	0.30±0.01
Total-myoglobin (mg/g)	<i>Infraspinatus</i>	4.03±0.83 ^{A*}	3.99±0.73 ^A	3.90±0.85 ^{AB}
	<i>Pectoralis Profundi-fan</i>	1.91±0.39 ^B	2.16±0.51 ^{AB}	1.94±0.50 ^{AB}
	<i>Supraspinatus</i>	3.87±0.78 ^A	4.10±0.81 ^A	4.06±0.91 ^A
	<i>Semitendinosus</i>	2.61±0.54 ^{AB}	3.00±0.65 ^{AB}	3.14±0.88 ^{AB}
	<i>Latissimus dorsi</i>	2.53±0.58 ^{AB}	2.65±0.59 ^{AB}	2.43±0.61 ^{AB}
	<i>Longissimus dorsi</i>	1.76±0.33 ^B	1.97±0.44 ^B	1.74±0.37 ^B

^{A-C}Values with different superscripts in the same column differ significantly ($p<0.05$).

¹⁾Mean±SE.

Table 2. Changes in peroxide value (mM/kg fat) of pork muscles during chilled storage

Muscles		Storage days		
		3	7	14
	<i>Infraspinatus</i>	14.64±3.69 ¹⁾	13.08±2.46 ^{AB}	15.04±3.32
	<i>Pectoralis Profundi-fan</i>	16.32±5.22	15.24±5.11 ^{AB}	14.70±2.65
	<i>Supraspinatus</i>	17.91±4.15	14.84±2.82 ^{AB}	14.49±2.41
	<i>Semitendinosus</i>	14.59±1.98	7.37±1.12 ^B	12.38±1.80
	<i>Latissimus dorsi</i>	25.04±8.62	10.85±2.46 ^{AB}	12.57±1.69
	<i>Longissimus dorsi</i>	24.56±4.10	19.37±5.35 ^A	14.93±2.43

^{A,B}Values with different superscripts in the same column differ significantly ($p<0.05$).

¹⁾Mean±SE.

Morrissey *et al.*, 1998). 따라서 구이용으로 선발된 근육들의 냉장상태에서 저장성을 구명하는 것은 산업화를 위한 중요한 기초 자료가 될 것이다.

Table 2는 냉장저장 기간 중 돼지고기 저지방 부위 5개 근육들과 *longissimus dorsi* 근육의 POV 변화를 조사한 결과이다. 모든 근육들은 냉장저장 14일간 POV에 유의적인 변화가 없었다($p>0.05$). 일반적으로 저장 중 POV는 불포화 지방산이 산소와 결합하여 산화반응을 일으켜 1차산화 생성물인 과산화물을 생성하고, 그 양은 점차 증가되는 것으로 보고되었다(송과 양, 1995). 또한 지방의 산화기작에서 과산화물의 생성량은 지방의 산화가 진행됨에 따라 증가하나 일정기간이 지나면 감소하게 되는데 이는 과산화물이 지방의 2차 산화물로 분해되기 때문이다(Gunstone and Norris, 1983). 특히, 김(1990)은 POV 측정은 지방의 산패를 측정하는 좋은 방법이나 저장기간이 증가하면 POV

는 최고치에 도달한 후 감소하므로 저장기간이 길어지면 지방의 산화도 측정이 곤란하다고 지적하였다.

본 실험에서는 냉장저장 14일 동안 POV가 증가하지 않았는데 원인 중 하나는 개체 간 편차가 너무 커 유의성이 나타나지 않은 것으로 보인다. 특히 *supraspinatus*, *latissimus dorsi*, *longissimus dorsi* 근육들은 냉장저장 3일 최고치를 나타낸 후 저장기간이 증가하면서 감소되는 경향을 보여 기존 보고들과 유사한 결과를 나타내었으나 유의성이 없는 것으로 나타났다. 6개 근육들 간 POV 값을 비교하면 냉장저장 3일과 14일에는 근육 간 차이가 없었으나 7일에는 *longissimus dorsi* 근육에서 가장 높았으며, *semitendinosus* 근육에서 가장 낮았다($p<0.05$).

TBARS(thiobarbituric acid reactive substances)

돼지고기 저지방 부위 5개 근육들과 *longissimus dorsi*

근육의 냉장저장 중 TBARS의 변화를 비교한 결과는 Table 3과 같다. 본 실험에서 돼지고기 저지방 부위 근육 5개와 *longissimus dorsi* 근육은 냉장저장 기간이 증가할수록 TBARS가 유의적으로 증가하였고, *supraspinatus* 근육과 *latissimus dorsi* 근육은 냉장저장 3일과 7일 사이에 급격한 증가를 보였다($p<0.05$). 반면, *longissimus dorsi* 근육은 냉장저장 7일과 14일 사이에 급격한 증가를 보였으며, *infraspinatus*, *pectoralis profundifan*, *semitendinosus* 근육들은 냉장저장 14일간 TBARS가 꾸준히 증가되는 것으로 조사되어($p<0.05$) 냉장저장 중 근육 내 지방이 산화되는 시점에 서로 차이가 있음이 밝혀졌다. 또한 근육 간 지방의 산화정도를 비교하면 *infraspinatus* 근육은 전 기간 동안 가장 높은 값을 나타내었고, *longissimus dorsi* 근육은 가장 낮은 값을 나타내었다($p<0.05$). 저장 중 돈육의 TBARS가 증가된다는 많은 보고들(Choi *et al.*, 2002; Han *et al.*, 1999; Hur *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2004; Shin and Lee, 2002)과 동일한 결과이다. 특히, Kim 등(2004)은 돈육 삼겹살, 전지, 등심부위를 4°C에서 12일 동안 저장하면서 TBARS 변화를 조사한 결과 모든 부위들은 저장기간이 경과되면서 TBARS가 증가되었으며, 특히 지방함량이 가장 높은 삼겹살이 다른 부위들보다 높은 값을 보였다고 하였다. 본 실험에서도 *longissimus dorsi* 근육의 TBARS가 가장 낮은 이유가 다른 근육들보다 지방함량이 낮기 때문인 것으로 생각된다.

高坂(1975)은 신선육의 경우 TBA가 0.5이상이면 산패취가 감지된다고 하였고, Turner 등(1954)은 TBA가 0.46 mg MA/kg 이상인 돈육의 경우 관능적 품질에 있어 저하가 인정되었으며, 1.2 mg MA/kg 이상일 때 완전히 부패된 것으로 보고하였다. 또한 Brewer 등(1992)은 신선한 돈육의 TBA는 0.2였으며, 저장기간이 경과함에 따라 TBA가 증가되었으며, 4.0 mg MA/kg 이상은 완전히 산패된 것을 평가하였다. 본 실험에 사용된 모든 근육들은 진공포장 상태로 냉장저장 할 경우 14일 0.4 이하의 TBARS를 나타내어 냉장저장 14일까지는 지방산화가 이들 근육들의 품질에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

FFA(free fatty acid)

돼지고기 저지방 부위 5개 근육들과 *longissimus dorsi* 근육의 냉장저장 중 유리지방산(FFA, free fatty acid) 변화를 비교한 결과는 Table 4와 같다. *Infraspinatus*, *pectoralis profundifan*, *supraspinatus*, *semitendinosus*, *latissimus dorsi* 근육들은 냉장저장 14일 후 유리지방산이 높아지는 경향을 보였으나 유의성은 인정되지 않았다($p>0.05$). 하지만 *longissimus dorsi* 근육의 유리지방산 함량은 저장 3일 2.66%에서 14일 4.13%로 냉장저장 기간이 길어질수록 유의적으로 높아지는 결과를 보였다($p<0.05$).

이러한 결과로 냉장저장 기간이 증가됨에 따라 근육 내 지방의 산화가 진행되었음을 알 수 있으며, Lefebvre 등

Table 3. Changes in TBARS (MDA mg/kg meat) of pork muscles during chilled storage

Muscles	Storage days		
	3	7	14
<i>Infraspinatus</i>	0.23±0.02 ^{cA1)}	0.31±0.01 ^{bA}	0.36±0.02 ^{aA}
<i>Pectoralis Profundi-fan</i>	0.22±0.02 ^{bAB}	0.27±0.02 ^{abA}	0.32±0.02 ^{aAB}
<i>Supraspinatus</i>	0.23±0.02 ^{bA}	0.30±0.02 ^{aA}	0.35±0.02 ^{aAB}
<i>Semitendinosus</i>	0.22±0.02 ^{bAB}	0.29±0.02 ^{abA}	0.35±0.04 ^{aAB}
<i>Latissimus dorsi</i>	0.20±0.02 ^{bAB}	0.30±0.02 ^{aA}	0.31±0.02 ^{aAB}
<i>Longissimus dorsi</i>	0.17±0.02 ^{bB}	0.21±0.02 ^{bB}	0.29±0.01 ^{aB}

^{a-c}Values with different superscripts in the same row differ significantly ($p<0.05$).

^{A, B}Values with different superscripts in the same column differ significantly ($p<0.05$).

¹⁾Mean±SE.

Table 4. Changes in free fatty acid contents (% oleic acid) of pork muscles during chilled storage

Muscles	Storage days		
	3	7	14
<i>Infraspinatus</i>	2.66±0.35 ¹⁾	2.44±0.28 ^{AB}	3.62±0.55 ^{AB}
<i>Pectoralis Profundi-fan</i>	1.62±0.31	1.82±0.30 ^B	2.53±0.54 ^{AB}
<i>Supraspinatus</i>	2.80±0.40	2.95±0.41 ^A	3.17±0.42 ^{AB}
<i>Semitendinosus</i>	1.70±0.28	2.76±0.54 ^{AB}	2.13±0.31 ^B
<i>Latissimus dorsi</i>	1.80±0.33	1.65±0.27 ^B	2.15±0.32 ^B
<i>Longissimus dorsi</i>	2.76±0.54 ^{ab}	1.75±0.27 ^{bB}	4.13±0.90 ^{aA}

^{a-c}Values with different superscripts in the same row differ significantly ($p<0.05$).

^{A-C}Values with different superscripts in the same column differ significantly ($p<0.05$).

¹⁾Mean±SE.

(1994)과 Kwak과 Kang(2000) 역시 식육에 있어 저장기간의 연장은 유리지방산을 증가시킬 수 있다고 보고하였다. Dempster 등(1985)은 식육의 저장 중 유리지방산 증가는 식육내부에 존재하는 중성지질(tri-glycerides)과 인지질(phospholipids)의 분해가 주 원인이며, 식육조직의 자연적으로 발생하는 품질저하를 나타내는 하나의 지표라고 하였다. 근육들 간 냉장저장 기간별 유리지방산을 비교한 결과 저장 3일에는 유의적인 차이가 없었으나($p>0.05$) 저장 7일에는 *supraspinatus* 근육이 *pectoralis profundifan*, *latissimus dorsi*, *longissimus dorsi* 근육보다 유리지방산이 높았으며($p<0.05$), 저장 14일에는 *longissimus dorsi* 근육이 *semitendinosus* 근육과 *latissimus dorsi* 근육보다 유리지방산이 더 높았다($p<0.05$).

지방산 조성 변화

냉장 또는 냉동 저장하는 동안 가열 또는 비가열 식육 제품에서의 지방산화는 제품의 품질을 떨어뜨리는 중요한 요인 중의 하나이다. 식육제품 내에서 이러한 지방산화가 진행되면 악취를 발생시키고(Morrissey *et al.*, 1998), 변색되며(Faustman *et al.*, 1989), 안전성(Addis, 1986)에도 영향을 미치게 된다. 특히, Gladys와 Lillian(1994)은 지방산

화물이 돌연변이의 발생과 세포구조를 자극함으로써 발암을 초래하고, 덧붙여 혈액내의 lipoprotein의 산화적 변화는 장기간의 아테롬성 동맥 경화증의 발전에 책임이 있으며, 산화과정은 심장마비 또는 심장병 발병 시에 즉각적으로 조직을 손상시킨다고 보고하였다. 따라서 식육의 저장 중 지방산화 정도를 파악하여 그 정도에 따라 적절하게 대처하는 기술이 중요하다.

Table 5는 돼지고기 저지방 부위 5개 근육들과 *longissimus dorsi* 근육의 냉장저장 중 지방산 조성이 어떻게 변화하는지를 조사한 결과이다. 냉장저장 14일까지는 모든 근육들에서 포화지방산, 불포화지방산, 단일불포화지방산, 다중불포화지방산에 유의적인 변화를 발견하지 못하였다($p>0.05$).

이전 연구에서 지방산화가 더 잘 되는 근육들은 사실상 맛이 더 좋고, 다즙하며, 산화가 더 빨리 일어난다고 지적하였다(Valin *et al.*, 1982). 이러한 사실은 부분적으로는 이들 근육들 내에 다중불포화지방산의 함량이 더 높은 것과 관련이 있다(Alasnier and Gandemer, 1998). Morcuende 등(2003)은 당분해성(glycolytic) 근육 *serratus ventralis*와 *longissimus dorsi*와 산화성(oxidative) 근육 *masseter*를 4°C에서 10일 동안 PVC 필름으로 랩 포장하여 저장하면서 지방산 조성 변화를 조사한 결과 중성지질에서 C18:2,

Table 5. Changes in fatty acid composition of pork muscles during chilled storage

Items	Muscles	Storage days		
		3	7	14
Saturated fatty acid (%)	<i>Infraspinatus</i>	36.55±0.59 ^{B1)}	36.34±0.37 ^C	36.89±0.39
	<i>Pectoralis Profundi-fan</i>	38.37±0.65 ^A	37.37±0.35 ^{ABC}	37.10±0.36
	<i>Supraspinatus</i>	36.74±0.54 ^{AB}	37.26±0.38 ^{ABC}	36.97±0.56
	<i>Semitendinosus</i>	36.77±0.43 ^{AB}	36.58±0.58 ^{BC}	36.60±0.37
	<i>Latissimus dorsi</i>	36.89±0.70 ^{AB}	38.06±0.71 ^{AB}	37.72±0.35
	<i>Longissimus dorsi</i>	38.11±0.37 ^{AB}	38.35±0.52 ^A	37.89±0.42
Unsaturated fatty acid (%)	<i>Infraspinatus</i>	63.45±0.59 ^{A1)}	63.66±0.37 ^A	63.11±0.39
	<i>Pectoralis Profundi-fan</i>	61.63±0.65 ^B	62.63±0.35 ^{ABC}	62.90±0.36
	<i>Supraspinatus</i>	63.26±0.54 ^A	62.74±0.38 ^{ABC}	63.03±0.56
	<i>Semitendinosus</i>	63.23±0.43 ^A	63.42±0.58 ^{AB}	63.40±0.37
	<i>Latissimus dorsi</i>	62.55±0.46 ^{AB}	61.94±0.71 ^{BC}	62.28±0.35
	<i>Longissimus dorsi</i>	61.89±0.37 ^{AB}	61.65±0.52 ^C	62.11±0.42
Mono-unsaturated fatty acid (%)	<i>Infraspinatus</i>	49.18±1.10*	49.93±0.59	49.06±0.76
	<i>Pectoralis Profundi-fan</i>	49.73±0.84	50.44±0.63	50.55±0.78
	<i>Supraspinatus</i>	50.52±0.57	49.47±0.69	49.61±0.61
	<i>Semitendinosus</i>	51.05±0.72	50.70±0.69	50.62±0.63
	<i>Latissimus dorsi</i>	50.16±0.70	49.78±0.68	49.68±0.79
	<i>Longissimus dorsi</i>	50.47±0.78	49.86±0.94	50.21±0.77
Poly-unsaturated fatty acid (%)	<i>Infraspinatus</i>	14.27±1.45 ¹⁾	13.73±0.72	14.06±0.98
	<i>Pectoralis Profundi-fan</i>	11.90±0.98	12.19±0.77	12.35±0.61
	<i>Supraspinatus</i>	12.74±0.59	13.27±0.84	13.43±0.77
	<i>Semitendinosus</i>	12.18±0.68	12.72±0.91	12.78±0.76
	<i>Latissimus dorsi</i>	12.40±0.79	12.16±0.90	12.60±0.88
	<i>Longissimus dorsi</i>	11.42±0.95	11.79±0.94	11.90±0.81

A-C Values with different superscripts in the same column differ significantly ($p<0.05$).

¹⁾ Mean±SE.

C18:3, C20:4 비율과 총 다중불포화지방산 비율은 모든 근육들에서 감소하였으며, C16:0의 비율이 증가하였다고 보고하였다. 하지만 본 실험에서는 냉장저장 14일까지 지방산 조성에 변화가 없었는데 이는 포장방법에 의한 차이로 생각된다.

하지만 많은 연구결과들이 저장기간이 경과함에 따라 불포화지방산은 포화지방산으로 산화되어 감소된다고 보고되고 있다(Lee and Dawson, 1973; Moerck and Ball, 1974). 저장기간별 근육들 간 지방산 조성 차이를 살펴보면 저장 7일까지는 포화지방산과 불포화지방산에 있어 근육 간 유의적인 차이가 인정되었으나 14일에는 모든 근육들이 동일한 수준을 나타내었다. 저장 3일 *pectoralis profundus* 포화지방산 비율이 가장 높았고, 불포화지방산 비율은 가장 낮았으며($p<0.05$), *infraspinatus* 근육은 포화지방산 비율이 가장 낮았고, 불포화지방산 비율은 가장 높았다($p<0.05$). 단일불포화지방산과 다중불포화지방산 비율은 저장기간에 따른 근육별 차이는 없는 것으로 나타났다($p>0.05$). 일반적으로 동물의 근육 내 지방산 조성은 도체부위에 따라서 차이가 있다고 보고되고 있으며(Hornstein et al., 1961; Lin et al., 1983; Sink et al., 1964), 결국 부위를 구성하는 근육들의 대사형태에 달려있다(Cava et al., 2003).

요 약

돼지고기 저지방 부위를 구성하고 있는 근육들 중 지방함량이 높은 5개 근육들의 냉장유통 중 품질변화를 예측하고자 냉장상태에서 14일 동안 저장하면서 근육별 이화학적 품질변화를 조사하였다. 육색소(oxy-myoglobin, met-myoglobin, total-myoglobin) 함량은 저장기간에 따른 차이가 없었다($p>0.05$). 냉장저장 중 구이용으로 가능한 근육들의 저장성에서 POV 값은 모든 근육들에서 냉장저장 14일간 유의적인 변화가 없었지만($p>0.05$), TBARS 값은 모든 근육들은 냉장저장 기간이 경과할수록 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 유리지방산은 *longissimus dorsi* 근육이 냉장저장 기간이 경과함에 따라 유의적으로 높아졌다($p<0.05$). 지방산 조성에서 냉장저장 14일까지는 모든 근육들에서 포화지방산, 불포화지방산, 단일불포화지방산, 다중불포화지방산에 유의적인 변화가 없었다($p>0.05$).

참고문헌

- Addis, P. B. (1986) Occurrence of lipid oxidation products in foods. *Food Chem. Toxicol.* **24**, 1021-1026.
- Alasnier, C. and Gandemer, G. (1998) Fatty acid and aldehyde composition of individual phospholipid classes of rabbit skeletal muscles is related to the metabolic type of the fibre. *Meat Sci.* **48**, 225-235.
- Brewer, M. S., Ikins, W. G., and Harbers, C. A. Z. (1992) TBA values, sensory characteristics and volatiles in ground pork during long-term frozen storage: Effect of packaging. *J. Food Sci.* **57**, 558-563.
- Buege, J. A. and Aust, S. D. (1978) Microsomal lipid peroxidation, *Method Enzymol.* **105**, 302-310.
- Cava, R., Estévez, M., Ruiz, J., and Morcuende, D. (2003) Physicochemical characteristics of three muscles from free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight. *Meat Sci.* **63**, 533-541.
- Choi, Y. S., Park, B. Y., Lee, S. K., Kim, I. S., and Kim, B. C. (2002) Composition and physico-chemical properties of vacuum packaged Korean pork loins for export during cold storage. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **22**, 151-157.
- Dempster, J. F., Hawrysh, Z. J., Shand, P., Lahola-Chomiak, L., and Corletto, L. (1985) Effect of low dose irradiation (radurisation) on the shelf life of beef burgers stored at 3°C. *Food Technol.* **20**, 145-154.
- Faustman, C., Cassens, R. G., Schaefer, D. M., Buege, D. R., Williams, S. N., and Scheller, K. K. (1989) Improvement of pigment and lipid stability in holstein steer beef by dietary supplementation with vitamin E. *J. Food Sci.* **54**, 858-862.
- Folch, J., Lees, M., and Sloane-Stanley, G. H. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissue. *J. Biol. Chem.* **26**, 497-507.
- Frederick, B. R., van Heugten, E., and See, M. T. (2004) Timing of magnesium supplementation administered through drinking water to improve fresh and stored pork quality. *J. Anim. Sci.* **82**, 1454-1460.
- Gady, B. and Lillian, L. (1994) Antioxidant vitamins and disease prevention. *Food Technol(Chicago)*. **48**, 80-84.
- Gray, J. I., Gomaa, E. A., and Buckley, D. J. (1996) Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Sci.* **43**, 111-123.
- Gunston, F. D. and Norris, F. A. (1983) Lipids in foods chemistry, biochemistry and technology. Pergamon Press Inc., pp. 58.
- Han, C. Y., Lee, S., Joo, S. T., and Kim, B. C. (1999) Effect of vacuum packaging on pork quality of wholesales-cuts during the storage period. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **19**, 1-9.
- Hornstein, I., Crowe, P. F., and Heimberg, M. F. (1961) Fatty acid composition of meat tissue lipids. *J. Food Sci.* **26**, 581-586.
- Hur, S. J., Joo, S. T., Oh, S. H., Kim, Y. J., Kim, Y. H., Lee, J. I., and Park, G. B. (2001) Effects of packaging method and storage condition on meat shelf-life and water-holding capacity of pork loin. *J. Anim. Sci. Technol. (Kor.)*. **43**, 121-130.
- Jones, S. T. and Burson, D. E. (2000) Porcine myology. University of Nebraska, Institute of Agriculture and Natural Resources, Animal Science Department, Lincoln, NE 68583-0908.
- Kanner, J. (1994) Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Meat Sci.* **36**, 169-189.
- Kim, S. K., Lee, M. S., Lee, K. T., Park, S. K., and Song, K.

- B. (2004) Changes in quality of pork and beef during storage and electronic nose analysis. *Korean J. Food Preserv.* **11**, 441-447.
20. Kim, J. H., Seong, P. N., Cho, S. H., Park, B. Y., Hah, K. H., Yu, L. H., Lim, D. G., Hwang, I. H., Kim, D. H., Lee, J. M., and Ahn, C. N. (2008) Characterization of nutritional value for twenty-one pork muscles. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* **21**, 138-143.
 21. Krzywicki, K. (1982) The determination of haem pigments in meat. *Meat Sci.* **7**, 29-36.
 22. Kwak, H. J. and Kang, I. J. (2000) Irradiation of Korean beef for the improvement of hygienics and quality preservation. *Korean J. Food Sci. Technol.* **2**, 363-372.
 23. Lee, W. T. and Dawson, L. E. (1973) Chicken lipid changes during cooking in fresh and reused cooking oil. *J. Food Sci.* **38**, 1232-1237.
 24. Lefebvre, N., Thibault, C., Charbonneau, R., and Piette, J. P. G. (1994) Improvement of shelf-life and wholesomeness of ground beef by irradiation, 2. chemical analysis and sensory evaluation. *Meat Sci.* **36**, 371-380.
 25. Lin, R. R., Carpenter, J. A., and Reagan, J. O. (1983) Chemical, cooking and textural properties of semimembranosus, semitendinosus and biceps femoris muscles of pork. *J. Food Qual.* **7**, 277-282.
 26. Lindahl, G., Karlsson, A. H., Lundström, K., and Andersen, H. J. (2006) Significance of storage time on degree of blooming and colour stability of pork loin from different cross-breeds. *Meat Sci.* **72**, 603-612.
 27. LMBG. (1991) Bestimmung der Peroxidzahl in Fetten und ölen, Verfahren nach Wheeler. Verfahren nach Sully, L 13.00-6. Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin. Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren.
 28. Matisek, R., Schnepel, F. M., and Steiner, G. (1992) Lebensmittelanalytik. 2. Auflage. Springer Verlag. pp. 350-358.
 29. Moerck, K. E. and Ball, H. R. (1974) Lipid oxidation in mechanically deboned chicken meat. *J. Food Sci.* **39**, 876-879.
 30. Morcuende, D., Estévez, M., Ruiz, J., and Cava, R. (2003) Oxidative and lipolytic deterioration of different muscles from free-range reared Iberian pigs under refrigerated storage. *Meat Sci.* **65**, 1157-1164.
 31. Morrison, W. R. and Smith, L. M. (1964) Preparation of fatty acid methylesters and dimethylacetals from lipid with boron fluoridemethanol. *J. Lipid Res.* **5**, 600-608.
 32. Morrissey, P. A., Sheehy, P. J. A., Galvin, K., Kerry, J. P., and Buckley, D. J. (1998) Lipid stability in meat and meat products. *Meat Sci.* **49**, 73-86.
 33. Rosenfold, K. and Andersen, H. J. (2003) The significance of pre-slaughter stress and diet on colour and colour stability of pork. *Meat Sci.* **63**, 199-209.
 34. SAS (1996) SAS/STAT Software for PC. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
 35. Schluter, A. R., Miller, M. F., Jones, D. K., Meade, M. K., Ramsey, C. B., and Patterson, L. L. (1994) Effects of distribution packaging method and storage time on the physical properties and retail display characteristics of pork. *Meat Sci.* **37**, 257-269.
 36. Shin, T. S. and Lee, J. I. (2002) Effect of irradiation, packaging and storage on the oxidation of cholesterol and lipid in pork *longissimus* meat. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **2**, 137-144.
 37. Sink, J. D., Watkins, J. L., Ziegler, J. H., and Miller, R. C. (1964) Analysis of fat deposition in swine by gas-liquid chromatograph. *J. Anim. Sci.* **23**, 121-125.
 38. Turner, E. W., Paynter, W. D., Montie, E. J., Basserk, M. W., Struck, G. M., and Olson, F. C. (1954) Use of 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity of frozen pork. *Food Technol.* **8**, 326-330.
 39. Valin, B. R., Touraille, C., Vigneron, P., and Ashmore, C. R. (1982) Prediction of lamb meat quality traits based on muscle biopsy fibre typing. *Meat Sci.* **6**, 257-263.
 40. Warriss, P. D. (1979) The extraction of haem pigments from fresh meat. *J. Food Technol.* **14**, 75-80.
 41. Zhu, L. G., Bidner, B., and Brewer, M. S. (2001) Postmortem pH, muscle, and refrigerated storage effects on ability of vacuum-packaged pork to bloom. *J. Food Sci.* **66**, 1230-1235.
 42. 高坂和久 (1975) 肉製品の鮮度保持と測定. 食品工業. **18**, 105-111.
 43. 김동훈 (1990) 식품화학. 탐구당. pp. 543-608.
 44. 김용곤, 박범영, 유영모, 김진형, 조수현, 채현석, 정명옥, 이종문, 윤상기, 이상렬, 이수영 (2001) 식육의 소매상품 만들기과 진열요령. 미트저널사. pp. 63-64.
 45. 박구부 (2004) 식육과학. 선진문화사. pp. 185-194.
 46. 박범영, 김진형, 조수현, 유영모, 황인호, 김동훈, 채현석, 안종남, 김용곤, 정명옥, 이종문 (2004) 소돼지 도체수율. 농촌진흥청 축산연구소. pp. 86-133.
 47. 송재철, 양한철 (1995) 식품첨가물학. 세문사. pp. 172-174.

(Received 2010.3.11/Revised 2010.4.14/Accepted 2010.4.15)