

팜유의 급여가 한우의 도체 및 육질에 미치는 영향

강선문¹ · 김영종² · 무흘리신 · 송영한³ · 김거유 · 이성기*

강원대학교 동물식품응용과학과, ¹농촌진흥청 국립축산과학원,
²영양자원연구소, ³강원대학교 동물생명시스템학과

Effect of Dietary Palm Oil Supplementation on the Quality of Carcass and Meat of Hanwoo (Korean Cattle)

Sun Moon Kang¹, Yeong Jong Kim², Muhlisin, Young Han Song³, Gur Yoo Kim, and Sung Ki Lee*

Department of Animal Products and Food Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

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

²Nutritional Resource Research Institute, Seoul 137-887, Korea

³Department of Animal Life System, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

Abstract

This study was carried out to investigate the effect of dietary palm oil supplementation on the quality of the carcass and meat of Hanwoo (Korean cattle). Thirty-month-old steers were fed on a concentration with or without (control) palm oil for 3 mon prior to slaughter. The samples of *M. longissimus* were taken from all carcasses and then stored at 4°C for 9 d. The carcass traits, total myoglobin content, pH value, total reducing ability, and myofibrillar fragmentation index were unaffected by supplementation with palm oil. However, the fat content, water-holding capacity, and tenderness were significantly increased by dietary palm oil ($p < 0.05$). In the fatty acid composition, the palm oil group had a higher palmitic acid (C16:0) content and lower polyunsaturated fatty acids (PUFA) content compared to the control group ($p < 0.05$). The lipid oxidation stability, myoglobin oxidation stability, and color stability were increased by dietary palm oil. It is concluded that supplemental palm oil increased the marbling and storage quality but decreased the PUFA in Hanwoo beef.

Key words : dietary palm oil, meat quality, carcass traits, Hanwoo

서 론

식육의 지방산 조성은 육제품의 품질과 이를 섭취하는 사람의 건강에 큰 영향을 미친다(Scollan *et al.*, 2006). 특히 다가불포화지방산 중 특히 n3 지방산은 심혈관 질환과 암 등의 질병들을 억제하는 역할을 하므로(Carleton *et al.*, 1991; Rose and Connolly, 1999) 이를 가축에게 급여하여 근육 내 축적시킴으로써 인간의 건강에 유익한 식육을 생산할 수 있다. 현재 가축의 사료 지방으로 다양한 유지들이 사용되고 있으며, 이 중 식물성 유지는 동물성 유지에 비해 다가불포화지방산 함량이 높기 때문에(Choi *et al.*, 2010), 건강 기능성 식육을 생산하는데 있어 좋은 자원이

라 할 수 있다. 하지만 다가불포화지방산의 급여는 육제품의 지방산화 촉진과 함께 변색, 악취 및 조직감의 변질을 가져온다(Mielnick *et al.*, 2006; Vatansever *et al.*, 2000).

팜유(palm oil)는 식물성 유지임에도 불구하고, 포화지방산 함량이 높으며, 그 중 C16:0(Palmitic acid)가 총지방산 함량의 약 41-51%를 차지한다(Clegg, 1973). 또한 crude palm oil의 경우 vitamin E, carotenoid, lycopene, xanthophyll, chlorophyll, ubiquinone 등 다양한 항산화 성분들을 함유하고 있어 기능성 유지로서의 가치를 지니고 있으나, 이후의 추출 및 정제 과정에서 다량 소실된다(Berger, 2000; Sambanthamurthi *et al.*, 2000). 최근까지 보고된 팜유의 소비량은 2006-2007년도 전세계 식물성 유지의 소비량인 121 메가톤에서 대두유, 포도씨유, 해바라기유보다 높은 30.6%를 차지하였으며(USDA, 2007), 이후에도 계속적으로 증가하여 2050년에는 최소 93 메가톤이 될 것으로 전망하

*Corresponding author: Sung Ki Lee, Department of Animal Products and Food Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea. Tel: +82-33-250-8646, Fax: +82-33-251-7719, E-mail: skilee@kangwon.ac.kr

고 있다(Corley, 2009). 이러한 이유는 고부가가치 자원으로써 팜유의 활용도가 무궁무진하기 때문이다. 즉, 트랜스 지방산이 없는 마가린, 바이오디젤(bio-diesel), 바이오플라스틱(bio-plastic), 바이오비료(bio-compost), 메탄 가스, 유기산, 합판 및 활성 탄소 등의 생산을 위한 원료로 이용할 수 있으며(Schmidt and Weidema, 2008; Sumathi *et al.*, 2008), 그 외에도 어류(Ng *et al.*, 2000; Varghese and Oommen, 2000)의 사료로도 이용되고 있다. 또한 몇몇 연구들에서는 팜유의 급여가 반추동물의 사양성적, 도체 품질, 고기의 지방산 조성 및 관능적 기호도에 미치는 영향에 대해 보고한 바 있다(Castro *et al.*, 2005; Manso *et al.*, 2006; Partida *et al.*, 2007; Solomon *et al.*, 1992). 이와 같이 팜유의 기능성과 가축 사료로의 이용 가치면에서 볼 때 국내 쇠고기의 품질 고급화를 위한 자원으로서 활용 가능하리라 판단된다. 따라서 본 연구는 사료 자원으로서 팜유를 급여했을 때 국내 한우의 도체성적과 고기의 품질에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

시험동물 및 설계

시험동물은 30개월령의 거세 한우 8두(평균 생체중: 712.1±34.3 kg)를 강원도 횡성군 농가에서 33개월령까지 공시하였다. 사육방법은 4두씩 두 처리구로 나누어 팜유(Bergalac T-310[®], Berg & Schmidt Co., Malaysia)의 급여(100 g/head/d) 유무에 따라 각각 8×4 m²의 우사에 배치하였다. 일반적으로 반추동물의 사료에는 다른 동물의 사료에 비해 지방이 약 2-4%로 적게 함유되어 있으며, 반추위에서는 사료 지방 1 kg이 지방산 800 g, glycerol 150 g, 기타 성분 50 g으로 가수분해된다. 이는 지방의 80%가 지방산으로 구성되어 있음을 의미한다. 따라서 비육후기 한우의 농후사료 섭취량이 하루에 두당 10 kg 내외임을 미루어 볼 때, 이의 약 1%에 해당하는 수준인 100 g이 지방의 적절한 급여 수준이라고 판단하였으며, 이러한 이유로 인해 팜유의 급여 수준을 100 g/head/d로 설정하였다. 본 시험에 이용한 팜유는 calcium soap 형태의 팜유이었으며, 이의 자세한 조성은 ME 8,400 kcal/kg; crude fat 84%; C14:0(Myristic acid) 이하의 지방산 1.5%; C16:0(Palmitic acid) 75%; C18:0(Stearic acid) 8%; C18:1n9(Oleic acid) 10%; C18:2n6(Linoleic acid) 2%; 기타 지방산 3.5%이었다. 한편 농후사료(안심 한우 마블링, 농협, 한국) 및 조사료(벚짚)는 각각 10 kg/head/d 및 1 kg/head/d로 급여하였다.

공시재료의 처리

비육 완료된 시험동물들을 도축하여 -1°C에서 24시간 동안 예냉한 후 10-12번 갈비뼈 위치의 등심(*M. longissimus*) 부위를 채취하여 시료로 이용하였다. 모든 등심은 품질 분

석에 이용하기 위해 4-10°C 저온실에서 등지방, 결체 조직 및 혈액을 제거하였다. 준비된 살코기는 갈비뼈 12번 위치로부터 각각 순서대로 2 cm, 2.5 cm 및 1 cm (6개)로 절단하여 일반성분 함량, 총육색소 함량, pH, 보수력, 총환원력, 전단력, metmyoglobin, 표면육색, 저장 0일 TBARS(2-thiobarbituric acid reactive substances), 3일 TBARS, 6일 TBARS, 9일 TBARS 및 근소편화지수(myofibrillar fragmentation index) 분석에 이용하였다. Metmyoglobin 및 표면육색 측정용 시료는 선상 폴리에틸렌 랩(O₂ transmission rate 35,273 cc/m² at 24 h · atm; 0.01 mm thickness; 3M, Korea), TBARS 측정용 시료는 각각 저장일별로 저밀도 폴리에틸렌 지퍼백(Clean zipper bag, Cleanwrap Co., Ltd., Korea)으로 포장하여 4±0.2°C에서 9일 동안 저장하였다.

도체성적

도체성적은 지육등급사(MIFAFF, 2007)에 의해 판정된 도체등급 자료를 이용하여 분석하였으며, 육량등급, 육색, 지방색, 조직감, 성숙도 및 육질등급은 Kim 등(2003)의 방법에 의해 점수로 산출하였다.

육량지수: $68.184 - [0.625 \times \text{등지방두께(mm)}] + [0.130 \times \text{배최장근단면(cm}^2\text{)}] - [0.024 \times \text{도체중(kg)}] + 3.23$

육량등급: A등급(육량지수 ≥ 67.50) = 3점, B등급(62.00 ≤ <67.50) = 2점, C등급(<62.00) = 1점

육색: No. 1(Brightly cherry-red) = 1점~

No. 7(Extremely dark-red)=7점

지방색: No. 1(White)=1점~No. 7(Dark yellow)=7점

조직감: 1(Firm)=3점~3(Soft)=1점

성숙도: 1(Youthful)=1점~9(Mature)=9점

육질등급: 1++등급=5점, 1+등급=4점, 1등급=3점, 2등급=2점, 3등급=1점

일반성분 및 총육색소 함량

일반성분 함량은 AOAC(2007) 방법에 의해 실시하였다. 수분 함량은 105°C 건조기에 의한 상압 가열 건조법, 조단백질 함량은 Kjeltex system(2200 Kjeltex Auto Distillation Unit, Foss Tecator, Sweden)에 의한 Kjeldahl법, 조지방 함량은 diethyl ether에 의한 Soxhlet 추출법, 조회분 함량은 550°C 회화로에 의한 건식 회화법으로 분석하였다. 총육색소 함량은 Sammel 등(2002)의 방법에 의해 실시하였다. 시료 4 g과 증류수 20 mL를 13,500 rpm에서 10초 동안 균질(Ultra-Turrax T25 Basic, Ika Werke GmbH & Co., Germany)한 후 2°C, 15,000 rpm에서 30분 동안 원심분리(J2-21 Centrifuge, Beckman, USA)하였다. 이후 상등액을 0.45 μm syringe filter로 여과 한 다음 525 nm에서 흡광도를 측정(UV-mini-1240, Shimadzu Corp., Japan)하였다. 최종 수치

는 16,110(myoglobin의 M.W) Drabkin, 1978)과 7.6 (myoglobin의 molar extinction coefficient) (Bowen, 1949)을 이용하여 시료 1 g당 mg myoglobin으로 산출하였다.

지방산 조성

지방산 조성은 저장 0일의 시료에서 Folch 등(1957)의 방법에 의해 지질을 추출한 후 AOAC(2007) 방법에 의해 methylation을 실시하였다. 이후 증류수 및 hexane과 혼합한 후 GC(6890N, Agilent Technologies, USA)에 의해 분석하였다. 이때 분석 조건은 column: HP-Innowax(30 m length×0.25 mm i.d.×0.50 µm film thickness, J&W Scientific, USA); inlet temperature: 260°C; split ratio: 1/10; carrier: He at 1 mL/min constant flow; oven program: 150°C for 1 min, 150-200°C at 15°C/min, 200-250°C at 2°C/min, 250°C for 10 min; FID temperature: 280°C이었다. 분석된 지방산 peak는 standard(Sigma-Aldrich, USA)의 retention time과 비교, 동정한 후 총 지방산 peak 면적의 백분율(%)로 산출하였다.

pH, 보수력 및 전단력

pH는 저장 0일의 시료 10 g과 증류수 100 mL를 10,000 rpm(PH91, SMT Ltd., Japan)에서 1분 동안 균질한 후 pH meter(SevenEasy pH, Mettler-Toledo GmbH, Switzerland)로 측정하였다. 보수력은 저장 0일에 Hofmann 등(1982)의 filter paper press method에 의해 실시하였다. 최종 결과는 planimeter(Super PLANIX-α, Tamaya Technics Inc., Japan)를 이용하여 내부에 압착된 시료의 면적과 전체 면적을 측정 후 백분율(%)로 산출하였다. 전단력은 저장 0일에 Honikel(1998)의 방법에 의해 실시하였으며, Warner-Bratzler shear blade가 장착된 texture analyzer(TA-XT2i version 6.06, Stable Micro Systems Co., Ltd., UK)에 의해 측정하였다. 이때 분석 조건은 load cell 25 kg, pretest test speed 1.0 mm/s, posttest speed 10.0 mm/s이었으며, 최종 결과는 산출된 peak에서의 maximum force(kgf)로 나타내었다.

총환원력 및 근소편화지수

총환원력의 지표로서 Lee 등(1981)의 총환원력(total reducing ability) 측정법을 이용하였다. 저장 0일의 시료와 25 mM pipes buffer(pH 5.8)의 균질액을 순차적으로 5 mM potassium ferricyanide, 0.5%(w/v) ammonium sulfamate, 0.5 M lead acetate, 20%(w/v) trichloroacetic acid 및 증류수와 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 최종 결과는 blank(1 mM potassium ferricyanide)의 흡광도에서 시료의 흡광도를 뺀 수치로 산출하였다. 단백질산화의 지표로서 Culler 등(1978)의 근소편화지수(myofibrillar fragmentation index, MFI)를 측정하였다. 저장 9일의 시료와 MFI buffer(pH 7.0)의 균질물을 0.5 mg protein/mL로 희석

한 후 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 최종 결과는 흡광도에 200을 곱한 값으로 산출하였다.

TBARS, metmyoglobin 및 표면육색

지방산화의 지표로서 Sinnhuber와 Yu(1977)의 TBARS(2-thiobarbituric acid reactive substances) 측정법을 이용하였다. 시료와 TBA 용액을 100°C에서 30분 동안 반응시킨 후 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 최종 결과는 시료 1 kg당 mg malonaldehyde(MA)로 산출하였다. 육색소산화의 지표로서 Krzywicki(1979)의 방법에 의해 metmyoglobin 농도를 측정하였다. 최종 결과는 Demos 등(1996)의 방법에 의해 2-log(% reflectance)를 백분율(%)로 산출하였다. 표면육색은 chroma meter(CR-400, Konica Minolta Sensing Inc., Japan)를 이용하여 CIE L*(Lightness), a*(Redness) 및 b*(Yellowness)를 측정하였다. 이때 calibrate plate(2° observer; Illuminant C)의 색도는 CIE L*=97.46, CIE a*=0.08, CIE b*=1.81이었다.

통계분석

본 실험을 통해 얻은 자료는 SAS(1999) program에 의해 분석하였으며, 각 평균 들간의 유의성 차이는 LSD test에 의해 5% 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

도체성적

팜유의 급여가 한우의 도체성적에 미치는 영향은 Table 1과 같다. 출하체중, 도체중, 지육율, 등지방두께, 배최장근단면적, 육량등급, 육색, 조직감, 성숙도 및 육질등급 모두 팜유 급여구와 대조구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 따라서 팜유의 급여는 한우의 도체성적에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 본 실험과 축종은 다르나, 생체중 14.1 kg(45일령)의 Ojalada 양에게 25 kg이 될 때까지 팜유를 급여했을 때 도체중, 지육율, 등지방 두께 및 도체 지방도(carass fatness)에서 팜유 급여구와 대조구간에 차이가 없었다는 Castro 등(2005)과 Manso 등(2006)의 보고와 유사하였다.

일반성분 및 총육색소 함량

일반성분 함량(Table 2)은 수분 함량에서 팜유 급여구가 60.19%로 대조구의 64.32%보다 유의적으로 낮게 나타난 반면($p<0.05$), 조지방 함량은 팜유 급여구가 19.64%로 대조구의 14.65%보다 유의적으로 높은 수치를 나타내었다($p<0.05$). 그 외 조단백질 및 조회분 함량에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 총육색소 함량(Table 2) 역시 처리구들간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 따라서 팜유의 급여에 의해 한우육의 지방 함량이 증가되는 것으로

Table 1. Effect of dietary palm oil supplementation on the carcass traits of Hanwoo (Korean cattle)

Items	Control	Palm oil
Slaughter weight (kg)	754.0±35.0	768.8±36.1
Carcass weight (kg)	445.5±28.6	462.8±32.8
Dressing percentage (%)	59.1± 1.1	60.2± 1.7
Backfat thickness (mm)	11.3± 2.6	11.8± 1.3
Ribeye area (cm ²)	89.8± 8.6	93.0± 8.5
Yield grade ¹⁾	2.0± 0.0	2.0± 0.0
Meat color ²⁾	5.3± 1.0	5.3± 0.5
Fat color ³⁾	3.0± 0.0	3.0± 0.0
Firmness ⁴⁾	3.0± 0.0	3.0± 1.0
Maturity ⁵⁾	2.0± 0.0	2.0± 0.0
Quality grade ⁶⁾	3.8± 1.0	4.3± 0.5

¹⁾Yield index: 68.184 - [0.625 × backfat thickness (mm)] + [(0.130 × ribeye area (cm²)] - [0.024 × carcass weight (kg)] + 3.23; Yield grade: A grade (Yield index≥67.50) = 3 point, B grade (62.00 ≤ <67.50) = 2 point, and C grade (<62.00) = 1 point

²⁾No. 1 (Brightly cherry-red) = 1 point~No. 7 (Extremely dark-red) = 7 point

³⁾No. 1 (White) = 1 point~No. 7 (Dark yellow) = 7 point

⁴⁾1 (Firm) = 1 point~3 (Soft) = 3 point

⁵⁾1 (Youthful) = 1 point~9 (Mature) = 9 point

⁶⁾1++ grade = 5 point, 1+ grade = 4 point, 1 grade = 3 point, 2 grade = 2 point, and 3 grade = 1 point

Table 2. Effect of dietary palm oil supplementation on the proximate composition and total myoglobin content of Hanwoo (Korean cattle) beef

Items	Control	Palm oil
Proximate composition (%)		
Moisture	64.32±2.06 ^a	60.19±1.73 ^b
Crude fat	14.65±3.94 ^b	19.64±1.62 ^a
Crude protein	20.13±0.68	19.29±1.13
Crude ash	0.90±0.04	0.88±0.05
Mb (mg/g meat)	7.44±1.16	7.07±0.90

^{a-b}Means±SD in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

나타났다. 그러나 Solomon 등(1992)은 생체중 36 kg(60일령)의 Suffolk×Hampshire 양에게 60일 동안(50.1 kg이 될 때까지) 10.6% 팜유를 급여했을 때 등심의 지방 함량에서 급여구와 대조구간에 차이가 없었다고 보고하였으며, Manso 등(2006) 역시 팜유(2.5-5%)의 급여에 따른 도체의 일반성분 함량에서 차이가 없었다고 보고하였다. 이렇게 선행연구들과 상반된 결과를 보인 이유는 우선 본 실험과 시험축종이 다를 뿐만 아니라, Solomon 등(1992)의 연구보다 긴 급여 기간(180일)을 사양시험에 적용했기 때문인 것으로 사료된다.

지방산 조성

지방산 조성(Table 3)은 palmitic acid(C16:0) 함량에서 팜유 급여구가 30.12%로 대조구의 28.35%보다 유의적으

Table 3. Effect of dietary palm oil supplementation on the fatty acid composition of Hanwoo (Korean cattle) beef

Items (%) ¹⁾	Control	Palm oil
C14:0 (Myristic acid)	4.01±0.68	3.92±0.39
C16:0 (Palmitic acid)	28.35±1.26 ^b	30.12±0.92 ^a
C16:1n7 (Palmitoleic acid)	0.59±0.07	0.62±0.09
C18:0 (Stearic acid)	10.37±1.07	10.90±2.35
C18:1n9 (Oleic acid)	52.96±2.85	51.06±2.77
C18:2n6 (Linoleic acid)	2.65±0.20	2.48±0.33
C18:3n3 (Linolenic acid)	0.26±0.02 ^a	0.21±0.03 ^b
C20:1n9 (<i>cis</i> -11-eicosenoic acid)	0.52±0.05	0.50±0.05
C20:4n6 (Arachidonic acid)	0.29±0.05 ^a	0.19±0.07 ^b
SFA ²⁾	42.73±2.86	44.94±2.72
UFA ³⁾	57.27±2.86	55.06±2.72
MUFA ⁴⁾	54.07±2.84	52.18±2.80
PUFA ⁵⁾	3.20±0.21 ^a	2.88±0.40 ^b
n6/n3	11.31±1.63	12.71±3.09

^{a-b}Means±SD in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$)

¹⁾Fatty acid composition was determined at 0 d of 4°C storage.

²⁾Saturated fatty acids: C14:0 (%) + C16:0 (%) + C18:0 (%)

³⁾Unsaturated fatty acids: C16:1n7 (%) + C18:1n9 (%) + C18:2n6 (%) + C18:3n3 (%) + C20:1n9 (%) + C20:4n6 (%)

⁴⁾Monounsaturated fatty acids: C16:1n7 (%) + C18:1n9 (%) + C20:1n9 (%)

⁵⁾Polyunsaturated fatty acids: C18:2n6 (%) + C18:3n3 (%) + C20:4n6 (%)

로 높은 함량을 보였다($p < 0.05$). 반면에 linolenic acid(C18:3n3), arachidonic acid(C20:4n6) 및 다가불포화지방산(PUFA) 함량에서는 팜유 급여구가 각각 0.21%, 0.19% 및 2.88%로 대조구의 0.26%, 0.29% 및 3.20%보다 유의적으로 낮은 함량을 보였다($p < 0.05$). 하지만 포화지방산(SFA) 함량 및 불포화지방산(UFA) 함량에서는 처리구들간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 따라서 팜유의 급여에 의해 한우육내 다가불포화지방산 함량이 감소되는 것으로 나타났다. 본 실험결과에서 팜유의 급여에 의해 고기 내 palmitic acid(C16:0) 함량이 증가된 이유는 팜유 내 palmitic acid(C16:0)의 대부분이 반추위 상피(ruminal epithelium)에 직접 흡수되었기 때문이다(Jackson *et al.*, 1968). Partida 등(2007)의 연구에서도 팜유를 Friesian 소에게 급여했을 때 일부 본 실험과 다른 지방산 항목들에서 유의적인 증감이 발견되었으나, palmitic acid(C16:0) 함량의 증가와 함께 linolenic acid(C18:3n3) 함량의 감소가 발견되었다고 동일하게 보고되었다. 또한 Warntjes 등(2008)도 젖소에게 palmitic acid(C16:0)를 급여한 결과 원유 내 palmitic acid(C16:0) 함량이 유의적으로 증가하였다고 유사한 보고를 하였다.

pH, 보수력, 전단력, 총환원력 및 근소편화지수

pH(Table 4)는 처리구들간에 유의적인 차이를 보이지 않

Table 4. Effect of dietary palm oil supplementation on the pH value, water-holding capacity, Warner-Bratzler shear force value, total reducing ability, and myofibrillar fragmentation index of Hanwoo (Korean cattle) beef

Items ¹⁾	Control	Palm oil
pH	5.55±0.01	5.65±0.12
Water-holding capacity (%)	46.46±4.18 ^b	52.22±3.60 ^a
Warner-Bratzler shear force (kgf)	6.23±1.91 ^a	4.40±0.77 ^b
Total reducing ability	0.63±0.01	0.64±0.01
Myofibrillar fragmentation index	165.28±12.63	159.25±12.51

^{a-b}Means±SD in the same row with different superscripts differ significantly ($p<0.05$).

¹⁾pH value, water-holding capacity, Warner-Bratzler shear force value, and total reducing ability were determined at 0 d of 4°C storage. Myofibrillar fragmentation index was determined at 9 d of 4°C storage.

았으나, 보수력(Table 4)은 팜유 급여구가 52.22%로 대조구의 46.46%보다 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 일반적으로 고기의 보수력은 pH가 높을수록 높게 나타나는 데(Hamm, 1982), 본 실험에서는 팜유 급여에 따른 pH의 차이가 없었던 것으로 미루어 보아 팜유 급여구의 높은 보수력은 pH의 영향과는 무관하다고 사료된다. 즉, 일반 성분 함량에서 보수력과 관련 있는 단백질 함량이 두 처리구들간에 차이가 없었지만, 팜유 급여구가 대조구에 비해 상대적으로 높은 지방 함량을 가지고 있어 이로 인해 외부로 유출될 수 있는 수분 함량이 낮아졌기 때문으로 판단된다. 전단력(Table 4)은 팜유 급여구가 4.40 kgf로 대조구의 6.23 kgf보다 유의적으로 낮게 나타나($p<0.05$) 팜유의 급여에 의해 한우육의 연도가 증가되는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 고기내 지방 함량이 높을수록 연도가 증가하기 때문이다(Wood, 1993).

총환원력(total reducing ability)은 고기에 3가의 철이온(ferricyanide)을 첨가시 2가로 환원시키는 능력(Lee *et al.*, 1981)으로서 이는 고기 자체가 가지고 있는 고유의 항산화력을 측정할 수 있는 방법 중 하나이다. 보고에 따르면, 팜유에는 항산화 성분들(Vitamin E, carotenoid, lycopene, xanthophyll 등)이 함유되어 있으며(Sambanthamurthi *et al.*, 2000), 이로 미루어 볼 때 팜유를 가축에게 급여함으로써 근육에 축적시켜 항산화력이 높은 고기를 생산할 수 있다고 사료된다. 하지만 본 실험결과에서는 팜유 급여구 및 대조구의 총환원력이 각각 0.64와 0.63으로 유의적인 차이를 보이지 않아($p>0.05$) 팜유의 급여에 따른 효과가 없는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 팜유의 추출, 정제, calcium soap화 처리 과정에서 항산화 성분들이 대부분 소실되었기 때문으로 사료된다. 한편 고기의 저장기간 동안 활성산소(reactive oxygen species)와 유리래디칼(free radical)이 생성되며, 이들이 육단백질의 분해를 일으킨다(Xiong, 2000). 이러한 원리에 의해 단백질산화의 지표로

서 근소편화지수(myofibrillar fragmentation index)를 4°C 저장 9일째에 측정하였으며, 팜유 급여구와 대조구가 각각 159.25와 165.28로 유의적인 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 이러한 이유는 총환원력의 결과로 미루어 볼 때, 팜유 급여에 따른 항산화력의 차이가 없었기 때문으로 사료된다.

TBARS, metmyoglobin 및 표면육색

지방산화는 고기의 저장기간 동안 고기내 불포화지방산이 산소와 반응하여 저분자 산화물로 분해되는 화학적 과정이며, 특히 육색소산화를 일으켜 육색의 변질을 촉진시키므로(Monahan, 2000) 고기의 품질을 유지시키기 위해서는 반드시 억제시켜야 할 요인이다. TBARS는 고기의 지방산화 지표로서 지방산화 과정 중 발생한 2차 산화물인 malonaldehyde를 2-thiobarbituric acid와 반응시켜 정량하는 방법이다(Sinnhuber and Yu, 1977). 본 실험결과에서 모든 처리구들의 TBARS(Fig. 1)는 저장 6일째부터 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 하지만 팜유 급여구의 TBARS가 6일과 9일째에 각각 0.32와 0.38 mg MA/kg meat로 대조구의 0.37과 0.46 mg MA/kg meat보다 유의적으로 낮은 수치를 보여($p<0.05$) 팜유의 급여에 의해 한우육의 저장 중 지방산화가 억제되는 것으로 나타났다. 고기의 지방산화는 불포화도가 높을수록 빨리 촉진되며, 특히 이중결합이 많은 다가불포화지방산의 경우 더욱 빨리 촉진시킨다(Igene *et al.*, 1980). 따라서 이를 통해서 미루어 볼 때, 팜유 급여구에서 지방산화가 억제되었던 이유는 대조구에 비해 다가불포화지방산 함량이 낮았기 때문이며, 저장 중 육색소산화와 변색 역시 억제될 것으로 예상할 수 있다.

Metmyoglobin(MetMb)은 지방산화에 의해 생성된 유리

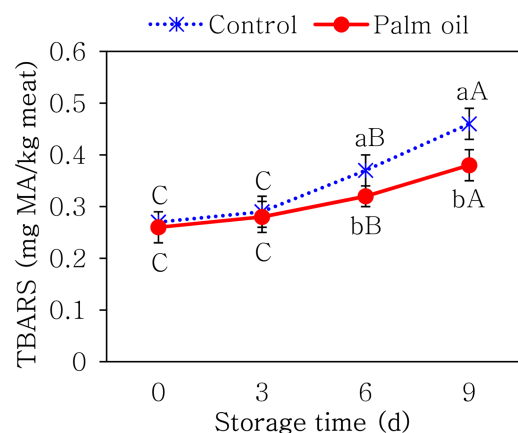


Fig. 1. Effect of dietary palm oil supplementation on the TBARS level of Hanwoo (Korean cattle) beef during storage at 4°C. ^{a-b}Means±SD with different letters indicate significant differences between treatments within same storage time ($p<0.05$). ^{A-C}Means±SD with different letters indicate significant differences between storage times within same treatment ($p<0.05$).

라디칼(Free radical)에 의해 oxymyoglobin(OxyMb)가 산화되어 생성된다(Faustman and Cassens, 1990). MetMb은 소비자들이 선호하는 육색인 밝은 선홍색을 띄게 하는 OxyMb과는 달리 소비자들이 싫어하는 갈색을 띄게 한다. 따라서 MetMb의 농도는 소비자에 의한 기호도와 밀접한 관련이 있다. 본 실험결과에서는 TBARS와 마찬가지로 저장 6일과 9일째에 팜유 급여구의 MetMb 농도(Fig. 2)가 30.31와 30.98%로 대조구의 42.92와 50.58%보다 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다($p<0.05$). 특히 대조구는 6일째부터 Greene 등(1971)이 보고한 MetMb 농도에 의한 소비자의 구매 거절 범위인 40%를 초과하였으나, 팜유 급여구의 경우 이보다 약 10% 낮은 수준을 9일째까지 유지하였다. 따라서 팜유의 급여에 의해 한우육의 육색소산화가 억제되었으며, 팜유 급여구가 저장기간 동안 대조구에 비해 좋은 육색을 오랫동안 유지할 것을 예상할 수 있다.

육색은 소비자들이 신선육을 구입할 때 구입 여부를 결정시켜주는 중요한 외관적 품질 요인으로(Faustman and Cassens, 1990) 소비자들은 밝고 붉은 육색을 띄는 고기를 일반적으로 선호한다. 본 실험결과에서 육색(Table 5) 항목 중 명도(CIE L*)는 저장 0일부터 9일째까지 팜유 급여구가 각각 45.42, 44.83, 45.21 및 46.42로 대조구의 43.07, 41.62, 41.80 및 40.57보다 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 적색도(CIE a*)와 황색도(CIE b*) 역시 저장기간 동안 팜유 급여구가 대조구에 비해 유의적으로 높은 수치를 나타내었다($p<0.05$). 따라서 팜유의 급여에 의해 한우육의 육색이 저장기간 동안 대조구에 비해 밝고 붉게 유지되었으며, 외관적 품질로 봤을 때 팜유 급여육을 소비자들이 더 선호한다는 것을 예상할 수 있다. 또한 팜유 급여육에서 밝고 붉은 육색을 대조구에 비해 오랫동안 유지

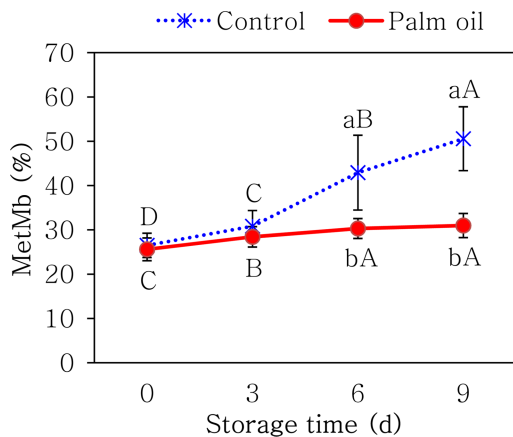


Fig. 2. Effect of dietary palm oil supplementation on the metmyoglobin (MetMb) concentration of Hanwoo (Korean cattle) beef during storage at 4°C. ^{a-b}Means±SD with different letters indicate significant differences between treatments within same storage time ($p<0.05$). ^{A-D}Means ±S.D. with different letters indicate significant differences between storage times within same treatment ($p<0.05$).

Table 5. Effect of dietary palm oil supplementation on the meat color of Hanwoo (Korean cattle) beef during storage at 4°C

Items	Storage time (d)	Control	Palm oil
CIE L* (Lightness)	0	43.07±2.76 ^{bA}	45.42±2.58 ^{aB}
	3	41.62±3.12 ^{bB}	44.83±2.67 ^{aC}
	6	41.80±3.69 ^{bB}	45.21±2.82 ^{aB}
	9	40.57±3.66 ^{bC}	46.42±2.86 ^{aA}
CIE a* (Redness)	0	19.65±2.43 ^{bA}	22.94±1.71 ^{aA}
	3	18.32±2.28 ^{bB}	21.45±1.57 ^{aB}
	6	15.73±3.73 ^{bC}	20.70±1.64 ^{aC}
	9	14.61±1.31 ^{bD}	19.14±1.81 ^{aD}
CIE b* (Yellowness)	0	9.86±1.50 ^{bA}	12.45±1.03 ^{aA}
	3	9.46±1.54 ^{bAB}	11.78±0.96 ^{aB}
	6	9.19±1.64 ^{bB}	11.60±0.94 ^{aB}
	9	5.32±1.49 ^{bC}	10.86±1.34 ^{aC}

^{a-b}Means±SD in the same row with different superscripts differ significantly ($p<0.05$).

^{A-D}Means±SD in the same column with different superscripts differ significantly ($p<0.05$).

한 이유는 팜유의 급여로 인해 지방산화에 의한 MetMb의 생성이 억제되었기 때문이다.

요 약

팜유의 급여가 한우의 도체성적 및 육질에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다. 30개월령 거세 한우를 팜유의 급여(100 g/head/d) 유무에 따라 3개월 동안 공시하였으며, 시료는 등심(*M. longissimus*) 부위를 4°C에 9일 동안 저장하였다. 도체성적, 총육색소 함량, pH, 총환원력 및 근소편화지수는 팜유의 급여에 따른 차이가 없었다. 일반성분 함량은 팜유 급여구의 조지방 함량이 대조구에 비해 높았으며($p<0.05$), 이로 인해 보수력과 연도는 팜유 급여구가 높았다($p<0.05$). 지방산 조성은 팜유 급여구에서 대조구에 비해 높은 palmitic acid(C16:0) 함량과 낮은 다가불포화지방산(PUFA) 함량을 보였다 ($p<0.05$). 저장 중 품질은 팜유 급여구가 대조구보다 높은 지방산화 안정성, 육색소산화 안정성 및 육색 안정성을 보였다. 따라서 한우에게 팜유를 급여했을 때 쇠고기의 마블링 및 저장성은 증가되었으나, 다가불포화지방산은 감소되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ006218201002)의 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. AOAC (2007) Official methods of analysis, 18th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, Method 920.153, 950.46, 969.33, 981.10, 991.36.
2. Berger, K. (2000) Minor components of palm oil. *Malasian Oil Sci. Technol.* **9**, 56-59.
3. Carleton, R. A., Dwyer, J., Finberg, L., Goodman, D. S., Grundy, S. M., Havas, S., Hunter, G. T., Kritcheusky, D., Layer, R. M., Luepker, R. V., Ramirez, A. G., Horn, L. V., Stanson, W. B., and Stokes, J. (1991) Report on the expert panel of population strategies for blood cholesterol reduction. A statement from the National Cholesterol Education program, National Health, Lung and Blood Institute, National Institutes of Health. *Circulation* **83**, 2154-2232.
4. Castro, T., Manso, T., Mantecón, A. R., Guirao, J., and Jimeno, V. (2005) Fatty acid composition and carcass characteristics of growing lambs fed diets containing palm oil supplements. *Meat Sci.* **69**, 757-764.
5. Choi, Y. S., Choi, J. H., Han, D. J., Kim, H. Y., Lee, M. A., Jeong, J. Y., Chung, H. J., and Kim, C. J. (2010) Effects of replacing pork backfat with vegetable oils and rice bran fiber on the quality of reduced-fat frankfurters. *Meat Sci.* **84**, 557-563.
6. Clegg, A. J. (1973) Composition and related nutritional and organoleptic aspects of palm oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **50**, 321-324.
7. Corley, R. H. V. (2009) How much palm oil do we need? *Env. Sci. Pol.* **12**, 134-139.
8. Culler, R. D., Parrish, F. C., Smith, G. C., and Cross, H. R. (1978) Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine *longissimus muscle*. *J. Food Sci.* **43**, 1177-1180.
9. Demos, B. P., Gerrard, D. E., Mandigo, R. W., Gao, X., and Tan, J. (1996) Mechanically recovered neck bone lean and ascorbic acid improve color stability of ground beef patties. *J. Food Sci.* **61**, 656-659.
10. Faustman, C. and Cassens, R. G. (1990) The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *J. Muscle Foods* **1**, 217-243.
11. Folch, J. M., Lees, M., and Stanley, G. H. S. (1957) A simple method for the isolation and purification and total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* **226**, 497-509.
12. Greene, B. E., Hsin, I., and Zipser, M. W. (1971) Retardation of oxidative color changes in raw ground beef. *J. Food Sci.* **36**, 940-942.
13. Hamm, R. (1982) Über des wasserbindungsvermögen des fleisches. *Fleisch.* **33**, 590-599.
14. Hofmann, K., Hamm, R., and Blüchel, E. (1982) Neues über die bestimmung der wasserbindung des fleisches mit hilfe der filterpapierpressmethode. *Fleischwirt.* **62**, 87-92.
15. Honikel, K. O. (1998) Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* **49**, 447-457.
16. Igene, J. O., Pearson, A. M., Dugan, A. M., and Price, J. F. (1980) Role of triglycerides and phospholipids on development of rancidity in model meat systems during frozen storage. *Food Chem.* **5**, 263-276.
17. Jackson, H. D., Preston, A. M., and Carter, J. M. (1968) Oxidation of palmitate to ketone bodies by tissues from digestive organs of sheep. *J. Anim. Sci.* **27**, 203-206.
18. Kim, Y. S., Yoon, S. K., Song, Y. H., and Lee, S. K. (2003) Effect of season on color of Hanwoo (Korean native cattle) beef. *Meat Sci.* **63**, 509-513.
19. Krzywicki, K. (1979) Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of the beef. *Meat Sci.* **3**, 1-10.
20. Lee, M., Cassens, R. G., and Fennema, O. R. (1981) Effect of meat ions on residual nitrite. *J. Food Proc. Preservat.* **5**, 191-205.
21. Manso, T., Castro, T., Mantecón, A. R., and Jimeno, V. (2006) Effects of palm oil and calcium soaps of palm oil fatty acids in fattening diets on digestibility, performance and chemical body composition of lambs. *Ani. Feed Sci. Technol.* **127**, 175-186.
22. Mielnick, M. B., Olsen, E., Vogt, G., Adeline, D., and Skrede, G. (2006) Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. *LWT-Food Sci. Technol.* **39**, 191-198.
23. MIFAFF (2007) Guidelines for grading animal products. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Korea.
24. Ng, W. K., Tee, M. C., and Boey, P. L. (2000) Evaluation of crude palm oil and refined palm oil olein as dietary lipids in pelleted feeds for a tropical bagrid catfish *Mystus nemurus* (Cuvier and Valenciennes). *Aquacult. Res.* **31**, 337-347.
25. Partida, J. A., Olleta, J. L., Sañudo, C., Alberti, P., and Campo, M. M. (2007) Fatty acid composition and sensory traits of beef fed palm oil supplementation. *Meat Sci.* **76**, 444-454.
26. Rose, D. P. and Connolly, J. M. (1999) Omega-3 fatty acids as cancer chemopreventive agents. *Pharmacol. Ther.* **83**, 217-244.
27. Sambanthanmurthi, R., Sundram, K., and Tan, Y. A. (2000) Chemistry and biochemistry of palm oil. *Prog. Lip. Res.* **39**, 507-558.
28. Sammel, L. M., Hunt, M. C., Kropf, D. H., Hachmeister, K. A., and Johnson, D. E. (2002) Comparison of assays for metmyoglobin reducing ability in beef inside and outside *semi-membranosus muscle*. *J. Food Sci.* **67**, 978-984.
29. SAS (1999) SAS/STAT software for PC. Release 8.01, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
30. Schmidt, J. H. and Weidema, B. P. (2008) Shift in the marginal supply of vegetable oil. *Int. J. Life Cycle Ass.* **13**, 235-239.
31. Scollan, N., Hocquette, J. -F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., and Moloney, A. (2006) Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality: review. *Meat Sci.* **74**, 17-33.
32. Sinnhuber, R. O. and Yu, T. C. (1977) The 2-thiobarbituric acid reactive substances, an objective measure of the oxidative deterioration occurring in fats and oils. *J. Jpn. Soc. Fish. Sci.* **26**, 259-267.
33. Solomon, M. B., Lynch, G. P., and Lough, D. S. (1992) Influence of dietary palm oil supplementation on serum lipid

- metabolites, carcass characteristics, and lipid composition of carcass tissues of growing ram and ewe lambs. *J. Anim. Sci.* **70**, 2746-2751.
34. Sumathi, S., Chai, S. P., and Mohamed, A. R. (2008) Utilization of oil palm as a source of renewable energy in Malaysia. *Renew. Sust. Energ. Rev.* **12**, 2404-2421.
35. USDA (2007) Economic research service: Oil crops year-book. Available from: <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1289>. Accessed March 27, 2008.
36. Xiong, Y. L. (2000) Protein oxidation and implications for muscle food quality. In: Antioxidants in muscle foods. Decker, E., Faustman, C., and Lopez-Bote, C. J. (eds) John Wiley & Sons, Inc., NY, pp. 85-111.
37. Vatansever, L., Kurt, E., Enser, M., Nute, G. R., Scollan, N. D., Wood, J. D., and Richardson, R. I. (2000) Shelf life and eating quality of beef from cattle of different breeds given diets differing in n-3 polyunsaturated fatty acid composition. *Anim. Sci.* **71**, 471-482.
38. Warntjes, J. L., Robinson, P. H., Galo, E., DePeters, E. J., and Howes, D. (2008) Effects of feeding supplemental palmitic acid (C16:0) on performance and milk fatty acid profile of lactating dairy cows under summer heat. *Ani. Feed Sci. Technol.* **140**, 241-257.
39. Wood, J. D. (1993) Production and processing practices to meet consumer needs. In: Manipulating pig production IV. Batterham, E. (ed) Australasian Pig Science Association, Attwood, Victoria, Australia, pp. 135-147.

(Received 2011.7.4/Revised 2011.8.26/Accepted 2011.9.16)