

아마씨앗 첨가 한우사료가 등심 지방의 n-6/n-3 변화 및 이를 섭취한 사람의 혈중 콜레스테롤 함량에 미치는 영향

박상오* · 박병성† · 여인서 · 황보 종** · 방한태**

*강원대학교 동물자원공동연구소, †동물응용과학부, **국립축산과학원 기금과
(2014년 5월 30일 접수; 2014년 6월 22일 수정; 2014년 6월 27일 채택)

Effect of Hanwoo Diets Containing Linseed on Plasma Cholesterol Levels of Humans to Beef Consumption and Change in n-6/n-3 Fatty Acid of Loin Fat

Sang-Oh Park* · Byung-Sung Park† · In-Suh Yuh · Jong Hwangbo**
Han-Tae Bang**

**Institute of Animal Resources, †Devision of Applied Animal Science, Kangwon National University, Chuncheon, Gangwondo, 200-701, Korea
**National Institute of Animal Science, RDA, Chungnam 331-801, Korea
(Received May 30, 2014; Revised June 22, 2014; Accepted June 27, 2014)*

요약 : 본 연구의 목적은 한우사료 내 아마씨앗의 급여가 등심 내 오메가 6와 3 지방산 비율 (n-6/n-3) 감소효과 및 n-6/n-3 균형 한우고기를 섭취한 사람의 혈액 중 LDL-C 감소효과를 조사하는 것이었다. 단계별로 거세한우 20마리를 이용하여 대조군과 아마씨앗을 함유하는 n-3 처리군으로 각각 10마리씩 나누어 완전임의 배치하였다. n-3 사료군은 대조군과 비교할 때 혈액 및 등심 내 n-6/n-3가 4:1이하로 감소하였으며 단일불포화지방산으로써 올레인산은 52.79%까지 증가하였다. 임상실험자의 70% 이상에서 나타난 균형 한우고기를 섭취한 그룹의 중성지방, 총콜레스테롤 및 LDL-C은 각각 25.35, 5.22, 17.59% 감소하였고 수입 쇠고기는 9.05, 8.21, 21.70% 증가하였으나 일반한우는 큰 차이가 나타나지 않았다. 균형 한우고기를 섭취한 그룹의 HDL-C는 6.07% 증가하였으나 수입 쇠고기와 일반한우는 각각 14.46, 11.46% 감소하였다. 혈당은 균형 한우고기와 일반 한우고기가 각각 6.42, 11.82% 감소하였으나 수입 쇠고기는 15.19% 증가하였다.

주제어 : 한우, n-6/n-3, 지방산, 임상실험, LDL-C

Abstract : The purpose of this study was to evaluate the effect on lowering blood LDL-C in an adult human, by taking n-6/n-3 balanced Hanwoo beef and reducing n-6/n-3 in loin of Hanwoo beef. The randomized complete block design was used to conduct an experiment with a

†Corresponding author
(E-mail: bspark@kangwon.ac.kr)

total of 20 castrated Hanwoo cattles, which were divided into two groups. Each group had 10 cattles, and the control group consisted of absence of linseed, while n-3 treatment group (n-3 group) had linseed. The results showed that n-6/n-3 in loin and blood was decreased to under 4:1 in n-3 group, while oleic acid as an monounsaturated fatty acid was increased by 52.79% compared to the control group. In above 70% of the clinical subjects who ate the balanced Hanwoo beef, the blood triglyceride, total cholesterol, and LDL-C were decreased by 25.35, 5.22, and 17.59%. However, in the subjects who ate the imported beef, and not the common Hanwoo beef, the same parameters were increased by 9.05, 8.21, and 21.70%, respectively. When the balanced Hanwoo beef were eaten, HDL-C were increased by 6.07% but the imported beef and common Hanwoo beef had those values decreased by 14.46 and 11.46%, respectively. The blood glucose was decreased by 6.42 and 11.82% in the subjects who ate balanced Hanwoo beef and common Hanwoo beef, respectively but the subjects who ate the imported beef had an increase by 15.19%.

Keywords: Hanwoo beef, fatty acid, clinical trial, LDL-C

1. 서론

식생활습관이 육류, 패스트푸드, 인스턴트 푸드 및 외식산업으로 진화하면서 사망률 1위인 암 다음으로 뇌혈관질환, 심장혈관질환이 2, 3위를 차지하였으며, 이는 지질대사 이상에 기인한 혈액 내 저밀도지질단백질(low density lipoprotein, LDL) 콜레스테롤(LDL-C) 증가가 주요한 원인으로 밝혀졌다. 오메가6와 3지방산이란 지방산의 말단 메틸기(CH₃)로부터 탄소원자 번호를 부여하였을 때 최초의 이중결합이 존재하는 위치를 나타내는 지방산으로써 둘 다 식품으로부터 반드시 섭취해야하는 필수지방산이다[1]. 건강을 위하여 오메가 6와 3 지방산 비율(n-6/n-3)이 높은 식품의 섭취는 혈액 내 LDL-C를 높여서 심장혈관 질환 사망을 일으키는 원인이 될 수 있다는 점에서 관심이 되고 있다[2-4]. 분자구조에서 약간의 차이가 있지만 생화학적 대사기전 및 생체활성 기능이 다르고 생체대사 경로 중 동일한 효소 체계에 대하여 서로 경쟁적으로 작용하며 상호전환 할 수 없는 대사적 특징이 있다. 혈액 및 조직에 축적된 n-6와 n-3 지방산은 건강증진을 위해서 작용하기 때문에 식품 내 n-6와 n-3의 균형을 유지하는 것은 매우 중요하다[5, 6].

필수지방산의 적절한 균형은 건강 유지 및 증진에 기여하지만 불균형 즉 n-6/n-3가 높으면 여러 가지 대사성질환의 원인이 된다[6-8]. 산업화가 진행되고 식용유 산업이 발달하면서 n-6

지방산의 과잉섭취에 따른 새로운 문제가 발생하였다. n-6 지방산의 과잉섭취 및 그 대사물의 과잉에 따른 n-6/n-3 증가는 심장혈관질환, 염증, 혈액응고, 암, 비만, 제2형당뇨병, 자가면역질환의 원인이며 뼈 건강에도 중요한 영향을 준다[7, 9, 10].

서방인의 식품 중 n-6/n-3는 12-30:1로 평가되었으나 농업화 초기의 비율은 1-2:1로 매우 낮았다. n-6 지방산이 높은 옥수수 위주 사료를 급여해서 생산한 축산식품으로부터 초래된 서방인의 식품에서 높은 n-6/n-3 그리고 옥수수 또는 해바라기씨앗으로부터 추출한 식물성기름으로부터 만들어진 샐러드 기름과 마가린 등 지방의 과잉섭취는 대사성질환의 원인으로 밝혀졌다. 연구자들은 건강을 위해 유익한 n-6/n-3의 이상적인 비율은 4:1 이하로 믿고 있다[2, 8]. Salem(1989)은 풀잎의 n-6/n-3는 0.09-0.12:1이며 이러한 풀을 섭취한 소고기의 n-6/n-3는 1:1 이하로 보고하였다[11]. 동물이 섭취한 지질은 생체에 저장되며 지방조직에 축적된 지질의 형태에 직접적으로 영향을 주기 때문에 곡류를 섭취한 소와 비교할 때 자유방목에 의해서 풀을 섭취하였을 때 n-6/n-3는 더욱 낮아질 수 있다. 풀을 먹고 자란 소고기를 섭취한 사람은 곡류사료 위주로 비육해서 생산한 소고기를 섭취한 사람과 비교할 때 혈액 내 LDL-C를 떨어뜨려서 건강한 생활을 누릴 수 있다. n-3 지방산이 강화된 계란[12], 돼지고기[4], 닭고기[13], 소고기

[14], 우유[15] 생산 기술이 보고되었으나 n-6/n-3가 낮아진 균형 한우고기 생산 및 임상 실험 결과는 보고된 것이 거의 없다 [1, 16]. 옥수수의 n-6/n-3는 46:1이며 옥수수 위주 사료를 섭취해서 생산한 축산식품에서 그 비율은 6-15:1로써 매우 높다[8, 17]. 우리나라 축산업은 주로 옥수수, 대두박 등 곡류사료 위주로 배합한 사료를 급여하여 가축을 생산하기 때문에 축산식품의 n-6/n-3는 서방인과 비슷할 것으로 본다. 아마씨앗은 n-3가 풍부하여 인간과 동물에서 혈액 지질을 낮추고 심혈관질환을 예방하는 생리활성 효과가 널리 알려져 있다[13, 16]. 따라서 아마씨앗을 이용하여 심장혈관 질환을 예방할 수 있는 n-6/n-3가 4:1이하로 균형된 한우고기 생산기술이 필요할 것이다.

본 연구는 한우사료 내 n-3 지방산이 풍부한 아마씨앗을 이용해서 등심 내 n-6/n-3 감소효과 및 n-6/n-3 균형 한우고기에 대한 LDL-C 감소와 관련한 임상실험을 진행하였다.

2. 실험

2.1. 실험설계 및 사양관리

본 연구의 동물실험은 실험 I과 실험 II로 구분하여 진행하였다. 강원도 홍천 지역 한우 사육 농가를 선정하여 생후 6-7개월령 때 거세 후 비육말기에 도달한 28 개월령 한우 40마리를 이용하였다. 아마씨앗(생산지: 캐나다)의 첨가수준이 서로 다른 시험사료를 2단계로 구분하여 각각 20마리씩 50일(실험 I) 및 35일(실험 II) 간 급여실험을 진행하였다. 시험처리군은 단계별로 대조군(일반한우)과 n-3 사료 섭취군으로 나눈 후 각 처리군 당 10마리씩 완전임의배치 하였다. 조사료로써 볏짚(20-30 cm 절단)을 일일 1 kg씩 급여하였으며 배합사료로써 대조군에게는 아마씨앗이 혼합되지 않은 일반사료, 그리고 n-3 사료 섭취군에게는 n-3 사료를 각각 4 kg씩 오전 6시와 오후 5시로 구분하여 일일 2회 총 8 kg을 급여하였다. 실험 I의 사료는 아마씨앗 5.0% 함유 사료를 급여하였고 실험 II의 사료는 아마씨앗 7.40%를 함유하였다(Table 1). 아마씨앗의 지방산 조성은 Table 2와 같으며 n-3 56.95%, n-6 16.44% 함유되었다 (Table 2). 시험사료의 지방산 조성은 Table 3과 같다.

2.2. 혈액 채취

혈액은 실험 I의 개시일과 종료일에 각 처리구별로 5마리의 한우를 임의로 선정하여 헤파린 처리된 주사기를 이용해서 경정맥으로부터 마리당 3 mL를 채혈하였다. 3,000 rpm에서 15분간 원심분리에 의해서 혈장을 분리하였고 분리된 혈장은 액체 질소(-196°C)로 급속 동결한 다음에 생화학적 분석 시까지 냉동보관하였다. 혈액 지방산 조성은 하기 기술한 등심의 지방산 조성 분석 방법과 동일하게 측정하였다.

2.3. 지방산 조성

등심의 지방산 조성을 분석하기위해서 도축 후 처리군당 10마리의 한우로부터 각각 1 kg씩의 등심을 얻었다. 가정용 믹서기를 이용하여 분쇄하였고 분쇄된 시료에서 3부위를 임의로 선정하여 하나의 등심으로부터 3반복 지방산 분석용 공시 재료를 각각 취했다. 혈액과 등심의 지질은 Park 등[2], Park과 Park과 [18]의 방법에 따라서 공시 재료 일정량과 항산화제 BHT(Butylated hydroxy toluene)를 함유하는 혼합 유기용매 (Chloroform:Methanol= 2:1)를 20배의 비율 (vol./wt.)로 가한 후 Ultra Turrax T25 homogenizer(Janke and Kunkel, IKA Labortechnik) 2,500 rpm에서 회당 10초씩 3회 격렬하게 교반, 여과하고 일정량의 증류수를 가하여 혼합하였고 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 후 지질층을 1차로 분리하였다. 이 과정을 3회 반복해서 추출된 지질을 최종적으로 질소가스를 이용하여 농축하였다. 지질의 메틸화과정은 농축된 지질 분획 중 4-5 mg을 검화용 반응 용기에 넣고 새롭게 제조한 0.5 N methanolic NaOH(2 g NaOH/ 100 mL methanol)를 1 mL 첨가하여 15분간 가열한 후 냉각하였다. 냉각 후 Methylation 용 시약인 BF₃- methanol(Boron trifluoride) 2 mL를 가한 후 다시 15분간 가열하였다. 실온까지 충분히 냉각시킨 다음 다시 1 mL의 Heptane과 2 mL의 NaCl 포화용액을 가하여 1분간 혼합한 다음 실온에서 30분간 방치하였다. 상등액을 1-2 μL를 취하여 지방산 분석용 GLC(ACEM 6000 Model, 영인과학)에 주입하여 지방산을 분석하였으며 각 처리구의 반복 개체 시료 당 3회 반복으로 측정하였다. 표준용액은 미국 Supelco사 제품(37 component FAME Mix, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO)을 이용하였으며 내부 표준물질로써 Nonadecanoic

Table 1. The Formula and Nutrient Composition of Experimental diets¹⁾
(% of diets)

Ingredients	Expt. I n-3 diet	Expt. II n-3 diet
Corn grain	21.05	21.05
Wheat grain	15.00	12.05
Molasses	3.50	4.00
Tapioca	10.83	9.83
Wheat meal	2.00	3.00
Wheat bran	3.00	3.00
Soy bran	1.80	2.30
Soybean meal	2.30	1.80
Palm oil meal	20.00	20.00
Distiller's Dried Grains Solubles	5.00	5.00
Cotton seed bran	4.70	4.70
Lupine seed	3.00	3.00
Linseed	5.00	7.40
Salt	0.50	0.50
Limestone	1.42	1.42
Carbonite	0.50	0.50
Vit.Min-mix (commercial)	0.45	0.45
Total	100	100
Chemical composition		
Crude protein, %	12.39	12.61
E.E, %	5.07	5.90
Crude fiber, %	9.01	8.93
NDF, %	26.21	25.72
ADF, %	15.17	14.81
Crude ash, %	5.91	5.97
NFE, %	56.11	54.68
Ca, %	0.76	0.75
P, %	0.35	0.36
TDN, %	73.08	73.87
ME, kcal/kg		

acid(19:0)를 사용하였다. SP™-2560 Capillary GC Column(L× I.D. 100m×0.25mm, df 0.20 μm Omegawax 320 capillary column, Sigma, USA)을 사용하였으며 시작 온도를 8분 동안 150°C로 프로그램 하였고 그 다음에 분당 2°C 씩 높여서 150-190°C로 온도를 올렸으며 최종 온도를 190°C로 고정하였다. 헬륨을 Carrier gas 로써 사용하였으며 분당 40 mL 유속으로 조절하였다. Split ratio는 100:1로 하였다. Injection의 온도는 250°C, Detector의 온도는 265°C로 조절하였다.

2.4. 임상실험

수입쇠고기(미국산), 대조군(일반한우) 및 n-6/n-3 균형한우(n-3 사료군) 등심에 대한 임상실험은 정상적인 성인 남녀 대학생 지원자 20명을 접수받아서 1차로 공복상태에서 혈액 지질을 측정하였고 지원자 사이에서 중성지방과 총콜레스테롤 값의 측정변이가 큰 차이를 보이는 8명을 제외하고 12명을 선정하였다. 균형한우에 대한 임상실험은 실험 I과 실험 II의 등심을 이용하여 진행하였고 그 결과를 종합하여 평균 값을 산출한 다음 통계처리에 이용하였다. 실험목적,

Table 2. Fatty Acid Composition of Linseed

Common formula	Common name	% of total fatty acids
8:0	Octanoic acid	-
10:0	Decanoic acid	-
12:0	Lauric acid	-
14:0	Myristic acid	-
16:0	Palmitic acid	0.08
16:1n-9	Palmitoleic acid	7.06
18:0	Stearic acid	-
18:1n-9	Oleic acid	4.08
18:2n-6	Linoleic acid	16.44
18:3n-3	Linolenic acid	56.95
20:0	Arachdic acid	15.39
22:0	Behenic acid	-
22:1	Erucaic acid	-
24:0	Lignoceric acid	-
SFA	Saturated fatty acid	15.47
UFA	Unsaturated fatty acid	84.53
n-6/n-3	-	0.29

Table 3. Fatty Acid Composition of Experimental Diets

(% of total fatty acids)

Common formula	Common name	Control diet	Expt. I n-3 diet	Expt. II n-3 diet
8:0	Octanoic acid	-	-	-
10:0	Decanoic acid	3.39	2.30	-
12:0	Lauric acid	2.48	1.52	1.27
14:0	Myristic acid	24.59	15.95	9.45
16:0	Palmitic acid	8.96	5.73	3.66
16:1n-9	Palmitoleic acid	11.10	8.78	10.51
18:0	Stearic acid	-	-	0.41
18:1n-9	Oleic acid	2.26	2.8	2.92
18:2n-6	Linoleic acid	18.59	18.35	20.99
18:3n-3	Linolenic acid	1.52	23.61	29.16
20:0	Arachdic acid	27.11	20.95	21.03
22:0	Behenic acid	-	-	0.63
22:1	Erucaic acid	-	-	-
24:0	Lignoceric acid	-	-	-
SFA	Saturated fatty acid	66.53	46.45	44.58
UFA	Unsaturated fatty acid	33.47	53.54	55.43
n-6/n-3	-	12.23	0.78	0.72

필요성 및 협조사항을 교육하였고 평상 시 자신의 식성 및 식사 습관을 허용하였다. 공복 혈액 지질을 측정하기 3일 전부터 음주, 육식 및 콜레스테롤 수치에 영향을 줄 수 있는 모든 요인을 배제하도록 요청하였다. 각 처리구 당 총 3회(1.5개월/회)에 걸쳐서 반복 실시하였으며 지원자 1인당 등심 200 g을 제공하여 불판에 구워서 섭취하도록 하였으며 공기밥과 상추, 고추, 소금장, 생수를 함께 섭취도록 유도하였다. 등심 200 g은 일반식당에서 판매하는 한우 등심 1인분 130 g을 기준으로 해서 70 g을 추가 제공한 량이다. 소고기 섭취 전의 혈액 지질 수준을 측정하기 위하여 섭취하기 전 날 밤 12시부터 다음 날 10시까지 공복상태를 유지한 후 공복 혈액의 지질과 혈당을 Cholestech LDX® System (USA)을 사용하여 측정하였다. 소고기 섭취 후의 혈액 지질 수준을 측정하기 위하여 섭취 전의 공복 혈액을 측정할 당일 점심 때 등심구이를 섭취한 후 동일한 방법으로 섭취 다음 날 10시에 공복 혈액의 지질과 혈당을 측정하였다. 측정결과 실험자의 70% 이상에서 차이가 나타나는 감소율과 증가율 자료를 유효결과로 인정하여 그림으로 나타냈다[2].

2.5. 통계처리

과학적인 절차에 의해서 얻어진 모든 자료의 통계처리는 SAS[19]의 GLM procedure를 이용하여 평균과 표준편차로 나타냈으며 혈액 지질은 t-test하였고 등심 지방산 및 임상실험 자료는 분산분석 후 Duncan's multiple range test에 의하여 95% 신뢰수준에서 처리 평균 간의 통계적 유의성을 검정하였다($p < 0.05$).

3. 결과 및 고찰

3.1. 한우의 혈액 지방산

실험 I에서 한우에게 n-3 사료를 급여하기 전과 50일 동안 급여한 이후의 조사한 혈액 지방산 조성의 변화는 Table 4에서 보는 바와 같다.

n-3 사료를 섭취한 이후 혈액의 n-3 지방산은 증가하였으나 n-6 지방산은 감소하였으며 섭취 전과 섭취 후 사이의 통계적인 유의성이 인정되었다($p < 0.05$). n-6/n-3는 n-3 사료 섭취 전과 비교할 때 섭취 후 획기적인 감소를 하였으며 통계적인 유의성이 인정되었다($p < 0.05$). 단일불포화

지방산 가운데 팔미토레인산(16:1n-9)은 n-3 사료를 섭취하기 전과 비교할 때 섭취 후 감소하였으나 올레인산은 오히려 증가하였고 섭취 전과 섭취 후 사이에 통계적인 유의성이 인정되었다($p < 0.05$). 포화지방산 총량은 n-3 사료를 섭취하기 전과 비교할 때 섭취 후 증가하였으나 불포화 지방산은 오히려 증가하였고 섭취 전과 섭취 후 사이에 통계적인 유의성이 인정되었다($p < 0.05$).

사료 내 n-6와 n-3 지방산, 팔미토레인산이 높았음에도 불구하고 혈액으로 유입된 이러한 지방산과 n-6/n-3가 줄어들었고, 사료 내 올레인산이 낮았음에도 불구하고 혈액으로 유입된 올레인산 함량이 증가한 이유는 반추위 미생물의 생체경화 (Biohydrogenation) 및 지방조직에서 Δ -9 Desaturase의 활성화 작용에 의한 것으로 생각할 수 있다[20, 21]. 반추위 미생물은 생체경화에 의해서 시스형 불포화지방산을 트랜스 지방, 포화지방산으로 바꾸며 Δ -9 Desaturase 활성화는 스테인산으로부터 올레인산을 합성할 수 있다 [21-22].

3.2. 등심의 지방산

균형 한우고기(n-3 처리군)와 일반 한우고기(대조군) 그리고 수입 쇠고기(미국산)의 등심에서 조사한 지방산 조성은 Table 5에서 보는 바와 같다.

조사한 모든 소고기의 n-6 지방산은 1.88-2.24%로써 서로 비슷한 값으로써 각 처리구 간 통계적인 유의성이 나타나지 않았다. n-3 지방산은 실험 I과 II가 일반 한우고기와 수입 쇠고기에 비해서 유의하게 높았으나($p < 0.05$) 실험 I과 II, 일반 한우고기와 수입 쇠고기 사이의 통계적인 유의성은 없었다. n-6/n-3는 실험 I과 II가 일반 한우고기와 수입 쇠고기에 비해서 유의하게 낮았으며($p < 0.05$) 실험 I과 II 사이의 통계적인 유의성은 없었으나 일반 한우고기는 수입 쇠고기에 비해서 유의하게 낮았다($p < 0.05$). 올레인산은 실험 I과 II가 일반 한우고기와 수입 쇠고기에 비해서 유의하게 높았으며($p < 0.05$) 실험 I과 II 사이의 통계적인 유의성은 없었으나 일반 한우고기는 수입 쇠고기에 비해서 유의하게 높았다($p < 0.05$). 포화지방산 총량은 수입 쇠고기가 가장 높았고 일반한우와 실험 I은 실험 II에 비해서 유의하게 높았으나($p < 0.05$) 이 두 처리구 간 통계적인 유의성은 나타나지 않았다. 불포화지방산 총량은 실험 II가

Table 4. Changes in Fatty Acid Composition of Plasma from Expt. I
(% of total fatty acids)

Common formula	Common name	Initial (0 day)	Final (30 days)	p-value
8:0	Octanoic acid	1.88±0.42 ¹⁾	1.61±0.15	0.389
10:0	Decanoic acid	1.32±0.11 ^b	2.58±0.27 ^a	0.007
12:0	Lauric acid	1.81±0.01 ^b	4.18±0.06 ^a	0.0001
14:0	Myristic acid	0.73±0.17 ^b	1.68±0.09 ^a	0.003
16:0	Palmitic acid	0.94±0.11 ^b	17.74±0.39 ^a	0.0001
16:1n-9	Palmitoleic acid	12.34±0.11 ^a	1.46±0.15 ^b	0.0001
18:0	Stearic acid	5.09±0.40 ^b	17.95±0.34 ^a	0.0001
18:1n-9	Oleic acid	21.58±0.36 ^b	39.12±1.61 ^a	0.002
18:2n-6	Linoleic acid	29.07±0.10 ^a	8.46±0.60 ^b	0.0001
18:3n-3	Linolenic acid	0.23±0.02 ^b	3.04±0.86 ^a	0.0001
20:0	Arachidic acid	24.02±0.43 ^a	2.18±0.20 ^b	0.155
22:0	Behenic acid	-	-	-
22:1	Erucaic acid	-	-	-
24:0	Lignoceric acid	-	-	-
SFA	Saturated fatty acid	35.78±0.40 ^b	47.92±0.37 ^a	0.0001
UFA	Unsaturated fatty acid	64.22±0.25 ^a	52.08±0.51 ^b	0.0001
n-6/n-3	-	126.4±0.37 ^a	2.78±0.05 ^b	0.0001

¹⁾Standard deviation of the mean values (n=10).

^{a,b}Mean values with different superscripts differ significantly (p<0.05).

가장 높게 나타났으며 실험 I, 일반한우 순서로 높은 경향이었고 수입 쇠고기는 가장 낮았으며 각 처리구 간 통계적인 유의성이 인정되었다 (p<0.05).

실험 I과 실험 II의 등심 내 축적된 n-3 지방산과 n-3/n-6 그리고 올레인산이 일반 한우고기 및 수입쇠고기에 비해 n-6/n-3가 유의하게 낮았던 점은 아마씨앗으로부터 공급된 n-3 지방산이 높았음과 동시에 반추위 미생물작용 그리고 수입 쇠고기의 유통경로에 기인한 것으로 사료된다. 옥수수 위주로 사육하는 일반한우의 경우 사료로부터 공급받은 n-6 지방산이 높은 반면에 n-3 지방산이 낮은 것으로 알려졌다[8, 17]. 수입 쇠고기의 경우 옥수수 위주 사료에 기초해서 생산된 축산물로써 n-6 지방산이 n-3 지방산에 비해서 높았을 것으로 추정할 수 있으며 n-6/n-3가 더욱 높게 나타난 점은 수입 유통경

로 및 유통일수가 길어진 점에 기인하여 양적으로 낮았던 n-3 지방산의 감소율이 더욱 높아졌기 때문인 것으로 추정할 수 있다[22]. 본 연구결과는 Lee 등[23]이 보고한 1⁺⁺등급, 1⁺등급, 1, 2, 3등급 한우 등심 내 n-3 지방산이 각각 0.14, 0.07, 0.05, 0.30, 0.03%이며 올레인산이 각각 53.10, 51.54, 51.85, 49.79, 47.40%와 비교할 때 높은 값이었다. 올레인산은 쇠고기 등심의 마블링을 강화하여 줌으로써 맛과 풍미를 향상시켜 소비자 기호도를 높일 수 있는 고급육을 생산함과 동시에 혈액 지질을 낮추는 기능성 지방산으로 새롭게 부각되었다[22, 24, 25]. 박과 유[21]는 한우고기의 우수성은 미국산 및 폴을 섭취한 호주 및 뉴질랜드산 수입 쇠고기에 비해서 올레인산이 유의하게 높기 때문이라는 점을 보고하였고 그 이유로서 수입 유통경로 및 유통일수의 연장에 기인함을 설명하였다. 특히 본 실험결과에서

Table 5. Changes in Fatty Acid Composition of Balanced Hanwoo Beef Loin (% of total fatty acids)

Common formula	Common name	Common Hanwoo beef	Imported beef	Expt. I balanced Hanwoo beef	Expt. II balanced Hanwoo beef	p-value
8:0	Octanoic acid	0.75±0.06 ^{1)a}	0.13±0.02 ^b	0.19±0.03 ^b	-	0.005
10:0	Decanoic acid	0.76±0.03 ^a	0.12±0.05 ^b	0.12±0.08 ^b	0.21±0.18 ^b	0.022
12:0	Lauric acid	0.12±0.03	0.13±0.04	0.14±0.05	0.25±0.25	0.060
14:0	Myristic acid	3.86±0.71	3.83±0.27	3.27±1.16	3.41±0.55	0.220
16:0	Palmitic acid	27.13±0.84 ^a	27.62±1.71 ^a	26.30±0.70 ^b	25.07±1.31 ^c	0.0001
16:1n-9	Palmitoleic acid	6.68±0.91 ^a	4.95±0.84 ^c	5.74±1.07 ^b	5.86±0.56 ^b	0.005
18:0	Stearic acid	9.45±0.73 ^b	13.26±0.30 ^a	9.32±1.90 ^b	9.07±1.67 ^b	0.0001
18:1n-9	Oleic acid	50.67±0.84 ^b	47.97±0.36 ^c	52.27±1.30 ^a	52.79±1.54 ^a	0.0001
18:2n-6	Linoleic acid	1.88±0.36	2.08±0.53	2.19±0.45	2.24±0.30	0.078
18:3n-3	Linolenic acid	0.08±0.12 ^b	0.02±0.03 ^b	0.59±0.35 ^a	0.61±0.13 ^a	0.022
20:0	Arachidic acid	0.05±0.01 ^c	0.01±0.00 ^c	0.56±0.14 ^b	0.71±0.11 ^a	0.0001
22:0	Behenic acid	-	-	-	-	-
22:1	Erucaic acid	-	-	-	-	-
24:0	Lignoceric acid	-	-	-	-	-
SFA	Saturated fatty acid	40.73±0.51 ^b	44.99±0.34 ^a	39.45±0.57 ^b	38.40±0.27 ^c	0.0001
UFA	Unsaturated fatty acid	59.27±0.38 ^c	55.01±0.25 ^d	60.45±0.29 ^b	61.31±0.47 ^a	0.0001
n-6/n-3	-	23.50±0.08 ^b	104.0±0.38 ^a	3.71±0.03 ^c	3.67±0.07 ^c	0.0001

¹⁾Standard deviation of the mean values (n=10).

^{a,b,c,d}Mean values with different superscripts differ significantly (p<0.05).

일반 한우고기 및 수입 쇠고기와 비교할 때 균형 한우고기 등심의 올레인산이 높았던 점은 Δ-9 Desaturase의 작용으로 볼 수 있다. 소의 지방조직은 Stearyl Coenzyme A desaturase gene에 의한 Δ-9 Desaturase의 불포화작용에 의해 스테아린산(18:0)으로부터 올레인산을 합성, 등심에 축적시킴으로써 마블링을 강화하여 고급육을 생산할 수 있다[26, 27]. Table 4에서 혈액의 스테아린산이 높았음에도 불구하고 한우등심에 축적된 스테아린산이 줄어들었고 올레인산이 증가하였음은 바로 이러한 Δ-9 Desaturase의 대사작용에 기인한 것으로 볼 수 있다. 일본의 화우와 미국의 애버딘앵거스는 등심에 축적된 올레인산의 함

량이 높으며 쇠고기의 맛과 풍미가 세계적으로 우수한 소고기를 널리 알려져 있다.

3.3. 임상결과

균형 한우고기와 일반 한우고기 그리고 수입 쇠고기의 등심을 섭취한 후 섭취 전과 비교한 혈액 지질 변화는 Fig. 1-Fig. 5에서 보는 바와 같다. 임상실험자의 70% 이상에서 혈액지질 감소 또는 증가효과가 나타날 경우 통계적으로 유효하다고 판단하여 감소율 또는 증가율로써 제시하였다.

중성지방의 감소율은 균형한우고기가 25.35%로 나타났으나 수입 쇠고기는 오히려 9.05% 증

가하였고 일반한우는 큰 차이가 나타나지 않았다 (Fig. 1). 총콜레스테롤 감소율은 균형 한우고기가 5.22%로 나타났으나 수입 쇠고기는 이와 반대로 8.21% 증가하였고 일반한우는 큰 차이가 없었다 (Fig. 2). LDL-C는 수입 쇠고기와 균형 한우고기에서 각각 섭취 전과 섭취 후 사이의 통계적인 유의성이 인정되었다($p < 0.05$). 수입 쇠고기의 LDL-C는 섭취 후에 유의적인 증가를 한 반면에 균형 한우고기의 섭취 후 LDL-C와 혈당은 유의하게 낮아졌음을 확인할 수 있었다($p < 0.05$). LDL-C의 감소율은 균형 한우고기가 17.59%로 나타났으나 수입 쇠고기는 이와 반대로 21.70% 증가하였고 일반한우는 큰 차이를 보이지 않았다 (Fig. 3). HDL-C의 증가율은 균형 한우고기가 6.07%로 나타났지만 그 반대로 수입 쇠고기와 일반한우는 각각 14.46, 11.46% 감소를 나타냈다 (Fig. 4). 혈당 감소율은 균형 한우고기와 일반 한우고기가 각각 6.42, 11.82%로 나타난 반면에 수입 쇠고기는 15.19% 증가 경향을 보였다 (Fig. 5). 포화지방산과 n-6/n-3가 높은 식품의 섭취는 혈액 중 나쁜 LDL-C를 증가시켜서 심장혈관 질환으로 인한 사망률을 높이는 원인이 될 수 있다 [28, 29]. LDL은 콜레스테롤을 간에서 혈액으로 수송하여 동맥 내 축적하고 체내 여러 부위의 상피조직 세포 내 축적하는데 있어서 가장 중요한 콜레스테롤을 운반체이지만, HDL은 콜레스테롤을 혈액으로부터 간으로 역수송하여 담즙 생성 및 소화관을 경유하여 분변으로 배설시켜 줌으로써 혈액 중 콜레스테롤을 제거해주는 기능을 갖는다 [2, 6, 30].

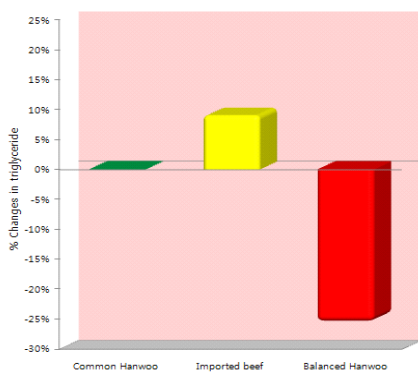


Fig. 1. Changes in plasma triglyceride from normal subjects fed balanced Hanwoo beef.

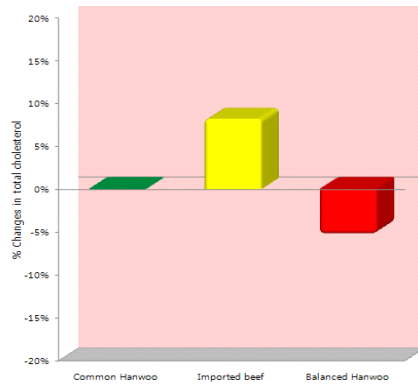


Fig. 2. Changes in plasma total cholesterol from normal subjects fed balanced Hanwoo beef.

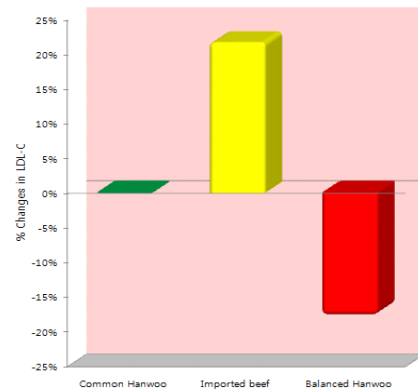


Fig. 3. Changes in plasma LDL-C from normal subjects fed balanced Hanwoo beef.

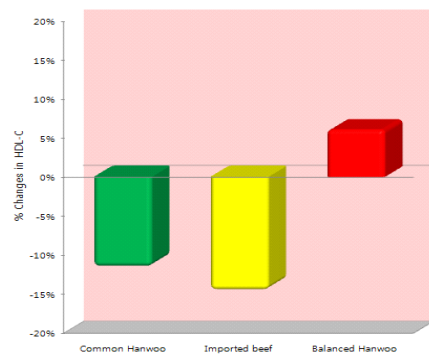


Fig. 4. Changes in plasma HDL-C from normal subjects fed balanced Hanwoo beef.

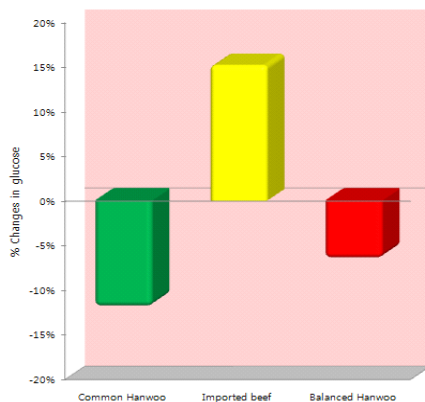


Fig. 5. Changes in plasma glucose from normal subjects fed balanced Hanwoo beef.

4. 결론

n-3가 풍부한 아마씨앗 5.0% 이상을 함유하는 n-3 사료를 급여한 한우에서 혈액과 등심 내 오메가 6와 3 지방산 비율(n-6/n-3) 감소효과 및 n-6/n-3 균형 한우고기를 섭취한 사람의 혈액 중 LDL-C 감소효과를 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. n-3 사료를 섭취한 이후 한우의 혈액 중 n-6/n-3는 2.78로 크게 감소하였으며 올레인산은 39.12%로 증가하였다.
2. 등심의 n-6/n-3는 균형 한우고기, 일반한우, 수입소고기에서 각각 3.67-3.71, 23.50, 104로 나타났으며 올레인산은 각각 52.27~52.79, 50.67, 47.97%로 평가되었다.
3. 균형 한우고기를 섭취한 사람에서 혈액 중 성지방, 총콜레스테롤 및 LDL-C은 각각 25.35, 5.22, 17.59% 감소하였으나 그 반대로 수입 쇠고기는 9.05, 8.21, 21.70 증가하였고 일반한우는 큰 차이가 나타나지 않았다.
4. 균형 한우고기를 섭취한 사람에서 HDL-C는 6.07% 증가하였으나 수입 쇠고기와 일반한우는 각각 14.46, 11.46% 감소하였다.
5. 혈당은 균형 한우고기와 일반 한우고기가 각각 6.42, 11.82% 감소하였으나 수입 쇠고기는 15.19% 증가하였다.

본 결과는 한우 배합사료 내 아마씨앗 5% 이상을 혼합해서 급여해주면 등심 내 n-6/n-3 비율 4:1 이하로 낮아지고 사람의 혈액 중 LDL-C를 떨어뜨릴 수 있는 균형 한우고기를 생산할 수 있다는 사실을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 농림수산식품부의 자유공모과제 지원 및 2013년도 강원대학교 포스트닥 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

1. B. S. Park, and J. Hwangbo, Omega fatty acids, Hyoilmunhawsa, Seoul Korea (2000).
2. B. S. Park, C. M. Ryu, Y. S. Ahn, and S. O. Park, The consumption of low animal food with low n-6/n-3 ratio reduce LDL-c cholesterol in humans, "*Res. J. Med. Sci*", **6**, 107-112 (2012).
3. P. R. S. Burghardt, B. J. Kemmerer, and A. J. Osetek, Dietary n-3:n-6 fatty acid ratios differentially influence hormonal signature in a rodent model of metabolic syndrome relative to healthy controls, "*Nutr. Metab*", **7**, 53-61 (2010).
4. S. D. Henauw, J. V. Camp, G. Sturtewagen, C. Matthys, and M. Bliau, Simulated changes in fatty acid intake in humans through n-3 fatty acid enrichment of foods from animal origin, "*J. Sci. Food Agric*", **87**, 200-211 (2007).
5. A. M. Coates, S. Sioutis, J. D. Buckley, and P. R. C. Howe, Regular consumption of n-3 fatty acid-enriched pork modifies cardiovascular risk factors, "*Br. J. Nutr*", **101**, 592-597 (2009).
6. C. A. Daley, A. Abbott, P. S. Doyle, G. A. Nader, and S. Larson, A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef, "*Nutr. J*", **9**, 10-14 (2010).

7. U. Gogus, and C. Smith, n-3 Omega fatty acids: A review of current knowledge. "Int. J. Food Tech", **45**, 417-436 (2010).
8. A. P. Simopoulos, The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids, "Biomed, Pharmacother", **56**, 365-379 (2002).
9. N. D. Riediger, R. A. Othman, and M. Suh, A systematic review of the roles of n-3 fatty acids in health and disease, "J. Am. Diet. Assoc", **109**, 668-679 (2009).
10. W. C. Willett, S. Liu, and J. E. Manson, The role of dietary n-6 fatty acids in the prevention of cardiovascular disease, "J. Cardiovasc. Med", **8**, S425 (2007).
11. N. Salem, Omega-3 fatty acids: Molecular and biochemical aspects. In: New protective roles for selected nutrients, Spiller, G. A. and J. Scala (Eds.), Alan R. Liss, New York, USA, p 127 (1989).
12. D. J. Farrell, Enrichment of hen eggs with n-3 long-chain fatty acids and evaluation of enriched eggs in humans, "Am. J. Clin. Nutr", **68**, 538-544 (1998).
13. S. Lopez-Ferrer, M. D. Baucells, A. C. Barroeta, J. Galobart, and M. A. Grashorn, N-3 enrichment of chicken meat. 2. Use of precursors of long-chain polyunsaturated fatty acids: Linseed oil, "Poult. Sci", **80**, 753-761 (2001).
14. M. A. McNiven, J. L. Duynisveld, T. Turner, and A. W. Mitchell, Ratio of n-6/n-3 in the diets of beef cattle: Effect on growth, fatty acid composition and taste of beef, "Anim. Feed Sci. Tech", **170**, 171-181 (2011).
15. S. K. Gulati, C. May, P. C. Wynn, and T. W. Scott, Milk fat enriched in n-3 fatty acids. "Anim. Feed Sci. Tech", **98**, 143-152 (2002).
16. P. Legrand, B. Schmitt, J. Mourot, and D. Catheline, The consumption of food products from linseed-fed animals maintains erythrocyte omega-3 fatty acids in obese humans, "Lipids", **45**, 11-19 (2010).
17. P. M. Kris-Etherton, D. S. Taylor, S. Yu-Poth, P. Huth, and K. Moriarty, Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States, "Am. J. Clin. Nutr", **71**, 179-188 (2000).
18. B. S. Park, and B. S. Park, Effect of feeding the high levels of microcapsulated inulin on egg and blood lipid profile in laying hens, "J. Korean Oil Chem", **29**, 214-223 (2012).
19. SAS, SAS/STAT User's Guide: Statistics. Version 8th Ed. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina (2004).
20. U. Gogus, and C. Smith, n-3 Omega fatty acids: a review of current knowledge, "Int. J. Food Sci. Tech", **45**, 417-436 (2010).
21. B. S. Park, and I. J. Yu, 1994. Comparison of fatty acid composition among imported beef, Holstein steer beef and Hanwoo beef, "J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)", **36**, 69-75 (1994).
22. K. Raes, S. De Smet, and D. I. Demeyer, Effect of double-muscling in Belgian Blue young bulls on the intramuscular fatty acid composition with emphasis on conjugated linoleic acid and polyunsaturated fatty acids, "Anim. Sci", **73**, 253-260 (2001).
23. Y. J. Lee, C. H. Kim, J. H. Kim, B. Y. Park, P. N. Seong, G. H. Kang, D. H. Kim, and S. H. Cho, Comparison of fatty acid composition of Hanwoo beef by different quality grades and cuts, "Kor. J. Food Sci. Ani. Resour", **30**, 110-119 (2010).
24. D. K. Lunt, and S. B. Smith, Wagyu beefs holds profit potential for U.S. feed lot, "Feedstuffs", **19**, 18-19 (1991).
25. B. A. Anderson, J. A. Kinsella, and B. K. Watt, Comprehensive evaluation of fatty acids in foods. II. Beef products, "J. Am. Diet. Assoc", **67**, 35-41 (1975).
26. S. G. May, C. A. Stordivant, D. K. Lunt, R. K. Miller, and S. B. Smith, Comparison of sensory characteristics and fatty acid composition between Wagyu, cross-breeds and Angus steers, "Meat Sci", **35**, 289-298 (1993).

27. S. B. Smith, K. David, and K. Y. Lunt, Adiposity, fatty acid composition, and delta-9 desaturase activity during growth in beef cattle, "Anim. Sci. J", **77**, 478-486 (2006).
28. J. B. German, and C. J. Dillard, Saturated fats: What dietary intake? "Am. J. Clin. Nutr", **80**, 550-559 (2004).
29. A. P. Simopoulos, Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development, "Am. J. Clin. Nutr", **54**, 438-463 (2000).
30. N. D. Riediger, R. A. Othman, and M. Suh, A systematic review of the roles of n-3 fatty acids in health and disease, "J. Am. Diet. Assoc", **109**, 668-679 (2009).