

Trans 지방을 첨가한 찹쌀보리빵의 섭취가 건강한 성인의 혈장 지질수준과 지방산 조성에 미치는 영향

노경희¹ · 이영은¹ · 장지현¹ · 신진혁¹ · 이미옥² · 이경식³ ·
이승환⁴ · 김도훈⁴ · 박용규⁵ · 조경환⁴ · 송영선^{1†}

¹인제대학교 BK21 식의약생명공학과, 식품과학연구소 및 바이오헬스 소재 연구센터

²영산대학교 한국식품조리학과, ³가천의과학대학교 의과대학

⁴고려대학교 의과대학, ⁵가톨릭대학교 의과대학

Effect of Waxy Barley Bread with *Trans* Fat on the Lipid Profile and Fatty Acid Composition in Healthy Korean Adults

Kyung-Hee Noh¹, Young Huh¹, Ji-Hyun Jang¹, Jin Hyuk Shin¹, Mi-Ock Lee², Kyung-Sik Lee³,
Seong-Hwan Lee⁴, Do-Hoon Kim⁴, Yong-Kyu Park⁵, Kyung-Hwan Cho⁴, and Young-Sun Song^{1†}

¹BK21 Center of Smart Foods and Drugs, Food Science Institute, and Biohealth
Product Research Center, Inje University, Gyeongnam 621-749, Korea

²Dept. of Korean Food & Culinary Arts, Youngsan University, Busan 612-743, Korea

³Medical School, Gachon University of Medicine and Science, Incheon 406-799, Korea

⁴Medical School, Korea University, Seoul 135-730, Korea

⁵Medical School, The Catholic University of Korea, Seoul 137-701, Korea

Abstract

This study investigated the effect of waxy barley on the incorporation *trans* fat (tFA) into plasma lipid and lipid profile through 6 weeks trial. 39 healthy volunteers were divided into 2 groups and fed waxy barley bread (WBG) or wheat bread (WG) containing equivalent amounts of tFA (elaidic acid rich, 3.75 g/day), respectively. Plasma lipid profiles and fatty acid composition at 0, 2, 4, 6 weeks after a respective bread were studied. Plasma lipid was extracted by the method of Folch, esterified by acid transmethylation and analyzed by gas chromatography. The fatty acid composition reflected the fatty acid proportion of the test fat. However, consumption of waxy barley bread with tFA for 6 weeks affected plasma fatty acid composition including tFA. Incorporation of tFA into plasma lipid was significantly lowered compared to WBG than in WG after 6 weeks of consumption. Furthermore, saturated fatty acids such as C16:0 and C18:0 levels were also significantly lowered in WBG than in WG. Furthermore, plasma total cholesterol level and TG/HDL-cholesterol ratio were also significantly lowered in WBG compared to WG at 2, 4 and 6 weeks. These results suggest that waxy barley bread with high β -glucan lowered plasma *trans*, saturated fatty acid and total cholesterol levels though the inhibition of lipid absorption.

Key words: *trans* fat, lipid profile, waxy barley bread, human trial

서 론

지질은 체내에서 주요한 열량원인 동시에 필수지방산 및 지용성 비타민의 급원으로 정상적인 건강유지에 필수적인 영양소로 식품의 풍미와 조직감 및 지방의 유통성, 가소성, 거품성 등은 다양한 가공식품을 만드는데 중요한 역할을 한다(1). 지질의 구성성분으로 포화화 불포화지방산이 있으며 포화지방산은 주로 동물성 지방을 구성하고 불포화지방산은 식물성유의 구성분이다. 자연적으로 존재하는 불포화지

방산은 대부분 *cis*형이며 *trans* 지방산은 반추동물의 위장관에서 일부 합성되지만 천연의 식물성유를 수소화하는 과정에서 주로 생산되는 불포화지방산이다(2,3). 쇼트닝이나 마가린과 같이 수소화시킨 지방으로 제조한 제품에 *trans* 지방산이 많이 함유되어 있다(1,2). 최근에는 *trans* 지방이 관상동맥을 비롯한 동맥에 경화성 병변을 일으킬 수 있으며(2) 필수지방산의 필요량을 증가시켜(3) 사람의 건강에 바람직하지 않은 영향을 미친다는 연구들이 보고되고 있다(4,5). 우리나라에서도 식생활의 서구화와 식습관의 변화로 인해

[†]Corresponding author. E-mail: fdsnsong@inje.ac.kr
Phone: 82-55-320-3235, Fax: 82-55-321-0691

trans 지방산의 섭취가 증가하고 있는 실정으로 세계적으로 건강 증진을 위해 *trans* 지방산의 섭취량을 규제하고 있으며 그에 따른 연구도 활발히 진행되고 있다(5). 우리나라의 식품의약품안전청에서도 *trans* 지방산의 과잉섭취가 문제시 되고 있어 2007년 12월부터는 가공식품에 *trans* 지방산 함량의 표기를 의무화하고 있으며 이러한 가공식품에서의 *trans* 지방산 함량을 저하시키기 위한 많은 계몽 활동과 노력을 기울이고 있다.

최근 식품에 대한 소비자들의 인식변화로 오늘날과 같이 물질적으로 풍요로운 사회 속에서 식품산업은 과거의 식욕을 충족시킨다는 개념을 넘어 식품의 맛과 질에 대한 증가된 소비자들의 요구를 만족시키는 방향으로 변화되어 건강 유지 및 건강증진의 역할을 추구하게 되었다(6,7). 식생활이 서구화되고 다양화됨에 따라서 생리 기능적 측면에서 식이섬유는 중요하게 평가받고 있으며 맥류에는 세포벽을 구성하는 다당류들, 즉 β -glucan과 arabinoxylan 등의 식이섬유가 다량 함유되어 있어 식이섬유의 중요한 급원으로 이용할 수 있다(8). 일반적으로 보리에는 12~16% 정도의 식이섬유가 함유되어 있으며 수용성 식이섬유의 일종인 β -glucan은 3.0~6.9% 정도 함유하고 있는 것으로 알려져 있다(9,10). 보리의 또 다른 기능성 물질인 tocol(42~80 mg/kg) 또한 비교적 풍부하게 함유되어 있어 건강에 유익함은 이미 알려진 사실이다(11). 보리에는 β -glucan의 함량이 높아 체내 혈중 콜레스테롤을 저하시켜 심장질환을 예방하고 지방의 축적을 억제하는 등 성인병의 예방에 탁월한 효과가 있는 식물자원으로 재평가 받고 있다(12,13). 특히 도정한 보리쌀에도 β -glucan은 거의 소실되지 않고 그대로 남아 있는 특성이 있어(14) 최근 β -glucan의 함량이 일반보리보다 높은 찹쌀보리가 보급되기도 하였다(15). 국내에서 보리와 관련된 동물실험 결과들은 탄수화물 급원으로 쌀과 보리 등 곡류 급원을 달리하였을 때 간과 혈중지질 농도에 미치는 영향이 보고된 바 있다(16-18). 그러나 가공식품 속에 높은 수준으로 함유되어 있는 *trans* 지방산의 체내 흡수와 관련된 직접적인 연구는 미비한 실정으로 체내 흡수를 저하시킬 수 있는 방법을 모색하고자한다. 빵류 개발은 밀가루 이외에 영양, 경제성을 고려하여 쌀보리, 호밀, 옥수수, 쌀 등의 곡분을 활용한 연구가 오래전부터 국내외적으로 행해지고 있다(11). 현재 시중에 판매되고 있는 대부분의 빵류는 주재료로 밀가루를 사용하고 있으며 밀가루 대신 β -glucan을 비롯한 식이섬유 함량이 높은 찹쌀보리 가루로 대체하였을 때 체내 지방과 지방산의 대사에 차이를 보일 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 건강한 성인 남녀에게 *trans* 지방을 3.75 g을 첨가한 밀빵 혹은 찹쌀보리빵을 6주간 섭취시켰을 때 체내 혈중 지방산 조성 및 지질수준에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

밀 빵과 보리 빵의 조제

본 연구에서 사용한 강력분 밀가루와 찹쌀보리는 전라남도 농촌진흥청 호남 농업연구소로부터 2007년에 공급받았으며 찹쌀보리는 분쇄한 후 분말로 만들어 밀빵과 찹쌀보리빵을 조제하였다. 밀빵은 밀가루 80 g에 *trans* 지방산 3.75 g을 첨가하였고, 찹쌀보리빵은 β -glucan 5%를 함유한 찹쌀보리가루 40 g과 밀가루 40 g에 *trans* 지방산 3.75 g을 첨가하여 식빵 형태로 각각 조제하였다. 이때 *trans* 지방산 함량은 쇼트닝(Crisco, The J.M. Smucker Company, Ohio, USA)을 사용하여 조정하였고 본 연구에서 사용한 쇼트닝의 지방산 조성은 Table 1에서 보는 바와 같이 100 g 당 총 *trans* 지방산의 함량은 12.5 g이었으며 18:1 *trans*(9*t*) 지방산의 함량이 100 g 당 10.1 g으로 18:2 *trans*(9*t*,12*t*) 지방산의 함량 100 g 당 2.4 g보다 높았다. 본 연구에서 대상자들에게 공급한 빵의 조성은 Table 2에 제시하였다. 각 빵의 영양소 함량은 Table 3에 농촌진흥청에서 발간한 식품조성표(19)에 준하여 환산하여 제시하였다. 밀빵과 찹쌀보리빵 각각의 빵 1개의 열량은 594.3 kcal 수준이었으며 단백질 함량은 밀빵이 8.55 g, 찹쌀보리빵이 3.69 g으로 밀빵이 높은 수준이었다. 지질 및 포화지방산, 불포화지방산과 당질의 함량은 두 빵이 유사한 수준이었으며 식이섬유 함량은 밀빵이 2.00 g, 찹쌀보리빵이 5.87 g으로 찹쌀보리빵의 함량이 높은 것으로 나타났다.

Table 1. Fatty acid composition of shortening used for bread preparation

Fatty acids	g/100 g shortening
16:0	14.8
18:0	10.4
18:1 <i>t</i>	10.1
18:1 <i>c</i>	27.3
18:2 <i>t</i>	2.4
18:2 <i>c</i>	32.7
18:3 <i>c</i>	2.3
Others	—

Table 2. The recipes for wheat bread and waxy barley breads (g)

Ingredients	Wheat bread	Waxy barley bread
Shortening	30	30
Sugar	6.7	6.7
Salt	1.3	1.3
Egg	10	10
Milk	30	30
Yeast	5	5
Wheat flour	80	40
Waxy barley powder	—	40
<i>Trans</i> fat	3.75	3.75

Table 3. Nutrient of wheat bread and waxy barley breads (100 g)

Nutrient ¹⁾	Wheat bread	Waxy barley bread
Total calorie (kcal)	594.3	594.3
Protein (g)	5.05	3.70
(protein/total calorie ratio)	(3.40)	(2.49)
Fat (g)	33.05	33.14
(fat/total calorie ratio)	(50.05)	(50.19)
Saturated fatty acid (g)	8.85	8.92
Unsaturated fatty acid (g)	24.20	24.22
Carbohydrate (g)	69.48	70.14
(carbohydrate/total calorie ratio)	(46.8)	(47.2)
Fiber (g)	2.00	5.87

¹⁾Source: Rural Resources Development Institute. 2006. Food Composition Table, 7 revision. National Rural Living Science Institute, Suwon, Korea.

임상대상자 선정 및 시험계획

임상시험 대상자는 서울지역에 거주하는 건강한 성인 남녀 39명으로 남자 29명과 여자 10명을 선정하였으며 대상자들의 연령은 25~27세로 고려대학교 안암병원에서 IRB(Institutional Review Board) 승인을 받아 진행하였다. 2007년 11월~2007년 12월에 실시하였으며 임상시험 실시 1주일 전 대상자들에게 시험의 목적과 유의사항을 숙지시켰다. 대상자들을 밀빵 군(19명)과 찹쌀보리빵 군(20명)의 2군으로 분류하였으며, 각각 조제된 밀빵과 찹쌀보리빵을 6주간 매일 하루에 1개씩 섭취시켜 섭취 0주, 2주, 4주, 6주경과 후 공복에 채혈하여 혈장의 지방 profile과 지방산 조성 및 다가불포화지방산/단일불포화지방산/포화지방산(P/M/S)의 비를 확인하였다. 대상자들은 공급되는 빵 외에는 식사에 제한을 두지 않고 자유롭게 섭취시켰다. 각각의 빵 섭취 0주, 2주, 4주, 6주 후의 혈압은 30분 간 안정시킨 후 편안한 상태로 혈압계(FT700, Jawon medical Co. Ltd., Gyeongsan, Korea)를 사용하여 측정하였다. 본 연구에서의 임상대상자의 일반적 특성은 Table 4와 같으며 남자와 여자 대상자들의 평균 BMI는 각각 23.0±0.4와 20.0±0.6이었고 복부비만을 나타내는 WHR 평균은 남녀 각각 0.82±0.01과 0.74±0.02로 모두 정상 수준이었다.

Table 4. General characteristics of the subjects

	WG ¹⁾ (n=19)		WBG ²⁾ (n=20)		Total (n=39)	
	Male (n=16)	Female (n=3)	Male (n=13)	Female (n=7)	Male (n=29)	Female (n=10)
Age (years)	26.4±0.6 ³⁾	24.3±0.7	26.6±0.2	25.6±0.5	26.5±1.9	25.2±1.3
Height (cm)	177.2±1.2	158.3±4.5	177.7±1.4	164.9±2.2	177.4±0.9	163.0±2.2
Weight (kg)	74.3±2.1	51.7±3.4	70.5±2.2	54.2±1.7	72.6±1.5	53.5±1.5
WHR ⁴⁾	0.84±0.01	0.73±0.03	0.81±0.01	0.74±0.02	0.82±0.01	0.74±0.02
BMI ⁵⁾ (kg/m ²)	23.6±0.5	20.4±0.7	23.3±0.7	19.8±0.8	23.0±0.4	20.0±0.6

¹⁾WG: Group consumed wheat bread with *trans* fat 3.75 g.

²⁾WBG: Group consumed waxy barley bread with *trans* fat 3.75 g.

³⁾Mean±SE.

⁴⁾WHR: waist/hip ratio.

⁵⁾BMI: body mass index.

시료처리

채취된 혈액 중 1 mL은 구연산-포도당 용액 0.1 mL을 넣고 원심분리(250 g×15 min)하여 상층의 혈장을 분리한 후 하층의 적혈구 세포를 0.9% NaCl 용액 1.0 mL에 부유시켜 다시 원심분리(250 g×15 min)하여 상등액을 피펫으로 취하여 앞의 혈장 층과 혼합하여 혈장 분획물을 조제하여 지방산 조성 분석에 사용하였다. 나머지 혈액은 지질수준을 분석하기 위해 lithium-heparinic polystyrene에 담아 1,000 rpm에서 15분간 원심분리 하여 상등액을 취한 후 다시 원심분리(3000 rpm×30 min)하여 상등액을 취해 두 액을 혼합한 혈장을 -70°C에서 보관하면서 생화학적 지표 분석에 사용하였다.

Lipid profile

시험대상자들이 각각의 빵을 섭취한 후 시간의 경과에 따른 혈장의 생화학적 지표로 혈장 지질 수준으로는 TG (A318, YD Diagnostics, Yongin, Korea), total cholesterol (TC, A308, YD Diagnostics), high density lipoprotein-cholesterol(HDL-C, A308-1, YD Diagnostics) 수준을 kit를 사용하여 분석하였으며 low density lipoprotein-cholesterol (LDL-C)은 Friedewald 공식(20)으로 계산하였다.

혈장의 지방 추출과 검화 및 메틸화

혈장에서의 지방 추출은 Folch 방법(21)을 수정하여 혈장 속의 지방을 추출하여 30°C하에서 질소가스로 농축한 후 internal standard로 C19:0(T4632, Sigma, St. Louis, USA)을 첨가하여 검화(22)시킨 후 분리된 지방산을 Chin 등의 방법(23)에 따라 메틸화하였다. 즉, 4% 염산-메타놀 용액 5 mL를 가하여 60°C 항온수조에서 매 5분마다 흔들어서 20분간 가열한 후 2차 증류수 1 mL을 가하고 10초간 세차게 흔들어서 혼합하여 hexan 4~5 mL를 가해 2회 반복 추출한다. 그리고 무수황산으로 수분을 제거한 후 건조하여 GC 분석 전까지 deep freezer에 보관하였다.

지방산 조성 분석

건고한 지방산에 hexan 10 µL를 가하여 용해시킨 후 1.5 µL를 취해 Gas Chromatography(GC, GC-2010, Shimadzu,

Table 5. Conditions of fatty acid composition analysis

GC	GC-2010 (SHIMADZU, Japan)
Column	Supelco-2560 (100 m×0.25 mm×0.2 μm)
Column temperature	140°C (5 min)→ 3°C/min, 240°C → 240°C (20 min)
Injector temperature	250°C
Detector temperature	280°C
Split ratio	25:1
Carrier gas	He
Gas flow	1.0 mL/min

Kyoto, Japan)를 사용하여 분석하였으며 분석조건은 Table 5와 같다. 분석 시 column은 Supelco-2560 capillary column(100 m×0.25 mm×0.2 μm)을 사용하였으며 Detector는 FID 검출기를 사용하였다. 대상자 혈장의 지방산 함량은 지방산의 peak와 머무름 시간이 표준물질(LB 42108, Supelco, Bellefonte, USA)과 같음을 확인하였으며 지방산의 함량은 각 standard에 대한 response factor를 환산하여 면적에 대한 백분율(area %)로서 표시하였다. 대상자들의 혈장의 지방산 조성은 palmitic acid(C16:0), palmitoleic acid (C16:1), stearic acid(C18:0), elaidic acid(C18:1*t*), oleic acid(C18:1*c*), linoelaidic acid (C18:2*t*), linoleic acid(C18:2*c*), linolenic acid(C18:3*c*)의 농도를 확인하였다.

식이섭취조사

식이섭취조사는 시험기간 중 빵의 섭취를 포함한 각 대상자들의 영양소 섭취 수준을 대상자들에게 3일간의 식사 기록법으로 작성하도록 하였으며 영양소 섭취 수준은 Can pro 3.0(한국영양학회)을 사용하여 총 에너지 섭취량, 당질, 지방, 단백질, 식이섬유 및 cholesterol과 Na의 섭취 수준을 분석하여 1일 평균 섭취량으로 제시하였다.

통계처리

SPSS PC⁺ program(Version 15.0, SPSS Inc., Chicago, USA)을 사용하여 통계처리 하였으며 모든 실험결과는 평균 ± 표준오차로 표시하였다. 섭취기간에 따른 두 군 간에 유의성은 Student's t-test로 p<0.05 수준에서 각각 검정하였다.

결과 및 고찰

영양소 섭취 수준

임상대상자들의 시험기간 중 빵의 섭취를 포함한 1일 평균 영양소 섭취량을 3일간의 식사 기록법으로 분석한 결과는 Table 6에서 보는 바와 같다. 본 연구에 참여한 대상자들의 1일 총 섭취 에너지, 단백질, 지질, 당질, 식이섬유, 콜레스테롤 및 Na 섭취 수준은 두 군 간에 유의적인 차이는 없었으며 영양소의 섭취수준이 유사한 것으로 나타났다.

대상자들의 혈압변화

Trans 지방산이 함유된 찹쌀보리빵과 밀빵을 6주간 섭취한 대상자들의 혈압변화는 Table 7에서 보는 바와 같으며 수축기 혈압은 찹쌀보리빵과 밀빵의 섭취기간이 경과할수록 증가하는 것으로 나타났다. 섭취 4주경과 후 두 군 모두에서 baseline에 비해 가장 큰 증가를 보였고 6주경과 후에는 증가량이 다소 감소하는 것으로 나타났으며 증가량은 두 군에서 유사한 수준이었다. 이완기 혈압은 두 군 모두에서 4주경과 후에 증가량이 최고에 달하였으나 6주경과 후에는 baseline에 비해 증가하였으나 증가량이 4주경과 후에 비해

Table 6. Dietary intake of the subjects consumed wheat bread and waxy barley breads

Nutrient	WG ¹⁾ (n=19)	WBG ²⁾ (n=20)
Total calorie (kcal)	2583.2±87.1 ³⁾	2491.4±84.1
Protein (g)	82.3±3.8	82.2±3.5
(protein/total calorie ratio)	(12.7)	(13.2)
Fat (g)	108.0±4.6	103.7±3.0
(fat/total calorie ratio)	(37.6)	(37.5)
Carbohydrate (g)	339.5±12.2	321.7±13.4
(carbohydrate/total calorie ratio)	(52.6)	(51.7)
Dietary fiber (g)	18.1±0.9	20.5±0.9
Cholesterol (mg)	472.5±24.7	482.3±19.0
Na (mg)	4449.9±196.3	4389.6±240.0

¹⁾WG: Group consumed wheat bread with *trans* fat 3.75 g.

²⁾WBG: Group consumed waxy barley bread with *trans* fat 3.75 g.

³⁾Mean±SE.

Table 7. Effect of wheat bread and waxy barley breads with *trans* fat on blood pressure in healthy Korean adults

	Week	WG ¹⁾ (n=19)	WBG ²⁾ (n=20)
Systolic (mmHg)	0	110.61±3.18 ³⁾	102.24±2.63
	2	120.81±2.71 (10.20±2.56) ⁴⁾	111.36±2.22* (9.12±2.12)
	4	126.62±3.79 (16.12±3.89)	116.84±2.48* (14.60±2.65)
	6	115.83±2.89 (5.22±2.62)	109.44±2.62 (7.20±2.02)
Diastolic (mmHg)	0	72.10±1.64	70.52±1.53
	2	77.14±2.27 (5.04±1.11)	72.12±1.81 (1.60±1.02)
	4	79.54±2.67 (7.44±1.20)	76.81±2.21 (6.29±1.05)
	6	77.59±2.11 (5.49±0.99)	71.75±2.07 (1.23±0.82)

¹⁾WG: Group consumed wheat bread with *trans* fat 3.75 g.

²⁾WBG: Group consumed waxy barley bread with *trans* fat 3.75 g.

³⁾Mean±SE.

⁴⁾Change=2, 4 and 6 wks-0 wk.

*Significantly different at p<0.05.

다소 감소하는 경향을 보였고 찹쌀보리빵을 섭취한 군이 밀빵을 섭취한 군에 비해 이완기 혈압 증가량이 높은 수준으로 나타났다. 수축기와 이완기 혈압 둘 다의 증가량은 찹쌀보리빵을 섭취한 군에서 밀빵을 섭취한 군보다 다소 낮은 추세로 나타났다.

혈중 지방산 조성

대상자들에게 *trans* 지방 3.75 g이 첨가된 밀빵과 찹쌀보리빵을 하루 1개씩 6주간 섭취시킨 후의 혈장의 지방산 농도 변화는 Table 8에서 보는 바와 같다. 혈중 지방산 농도 변화량을 보면 C16:0은 두 군 모두에서 섭취 4주까지 증가한 후

Table 8. Effect of wheat bread and waxy barley breads with *trans* fat on plasma fatty acid composition in healthy Korean adults (%)

	Weeks	WG ¹⁾ (n=19)	WBG ²⁾ (n=20)
C16:0	0	22.80±0.70 ³⁾	22.63±0.80
	2	24.15±1.08 (1.35±0.50) ⁴⁾	22.73±0.60 (0.10±0.03)*
	4	24.80±1.03 (2.00±0.63)	23.77±0.74 (1.14±0.30)
	6	24.63±0.88 (1.83±0.47)	23.27±0.42 (0.64±0.10)*
C16:1c	0	1.11±0.16	1.12±0.08
	2	1.26±0.12 (0.15±0.04)	1.12±0.07 (0.00±0.00)*
	4	1.24±0.09 (0.13±0.02)	1.14±0.02 (0.02±0.24)
	6	1.18±0.14 (0.06±0.02)	1.21±0.09 (0.09±0.02)
C18:0	0	13.31±1.01	13.30±0.81
	2	13.84±2.78 (0.53±0.18)	14.46±0.85 (1.16±0.13)*
	4	14.58±1.24 (1.27±0.55)	13.14±0.78 (-0.16±0.03)*
	6	12.51±1.15 (-0.80±0.23)	12.05±0.47 (-1.25±0.06)
C18:1t	0	0.28±0.07	0.24±0.08
	2	0.44±0.17 (0.17±0.05)	0.39±0.09 (0.15±0.04)
	4	0.46±0.16 (0.19±0.03)	0.34±0.10 (0.10±0.04)
	6	0.57±0.15 (0.30±0.10)	0.21±0.08 (-0.03±0.04)*
C18:1c	0	15.72±0.43	15.90±0.43
	2	16.37±0.26 (0.65±0.19)	15.91±0.37 (0.01±0.01)*
	4	16.62±0.58 (0.90±0.25)	15.90±0.69 (0.00±0.03)*
	6	16.05±0.48 (0.33±0.07)	15.61±0.42 (-0.29±0.17)*
C18:2t	0	0.23±0.05	0.12±0.07
	2	0.26±0.05 (0.03±0.00)	0.13±0.07 (0.01±0.00)
	4	0.35±0.18 (0.12±0.03)	0.19±0.06 (0.07±0.01)
	6	0.38±0.13 (0.15±0.07)	0.14±0.05 (0.02±0.00)*
C18:2c	0	31.70±1.36	31.50±0.67
	2	33.73±1.01 (2.03±0.40)	33.35±0.68 (1.85±0.66)
	4	33.83±0.90 (2.13±0.27)	31.40±0.65 (-0.10±0.10)*
	6	33.84±0.85 (2.14±0.28)	31.36±0.64 (-0.14±0.05)*
C18:3c,n-6	0	0.40±0.08	0.36±0.08
	2	0.39±0.12 (-0.01±0.05)	0.30±0.07 (-0.06±0.03)
	4	0.36±0.13 (-0.04±0.03)	0.27±0.07 (-0.09±0.02)
	6	0.35±0.10 (-0.05±0.04)	0.18±0.07 (-0.18±0.01)
C18:3c,n-3	0	0.48±0.07	0.47±0.08
	2	0.49±0.06 (0.01±0.00)	0.48±0.09 (0.01±0.00)
	4	0.46±0.11 (-0.02±0.01)	0.46±0.09 (-0.01±0.02)
	6	0.42±0.10 (-0.06±0.03)	0.43±0.09 (-0.04±0.08)
Others	0	14.10±0.64	14.41±0.84
	2	9.06±0.63 (-5.04±2.05)	11.10±0.62 (-3.31±2.03)
	4	7.33±1.02 (-6.77±2.13)	13.50±0.56 (-0.91±1.02)*
	6	10.19±0.94 (-3.91±2.04)	15.60±0.66 (1.19±0.91)*
P/M/S ratio ³⁾	0	1.06/0.52/1	1.10/0.52/1
	2	1.12/0.54/1	1.13/0.52/1
	4	1.09/0.56/1	1.15/0.52/1
	6	1.07/0.55/1	1.14/0.51/1

¹⁾WG: Group consumed wheat bread with *trans* fat 3.75 g.
²⁾WBG: Group consumed waxy barley bread with *trans* fat 3.75 g.
³⁾Mean±SE.
⁴⁾Change=2, 4 and 6 wks-0 wk.
 *Significantly different p<0.05.

섭취 6주경과 후에는 감소하는 것으로 나타났고 감소 수준은 찹쌀보리빵 군에서 밀빵 군에 비해 유의적으로 높았다. C16:1c는 찹쌀보리빵 군에서는 4주경과 후까지 증가하였다가 6주경과 후에는 감소하였으나 밀빵 군에서는 6주간 큰 변화가 없는 것으로 나타났으며 6주경과 후 두 군의 농도는 섭취 전의 수준과 유사하였다. C18:0은 찹쌀보리빵 군에서는 2주경과 후부터, 밀빵 군에서는 4주경과 후부터 감소하여 6주경과 후에는 두 군 모두에서 섭취 전의 농도보다 낮아지는 것으로 나타났다. C18:1t는 밀빵 군에서는 섭취기간이 증가함에 따라 혈 중 농도가 상승하는 경향을 보인 반면 찹쌀보리빵 군에서는 섭취 2주경과 후에 가장 높은 증가를 보인 후 섭취 4주경과 후부터는 혈 중 농도가 차츰 감소하여 섭취 6주경과 후에는 섭취 전보다 다소 낮아져 밀빵 군과 유의적인 차이를 보였다. 이러한 결과는 β -glucan을 함유한 찹쌀보리빵을 섭취한 군이 C18:1t의 혈 중 농도를 감소시켜 체내 축적을 저해하는 것으로 사료된다. C18:1c은 밀빵 군에서는 섭취 4주경과 후에 가장 높은 수준을 보인 후 6주경과 후에는 감소한 반면 찹쌀보리빵 군에서는 2주경과 후까지 변화가 없었으며 6주경과 후에는 섭취 전보다 감소하는 것으로 나타나 찹쌀보리빵이 체내 흡수를 저하시키는 것으로 보인다. C18:2t는 밀빵 군에서는 섭취기간이 증가할수록 혈 중 농도가 상승하는 것으로 나타난 반면 찹쌀보리빵 군에서는 4주까지 증가한 후 6주경과 후에서 감소하여 밀빵 군에 비해 찹쌀보리빵 군에서의 혈 중 농도가 유의적으로 낮은 수준을 보였다. C18:2c는 밀빵 군에서는 섭취기간이 증가할수록 혈 중 농도가 상승하여 일정 수준을 유지하는 것으로 나타났으나 찹쌀보리빵 군에서는 섭취 2주경과 후에 가장 높은 수준을 보인 후 감소하여 6주경과 후에는 섭취 전과 유사한 수준이었다. C18:3c,n-6는 밀빵 군은 섭취기간이 증가함에 따라 혈 중 농도가 감소하는 것으로 나타났고 찹쌀보리빵 군의 경우 섭취 4주경과 후까지는 섭취 전보다 감소하였다가 6주경과 후에는 증가하는 경향을 보였다. C18:3c,n-3은 찹쌀보리빵 군과 밀빵 군 모두에서 섭취기간이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났으며 6주경과 후에는 섭취 전보다 낮은 수준을 보였다. P/M/S 비를 보면 섭취 4주경과 후까지 두 군 모두에서 다가불포화지방산의 비가 증가한 반면 섭취 6주경과 후에는 다소 감소하는 경향을 보였으며, 단일불포화지방산의 비는 밀빵 군에서는 증가하는 추세이나 찹쌀보리빵 군에서는 감소하는 경향을 보였다.

이상의 결과를 보면 6주간 *trans* 지방이 첨가된 밀빵과 찹쌀보리빵을 섭취한 군에서 지방산의 혈중 농도의 변화를 보면 밀빵을 섭취한 군에서는 섭취기간이 증가할수록 C18:1t, C18:2c, C18:2t의 농도는 증가하는 것으로 나타난 반면 C18:0, C18:1c, C18:3c,n-9과 C18:3c,n-3의 농도는 감소하였고 C16:0과 C18:2c의 농도는 증가 후 일정수준을 유지하여 6주경과 후에는 섭취 전보다 현저하게 높은 수준을 보였다. 그러나 찹쌀보리빵을 섭취한 군에서는 섭취기간이 증가

할수록 C18:3c,n-6 지방산을 제외한 지방산들의 농도가 낮아졌으며 특히 섭취 6주경과 후 C16:0, C18:1t, C18:1c, C18:2t와 C18:2c의 농도는 밀빵을 섭취한 군에 비해 유의적으로 낮은 수준을 보였다.

식이 지방산 조성은 혈중 지방산 조성에 영향을 주어 혈중 지질 수준을 변화시킬 수 있으며(24-26) 지방섭취가 심장병에 미치는 효과는 단기보다 장기섭취 양상이 중요하다. 혈액 중 혈장의 지방산은 단기간의 지방산 섭취를 반영하며, 수명이 3~4개월 정도인 적혈구의 세포막 지방산은 최근 몇 개월간의 섭취 상태를 반영하고 오랜 시간에 걸쳐 지방산이 축적되는 체지방 조직의 지방산 분포는 장기간의 섭취상태를 나타낸다고 하였다(27). Kim과 Paik(24)은 우리나라 일부 여대생의 혈장 지방산 조성 연구에서 혈장의 총 지방산 중 linoleic acid가 32.15%로 가장 높았으며 그 다음 palmitic acid, oleic acid의 순이었다고 보고하였다. 우리나라 성인 남녀의 혈중 지방산 조성에 관한 연구(28)에서도 혈중 총 지방산 중 linoleic acid가 24.0~26.9%로 혈중 콜레스테롤 농도와 상관없이 모든 대상자들에서 가장 높았고 palmitic acid(20.0~21.5%), oleic acid(17.8~19.7%) 순으로 나타났다는 연구 결과들은 본 연구의 결과와 유사하였다. 또한 여러 연구자들의 연구(28-30)에서 고콜레스테롤혈증을 가진 사람들이 정상인에 비해 혈장의 C16:0과 C18:0의 농도가 높았다는 보고를 고려해 볼 때 C16:0과 C18:0의 수준을 6주경과 후에 유의적으로 감소시키는 것으로 나타난 찹쌀보리빵의 섭취는 혈중 지방산 조성에 유리하게 작용할 것으로 사료된다.

혈중 중성지방과 총 콜레스테롤 수준

Trans 지방산이 함유된 찹쌀보리빵과 밀빵을 섭취한 대상자들의 6주간 혈중 TG 수준의 변화는 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 혈중 TG 수준은 밀빵의 섭취기간이 경과할수록

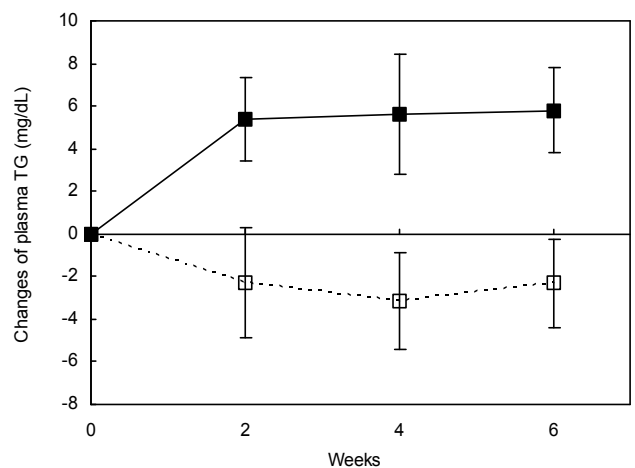


Fig. 1. Effect of wheat bread and waxy barley breads with *trans* fat on plasma TG level in healthy Korean adults. Bar represents standard error of mean value. *Significantly different $p < 0.05$. ■: WG (group consumed wheat bread with *trans* fat 3.75 g), □: WBG (group consumed waxy barley bread with *trans* fat 3.75 g).

증가하는 것으로 나타났으나 찹쌀보리빵을 섭취한 군에서는 섭취기간이 경과할수록 감소하여 찹쌀보리빵의 섭취가 TG 수준을 감소시켰으나 빵의 섭취기간에 따른 TG의 변화량은 두 군 간에 유의적인 차이는 없었다. 대상자들의 총 콜레스테롤 수준은 Table 9에서 보는 바와 같이 밀빵을 섭취한 군에서는 섭취 2주와 4주경과 후에 7.01과 7.31 mg/dL이 증가하였다가 섭취 6주경과 후 0.19 mg/dL로 증가량이 감소하였으나 baseline에 비해 다소 증가한 것으로 나타났다. 찹쌀보리빵을 섭취한 군에서는 빵을 섭취하는 기간이 증가할수록 총 콜레스테롤 수준이 감소하였다. 밀빵과 찹쌀보리빵의 섭취기간에 따른 콜레스테롤 변화량은 섭취 2주, 4주, 6주 경과 후 두 군 간에 유의적인 차이(p<0.05)를 보였다. 이러한 결과는 찹쌀보리에 함유된 β-glucan의 작용으로 보이며 찹쌀보리빵의 섭취가 혈중 콜레스테롤 수준을 감소시키는 것으로 보인다. HDL-C 수준은 밀빵을 섭취한 군에서 섭취기간이 경과할수록 증가하는 반면 찹쌀보리빵을 섭취한 군에서는 baseline에 비해 4주경과 후까지 감소하였다가 6주경과 후에 다소 증가하는 것으로 나타났으며 두 군 간에 현저한 차이는 보이지 않았다. LDL-C 수준은 밀빵을 섭취한 군에서는 섭취 2주 후 증가량이 가장 높았으며 6주 후에는 baseline보다 감소하는 것으로 나타났으나 찹쌀보리빵을 섭취한 군은 빵의 섭취기간이 경과할수록 감소하여 섭취 6주 후에는 두 군 간에 현저한 차이를 보였다. 혈청의 TG는 동맥경화

발생의 주요 원인이 되며 TG/HDL-콜레스테롤의 비가 증가하면 할수록 동맥경화의 위험이 증가한다. 따라서 본 연구에서는 trans 지방산 3.75 g을 함유한 찹쌀보리빵과 밀빵의 6주간의 섭취가 동맥경화에 미치는 효과를 TG/HDL-콜레스테롤의 비와 항동맥경화 지수로 확인하였다. TG/HDL-콜레스테롤의 비는 섭취기간에 따른 변화량에서 2주경과 후에서 6주경과 후까지 두 군 간에 유의적인 차이를 보였다. 밀빵은 섭취기간이 경과할수록 증가하는 경향을 보였으며 섭취 4주경과 후에 증가량이 0.08로 최고에 도달한 후 6주경과 후에는 0.03으로 다소 저하하였으나 baseline에 비해 증가되었다. 찹쌀보리빵을 섭취한 대상자들은 섭취기간이 경과할수록 감소하는 경향으로 나타났으며 감소량은 섭취기간이 증가할수록 baseline에 비해 더 낮아지는 것으로 나타났다. 밀빵을 섭취한 대상자들의 항동맥경화 지수는 섭취 2주 경과 후에 감소하는 경향으로 나타났으며 섭취 4주경과 후에는 baseline과 같은 수준이었고 6주경과 후에는 다소 증가하였다. 찹쌀보리빵을 섭취한 대상자들에게 있어 항동맥경화 지수는 섭취기간이 증가할수록 baseline에 비해 다소 증가하는 것으로 나타나 섭취 6주경과 후에 가장 높은 증가량을 보였다. 지방의 흡수는 당질과 단백질보다 장관 통과시간 변화에 더 영향을 받는 것으로 생각된다(31). Fernandez와 West(32)는 식이 중의 포화 지방산들이 중요한 조절요소의 ligand로 혈장 콜레스테롤을 결정하는데 중요한 역할을 할

Table 9. Effect of wheat bread and waxy barley breads with trans fat on plasma lipid profile in healthy Korean adults

	Week	WG ¹⁾ (n=19)	WBG (n=20) ²⁾
Total cholesterol (mg/dL)	0	170.11±7.08 ³⁾	175.05±7.50
	2	177.12±6.87 (7.01±0.95) ⁴⁾	167.34±5.17 (-7.71±0.94)*
	4	177.42±6.63 (7.31±1.05)	168.66±4.75 (-6.39±1.04)*
	6	170.30±6.75 (0.19±1.08)	161.93±5.61 (-13.12±1.07)*
	HDL-C ⁵⁾ (mg/dL)	0	64.64±2.55
	2	66.03±2.96 (1.39±0.95)	63.59±2.86 (-1.20±0.94)
	4	68.27±3.55 (3.63±1.05)	64.09±3.24 (-0.68±1.04)
	6	68.26±3.55 (3.62±1.08)	66.39±3.40 (1.62±1.07)
LDL-C ⁶⁾ (mg/dL)	0	96.11±4.25	95.69±5.25
	2	102.25±4.38 (6.13±1.11)	92.65±5.15 (-3.04±0.79)*
	4	96.11±4.49 (0.00±0.12)	90.69±4.70 (-5.00±1.06)
	6	94.27±5.20 (-1.84±0.89)	88.10±5.52 (-7.59±1.58)*
	TG/HDL-C ratio	0	1.09±0.16
2		1.15±0.13 (0.06±0.01)	1.05±0.18 (-0.02±0.01)*
4		1.17±0.21 (0.08±0.01)	1.01±0.16 (-0.04±0.02)*
6		1.12±0.12 (0.03±0.01)	1.09±0.11 (-0.06±0.01)*
HDL-C/TC ⁷⁾ ratio		0	0.38±0.01
	2	0.37±0.02 (-0.01±0.00)	0.38±0.02 (0.01±0.00)
	4	0.38±0.02 (0.00±0.00)	0.38±0.02 (0.01±0.00)
	6	0.40±0.02 (0.02±0.01)	0.41±0.02 (0.04±0.01)

¹⁾WG: Group consumed wheat bread with trans fat 3.75 g.
²⁾WBG: Group consumed waxy barley bread with trans fat 3.75 g.
³⁾Mean±SE.
⁴⁾Change=2, 4 and 6 wks-0 wk.
⁵⁾High lipoprotein-cholesterol.
⁶⁾Low lipoprotein-cholesterol.
⁷⁾Total cholesterol.
*Significantly different p<0.05.

수 있다고 하였다. Keenan 등(33)은 고콜레스테롤 혈증을 가진 남녀 155명을 대상으로 6주간 고분자 보리 β -glucan 추출물과 저분자 보리 β -glucan 추출물을 1일 3 g과 5 g을 각각 투여하였을 때 LDL-C의 농도가 9~15% 감소되었다고 보고하였다. Son 등(31)은 4주간 SD rat에게 울무, 백미, 메밀과 찹쌀보리를 제공하였을 때 메밀과 찹쌀보리를 섭취한 군이 울무와 백미를 섭취한 군에 비해 혈청 총 콜레스테롤은 유의적으로 저하되었고 HDL-C 증가, LDL-C 분해 증가 및 TG 흡수의 감소 등이 나타났으며 식이섬유를 가장 높은 수준 함유하고 있는 찹쌀보리의 섭취는 심혈관질환과 관련된 위험인자를 현저하게 개선시키는 결과를 보였다고 하였다. 이러한 결과는 찹쌀보리에 함유된 식이섬유와 phytochemicals의 이상적인 수준과 관련된 효과라고 보고하였다(31). 울무, 메밀, 보리, 오트밀 등에 함유된 수용성 식이섬유인 β -glucan은 건강에 유익한 성질을 가지는 것으로 다수의 연구자들에 의해 보고되었다(34-37). 보리와 오트밀 같은 수용성 식이섬유가 많이 함유된 곡류는 밀과 쌀 같은 대부분 불용성 식이섬유를 함유하고 있는 다른 곡류에 비해 혈중 콜레스테롤을 저하시키는데 더 효과적인 것으로 나타났다(38). 여러 연구자(39-41)들은 β -glucan이 풍부한 식품은 장에서의 점착성과 간의 콜레스테롤로부터 담즙산의 합성과 흡수를 감소시켜 체내 cholesterol pool을 고갈시키고, 장에서 cholesterol 흡수를 저하시켜 담즙과의 결합을 증가시켜 콜레스테롤을 저하시킨다고 하였다. 최근에 FDA는 oat bran과 rolled oats 또는 wholegrain barley와 dry-milled barley products의 β -glucan을 1일 3 g 섭취 시 총 콜레스테롤과 LDL-C 농도를 저하시킨다고 결론지었다(42). 따라서 β -glucan이 함유된 찹쌀보리빵의 섭취는 *trans* 지방산을 비롯한 포화지방산의 체내 흡수를 감소시키고 혈장 콜레스테롤 농도와 TG/HDL-C의 비를 감소시켜 항동맥경화 지수를 개선하여 동맥경화를 예방하는데 유익하게 작용할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 서울지역에 거주하는 건강한 성인 남녀(남자 29명, 여자 10명) 39명을 대상으로 *trans* 지방산 3.75 g을 각각 첨가한 찹쌀보리빵과 밀빵의 섭취가 혈중 지방산 조성 과 지질 수준에 미치는 효과를 확인하기 위하여 실시하였다. 시험군은 밀빵 군(19명)과 찹쌀보리빵 군(20명)의 2군으로 분류하였으며 장기(6주) 임상시험으로 시행하였다. 밀빵 군은 밀가루 80 g에 *trans* 지방산 3.75 g을 첨가한 밀빵을, 찹쌀보리빵 군은 β -glucan 5%를 함유한 찹쌀보리가루 40 g과 밀가루 40 g에 *trans* 지방산 3.75 g 첨가하여 찹쌀보리빵을 조제하여 제공하였다. 찹쌀보리빵을 섭취한 군에서는 섭취 기간이 증가할수록 C18:3_{n-9} 지방산을 제외한 지방산들의 농도가 낮아졌으며 특히 섭취 6주경과 후에는 C16:0, C18:1_t, C18:1_c, C18:2_t와 C18:2_c의 농도는 밀빵을 섭취한 군

에 비해 유의적으로 낮은 수준을 보였다. 밀빵을 섭취한 군에서 섭취기간이 증가할수록 C18:1_t, C18:2_c, C18:2_t의 농도는 증가하는 것으로 나타난 반면 C18:0, C18:1_c, C18:3_{c,n-9}과 C18:3_{c,n-3}의 농도는 감소하였고 C16:0와 C18:2_c의 농도는 증가 후 일정수준을 유지하여 6주경과 후에는 섭취 전보다 현저하게 높은 수준을 보였다. P/M/S 비를 보면 섭취 4주까지 두 군 모두에서 다가불포화지방산의 비가 증가한 반면 섭취 6주경과 후에는 다소 감소하는 경향을 보였으며, 단일불포화지방산의 비는 찹쌀보리빵 군에서는 감소하는 추세이나 밀빵 군에서는 증가하는 경향을 보였다. 또한 혈중 *trans* 지방산을 비롯한 포화지방산 농도가 낮은 수준이었으며 또한 찹쌀보리빵의 섭취는 밀빵의 섭취에 비해 총 콜레스테롤 농도와 TG/HDL-C의 비를 감소시켰다. 이러한 결과는 찹쌀보리에 함유된 β -glucan이 *trans* 지방의 체내 흡수율을 저하시키거나 흡수속도를 느리게 하기 때문으로 사료된다. 따라서 이상의 결과에서 가공식품으로부터 공급되는 *trans* 지방의 체내 농도를 저하시키고 혈장 총 콜레스테롤 농도를 개선시키기 위해서는 밀가루 보다는 찹쌀보리를 활용한 형태로 섭취하는 것이 바람직하다고 하겠다.

감사의 글

본 연구는 2007년 농촌진흥청 농업특정연구사업의 연구비 지원으로 이루어진 결과이며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Chung MS. 2007. How to solve the *trans* fatty acids problems in food? *Salé Food* 2: 30-37.
2. Vijver P, Kardinaal AF, Couet C, Are A, Kafatos A, Seingrimsdottir L, Amorim CJ, Moreiras O, Becker W, Amelsvoort JM, Vidaljessel S, Salminen I, Moschandress J, Sigfusson N, Martins I, Carbajal A, Ttterfors A, Poppel G. 2000. Association between *trans* fatty acid intake and cardiovascular risk factors in Europe: the TRANIR study. *Eur J Clin Nutr* 54: 126-135.
3. Ascherio A, Willet WC. 1997. Health effects of *trans* fatty acids. *Am J Clin Nutr* 66: 258-265.
4. Ahn MS, Suh MS, Kim HJ. 2008. Measurement of *trans* fatty acid formation and degree of rancidity in fat and oils according to heating conditions. *Korean J Food Culture* 23: 469-478.
5. Park DJ, Park JM, Shin JH, Song JC, Kim JM. 2008. Analysis of *trans* fatty acid content in retort food, powdered milk, biscuit and pizza products. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28: 240-245.
6. Chang KH, Byun GI, Park SH, Kang WW. 2008. Dough properties and bread qualities of wheat flour supplemented with rice bran. *Korean J Food Preserv* 15: 209-213.
7. Lee JR, Um YH. 2004. A study of attitude toward healthy menu. *Kor J Cul Res* 10: 16-29.
8. Lee YT. 2001. Dietary fiber composition and viscosity of extracts from domestic barley, wheat, oat, and rye. *Korean J Food & Nutr* 14: 233-238.
9. Lee JA, Park GS, Ahn SH. 2002. Comparative of phys-

- icochemical and sensory quality characteristics of cookies added with barleys and oatmeals. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 238-246.
10. Anderson JW, Story LS, Sieling B, Chen WL, Petro MS, Story J. 1984. Hypocholesterolemic effects of oat-barn intake for hypercholesterolemic men. *Am J Clin Nutr* 40: 1146-1155.
 11. Ryu CH, Kim SY. 2005. Study on bread-making quality with barley sourdough in composite bread. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 733-741.
 12. Newman RK, Lewis SE, Newman CW, Boik RJ, Pamage RT. 1989. Hypocholesterolemic effect of barley foods on healthy men. *Nutr Rep Int* 39: 749-760.
 13. Newman RK, Newman CW, Graham H. 1989. The hypocholesterolemic function of barley β -glucans. *Cereal Foods World* 34: 883-886.
 14. Seog HM, Kim JS, Hong HD, Kim SS, Kim KT. 1993. Effect of parboiling on the physicochemical properties of immature barley kernels. *J Korean Agric Chem Soc* 36: 456-462.
 15. Seog HM, Kim SR, Choi HD, Kim HM. 2002. Effect of β -glucan-enriched barley fraction on the lipid and cholesterol contents of plasma and feces in rat. *Korean J Food Sci Technol* 34: 678-683.
 16. Jung KA, Chang YK. 1995. Effect of cereals on lipid concentration of liver and serum in the rats. *Korean J Nutr* 28: 5-14.
 17. Kim MK, Park JE. 1997. Effect of dietary fiber in rice and barley lipid and cadmium metabolism in the rat. *Korean J Nutr* 30: 252-265.
 18. Kim SR, Seog HM, Choi HD, Park YK. 2002. Cholesterol-lowering effects in rat liver fed barley and β -glucan-enriched barley fraction with cholesterol. *Korean J Food Sci Technol* 34: 319-324.
 19. Rural Resources Development Institute. 2006. *Food Composition Table*. 7 revision. National Rural Living Science Institute, Suwon, Korea.
 20. Friedewald W, Levy RI, Fredrickson DS. 1972. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-502.
 21. Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J Biol Chem* 226: 497-509.
 22. Rise P, Eligini S, Ghezzi S, Colli S, Galli C. 2007. Fatty acid composition of plasma, blood cells and whole blood: relevance for the assessment of the fatty acid status in humans. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 76: 363-369.
 23. Chin SF, Liu W, Storkson TM, Ha YL, Pariza HW. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J Food Compost Anal* 5: 185-197.
 24. Kim YH, Paik HY. 1994. Relationship between dietary fatty acids, plasma lipids, and fatty acid compositions of plasma and RBC in young Korean females. *Korean J Nutrition* 27: 109-117.
 25. Chung EJ, Ahn HS, Um YS, Lee-Kim YC. 2004. Studies on fatty acid intake patterns, serum lipids and serum fatty acid compositions of high school students in Seoul. *Korean J Community Nutrition* 9: 263-279.
 26. Chang JH, Kim MS, Kim TW, Lee SS. 2008. Effect of soybean supplementation on blood glucose, plasma lipid levels, and erythrocyte antioxidant enzyme activity in type 2 diabetes mellitus patients. *Nutr Res Pract* 2: 152-157.
 27. Katan MB, Birgelen A, Deslypere JP, Penders M, Staveren WA. 1991. Biological markers of dietary intake, with emphasis on fatty acids. *Ann Nutr Metab* 35: 249-252.
 28. Kim JS, Suh YK, Kim HS, Chang KJ, Choi H. 2003. The relationship between serum cholesterol levels and dietary fatty acid patterns, plasma fatty acids, and other lipid profile among Korean adults. *Korean J Community Nutrition* 8: 192-201.
 29. Rise P, Eligini S, Ghezzi S, Colli S, Galli C. 2007. Fatty acid composition of plasma, blood cells and whole blood: relevance for the assessment of the fatty acid status in humans. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 76: 363-369.
 30. Akato L, Vreuls R, Irth H, Pel R, Stellaard F. 2007. Fatty acid profiling of raw human plasma and whole blood using direct thermal desorption combined with gas chromatography-mass spectrometry. *J Chromatogr A* 1186: 365-371.
 31. Son BK, Kim JY, Lee SS. 2008. Effect of adley, buckwheat and barley on lipid metabolism and aorta histopathology in rats fed an obesogenic diet. *Ann Nutr Metab* 52: 181-187.
 32. Fernandez M, West KL. 2005. Mechanisms by which dietary fatty acids modulate plasma lipids. *J Nutr* 135: 2075-2078.
 33. Keenan JM, Goulson M, Shamlyan T, Knutson N, Korberg L, Curry L. 2007. The effect of concentrated barley β -glucan on blood lipids in a population of hypercholesterolemic men and women. *Brit J Nutr* 97: 1162-1168.
 34. Yu YT, Lu YJ, Chiang MT, Chiang W. 2005. Physicochemical properties of water-soluble polysaccharide enriched fraction of adley and their hypolipidemic effect in hamsters. *J Food Drug Anal* 13: 361-367.
 35. Bruce B, Spiller GA, Klevay LM, Gallagher SK. 2000. A diet in whole and unrefined foods favorably alters lipids, antioxidant defenses, and colon function. *J Am Coll Nutr* 19: 61-67.
 36. Keogh GF, Cooper GJS, Mulvey TB, McArdle BH, Coles GD, Monro JA, Poppitt SD. 2003. Randomized controlled crossover study of the effect of a highly β -glucan-enriched barley on cardiovascular disease risk factors in mildly hypercholesterolemic men. *Am J Clin Nutr* 78: 711-718.
 37. Behall KM, Schofield DJ, Hallfrisch J. 2004. Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *Am J Clin Nutr* 80: 1185-1193.
 38. Jenkins DJ, Kendall CW, Vuksan V. 2002. Soluble fiber intake at a dose approved by the US Food and Drug Administration for a claim of health benefits: serum lipid risk factors for cardiovascular disease assessed in a randomized controlled crossover trial. *Am J Clin Nutr* 75: 834-839.
 39. Naumann E, Rees AB, Onning G, Oste R, Wydra M, Mensink RP. 2006. Beta-glucan incorporated into a fruit drink effectively lowers serum LDL-cholesterol concentrations. *Am J Clin Nutr* 83: 601-605.
 40. Anderson AAM, Lampi AM, Nystrom L, Piironen V, Li L, Ward JL, Gebruers K, Courtin CM, Delcour JA, Boros D, Fras A, Dynkowska W, Rakszegi M, Bedo Z, Shewry PR, Aman P. 2008. Phytochemical and dietary fiber components in barley varieties in the healthgrain diversity screen. *J Agric Food Chem* 56: 9767-9776.
 41. Dongowski G, Huth M, Gebhardt E. 2003. Steroids in the intestinal tract of rats are affected by dietary-fibre-rich barley-based diets. *Brit J Nutr* 90: 895-906.
 42. Poppitt SD. 2007. Soluble fibre oat and barley β -glucan enriched products: can we predict cholesterol-lowering effects? *Brit J Nutr* 97: 1049-1050.