

Trans 지방과 쌀, 콩을 첨가한 빵의 섭취가 건강한 성인 남녀의 혈장 지질 및 지방산 조성에 미치는 영향

노경희¹ · 허 영¹ · 장지현¹ · 김소희² · 신진혁¹ · 김도훈³ ·
이승환³ · 이경식⁴ · 박용규⁵ · 조경환³ · 송영선^{1†}

¹인제대학교 BK21 식의약생명공학과, 식품과학연구소 및 바이오헬스 소재 연구센터

²동주대학 외식조리제과계열, ³고려대학교 의과대학

⁴가천의과대학 의과대학, ⁵가톨릭대학교 의과대학

Effect of Breads Containing *Trans* Fat, Soybean or Rice on Plasma Lipid and Fatty Acid Composition in Healthy Korean Adults

Kyung-Hee Noh¹, Young Huh¹, Ji-Hyun Jang¹, Soo-Hee Kim², Jin Hyuk Shin¹, Do-Hoon Kim³,
Seong-Hwan Lee³, Kyung-Sik Lee⁴, Yong-Kyu Park⁵, Kyung-Hwan Cho³, 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

²School of Culinary Art & Baking Technology, Dongju College, Busan 640-080, Korea

³Medical School, Korea University, Seoul 135-730, Korea

⁴Medical School, Gachon University of Medicine and Science, Incheon 406-799, Korea

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

Abstract

It has been reported that *trans* fat (tFA) may have adverse or beneficial effect depending upon the position and number of double bonds. The presence of tFA in human tissues and fluids is related to dietary intake, intestinal absorption, metabolism and storage, exchanges among compartments. This study investigated the effect of breads containing tFA, soybean or rice on postprandial plasma fatty acid and lipid composition. 33 healthy volunteers were divided into 3 groups and fed soybean bread, rice bread or wheat bread groups containing equivalent amounts of tFA (elaidic acid rich, 3.75 g/day), respectively. Postprandial lipid profiles at 0, 1, 2, 3 and 4 hours after a respective meal were studied. Plasma fatty acid was extracted by the method of Folch and methyl ester of fatty and prepared by acid transmethylation and analyzed by Gas Chromatography. Peaks were identified using pure reference compounds and quantified. Postprandial data indicated that consumption of soybean and rice breads with 3.75 g tFA retarded the appearance of C18:1 and C18:2 tFA in plasma lipid compared to that of wheat bread. Furthermore, soybean and rice bread groups showed lower plasma saturated fatty acid levels than wheat bread group. Postprandial TG level was significantly lowered in soybean bread group compared to that of rice and wheat bread groups. These results imply that soybean bread with high dietary fiber content and biologically active substances may inhibit or delay lipid absorption.

Key words: *trans* fat, lipid profile, soybean bread, rice bread, short term study

서 론

지방질은 체내에서 주요한 열량원인 동시에 필수지방산 및 지용성 비타민의 급원으로 정상적인 건강유지에 필수적인 영양소이지만, 섭취 지방산의 양과 종류에 따라 고지혈증, 동맥경화, 심근경색, 뇌 혈전 등과 같은 질환을 유도하기도 한다(1,2). 지방질의 구성성분으로 포화화 및 불포화지방산이 있으며 포화지방산이 사람에게 미치는 좋지 않은 영향에 관한 연구가 이루어져 왔고 가능한 적게 섭취하도록 권장해

왔다. 그러나 최근에는 불포화지방산인 *trans* 지방산이 사람의 건강에 바람직하지 않은 영향을 미친다는 연구들이 보고되고 있다(3,4). *Trans*형의 지방산은 *cis*형의 불포화지방산을 가진 천연의 식물성 유지가 금속 촉매제의 존재 하에서 수소가스에 노출되어 마가린이나 쇼트닝과 같은 고체 또는 반고체 상태로 경화될 때 인공적으로 생성되며(5,6), 경화된 식물성유지는 융점과 질감의 변화를 일으키고 식품의 안정성과 유통기간을 연장시킬 수 있는 이유로 가공식품에 널리 이용되고 있다. 세계적으로 건강 증진을 위해 *trans* 지방산

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

의 섭취량을 규제하고 있으며 그에 따른 연구도 활발히 진행되고 있다. 우리나라의 식품의약품안전청에서도 가공식품과 즉석식품 속에 함유되어 있는 *trans* 지방산의 과잉섭취가 문제시 되고 있어 2007년 12월부터는 빵류, 건과류, 레토르트 식품, 초콜릿류, 면류 및 음료류 등의 식품에 *trans* 지방산 함량의 표기를 의무화하고 있으며 이러한 가공식품에서의 *trans* 지방산 함량을 저하시키기 위한 많은 계몽 활동과 노력을 기울이고 있다.

식품에 대한 소비자들의 인식변화로 오늘날과 같이 물질적으로 풍요로운 사회 속에서 식품산업은 과거의 식육을 충족시킨다는 개념을 넘어 식품의 맛과 질에 대한 증가된 소비자들의 요구를 만족시키는 방향으로 변화되어 건강유지 및 건강증진의 역할을 추구하게 되었다(7,8). 특히 건강에 대한 소비자들의 인식이 높아짐에 따라 식품에 함유된 유해성 물질에 대한 소비자들의 관심 또한 높아지고 있는 추세이다(3,4). 식생활이 서구화되고 다양화됨에 따라서 생리 기능적 측면에서 식이섭유는 중요하게 평가받고 있으며 최근 쌀과 밀에 소량 함유되어 있는 옥타코사놀은 체내 콜레스테롤을 감소시키고 글리코젠을 증가시켜 신진대사와 심폐기능을 향상시킨다(9)고 하였다. 콩류에는 galactomannan 형태의 수용성 섬유가 풍부한 것으로 알려져 있으며 콩류의 galactomannan은 다른 곡물에 존재하는 섬유들보다 점성이 높은 것으로 밝혀져 있다(10). 고지혈증식이에 관한 많은 연구에서는 콩 단백질은 혈청지질 수준을 낮추어 주며 콩 단백질 중 콩 peptides, globulins, isoflavones, saponin 등이 효과를 나타낸다고 하였다(11). 최근 연구에서는 대두가 곡류, 크래커, 비스킷, 빵, 영양식, 드링크류 등의 형태로 이용되는 추세가 증가하고 있다(12,13)고 한다. 특히 대두는 단백질 향상이라는 영양 개선의 목적을 위해 빵 제조 시 대두 강화제품을 밀가루 대용으로 첨가하였다. 밀가루 단백질의 낮은 단백가를 보충하기 위한 달걀 대용품으로 뿐 아니라 경제적인 이점을 위해 대두와 탈지대두를 사용한 빵의 연구(13,14)가 있다. 빵류 개발은 밀가루 이외에 영양, 경제성을 고려하여 쌀보리, 호밀, 옥수수, 쌀 등의 곡분을 활용한 연구가 오래전부터 국내·외적으로 행해지고 있으나(15) 가공식품 속에 높은 수준으로 함유되어 있는 *trans* 지방산의 체내 흡수와 관련된 직접적인 연구는 미비한 실정이다. 현재 시중에 판매되고

있는 빵류의 주재료를 밀가루 대신에 쌀가루와 콩가루로 대체하였을 때 주재료의 식품 조성의 차이로 인해 체내 지방산의 대사에 다소 차이를 보일 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 건강한 성인 남녀에게 밀가루 대신에 쌀가루와 콩가루로 대체하고 *trans* 지방을 3.75 g을 각각 첨가한 빵을 섭취시켰을 때 혈장의 지방산과 지질 흡수에 미치는 영향을 확인하고자 한다.

재료 및 방법

밀 빵, 콩 빵과 쌀 빵의 조제

본 연구에서 사용한 쌀, 콩, 밀은 전라남도 농촌진흥청 호남 농업연구소로부터 2008년에 공급받아 분쇄한 후 분말로 만들어 밀 빵, 콩 빵과 쌀 빵을 조제하였다. 밀 빵은 밀가루 80 g에 *trans* 지방 3.75 g을 첨가하였고, 쌀 빵은 밀가루 40 g과 쌀가루 40 g에 *trans* 지방 3.75 g을, 콩 빵은 콩가루 30 g과 밀가루 50 g에 *trans* 지방 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. Table 3은 본 실험에서 조제한 각 빵의 주요 영양소 함량을 제시하였으며, 빵 1개 당 총 칼로리는 밀 빵이 594.3 kcal, 쌀 빵이 607.9 kcal, 콩 빵이 591.9 kcal로 쌀 빵이 가장 높은 수준이었다. 콩 빵의 식물성 단백질 함량이 18.65 g으로 밀 빵 6.32 g과 쌀 빵 9.52 g보다 높았으며 식이섬유 함량은 밀 빵 2.00 g, 쌀 빵 2.56 g, 콩 빵 6.50 g으로 콩 빵에서 가장 높았다.

임상대상자 선정 및 시험계획

임상대상자는 서울지역에 거주하는 건강한 성인 남녀 33명(남자 23명, 여자 10명)을 선정하였으며 고려대학교 안암병원에서 IRB(Institutional Review Board) 승인을 받아

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

Fatty acid	g/100 g shortening
16:0	14.8
18:0	10.4
18:1, 9 <i>t</i>	10.1
18:1, 9 <i>c</i>	27.3
18:2, 9 <i>t</i> 12 <i>t</i>	2.4
18:2, 9 <i>c</i> 12 <i>c</i>	32.7
18:3, 9 <i>c</i> 12 <i>c</i> 15 <i>c</i>	2.3
Others	—

Table 2. The recipe of wheat, rice, or soybean breads (g)

	Wheat bread	Rice bread	Soybean bread
Shortening	30	30	30
Sugar	6.7	6.7	6.7
Salt	1.3	1.3	1.3
Egg	10	10	10
Milk	30	30	30
Yeast	5	5	5
Wheat flour	80	40	50
Rice powder	—	40	—
Soybean powder	—	—	30
<i>Trans</i> fatty acid	3.75	3.75	3.75

Table 3. Nutritional composition of wheat, rice, or soybean breads

	Wheat bread	Rice bread	Soybean bread
Total calorie (kcal)	594.3	607.9	591.9
Protein (g)	8.55	11.75	13.28
(protein/total calorie ratio)	(5.75)	(7.73)	(8.97)
Fat (g)	33.05	32.6	34.52
(fat/total calorie ratio)	(50.05)	(48.26)	(50.97)
Saturated fatty acid (g)	8.85	8.53	9.50
Unsaturated fatty acid (g)	24.20	24.07	28.11
Carbohydrate (g)	65.66	62.05	60.58
(carbohydrate/total calorie ratio)	(44.19)	(40.83)	(40.94)
Fiber (g)	2.00	2.56	6.50
Mineral (g)	1.92	1.47	3.60

2008년 5월~2008년 6월 사이에 실시하였다. 대상자들을 밀 빵 군(11명), 콩 빵 군(11명)과 쌀 빵 군(11명)의 3군으로 각각 분류하여 밀 빵 군은 밀 빵을, 콩 빵 군은 콩 빵을, 쌀 빵 군은 쌀 빵을 8시간 공복 후 커피와 함께 각각 섭취시켜 0시간, 1시간, 2시간, 3시간, 4시간 경과 후에 혈액을 취하였다. 본 연구에 선정된 임상대상자의 일반적 특성은 Table 4와 같다. 대상자들의 연령은 22~31세로 평균 남자는 28.1±0.50세, 여자는 25.7±0.65세이었으며 BMI는 남자 24.4±0.80, 여자 20.9±0.47로 정상 수준이었다.

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 조심스레 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.

간 기능과 lipid profile 분석

각각의 빵을 섭취한 후 시간의 경과에 따른 혈장의 간 기

능과 lipid profile로 alanine transaminase(ALT), aspartate transaminase(AST)과 중성지방(TG), 총 콜레스테롤(TC), high density lipoprotein-콜레스테롤(HDL-C) 수준을 kit (YD Diagnostics, Yongin, Korea)를 사용하여 분석하였다.

혈장의 지방 추출과 검화 및 메틸화

혈장에서의 지방 추출은 Folch 방법(16)을 수정하여 혈장 속의 지방을 추출하여 30°C하에서 질소가스로 농축한 후 internal standard로 C19:0(T4632, Sigma, St. Louis, USA)을 첨가하여 검화(17)시킨 후 분리된 지방산을 Chin 등의 방법(18)에 따라 메틸화하였다. 즉, 4% 염산-메타놀 용액 5 mL를 가하여 60°C 항온수조에서 매 5분마다 흔들어 주면서 20분간 가열한 후 2차 증류수 1 mL를 가하고 10초간 세차게 흔들어서 혼합하여 핵산 4~5 mL를 가해 2회 반복 추출한다. 그리고 무수 황산으로 수분을 제거한 후 건조하여 GC 분석 전까지 deep freezer에 보관하였다.

지방산 조성 분석

건조한 지방산에 핵산 10 µL를 가하여 용해시킨 후 1.5 µL를 취해 Gas Chromatography(GC-2010, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 분석하였다. 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(Catalog No.18919, Supelco, Bellefonte, USA)과 같음을 확인하였으며 지방산의 함량은 각 standard에 대한 response factor를 환산하여 백분율로서 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.

통계처리

SPSS PC⁺ program(Version 15.0, SPSS Inc., Chicago, USA)을 사용하여 통계 처리하였으며 모든 실험결과는 평균 ± 표준오차로 표시하였다. 각 군에서 시간의 경과에 따른 군 간의 유의성은 일원배치분산분석과 Duncan's 다중범위 분석으로, 시간의 경과에 따른 밀 빵과 쌀 빵 및 콩 빵 그리고

Table 4. General characteristics of the subjects

	WG ¹⁾ (n=11)		RG ²⁾ (n=11)		SG ³⁾ (n=11)		Total (n=33)	
	Male (n=9)	Female (n=2)	Male (n=10)	Female (n=1)	Male (n=4)	Female (n=7)	Male	Female
Age (years)	28.4±1.0 ⁴⁾	26.4±0.69	26.4±1.03	25.0±0.00	28.3±0.53	23.5±1.50	28.1±0.50	25.7±0.65
Height (cm)	175.4±1.3	163.3±0.3	173.1±2.3	152.0±0.0	175.1±2.0	167.0±3.0	175.4±1.0	162.9±2.3
Weight (kg)	74.7±3.43	50.7±0.92	73.2±4.22	51.0±0.00	72.7±4.92	57.0±5.00	75.3±2.83	52.0±1.28
BMI ⁵⁾ (kg/m ²)	24.3±1.23	20.1±0.45	24.3±0.99	22.1±0.00	23.5±1.15	20.4±1.06	24.4±0.80	20.9±0.47

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

²⁾RG: Group consumed rice bread with *trans* fats 3.75 g.

³⁾SG: Group consumed soybean bread with *trans* fats 3.75 g.

⁴⁾Mean±SE.

⁵⁾BMI: body mass index.

Table 5. Plasma AST and ALT levels of the subjects

	WG ¹⁾ (n=11)	RG ²⁾ (n=11)	SG ³⁾ (n=11)
AST (U/L)	23.4±2.80 ⁴⁾	28.9±3.41	20.9±1.44
ALT (U/L)	21.4±2.39	24.3±3.61	16.2±2.17

AST: aspartate transaminase, ALT: alanine transaminase

¹⁻³⁾Refer to Table 3.⁴⁾Mean±SE

쌀 빵과 콩 빵 간에 유의성은 student's t-test로 $p < 0.05$ 수준에서 각각 검정하였다.

결과 및 고찰

간 기능

본 연구에 참여한 임상대상자들의 간 기능을 혈중 ALT와 AST 수준으로 분석한 결과 세군 모두에서 정상 수준으로 나타났다(Table 5).

혈중 지방산 조성

대상자들에게 밀 빵, 쌀 빵, 그리고 콩 빵을 섭취시킨 후 시간에 따른 혈장의 지방산 농도 변화는 Table 6에서 보는 바와 같다. 포화지방산인 C16:0은 밀 빵을 섭취한 군에서는 섭취 1시간 후에 peak에 도달한 후 시간이 경과함에 따라 감소하여 섭취 4시간 후에는 섭취 전의 수준과 유사하였다. 쌀 빵을 섭취한 군에서는 섭취 후 3시간까지는 섭취 전에 비해 감소하였으나 4시간 후에는 baseline보다 다소 증가하는 것으로 나타났다. 콩 빵을 섭취한 군은 섭취 1시간 후에 가장 높은 수준이었으며 시간이 경과함에 따라 감소하여 섭취 4시간 후 섭취하기 전보다도 낮은 수준이었다. 섭취 후 시간의 경과에 따른 변화량에서도 군 간에 차이는 보이지 않았다. C16:1c는 세 군 모두에서 섭취 1시간 후 peak에 도달하였으나 각 군에서 섭취 후 시간의 경과에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. 밀 빵과 콩 빵을 섭취한 군에서는 섭취 2시간 후부터 baseline보다 감소하는 것으로 나타났으나 쌀 빵에서는 섭취 4시간 경과 후 baseline보다 감소하였다. 섭취 후 시간의 경과에 따른 군 간에 유의성은 보이지 않았다. C18:0은 밀 빵을 섭취한 군에서는 섭취 1시간 후 가장 높은 수준을 보였으며 섭취 2시간 경과 후에는 섭취 전의 수준보다 감소하여 섭취 3시간 후에 감소량이 가장 많았으며 4시간 후에도 baseline보다 감소하였다. 쌀 빵을 섭취한 군에서도 1시간 후에 peak에 도달한 후 감소하였으나 4시간 후에는 섭취 전보다 높은 수준을 보였다. 콩 빵을 섭취한 군에서는 섭취 1시간 후부터 감소하였으나 4시간 경과 후에는 baseline보다 높은 수준이었다. 각 군에서의 섭취 후 변화량은 섭취 1시간 경과 후 밀 빵을 섭취한 군에 비해 쌀 빵과 콩 빵을 섭취한 군에서 유의적으로 낮은 수준을 보였지만 쌀 빵과 콩 빵 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 콩 빵이나 쌀 빵의 섭취가 밀 빵에 비해 긴 사슬의

포화지방산인 C18:0의 흡수속도에 영향을 미치는 것을 의미한다 하겠다. C18:1c의 식후 농도 변화는 세 군 모두에서 섭취 1시간 후부터 증가하여 섭취 전의 농도와 유의적인 차이를 보였다. 밀 빵을 섭취한 군에서는 섭취 2시간 후에 현저하게 증가하여 3시간 후까지 유사한 수준을 유지한 후 섭취 4시간 경과 후에는 섭취 1시간 후의 수준으로 회복되었다. 쌀 빵과 밀 빵을 섭취한 군에서도 시간의 경과에 따라 유익적으로 증가하였으며 섭취 2시간 후 peak에 도달한 후 3시간 후까지 유사한 수준을 보였고 섭취 4시간 후에 섭취 1시간 후의 수준으로 감소하였다. C18:1c의 섭취 후 시간의 경과에 따른 변화량은 밀 빵을 섭취한 군에 비해 쌀 빵과 콩 빵을 섭취한 군이 다소 완만한 증가를 보였으나 군 간에 유의성은 없었다. C18:1c는 밀 빵 군이 섭취 2시간 경과 후에 peak에 도달한 후 3시간 후부터 감소하였으나 쌀 빵 군은 섭취 2시간과 3시간 후 peak에 도달한 후 섭취 4시간 후 감소하는 것으로 나타났다. 콩 빵 군에서도 섭취 1시간과 2시간 후 유사한 수준으로 peak에 달한 후 감소하여 섭취 4시간 후에는 섭취 전의 수준보다 감소하는 것으로 나타났다. 섭취 후 시간 경과에 따른 변화량은 섭취 3시간과 4시간 후 밀 빵 군에 비해 쌀 빵은 현저하게 높았고 콩 빵을 섭취한 군은 밀 빵과 쌀 빵을 섭취한 군에 비해 유익적으로 낮은 수준이었다. 이것은 콩 빵의 섭취 시 C18:1c의 clearance 속도가 가장 빠른 것을 의미하며 쌀 빵 섭취 시 가장 늦은 것을 의미한다 하겠다. Trans 지방산인 18:2c는 밀 빵을 섭취한 군에서는 섭취 후 시간의 경과에 따른 유의적인 차이를 보였고 섭취 2시간 후에 가장 높은 수준을 보였다. 쌀 빵과 콩 빵을 섭취한 군에서는 섭취 2시간 후에 가장 높은 수준을 보였으나 섭취 후 시간의 경과에 따른 현저한 농도 변화는 보이지 않았다. 섭취 후 경과 시간에 따른 군 간의 유의성은 없었다. 이러한 현상은 쌀 빵과 콩 빵의 섭취가 밀 빵에 비해 C18:2c의 흡수 속도를 늦추는 때문으로 보인다. C18:2c의 경우 세 군 모두에서 시간의 경과에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. 콩 빵 군에서는 쌀 빵 군과 밀가루 빵 군에서의 섭취 후 증가가 보다 다소 완만하고 낮은 경향을 보였으며 섭취 4시간 후에는 세 군 모두에서 섭취 전의 농도와 유사한 수준으로 저하되는 것으로 나타났다. 섭취 후 시간의 경과에 따른 변화량에서 군 간에 현저한 농도 차이는 보이지 않았다. C18:3c,n-3은 밀 빵과 콩 빵을 섭취한 군에서는 농도가 섭취 전에 비해 감소하는 것으로 나타났다. C18:3c,n-6은 쌀 빵 군과 밀가루 빵 군에서 섭취 3시간 후의 농도가 peak인 반면 콩 빵을 섭취한 군에서는 섭취 2시간 후 peak에 도달하였다가 섭취 3시간 후에는 섭취 전의 농도와 유사하였으며 4시간 후에는 다소 감소하는 경향을 보였다.

밀 빵, 쌀 빵과 콩 빵을 섭취한 후의 혈장 지방 성분은 빵 조제 시 사용한 test 지방 조성과 유사한 것으로 나타났다. 식이 지방산 조성은 혈중 지방산 조성에 영향을 주어 혈중 지질 수준을 변화시킬 수 있으며 그 영향은 구성 지방

Table 6. Effect of wheat rice or soybean breads with *trans* fat on postprandial plasma fatty acid compositions (%)

	Hour	WG ¹⁾ (n=11)	RG ²⁾ (n=11)	SG ³⁾ (n=11)		Hour	WG (n=11)	RG (n=11)	SG (n=11)
C16:0	0	21.2±0.97 ^{4)NS}	22.4±1.07 ^{NS}	20.2±1.11 ^{NS}	C18:2,9, 12 ^t	0	0.10±0.04 ^c	0.21±0.07 ^{NS}	0.09±0.06 ^{NS}
	1	22.5±0.71 (1.13±0.29) ⁵⁾	22.2±0.67 (-0.25±0.72)	21.3±0.64 (1.08±0.39)		1	0.27±0.08 ^{abc} (0.17±0.05)	0.35±0.07 (0.15±0.06)	0.19±0.06 (0.10±0.04)
	2	21.9±0.86 (0.64±0.18)	21.3±0.96 (-1.11±0.79)	20.5±0.86 (0.32±0.12)		2	0.56±0.16 ^a (0.48±0.15)	0.41±0.08 (0.21±0.07)	0.33±0.08 (0.24±0.08)
	3	21.3±0.51 (0.05±0.02)	21.8±1.20 (-0.63±0.67)	20.5±1.28 (0.27±0.59)		3	0.45±0.13 ^{ab} (0.33±0.12)	0.33±0.05 (0.12±0.07)	0.25±0.05 (0.16±0.05)
	4	21.2±0.55 (0.03±0.01)	23.1±1.06 (0.66±0.88)	19.9±0.97 (-0.27±0.56)		4	0.19±0.06 ^{bc} (0.10±0.04)	0.25±0.07 (0.05±0.05)	0.18±0.03 (0.09±0.05)
C16:1,9 ^c	0	1.16±0.171 ^{NS}	1.29±0.18 ^{NS}	1.03±0.10 ^{NS}	C18:2,9, 12 ^c	0	32.9±1.42 ^{NS}	32.6±1.49 ^{NS}	33.7±1.77 ^{NS}
	1	1.41±0.18 (0.25±0.30)	1.43±0.12 (0.14±0.04)	1.07±0.20 (0.04±0.02)		1	34.9±1.01 (2.00±0.37)	34.5±1.27 (1.86±0.31)	35.2±1.45 (1.50±0.34)
	2	1.10±0.10 (-0.06±0.20)	1.41±0.23 (0.11±0.11)	0.91±0.17 (-0.12±0.07)		2	35.3±1.51 (2.43±0.57)	34.8±1.07 (2.16±0.42)	35.8±1.00 (2.10±0.44)
	3	1.11±0.09 (-0.05±0.14)	1.30±0.14 (0.00±0.01)	0.88±0.15 (-0.15±0.08)		3	35.2±1.12 (2.29±0.28)	35.4±0.76 (2.16±0.42)	35.6±1.07 (1.84±0.49)
	4	1.03±0.12 (-0.13±0.13)	1.26±0.23 (-0.03±0.20)	1.00±0.12 (-0.03±0.10)		4	32.9±1.56 (0.03±0.33)	32.7±0.71 (0.08±0.37)	33.9±1.76 (0.20±0.38)
C18:0	0	12.0±0.82 ^{NS}	11.1±0.70 ^{NS}	12.3±0.94 ^{NS}	C18:3 _c , 9,12,15 _c , n ³	0	(1.90±0.53) ^{NS}	(1.63±0.19) ^{NS}	(1.62±0.27) ^{NS}
	1	13.3±0.63 (1.31±0.14)	11.3±0.69 (0.15±0.34)*	12.3±1.31 (-0.01±0.47)*		1	1.62±0.27 (0.10±0.04)	1.71±0.1 (0.08±0.07)	1.53±0.28 (-0.09±0.18)
	2	12.0±0.62 (-0.04±0.18)	10.7±0.48 (-0.46±0.52)	11.9±0.63 (-0.42±0.64)		2	1.86±0.36 (0.33±0.19)	1.76±0.15 (0.13±0.07)	1.54±0.18 (-0.08±0.14)
	3	11.0±1.24 (-1.04±0.65)	11.3±1.06 (-0.46±0.52)	11.3±0.97 (-1.00±0.88)		3	1.96±0.22 (0.43±0.10)	1.67±0.23 (0.04±0.05)*	1.54±0.20 (-0.08±0.07)*
	4	11.6±0.45 (-0.38±0.25)	11.8±0.62 (0.73±0.52)	12.6±0.94 (0.25±0.92)		4	1.43±0.20 (-0.10±0.13)	1.63±0.21 (0.00±0.09)	1.54±0.25 (-0.07±0.11)
C18:1,9 ^t	0	0.18±0.07 ⁶⁾	0.28±0.07 ^c	0.14±0.05 ^c	C18:3 _c , 9,12,15 _c , n ⁶	0	0.28±0.13 ^{NS}	0.26±0.08 ^{NS}	0.22±0.23 ^{NS}
	1	0.73±0.10 ^b (0.56±0.10)	0.82±0.12 ^b (0.54±0.12)	0.51±0.12 ^b (0.36±0.10)		1	0.30±0.11 (-0.01±0.12)	0.27±0.05 (0.01±0.03)	0.25±0.10 (0.03±0.03)
	2	1.46±0.25 ^a (1.28±0.20)	1.25±0.16 ^a (0.97±0.17)	1.03±0.11 ^a (0.89±0.09)		2	0.30±0.13 (0.02±0.05)	0.29±0.10 (0.03±0.01)	0.31±0.11 (0.09±0.04)
	3	0.98±0.22 ^a (0.80±0.23)	1.21±0.16 ^a (0.94±0.20)	1.02±0.13 ^{ab} (0.88±0.14)		3	0.31±0.13 (0.03±0.06)	0.29±0.08 (0.04±0.04)	0.23±0.06 (0.00±0.06)
	4	0.84±0.20 ^b (0.66±0.17)	0.75±0.11 ^b (0.47±0.13)	0.57±0.09 ^b (0.42±0.10)		4	0.29±0.15 (0.01±0.03)	0.26±0.08 (0.00±0.00)	0.20±0.04 (-0.02±0.03)
C18:1,9 ^c	0	18.7±0.42 ^{NS}	19.2±0.43 ^{NS}	17.5±1.08 ^{NS}	Others	0	10.6±0.31 ^{NS}	10.7±1.10 ^{NS}	12.5±0.92 ^{NS}
	1	19.2±0.23 (0.47±0.10)	20.2±0.33 (0.47±0.13)	18.0±0.74 (0.51±0.38)		1	6.87±0.29 (-3.73±0.30)	7.80±0.73 (-2.90±0.43)	8.94±0.70 (-3.56±0.36)
	2	20.0±0.68 (1.24±0.22)	20.2±0.36 (1.02±0.29)	18.0±0.65 (0.56±0.13)		2	7.08±0.75 (-3.52±0.16)	8.53±0.83 (-2.46±0.76)	9.48±0.97 (-3.02±0.13)
	3	19.3±0.45 (0.58±0.15)	20.5±0.53 (1.02±0.29)*	17.6±0.40 (0.12±0.13)**		3	9.02±0.36 (-1.58±0.10)	7.28±0.87 (-3.42±0.93)*	10.9±0.99 (-1.60±0.12) ⁺
	4	18.9±0.68 (0.12±0.06)	20.0±0.50 (0.80±0.18)*	16.9±0.55 (-0.53±0.26)**		4	11.0±0.71 (-0.40±0.37) ^a	8.79±1.17 (-1.91±0.71)*	12.5±0.49 (0.00±0.12) ⁺

1-3) Refer to Table 3.

4) Mean±SE.

5) Change=1,2,3,4 hours-0 hour.

6) Values within the same column with different superscripts differ significantly by Duncan's multiple range test at p<0.05.

* represents a significance between WG and RG or SG groups at p<0.05.

+ represents a significance between RG and SG groups at p<0.05.

NS: not significant.

산에 따라 다르다(19,20)고 하였다. 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 나타낸다(11). Kim

과 Paik(21)은 우리나라 일부 여대생의 혈장 지방산 조성 연구에서 혈장의 총 지방산 중 linoleic acid가 32.15%로 가장 많았으며 palmitic acid, oleic acid의 순이었다고 보고하였다. 우리나라 성인 남녀의 혈중 지방산 조성에 관한 연구(22)에서는 혈중 총 지방산 중 linoleic acid가 24.0~26.9%로 혈

중 콜레스테롤 농도와 상관없이 모든 대상자들에서 가장 많았고 palmitic acid(20.0~21.5%), oleic acid(17.8~19.7%) 순이었다고 보고하였다. 이러한 보고들은 본 연구의 결과와 유사하였다.

이상의 결과를 볼 때 콩 빵이나 쌀 빵은 밀 빵에 비해 트랜스 지방산인 C18:1t와 C18:2t의 증가율이 낮은 경향을 보였으며, 콩 빵의 섭취 시 가장 낮은 수준을 보였다. 또한 콩 빵을 섭취한 군에서는 C18:0과 C18:1c의 식후 증가량이 가장 낮았으며 쌀 빵을 섭취한 군에서는 C16:0의 식후 증가량이 가장 낮았다. 이것은 콩 빵이나 쌀 빵은 밀 빵에 비해 포화지방산과 트랜스지방산의 식후 흡수율에 영향을 미치는 것으로 사료되며 이러한 효과는 콩 빵이나 쌀 빵의 식이 섬유 함량과 관계가 있다. 식이섬유는 지방의 흡수에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다, 특히 점성이 높은 수용성 식이섬유는 지방의 흡수를 효과적으로 억제하는 것으로 보고되고 있는데(10,23-25), 콩류에는 galactomannan 형태의 수용성 섬유가 풍부한 것으로 알려져 있으며 콩류의 galactomannan은 다른 곡물에 존재하는 섬유들보다 점성이 높은 것으로 밝혀져 있다(10). 고지혈증식이에 관한 많은 연구에서는 콩 단백질은 혈청지질 수준을 낮추어 주며 콩 단백질 중 콩 peptides, globulins, isoflavones, saponin 등이 효과를 나타낸다고 하였다(11). Chung 등(26)은 이소플라본을 포함한 콩 단백질의 혈중 지질저하 기전에 대해 체계적인 설명은 할 수 없지만, 콩 단백질이 혈장 지방산의 조성을 변화시킴으로써 간접적으로 심혈관계 질환에 대해 유익한 효과를 확인하였으며 이러한 콩의 유익한 효과는 콩의 특정 성분의 단독효과라기보다는 수용성 식이섬유 및 콩 단백질과의 복합요인에 의한 것이라고 생각된다.

따라서, 밀 빵보다는 식이섬유의 함량이 높은 쌀 빵 및 콩 빵의 섭취는 지방산의 흡수율을 저하시켜 trans 지방산과 포화지방산의 농도를 감소시킬 수 있는 하나의 방법으로 사료된다.

혈중 지방 수준

Trans 지방산이 함유된 밀 빵, 쌀 빵과 콩 빵을 섭취한 대상자들의 빵 섭취 후 혈중 지방 profile은 Table 7에서 보는 바와 같다. 각각의 빵을 섭취한 후 TG 농도는 세 군 모두에서 시간의 경과에 따라 유의적인 차이는 보이지 않았다. 밀 빵을 섭취한 군은 섭취 2시간 경과 후 가장 높은 농도를 보였으나 쌀 빵을 섭취한 군에서는 섭취 2시간과 3시간 후 높은 수준을 보였으며 섭취 4시간 후에는 baseline보다 감소하는 것으로 나타났다. 콩 빵은 섭취 2시간 경과 시 peak에 달하였다. 시간의 경과에 따른 변화량에서는 섭취 1시간 경과 후에 콩 빵을 섭취한 군이 밀 빵과 쌀 빵을 섭취한 군보다 TG 수준이 현저하게 감소하였으며 섭취 3시간과 4시간 후 콩 빵을 섭취한 군이 쌀 빵을 섭취한 군에 비해 유의적으로 낮은 수준이었으나 밀 빵을 섭취한 군과는 차이를 보이지

Table 7. Effect of wheat, rice, or soybean breads with trans fat on postprandial plasma lipid profile

	Hour	WG ¹⁾ (n=11)	RG ²⁾ (n=11)	SG ³⁾ (n=11)
TG	0	85.0±11.0 ^{4)NS}	113.1±15.8 ^{NS}	67.0±3.80 ^{NS}
	1	113.9±17.2 (28.9±8.26) ⁵⁾	132.9±19.6 (19.8±5.15)	69.0±9.77 (2.0±0.25) ^{**}
	2	119.6±15.3 (34.6±9.96)	138.4±16.7 (25.3±9.25)	85.0±11.1 (18.0±2.65)
	3	100.1±11.0 (15.0±6.98)	140.9±21.3 (27.8±5.69)	74.5±5.18 (7.51±2.01) ⁺
	4	89.3±8.71 (4.30±2.02)	111.9±18.2 (-1.20±1.15)	73.3±6.03 (6.32±1.98) ⁺
TC	0	172.1±6.39 ^{NS}	195.5±9.64 ^{NS}	172.3±7.25 ^{NS}
	1	169.4±5.74 (-2.7±0.29)	191.0±12.0 (-4.5±0.82)	162.4±6.59 (-9.9±1.10)
	2	165.9±7.03 (-6.2±1.89)	186.6±13.3 (-8.9±1.29)	162.5±5.97 (-9.8±2.11)
	3	167.8±5.34 (-4.3±0.97)	191.1±9.81 (-4.4±1.11)	167.2±5.76 (-4.8±1.00)
	4	173.9±7.63 (1.8±0.02)	197.9±13.0 (2.4±0.04)	167.7±5.38 (-4.6±0.01) ^{**}
HDL-C	0	59.3±3.33 ^{NS}	56.8±3.66 ^{NS}	72.2±5.07 ^{NS}
	1	56.5±3.30 (-2.8±0.07)	55.0±3.49 (-1.8±0.10)	67.6±4.50 (-4.6±0.51)
	2	54.3±3.36 (-5.0±0.55)	53.1±3.41 (-3.7±0.58)	67.4±4.56 (-4.8±0.85)
	3	56.3±3.33 (-3.0±0.58)	52.2±2.92 (-4.6±0.22)	67.9±4.12 (-4.3±0.75)
	4	58.2±3.08 (-1.1±0.45)	53.8±3.05 (-3.0±0.52)	68.9±4.77 (-3.3±0.80)

¹⁻³⁾Refer to Table 3.

⁴⁾Mean±SE. ⁵⁾Change=1,2,3,4 hours-0 hour.

* represents a significance between WG and RG or SG groups at p<0.05.

+ represents a significance between RG and SG groups at p<0.05.

TC: total cholesterol.

않았다. TC 수준은 세 군 모두에서 빵의 섭취 후 오히려 감소하였으며 섭취 4시간 경과 후 밀 빵과 쌀 빵을 섭취한 군은 섭취 전의 수준과 유사하였으나 콩 빵을 섭취한 군은 baseline보다 낮은 수준으로 나타났다. 섭취 시간 경과에 따른 군 간에 변화량 차이는 섭취 4시간 경과 후 콩 빵을 섭취한 군은 쌀 빵과 밀 빵을 섭취한 군과 유의적인 차이를 보였다. 따라서 콩 빵을 섭취한 군이 쌀 빵과 밀 빵을 섭취한 군에 비해 TC 수준을 감소시키는 것으로 사료된다. HDL-C 농도는 세 군 모두에서 빵의 섭취 후 시간의 경과에 따라 감소하여 baseline보다 낮은 수준으로 나타났으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 밀 빵과 콩 빵을 섭취한 군에서는 섭취 2시간 경과 후 감소 수준이 가장 높았으며 쌀 빵 군에서는 3시간 후에 가장 낮은 수준이었다. 그러나 시간의 경과에 따른 변화량에서 각 군 간에 유의성은 없는 것으로 나타났다.

지방의 흡수는 당질과 단백질보다 장관 통과시간 변화에

더 영향을 받는 것으로 사료된다. 본 실험에서 콩 빵을 섭취한 군에서 식후 TG 증가가 밀 빵이나 쌀 빵 군에 비해 유의적으로 억제된 것은 콩 빵에 함유된 높은 식이섬유 함량 때문으로 사료된다. 수용성 식이섬유는 장관통과시간에 영향을 미치며 영양소 흡수를 저하하는 것으로 보고되고 있다(27). 특히 TG와 콜레스테롤 흡수를 억제하여 분변으로의 배설을 증가시킨다는 여러 보고가 있다(23-25,28,29). 건조두류와 같은 고 섬유식품들이 혈청 총 콜레스테롤 수준을 낮추고 변 중 지질의 배설을 증가시킨다고 보고(30)되었다. 또한 대두에 의한 혈청지질 저하효과에 대해서는 대두 중 난소화성 펩타이드가 지방산의 합성 및 지방분해 촉진 작용을 통해 혈중 중성지방의 수준을 낮추거나, 담즙산과 효율적으로 결합하여 변으로 steroid 분비를 촉진함에 의하는 것으로 설명되기도 한다(31). Kim 등(11)과 Park과 Lee(32)의 연구에서 두류와 대두의 섭취가 혈청 총 콜레스테롤 수준과 유의적인 음의 상관관계를 보인다고 하였으며 이러한 보고는 본 연구의 결과와 유사하였다.

따라서 본 연구에서는 콩 빵의 섭취가 밀 빵과 쌀 빵의 섭취에 비해 TG의 흡수량을 감소시키고 TC 수준을 저하시키는 것으로 보인다.

요 약

본 연구는 서울지역에 거주하는 건강한 성인 남녀(남자 23명, 여자 10명) 33명을 대상으로 *trans* 지방 3.75 g을 첨가한 쌀 빵, 콩 빵과 밀 빵의 섭취가 식후 혈장에서의 지방산과 지질흡수에 미치는 효과를 확인하기 위하여 실시하였다. 시험군은 각 군 당 11명씩 3군으로 분류하였다. 쌀 빵은 밀가루 40 g과 쌀가루 40 g에 *trans* 지방 3.75 g을, 콩 빵은 콩가루 30 g과 밀가루 50 g에 *trans* 지방 3.75 g을 첨가하였고, 밀 빵은 밀가루 80 g에 *trans* 지방 3.75 g을 첨가하여 식빵 형태로 각각 조제하였다. 대상자들은 8시간 공복 후 각각의 빵을 섭취하고 0, 1, 2, 3, 4시간 후 채혈하였고, 이는 혈중 지방산과 *trans* 지방산의 농도 및 지질 수준 분석에 이용되었다. 포화지방산인 C16:0과 C18:0의 수준은 밀 빵을 섭취한 군에서는 시간의 경과에 따라 유의적인 차이를 보였으나 콩 빵과 쌀 빵을 섭취한 군에서는 섭취 후 유사한 수준이었다. C16:0은 콩 빵과 밀 빵을 섭취한 군에서는 섭취 1시간 후에 peak에 도달하였으나 시간이 경과함에 감소하는 경향을 보여 섭취 4시간 후 밀 빵 군에서는 변화량은 섭취 전의 수준과 유사하였으나 콩 빵 군에서는 섭취하기 전보다도 낮아지는 것으로 나타났다. C18:0은 섭취 1시간 후 콩 빵과 쌀 빵을 섭취한 군이 밀 빵을 섭취한 군에 비해 유의적으로 감소하였으나 콩 빵과 쌀 빵 군 간에 유의적인 차이는 없었다. *Trans* 지방산인 C18:1과 18:2는 세 군 모두에서는 섭취 2시간 후 가장 높은 수준을 보였으며 섭취 4시간 후에는 콩 빵 섭취한 군에서의 C18:1의 혈중 농도가 가장 낮았다. C18:1c은 섭취 4시

간 후 콩 빵 군에서 가장 낮았고 쌀 빵 군에서 가장 높았다. 또한 콩 빵의 섭취는 TG의 증가를 효과적으로 억제하였다. 이상의 결과로 미루어 볼 때 콩 빵의 섭취는 밀 빵을 섭취했을 때보다 혈중 *trans* 지방산을 비롯한 포화지방산 농도와 TG의 수준을 저하하였으며 이것은 콩에 함유된 식이섬유와 생리활성물질들이 지방산과 지방의 체내 흡수율을 저하시키거나 흡수속도를 느리게 하는 때문으로 사료된다. 따라서 *trans* 지방산을 비롯한 포화지방산과 TG의 체내 농도를 저하시키기 위해서는 밀 빵보다 콩 빵의 형태로 섭취하는 것이 유익할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2008년 농촌진흥청 농업특정연구사업의 연구비 지원으로 이루어진 결과이며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Frankel EN. 1998. *Lipid oxidation*. The Oily Press Ltd., Dundee, Scotland. p 55-77.
2. Kromhout D. 1992. Dietary fats: long-term implications for health. *Nutr Rev* 50: 49-53.
3. Paula A, Lucca B, Tepper J. 1994. Fat replacers and the functionality of fat in foods. *Trends Food Sci Technol* 5: 12-19.
4. 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.
5. Ascherio A. 2006. *Trans* fatty acids and blood lipids. *Atheroscler Suppl* 7: 26-27.
6. Tricon S, Burdge GC, Jones EL, Russell JJ, El-Khazen S, Moretti E, Hall WL, Gerry AB, Leake DS, Grimble RF, Williams CM, Calder PC, Yaqoob P. 2006. Effect of dairy products naturally enriched with *cis*-9,*trans*-11 conjugated linoleic acid on the blood lipid profile in healthy middle-aged men. *Am J Clin Nutr* 83: 744-753.
7. 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.
8. Lee JR, Um YH. 2004. A study of attitude toward healthy menu. *Kor J Cul Res* 10: 16-29.
9. Kim EY, Song YJ. 2007. Effects of octacosanol supplements on body composition, anaerobic performance and blood components. *J Korea Sport Res* 18: 355-363.
10. Ali L, Azad-Khan AK, Hassan Z, Mosihuzzaman M, Nahar N, Nasareen T, Nure A, Rokeya B. 1995. Characterization of the hypoglycemic effects of *Trignella foenum graecum* seed (letter). *Planta Med* 61: 358-360.
11. Kim SO, Park MK, Oh JS, Lee HO. 2003. The study of relationships among soybean and their products, oils and fats consumption and serum lipids of hyperlipidemic adult males. *Korea Soybean Digest* 20: 53-62.
12. Schryber T. 2002. Increasing health benefits using soy germ. *Cereal Foods World* 47: 185-188.
13. Yoo YJ, Chang HG, Choi YS. 2005. Effect of defatted soy flour on the bread making properties of wheat flour. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 301-310.

14. Gilbertson DB, Porter MA. 2001. Replacing eggs in bakery goods with soy flour. *Cereal Foods World* 46: 431-435.
15. Ryu CH, Kim SY. 2005. Study on bread-making quality with barley sourdough in composite bread. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 733-741.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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. *Nutrition Research and Practice* 2: 152-157.
21. 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.
22. 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.
23. Choi YS, Cho SH, Kim HJ, Lee HJ. 1998. Effects of soluble dietary fibers on lipid metabolism and activities of intestinal disaccharidases in rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 44: 591-600.
24. Slavin JL, Savarino V, Parades-Diaz A, Fotopoulos G. 2009. A review of the role of soluble fiber in health with specific reference to wheat dextrin. *J Int Med Res* 37: 1-17.
25. Yu YT, Lu YJ, Chiang MT, Chiang W. 2005. Physicochemical properties of water-soluble polysaccharide enriched fraction of adlay and their hypolipidemic effect in hamsters. *J Food Drug Anal* 13: 361-367.
26. Chung EJ, Kim SY, Kim JY, Ahn JY, Park JW, Cha MH, Lee Kim YC. 2003. Effects of soy protein concentrate and age on plasma lipids and phospholipid fatty acid patterns in female rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 269-277.
27. Son BK, Kim JY, Lee SS. 2008. Effect of adlay, buckwheat and barley on lipid metabolism and aorta histopathology in rats fed an obesogenic diet. *Ann Nutr Metab* 52: 181-187.
28. Anderson JW, Baird P, Davis RH Jr, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, Waters V, Williams CL. 2009. Health benefits of dietary fiber. *Nutr Rev* 67: 188-205.
29. Ulmius M, Johansson A, Onning G. 2009. The influence of dietary fibre source and gender on the postprandial glucose and lipid response in healthy subjects. *Eur J Nutr* DOI 10.1007/s00394-009-0026-x.
30. Xu H, Tan SM, Li SQ. 2001. Effects of soybean fibers on blood sugar, lipids levels and hepatic-nephritic histomorphology in mice with diabetes mellitus. *Biomed Environ Sci* 14: 256-261.
31. Jenkins DJ, Kendall CW, Vidgen E, Vuksan V, Jackson CJ, Augustin LS, Lee B, Garsetti M, Agawal S, Rao AV, Cagampang GB, Fulgoni V. 2000. Effect of soy-based breakfast cereal on blood lipids and oxidized low-density lipoprotein. *Metabolism* 49: 1496-1500.
32. Park SH, Lee HS. 2003. Effects of legume supplementation on the glucose and lipid metabolism and lipid peroxidation in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutrition* 36: 425-436.

(2009년 5월 19일 접수; 2009년 8월 4일 채택)