

흰쥐의 간장 및 혈청 지질농도와 임상생화학적 지표에 미치는 식이섬유 및 식이지방 급원을 달리한 식이 투여의 영향

차재영 · 홍상식 · 조영수* · 김대진†

동아대학교 식품과학부
*동아대학교 응용생명공학부

Effects of Different Dietary Fats and Fibers on the Lipid Concentrations of Liver and Serum and Biochemical Index in Rats

Jae-Young Cha, Sang-Sik Hong, Young-Su Cho* and Dae-Jin Kim†

Faculty of Food and Nutrition and *Faculty of Natural Resources and Life Science,
Dong-A University, Busan 604-714, Korea

Abstract

This study investigated the effects of different types of dietary fats and fibers on the concentrations of serum and liver lipids and biochemical index in male Sprague-Dawley rats for 6 weeks. The experimental groups were divided into three groups; 5% corn oil + 5% cellulose (CO group), 10% corn oil + 10% psyllium husk (CO + PH group) and 10% lard + 10% psyllium husk (LA + PH group). Body weight gain and FER (food efficiency ratio %) decreased significantly in the LA + PH group and decreased slightly in the CO + PH group compared with the CO group. Food intake and tissue weights were not significantly different among the dietary groups. Concentrations of serum total cholesterol decreased significantly in the CO + PH group compared with the CO group, but no significant different in the LA + PH group. Concentrations of serum triglyceride and phospholipid decreased significantly in the CO + PH and the LA + PH groups compared with the CO group. Liver cholesterol concentration was significantly decreased in the LA + PH group compared with the CO and the CO + PH groups. Glutamic pyruvic transaminase activity was significantly increased in the LA + PH group compared with the CO and the CO + PH groups. However, lactate dehydrogenase and blood urea nitrogen was significantly decreased in the LA + PH group compared with the CO and the CO + PH groups. The others biochemical parameters, total protein, albumin, glucose, glutamic oxaloacetic transaminase, alkaline phosphatase were not significantly different among the dietary groups. These results showed that the lowering effect of dietary psyllium husk on serum lipid concentrations was more pronounced in the corn oil-feeding group than in the lard-feeding group as dietary fat source.

Key words: psyllium husk, cholesterol, triglyceride, corn oil, lard, rat

서 론

식생활 양상이 서구화 되면서 동물성식품의 섭취량 증가로 인한 포화지방산 및 콜레스테롤 섭취 증가, 가공식품의 발달과 함께 증가하고 있는 단당류의 섭취증가와 식이섬유의 섭취량 감소로 인해 인체의 지질 및 당질 대사이상에 의한 비만, 고지혈증, 동맥경화, 고혈압 및 당뇨병 등 생활습관병이 매년 늘어나면서 이로 인한 사망률도 증가하는 추세에 있다(1,2). 한편, 우리나라 사람의 경우 혈관순환기계 질환의 발병 원인으로 생체내 지질대사 이상 중에서 고콜레스테롤혈증 뿐만 아니라 전통적으로 고탄수화물 식사로 인한 당질유도성 고중성지혈증이 관여한다는 보고가 있다(3). 또한 전 세계적으로도 혈관순환기계 질환의 발병에 고콜레스테롤혈증

이 주요 원인으로 지적된 것 외에도 고중성지혈증 및 저 HDL-콜레스테롤혈증도 이들 질환의 주된 위험인자로 지적되어 최근에 유럽과 미국 등에서 새로운 임상지침이 설정되었다(4-6). 이들 질환의 발병이 식생활의 변화에서 오는 원인 뿐만 아니라 연령증가와 함께 나타나는 인체의 노화현상과도 밀접하게 관련되어 있는 것으로 지적되었다(7).

최근 국내에서도 혈중 지질농도의 증가를 염려하는 사람이 늘어나면서 식이섬유와 같은 저칼로리 식품을 섭취하려는 욕구가 날로 증가하여 천연자원을 대상으로 혈중 콜레스테롤과 중성지질을 저하시키는 작용을 가진 생리활성물질을 탐색해 내는 실험이 활발히 수행되어 다수의 유익한 결과가 얻어지고 있다(8-12). 이러한 연구의 일환으로써 혈중 지질농도 조절, 체중 조절 및 혈당 조절에 관심의 초점이 되고

†Corresponding author. E-mail: djkim@donga.ac.kr
Phone: 82-51-200-7532, Fax: 82-51-200-7535

있는 차전자피의 생리활성 작용에 관한 연구가 주목받고 있다(13-15).

차전자피(psyllium husk)는 질경이과에 속하는 다년생 초본식물 *Plantago semem*의 껍질로 다량의 점액질, 지방질, aucubin, galactan, polysaccharide, succinic acid 등을 다량 함유하여 수분 보유량이 우수한 식이섬유 급원이다. 특히 차전자피는 식이섬유원으로 생체내 소화효소에 의해 대부분 가수분해 되지 않는 난소화성으로 장내세균에 의해 이용되므로 에너지 열량이 낮아 저칼로리 식품소재인 동시에 변의 부피를 증가시켜 변 배설을 도와주는 변비개선 식품으로써 주목받고 있다(13,16). 또한 차전자피의 aucubin 성분은 cyclopyran 환을 가진 배당체로서 흰쥐와 마우스를 이용한 동물실험에서 사염화탄소 유발 실험적 간독성에 대한 해독작용과 차전자피 섭취에 의한 정상인 및 고콜레스테롤혈증을 가진 제2형 당뇨병 환자의 총 콜레스테롤 농도 저하작용 등 만성 퇴행성 질환에 대해서도 예방 및 치료효과가 있다는 연구결과가 꾸준히 발표되고 있다(17-19). 또한, 이들 지질 농도에 미치는 차전자피의 효과가 식이 중에 함께 첨가되는 식이지방의 종류에 따라서 조금씩 다르게 나타나 이에 대한 검정이 필요한 것으로 지적된 바 있다(20,21).

본 실험에서는 식이지방의 포화지방산과 불포화지방산의 조성비 차이에 따른 수용성 식이섬유 차전자피 첨가식이 성인 흰쥐의 혈청과 간장 지질농도 및 혈청 임상생화학적 지수에 미치는 영향을 검토하였다. 차전자피의 식이중 첨가 수준은 일상적인 사람이 매일 섭취하고 있는 25 g 전후의 식이섬유 섭취량과 비슷한 수준으로서 WHO 권장량 16~24 g/day과 영국 권장량 12~24 g/day을 고려한 첨가량이다(22).

재료 및 방법

실험동물 및 사육조건

Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐를 시판 고형사료로 1주일간 적응시킨 후 체중(초기 $406 \pm 29 \sim 409 \pm 32$)이 거의 균일하게 군당 6마리씩 분배하여 2마리씩 케이지에 넣은 후 온도 $22 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $50 \pm 5\%$, 명암주기 12시간(명기: 07:00~9:00, 암기: 19:00~07:00)으로 자동 제어되는 동물 사육실에서 사육하였다. 사육 기간중 체중은 1주일에 한번씩 측정하였으며, 식이 섭취량은 매일 일정한 시간에 측정하였다.

식이조성

본 실험의 식이 조성은 Table 1과 같으며, 대조군인 CO군은 5% corn oil과 5% cellulose, 실험군인 CO+PH군은 10% corn oil과 10% 차전자피(psyllium husk: PH) 및 LA+PH군은 10% lard와 10% 차전자피를 첨가하여 조제하였다. 조제한 식이와 물은 6주간 자유급여시켰다. 식이 중에 급여한 차전자피는 Health Plus[®](USA)에서 구입하였으며, cellulose는 Sigma Chemical Co.(St. Louis, USA)에서 구입하였다. 식이지방의 지방산 조성은 Table 2와 같으며, CO군 및 CO

Table 1. Composition of experimental diets (%)

Ingredients	CO ¹⁾	CO+PH	LA+PH
Casein	16.0	16.0	16.0
α -Corn starch	54.0	49.0	49.0
Sucrose	10.0	10.0	10.0
AIN-93 mineral mixture	3.5	3.5	3.5
AIN-93 vitamin mixture	1.0	1.0	1.0
L-Methionine	0.3	0.3	0.3
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2
Corn oil	10.0	10.0	-
Lard	- ²⁾	-	10.0
Cellulose	5.0	-	-
Psyllium husk	-	10.0	10.0

¹⁾CO group: corn oil+5% cellulose.

CO+PH group: corn oil+10% psyllium husk.

LA+PH group: lard +10% psyllium husk.

²⁾-: not supplemented in diet.

Table 2. Composition of fatty acid in dietary fat (%)

	Corn oil	Lard
14:0	-	1.5
16:0	12.2	24.8
16:1	-	3.1
18:0	2.2	12.3
18:1	27.5	45.1
18:2	57.0	9.9
18:3	0.9	1.1
Others	0.2	3.0
SFA ¹⁾	14.4	38.6
MUFA ²⁾	27.5	48.2
PUFA ³⁾	57.9	11.0

¹⁾SFA: saturated fatty acid.

²⁾MUFA: monounsaturated fatty acid.

³⁾PUFA: polyunsaturated fatty acid.

+PH군에서는 다가불포화지방산(polyunsaturated fatty acid; PUFA) 고함유 식이이며, LA+PH군은 단일불포화지방산(monounsaturated fatty acid; MUFA)과 포화지방산(saturated fatty acid; SFA) 고함유 식이로 구성되어 있다.

분석시료의 조제

실험 최종일 16시간 절식시킨 후 동물을 에틸에테르로 가법게 마취시킨 후 복부 대동맥으로부터 채혈하여 탈혈사시켰으며, 이때 얻어진 혈액은 30분간 정지한 후 3,000 rpm에서 20분간 원심분리하여 혈청을 얻어 지질분석 및 임상생화학적 지수 측정에 사용하였다. 각 장기는 적출한 후 냉각생리 식염수로 충분히 세척하고 물기를 제거한 다음 무게를 측정하고 지질분석용 시료로 제공하였다.

혈청 지질 및 임상생화학적 지표 효소 측정

총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 유리 콜레스테롤, 중성지질 및 인지질 농도는 효소 발색법에 의한 자동생화학 분석장치(Autohumalyzer 900S, Germany)로 측정하였다. 또한 혈청 임상생화학적 지수에 관련된 GPT(glutamic pyruvic transaminase), GOT(glutamic oxaloacetic transaminase), γ -GTP(glutamyl transpeptidase), ALP(al-

kaline phosphatase), LDH(lactate dehydrogenase) 활성과 BUN(blood urea nitrogen), 총 단백질, 알부민 및 포도당 농도도 자동생화학 분석장치(Autohumalyzer 900S, Germany)로 측정하였다.

간장 지질추출 및 분석방법

간장 총 지질은 Folch 등의 방법(23)에 준하여 추출하였다. 간장 중성지질 농도는 Fletcher의 방법(24)으로, 인지질 농도는 Bartlett의 방법(25)으로, 총 콜레스테롤 농도는 Sperry와 Webb의 방법(26)으로 정량하였다.

통계처리

본 실험에서 얻어진 실험결과는 일원배치 분산분석을 실시하여 Duncan's multiple range test의 방법(27)으로 각 실험군간의 유의차(p<0.05) 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

체중 증가량, 식이 섭취량, 식이효율 및 조직중량 변화

지금까지 평균수명의 증가에 의해 노령화 사회로 접어들면서 연령증가와 더불어 유발되는 각종 생활습관병과 관련하여 저칼로리 식품 소재인 식이섬유의 섭취에 관련한 연구는 대부분 생체대사가 원활한 성장기 흰쥐를 이용함으로써 목적으로 하는 실험결과를 얻을 수 없었다(7,28). 그러나 이들 연령 계층에 대한 임상영양학적 연구는 거의 이루어지지 않고 있어 본 실험에서는 성장이 거의 멈춘 400 g 이상의 흰쥐를 대상으로 이들 생활습관병과 밀접히 관련된 혈청 콜레스테롤과 중성지질 농도 및 임상생화학적 지표에 미치는 영향을 중심으로 검토하였다.

본 실험에서 일일 체중 증가량은 CO군 0.31 g에 비해 CO+PH군 0.57 g으로 증가경향을 나타내었다(Table 3). 이러한 차이는 식이 중에 첨가되는 식이지방의 양적인 차이에 기인하는 것으로 생각된다. 식이지방을 10% 동일량 첨가한 LA+PH군은 CO+PH군에 비해 일일 체중 증가량이 증가경향을 보였고, CO군에 비해서는 유의적인(p<0.05) 증가를 나타

내었다. 또한, 식이지방의 구성지방산 조성비에 따라서도 체중 증가량에 영향을 미치는데, 포화지방산 및 단일불포화지방산 급여군이 다가불포화지방산 급여군보다 체중이 더욱 증가하는 것으로 보고된 바 있다(29). 이러한 lard 급여에서 체중 증가는 식이섬유로 10% cellulose를 첨가한 실험군보다 10% 차전자피를 첨가한 실험군에서 통계상의 유의적인 차이 없이 약 11 g 증가한 이전의 결과로 볼 때 첨가하는 식이지방의 구성 지방산 조성비 차이와 식이섬유 종류에 의한 것으로 사료되어진다(30). 따라서, cellulose 첨가에 비해 차전자피 첨가군에서 또한 다가불포화지방산을 많이 함유한 corn oil 첨가군에 비해 포화 및 단일불포화지방산을 많이 함유한 lard 첨가군에서 체중 증가량이 증가한 것으로 나타났다.

식이섬유는 일반적으로 물리화학적 성질 차이로 포만감과 식이 열량밀도에 영향을 주게 됨으로써 식이 섭취량 감소로 결국 체중 감소로 이어지는데, 차전자피와 glucomannan을 1.58% 첨가한 식이를 8주간 섭취시켰을 때 체중이 20.3% 감소하여 본 실험의 결과와는 일치하지 못하였다(13). 수용성 식이섬유인 fructooligosaccharides, chicory의 경우 식욕을 증진시켜 섭취량 증가로 인해 체중을 증가시켰다는 연구 결과(9,31)도 있어 아직 그 효과가 입증되지 못한 상태이며, 난소화성 수용성 식이섬유라 해도 식욕에 미치는 효과가 종류와 섭취량에 따라 다르게 나타날 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

식이효율도 체중 증가량과 비슷한 경향을 나타내어 식이지방 및 식이섬유 5% 첨가 CO군에 비해 식이지방 및 식이섬유 10% 첨가 CO+PH군 및 LA+PH군에서 식이효율이 높게 나타났고, LA+PH군에서 좀더 효율이 높게 나왔다. 간장, 신장, 비장, 췌장의 장기무게는 각 실험군간에 유의적인 차이는 없었다.

혈청 콜레스테롤 농도

혈청 총 콜레스테롤 농도는 CO군 139.8 mg/dL에 비해 CO+PH군 120.5 mg/dL으로 13.8% 통계상 유의적으로 감소하였으나, 식이지방을 lard oil로 바꾼 LA+PH군에서는 3.4% 감소에 그쳤다(Table 4). LDL-콜레스테롤 농도는 CO군에

Table 3. Effects of dietary fats on body weight, food intake, and tissues weight in rats fed with psyllium husk for 6 weeks

	CO ¹⁾	CO+PH	LA+PH
Body weight gain (g/d)	0.31 ± 0.21 ³⁾⁴⁾	0.57 ± 0.43 ^{ab}	0.71 ± 0.23 ^b
Food intake (g/d)	14.11 ± 1.02 ^{ns5)}	14.08 ± 0.66	13.10 ± 0.53
FER (%) ²⁾	2.16 ± 1.33 ^a	4.09 ± 1.19 ^{ab}	5.42 ± 1.56 ^b
Tissue weight (g)			
Liver	9.76 ± 0.64 ^{ns}	9.63 ± 0.90	9.44 ± 0.42
Kidney	2.66 ± 0.25 ^{ns}	2.58 ± 0.24	2.48 ± 0.10
Spleen	0.65 ± 0.07 ^{ns}	0.59 ± 0.02	0.60 ± 0.06
Pancreas	1.00 ± 0.33 ^{ns}	1.07 ± 0.25	1.02 ± 0.18

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾FER (food efficiency ratio) = (body weight gain g / food intake g) × 100.

³⁾Values are means ± SE of 6 rats per group.

⁴⁾Between the groups, values with different letters are significantly different at p<0.05.

⁵⁾Not significant.

Table 4. Effects of dietary fats on the concentrations of serum lipids in rats fed with psyllium husk for 6 weeks

	CO ¹⁾	CO+PH	LA+PH
Total cholesterol (mg/dL)	139.8±10.1 ²⁾³⁾	120.5±8.0 ^a	135.1±14.9 ^b
LDL-cholesterol (mg/dL)	69.04±7.70 ^{ns4)}	60.00±6.61	68.16±8.68
HDL cholesterol (mg/dL)	42.59±1.50 ^b	36.85±2.73 ^a	40.36±4.97 ^{ab}
Free cholesterol (mg/dL)	28.12±1.86 ^{ns}	23.66±3.04	26.57±4.85
Atherosclerotic index (AI)	2.28±0.13 ^{ns}	2.27±0.11	2.35±0.09
Triglyceride (mg/dL)	43.32±5.90 ^b	33.63±4.38 ^a	33.23±1.69 ^a
Phospholipid (mg/dL)	181.4±32 ^b	138.6±8.4 ^a	130.4±18.8 ^a

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Values are means±SE of 6 rats per group.

³⁾Between the groups, values with different letters are significantly different at p<0.05.

⁴⁾Not significant.

비해 CO+PH군 및 LA+PH군에서 각각 13.1% 및 1.3% 감소하였고, 유리 콜레스테롤 농도는 통계상의 유의차 없이 각각 15.9% 및 5.5% 감소하여 총 콜레스테롤 농도와 동일한 경향을 나타내었다. 식이지방의 구성지방산 조성에서 PUFA 섭취량의 증가는 혈중 P/S 비율을 증가시켜 혈중 콜레스테롤 농도를 낮추어 주므로 고지혈증 환자에서 PUFA 섭취량을 늘리는 반면 SFA 섭취량을 줄이는 식사지침이 권장되고 있다(32). 또한, PUFA 비율이 높은 식이섭취는 동맥경화 유발을 촉진하는 LDL-콜레스테롤 및 VLDL-콜레스테롤 농도를 저하시킨다고 하였다(33). 본 실험에서도 동일량의 식이섭취를 함유하고 있음에도 불구하고 식이지방의 지방산 조성에서 PUFA를 많이 함유한 CO+PH군보다 SFA와 MUFA를 많이 함유한 LA+PH군에서 혈중 콜레스테롤 농도가 높은 것은 이러한 이유로 설명되어진다.

건강한 성인을 대상으로 식이지방으로 soybean oil과 coconut oil에 각각 하루 20 g씩 차전자피를 함께 섭취시켰을 때 혈청 총 콜레스테롤 농도가 각각 유의적으로 감소하였다(20). 이러한 차전자피 첨가에 의한 콜레스테롤 감소 효과는 coconut oil군보다는 soybean oil군에서 더욱 현저하여 식이지방의 구성 지방산 조성에서 포화수준에 의해 영향을 받는다고 하였다. 12명의 노인에게 4개월간 차전자피를 섭취시켰을 때 혈청 콜레스테롤 농도가 20% 감소하였는데, 이는 소장에서 차전자피와 담즙산의 결합량 증가와 함께 이들이 분변으로 배출되는 분변량 증가에 의한 것이라고 하였다(16, 28). 고콜레스테롤혈증을 가진 제2형 당뇨병 환자에게 8주간 매일 차전자피를 5.1 g씩 섭취시킨 결과 총 콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 농도가 각각 8.9% 및 13.0% 유의적으로 감소하였으며(17), 고콜레스테롤혈증을 가진 환자에게 24주 동안 매일 10.2 g씩을 섭취시켰을 때는 LDL-콜레스테롤 농도가 감소하였으나 이보다 낮은 3.4 g 및 6.8 g 섭취에 의해서는 이러한 효과가 없었다고 하였다(18). 고콜레스테롤혈증을 가진 남녀 환자에 매일 차전자피 5.1 g씩을 2회 복용시킨 결과 혈청 총 콜레스테롤 농도 및 LDL-콜레스테롤 농도가 감소하였으며(15), 한편 식이 지방원으로 5% soybean oil과 20% lard를 함유한 식이에 차전자피 0.9%와 glucomannan 0.68%를 첨가하여 8주간 성장기 흰쥐에 섭취시켰을 때 총 콜레스

테롤 농도 72.4 mg/dL가 식이섭취 무첨가 식이군 50.8 mg/dL에 비해 30% 유의적으로 감소하였다고 보고하였고(13), 흰쥐에게 0.5% 콜레스테롤과 10% 차전자피를 섭취시켰을 때 혈청 콜레스테롤 농도가 유의적으로 감소되었다(16). 차전자피 및 치커리와 같은 수용성 식이섬유에 의한 혈청 콜레스테롤의 감소 효과는 장내의 유익한 균종인 *Bifidobacteria*와 *Lactobacillus* 균주의 증식에 의해 이들 균들이 콜레스테롤을 동화시키거나 담즙산과 미셀을 만들어 장벽을 통해 재흡수되는 것을 막아 콜레스테롤 장간순환을 저해하여 콜레스테롤 체외 배출을 유도함으로써 혈중 콜레스테롤 농도를 낮추는 것이 가능하다고 보고하였다(34,35).

HDL-콜레스테롤 농도는 CO군에 비해 CO+PH군 및 LA+PH군에서 각각 13.5% 및 5.2% 감소하였고, 총 콜레스테롤 농도에 대한 HDL-콜레스테롤 농도의 비로써 나타내는 동맥경화 지수(AI)는 CO군 2.28, CO+PH군 2.27 및 LA+PH군 2.35로 나타나 각 실험군간에 비슷하였다(Table 4). Framingham heart study와 미국 NIH의 기준에서는 심혈관 질환의 위험도 판정에 이용되는 동맥경화 지수가 3.0~3.5 이하이면 관상동맥 질환의 발생 위험으로부터 안전한 수준이며, 적어도 4.5 이하를 유지하도록 권장하고 있는데, 본 실험에서는 각군 모두 3.0 이하로 안전한 수준에 속하였다(36). 수용성 식이섬유는 LDL-콜레스테롤 농도를 저하시키는 우수한 효과를 가지고 있지만, 반면 HDL-콜레스테롤 농도에는 현저한 영향을 미치지 못하는 것으로 보고되고 있다(18,20,37,38). 즉, 건강한 성인에 있어서 식이지방 포화도와 차전자피 섭취에 의해 HDL-콜레스테롤 농도와 apo-A1에는 영향을 미치지 못하였고(20), 고콜레스테롤혈증 환자에서도 차전자피 섭취에 의해 HDL-콜레스테롤 농도에 아무런 영향이 없었다고 하였다(18,38). 그러나 0.5% 콜레스테롤을 급여한 실험동물에서는 10% 차전자피 투여에 의해 HDL-콜레스테롤 농도가 약간 증가하였다는 보고도 있어 명확한 결론을 내리지 못하는 실정이다(16). 따라서, 본 실험에서 수용성 식이섬유 차전자피에 의해 HDL-콜레스테롤 농도에 영향을 미치지 못한다는 대부분의 연구결과와 일치하는 것으로 사료되어진다.

혈청 중성지질 및 인지질 농도

혈청 중성지질 농도는 섭취한 식이지방 함량이나 대사이

상에 의한 고지혈증, 당뇨병, 지방간, 비만, 췌장염, 신장질환에서 주로 증가하는 것으로 알려져 있으며(39,40), 혈중의 지질 농도는 심혈관계 질환과 동맥경화의 진단지표로 사용되고 있는데, 고콜레스테롤혈증과 함께 고중성지질혈증 및 저 HDL-콜레스테롤혈증도 이들 질환의 주된 위험 인자로 최근에 주목 받게 되어 유럽 등에서 새로운 임상 지침이 설정되었다(4,6). 따라서, 혈중 콜레스테롤 농도뿐만 아니라 전통적으로 고탄수화물 식사로 인한 당질성 중성지방 농도의 증가를 억제시키기 위한 시도가 다방면에서 활발하게 전개되고 있는 가운데 최근 국내에서도 천연자원을 대상으로 지질 저하 작용을 가진 생리활성 물질을 찾아내려는 연구가 활발히 진행되고 있다(8-12). 본 시험에서 혈중 중성지방 농도는 CO군에 비해 CO+PH군 및 LA+PH군에서 각각 22.4% 및 23.3%씩 유의적인 감소효과(p<0.05)를 나타내었다. 흰쥐에 차전자피와 glucomannan의 1.58% 병용투여에 의한 실험에서 혈중 중성지방 농도가 27.72 mg/dL으로써 식이섬유 무첨가 대조군 57.19 mg/dL에 비하여 51.5% 유의적으로 감소하였고(13), 이전의 실험에서 동일한 식이지방에 식이섬유 cellulose를 투여한 대조군에 비해서 차전자피를 투여한 실험군에서 혈중 중성지방 농도가 36.4% 유의적으로 감소한 결과를 보고한 바 있다(30). 한편, 수용성 식이섬유 차전자피 섭취에 의한 혈중 중성지방 농도는 고콜레스테롤혈증 환자 및 노인에서는 증가 또는 영향이 없다는 보고가 있다(18,28,38). 이들 실험에서 차전자피 섭취에 의한 혈중 중성지방 농도에 미치는 영향은 동물 실험에서는 감소하였지만 고지혈증 환자와 노인 등 사람을 대상으로 한 실험에서는 변화가 없는 현저한 차이를 보여주고 있어 이들에 대해 앞으로 자세한 연구가 있어야 할 것으로 사료되어진다.

혈중 인지질 농도도 CO군에 비해 CO+PH군 및 LA+PH군에서 각각 23.6% 및 28.1%씩 유의적인 감소효과(p<0.05)를 나타내었는데, 이는 중성지방 농도 변화와 동일한 결과였다.

간장 지질 농도

간장 중성지방 및 인지질 농도는 CO군에 비해 CO+PH군에서 통계상의 유의적인 차이는 없지만 각각 19.1% 및 11.3% 증가하였고, LA+PH군에서는 오히려 1.6% 및 8.9% 감소를 나타내었다(Table 5). 한편, 콜레스테롤 농도는 CO군에 비해 CO+PH군에서는 10.4%의 유의적인 증가경향을 나타내었

고, LA+PH군에서는 오히려 18.1%라는 유의적인 감소를 나타내었는데, 전체적으로 볼 때 간장 지질농도는 CO군에 비해 CO+PH군에서는 증가를 LA+PH군에서는 감소를 나타내었다. 한편, 콜레스테롤 첨가 식이에 식이섬유로 cellulose, pectin, 차전자피 및 탈지 차전자피를 10% 수준으로 흰쥐에 급여한 실험에서 cellulose 또는 pectin 투여군에 비해 차전자피 및 탈지 차전자피 투여군에서 간장 지질 농도의 감소 효과가 있다는 보고가 있었다(16). 특히, 간장 지질 농도 변화는 동일한 식이지방 첨가에 의해서는 대부분의 실험에서 대조군으로 사용되는 cellulose 투여군에 비해서는 차전자피 투여군에서 감소하였고, 또한 동일한 양의 차전자피 첨가에 의해서는 SFA 및 MUFA 지방산이 많은 실험군에서 PUFA 지방산이 많은 실험군보다 오히려 감소하는 것으로 나타났다. 식이지방의 구성 지방산 조성 비율에 따른 동물 실험에서 본 실험의 CO+PH군 지방산 조성비와 비슷한 SFA:MUFA:PUFA = 15.1:23.2:61.7로 조성된 PUFA 고함유 Diet 7번 식이군에 비해 LA+PH군과 지방산 조성비와 비슷한 SFA:MUFA:PUFA = 31.4:53.5:14.9로 조성된 SFA 및 MUFA 고함유 Diet 2번 식이군에서 간장 콜레스테롤 농도가 유의적으로 낮았으며, 다른 중성지방과 인지질 농도도 낮은 것으로 보고되어 본 실험 결과와 유사하였다(41).

혈청 임상생화학적 지수

혈중에 단백질이 보통 6.4~8.0 g/dL 존재하고 이중 알부민이 약 60%를 차지하고 있는데 주로 간장에서 합성되어 전신의 조직, 세포의 영양 단백질 보급원, 금속 성분, 지방산, 비타민, 호르몬, 약물 등 각종 성분과 결합하여 운반하는 역할을 한다. 본 실험의 결과 혈중 단백질 농도는 6.23~6.43 g/dL이었으며, 알부민 농도는 3.71~3.79 g/dL으로 각 실험군간에 큰 차이를 보이지 않았다(Table 6). 이러한 결과는 다른 식이 섬유소원을 함유한 식이를 급여한 흰쥐에서도 정상적인 조건하에서 단백질 및 알부민 농도에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보고되었다(42).

일반적으로 간기능의 지표로 혈청 GOT, GPT, γ -GTP 및 ALP를 응용하며, 간기능에 이상이 있을 때 이들 수치가 증가하는 것으로 알려져 있다(43). GOT 활성은 CO군 109.0 IU/L, CO+PH군 112.1 IU/L 및 LA+PH군 106.5 IU/L로 각 실험군간에 유의적인 차이는 없었다(Table 6). 그러나, GPT 활성은 CO군 41.5 IU/L에 비해 CO+PH군 48.9 IU/L로 통계상의 유의적인 차이는 없었으나 17.8% 증가하였고, LA+PH군에서는 58.9 IU/L으로 41.9% 통계상의 유의적인 증가경향을 나타내었다. 한편 5% corn oil군에서 GPT 활성은 46 IU/L이었지만 17.5% corn oil + 10% lard를 첨가한 고지방식 투여군에서는 106.4 IU/L으로 식이중 지방량의 증가로 GPT 활성이 증가하는 것으로 나타나, 본 실험에서 CO군의 식이중 지방량에 비해 차전자피를 첨가한 두 실험군에서는 10% 식이지방을 함유함으로써 지방량 증가와 지방종류에 의해 영향을 받은 것으로 사료되지만 정확한 원인에 대해서는 차후

Table 5. Effects of dietary fats on the concentrations of liver lipids in rats fed with psyllium husk for 6 weeks

	CO ¹⁾	CO+PH	LA+PH
Triglyceride (mg/g)	12.12±2.74 ^{2)ns3)}	14.44±2.57	11.93±3.34
Cholesterol (mg/g)	2.59±0.20 ^{ab4)}	2.86±0.34 ^b	2.12±0.74 ^a
Phospholipid (mg/g)	19.10±2.11 ^{ns}	21.26±2.46	18.36±3.82

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Values are means±SE of 6 rats per group.

³⁾Not significant.

⁴⁾Between the groups, values with different letters are significantly different at p<0.05.

Table 6. Effects of dietary fats on the hemobiochemical parameters in rats fed with psyllium husk for 6 weeks

	CO ¹⁾	CO+PH	LA+PH
GOT ²⁾ (IU/L)	109.0±11.1 ^{3)ns4)}	112.1±8.7	106.5±20.1
GPT (IU/L)	41.5±3.6 ^{ab5)}	48.9±7.1 ^{ab}	58.9±5.9 ^a
γ-GTP (mU/mL)	9.6±0.8 ^{ns}	10.3±1.1	10.7±1.1
LDH (IU/L)	1142±440 ^b	1084±174 ^b	683±362 ^a
ALP (mU/mL)	185.4±15.6 ^{ns}	191.2±15.1	203.5±16.6
Total protein (g/dL)	6.43±0.11 ^{ns}	6.23±0.24	6.24±0.16
Albumin (g/dL)	3.79±0.07 ^{ns}	3.74±0.12	3.71±0.09
BUN (mg/dL)	12.3±1.3 ^{ab}	13.4±2.1 ^{ab}	11.5±1.6 ^a
Glucose (mg/dL)	148.9±13.2 ^{ns}	144.1±25.6	147.3±28.4

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾GOT: glutamic oxaloacetic transaminase, GPT: glutamic pyruvic transaminase, γ-GTP: glutamyl transpeptidase, ALP: alkaline phosphatase, LDH: lactate dehydrogenase, BUN: blood urea nitrogen.

³⁾Values are means±SE of 6 rats per group.

⁴⁾Not significant.

⁵⁾Between the groups, values with different letters are significantly different at p<0.05.

검토가 있어야 할 것으로 생각된다.

간담도계 질환과 골질환 등에서 증가는 ALP 활성은 각 실험군간에 유의적인 차이를 나타내지 못하였다. 그러나, 급성간염 발생시 현저히 증가하는 LDH 활성은 CO군에 비해 CO+PH군에서는 5.1% 감소하여 유의적인 차이는 없었으나, LA+PH군에서는 40.2% 감소로 유의적인 차이를 나타내었다. 이전의 실험에서도 cellulose 투여군에 비해 차전자피 투여군에서 통계상의 유의한 저하경향을 나타내었다(30).

신장 기능 장애의 임상지표로 사용되고 있는 blood urea nitrogen(BUN)은 단백질의 탈아미노 반응 후 요소 회로를 경유하는 동안 합성되며, 그 생성량은 단백질의 섭취량에 의해 영향을 받는 것으로 알려지고 있다. BUN 농도는 CO군 및 CO+PH군에 비해서 LA+PH군에서 각각 6.5% 및 14.2% 통계상의 유의적인 감소경향을 나타내었다. 제2형 당뇨병환자에서 하루 차전자피 14 g을 6주간 섭취시켰을 때 신장 기능 장애의 지표인 uric acid 농도가 10% 유의적으로 감소하고, 흰쥐에 6주간 동일량으로 첨가된 cellulose 투여군에 비해서 차전자피 투여군에서 BUN 농도가 감소하였다고 보고하여 신장기능에 도움을 줄 가능성을 제시하고 있다(30,44).

혈중 포도당 농도는 144.1~148.9 mg/dL로 각 실험군간에 차이는 없었다. 그러나 제2형 당뇨병이면서 고콜레스테롤혈증을 가진 환자에게 8주간 하루 차전자피를 5.1 g씩 섭취시켰을 때 cellulose 섭취에 비해 혈당치가 11.0% 감소하였고, 또한 제2형 당뇨병환자에서 6주간 하루 차전자피 14 g씩을 섭취하였을 때는 포도당 흡수가 12.2% 감소한다고 보고하여 차전자피 섭취는 당질의 흡수저해로 인하여 혈당치 증가를 감소시키는 것으로 사료되어진다(14). 그러나 본 실험에서는 각 군간에 큰 차이를 보이지 않아 지금까지의 결과와는 약간 다른 경향을 나타내었다.

요 약

본 실험에서는 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐의 간장 및

혈청 지질 농도와 임상생화학적 지표에 미치는 식이지방원 및 식이섬유원을 달리한 식이를 급여한 영향을 검토하였다. 실험 식이군은 5% corn oil+5% cellulose 함유 CO군, 10% corn oil+10% 차전자피 함유 CO+PH군 및 10% lard+10% 차전자피 함유 LA+PH군인 3군으로 나누었으며 실험식이와 물은 6주간 자유급여시켰다. 체중 증가량 및 식이 효율은 CO군에 비해 LA+PH군에서 유의적으로 증가하였고, CO+PH군에서는 유의적인 증가경향을 보였다. 식이 섭취량 및 장기 중량은 실험군간에 차이가 없었다. 혈청 총 콜레스테롤 농도는 CO군에 비해 CO+PH군에서 유의적으로 감소하였으나, LA+PH군과는 차이가 없었다. 혈청 중성지방 및 인지질 농도는 CO군에 비해 CO+PH군 및 LA+PH군에서 유의적으로 감소하였다. 간장 콜레스테롤 농도는 LA+PH군에서 유의적으로 감소하였다. 혈청 임상생화학적 지표 중 glutamic pyruvic transaminase 활성은 LA+PH군에서 유의적으로 높았으며, lactate dehydrogenase 활성 및 blood urea nitrogen은 오히려 LA+PH군에서 유의적으로 감소하였다. 다른 혈청 임상생화학적 지표 중 총 단백질, 알부민, 포도당, glutamic oxaloacetic transaminase 및 lactate dehydrogenase 활성은 각 실험군간에 차이가 없었다. 이상의 결과로부터 식이 차전자피에 의한 혈중 지질 농도의 저하효과는 식이 지방원 lard 첨가군에 비해 corn oil 첨가군에서 더욱 현저하였다.

문 헌

1. Annual report on the cause of death statistics. 2001. National Statistical Office, Korea.
2. Anderson JW, Deakins DA, Floore TL, Smith BM, Whitis SE. 1990. Dietary fiber and coronary heart disease. *Crit Rev Food Sci Nutr* 29: 95-147.
3. Park YH, Lee JS, Lee YJ. 1993. Distribution of serum lipids by age and the relation of serum lipids to degree of obesity and blood pressure in Korean adults. *Kor J Lipidology* 3: 165-180.
4. Manninen V, Tenkanen L, Koskinen P, Huttunen JK,

- Manntari M, Heinonen OP, Frick MH. 1992. Triglycerides and LDL cholesterol and HDL cholesterol concentrations on coronary heart disease risk in the Helsinki Heart Study. *Circulation* 85: 37-45.
5. Assmann G, Schulth H. 1992. Relation of HDL cholesterol and triglycerides to incidence of atherosclerotic coronary artery disease (The PROCAM Experimente). *Am J Cardiol* 70: 733-737.
 6. Inkeles S, Isenberg D. 1981. Hyperlipidemia and coronary atherosclerosis. *Medicine* (Baltimore) 60: 110-123.
 7. Schneeman BO, Richter D. 1993. Changes in plasma and hepatic lipids, small intestinal histology and pancreatic enzyme activity due to aging and dietary fiber in rats. *J Nutr* 123: 1328-1337.
 8. Park CK, Cha JY, Jeon BS, Kim NM, Shim KH. 2000. Effects of chicory root water extracts on serum triglyceride and microsomal triglyceride transfer protein (MTP) activity in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 518-524.
 9. Cha JY, Cho YS, Kim DJ. 2001. Effect of chicory extract on the lipid metabolism and oxidation stress in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1220-1226.
 10. Cha JY, Cho YS. 1999. Effect of potato polyphenolics on hyperlipidemia in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 274-279.
 11. Cha JY, Lee JW, Lee YC, Cho YS. 2000. Effects of citrus aglycone flavonoids, hesperetin and naringenin, on triacylglycerol metabolism in hamsters fed with a cholesterol diet. *Inter J Oriental Med* 1: 28-36.
 12. Cha JY, Cho YS, Kim I, Anno T, Rahman SM, Yanagita T. 2001. Effect of hesperetin, a citrus flavonoid, on the liver triacylglycerol content and phosphatidate phosphohydrolase activity in orotic acid-fed rats. *Plant Foods Human Nutr* 56: 349-58.
 13. Yim MY, Jang SA, Lee SG, Ly SU. 2003. Effects of psyllium husk and glucomannan on serum lipids, fecal fat excretion and body fat in rats fed high-fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 469-473.
 14. Anderson JW, Allgood LD, Turner J, Oeltgen PR, Daggy BP. 1999. Effects of psyllium on glucose and serum lipid responses in men with type 2 diabetes and hypercholesterolemia. *Am J Clin Nutr* 70: 466-477.
 15. Anderson JW, Davidson MH, Blonde L, Brown WV, Howard WJ, Ginsberg H, Allgood LD, Weingand KW. 2000. Long-term cholesterol-lowering effects of psyllium as an adjunct to diet therapy in the treatment of hypercholesterolemia. *Am J Clin Nutr* 71: 1433-1438.
 16. Kritchevsky D, Tepper SA, Klurfeld DM. 1995. Influence of psyllium preparations on plasma and liver lipids of cholesterol-fed rats. *Artery* 21: 303-311.
 17. Anderson JW, Allgood LD, Turner J, Oeltgen PR, Daggy BP. 1999. Effects of psyllium on glucose and serum lipid responses in men with type 2 diabetes and hypercholesterolemia. *Am J Clin Nutr* 70: 466-473.
 18. Davidson MH, Maki KC, Kong JC, Dugan LD, Torri SA, Hall HA, Drennan KB, Anderson SM, Fulgoni VL, Saldanha LG, Olson BH. 1998. Long-term effects of consuming foods containing psyllium seed husk on serum lipids in subjects with hypercholesterolemia. *Am J Clin Nutr* 67: 367-376.
 19. Chang IM. 1998. Liver-protective activities of aucubin derived from traditional oriental medicine. *Res Commun Mol Pathol Pharmacol* 102: 189-204.
 20. Ganji V, Kies CV. 1996. Psyllium husk fiber supplementation to the diets rich in soybean or coconut oil: hypocholesterolemic effect in healthy humans. *Int J Food Sci Nutr* 47: 103-110.
 21. Redard CL, Davis PA, Middleton SJ, Schneeman BO. 1992. Postprandial lipid response following a high fat meal in rats adapted to dietary fiber. *J Nutr* 122: 219-228.
 22. Livesey G, Smith T, Eggum BO, Tetens IH, Nyman M, Roberfroid M, Delzenne N, Schweizer TF, Decombaz J. 1995. Determination of digestible energy values and fermentabilities of dietary fibre supplements: a European interlaboratory study *in vivo*. *Br J Nutr* 74: 289-302.
 23. Folch J, Lees M, Sloane-Starley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509.
 24. Fletcher MJ. 1968. A colorimetric method for estimating serum triglyceride. *Clin Chim Acta* 22: 393-397.
 25. Bartlett GR. 1959. Colorimetric assay methods for free and phosphorylated glyceric acids. *J Biol Chem* 234: 469-471.
 26. Sperry WM, Webb M. 1950. Aversion of the Shoenheimer-Sperry method for cholesterol determination. *J Biol Chem* 187: 97-106.
 27. Duncan DB. 1955. Multiple range test and multiple F tests. *Biometrics* 11: 1-42.
 28. Burton R, Manninen V. 1982. Influence of a psyllium-based fiber preparation on fecal and serum parameters. *Acta Med Scand Suppl* 668: 91-94.
 29. Rocca AS, Lagreca J, Kalitsky J, Brubaker PL. 2001. Mono-unsaturated fatty acid diets improve glycemic tolerance through increased secretion of glucagon-like peptide-1. *Endo* 142: 1148-1155.
 30. Hong SS, Cha JY, Kim DJ. 2002. Effect of psyllium husk, pectin and cellulose on the lipid concentrations and hemobiochemical enzymes in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 808-813.
 31. Fiardaliso M, Kok N, Desager KP, Goethals F, Deboyser D, Roberfroid M, Delzenne N. 1995. Dietary oligofructose lowers triglyceride, phospholipids and cholesterol in serum and very low density lipoproteins of rats. *Lipids* 30: 163-167.
 32. Ikeda I, Cha JY, Yanagita T, Nakatani N, Oogami K, Im-aizumi K, Yazawa K. 1998. Effects of dietary α -linolenic, eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids on hepatic lipogenesis and β -oxidation in rats. *Biosci Biotechnol Biochem* 62: 675-680.
 33. Beynen AC, Katan MB. 1985. Why do polyunsaturated fatty acid lower serum cholesterol. *Am J Clin Nutr* 42: 560-568.
 34. Salvin JL. 1994. Epidemiologic evidence for the impact of whole grains on health. *Crit Rev Food Sci Nutr* 34: 427-434.
 35. Kim MH. 2000. The water-soluble extract of chicory reduces cholesterol uptake in gut-perfused rats. *Nutr Res* 20: 1017-1026.
 36. Castelli WP, Garrison RJ, Wilson PWF, Abborr RD, Kalo-usdian S, Kannel WB, 1986. Incidence of coronary heart disease and lipoprotein cholesterol levels. The Framingham study. *JAMA* 256: 2835-2845.
 37. Onning G, Wallmark A, Persson M, Akesson B, Elmstahl S, Ost R. 1999. Consumption of oat milk for 5 weeks lowers serum cholesterol and LDL cholesterol in free-living men with moderate hypercholesterolemia. *Ann Nutr Metabol* 43: 301-309.
 38. Anderson JW, Allgood LD, Lawrence A, Altringer LA, Jerdack GR, Hengehold DA, Morel JG. 2000. Cholesterol-lowering effects of psyllium intake adjunctive to diet therapy in men and women with hypercholesterolemia: meta-analysis of 8 controlled trials. *Am J Clin Nutr* 71: 472-479.
 39. Cha JY, Mameda Y, Oogami K, Yamamoto K, Yanagita T. 1998. Association between hepatic triacylglycerol accumulation induced by administering orotic acid and enhanced phosphatidate phosphohydrolase activity in rats. *Biosci Biotechnol Biochem* 62: 508-513.

40. Cha JY, Cho YS, Yanagita T. 1999. Effect of cholesterol on hepatic phospholipid metabolism in rats fed a diet containing fish oil and beef tallow. *Korean Soc Food Nutr* 4: 125-129.
41. Chang NW, Huang PC. 1999. Comparative effects of polyunsaturated fatty acid- to saturated fatty acid ratio versus polyunsaturated- and monounsaturated fatty acids to saturated fatty acid ratio on lipid metabolism in rats. *Atherosclerosis* 142: 185-191.
42. Agunbiade SO, Longe OG. 1998. African yam bean hull chemical composition and its effects on rat's mineral retention, serum biochemical components and enzymatic activities. *Nahrung* 42: 89-93.
43. Lee JH, Park KS. 1999. Effect of *Ganoderma lucidum* on the liver function and metabolism in alcohol-consuming rats. *Korean. J Nutr* 32: 519-525.
44. Serra M, Garcia JJ, Fernandez N, Diez MJ, Calle AP. 2002. Therapeutic effects of psyllium in type 2 diabetic patients. *Eur J Clin Nutr* 56: 830-842.

(2003년 7월 1일 접수; 2003년 9월 23일 채택)