KOREAN J. FOOD & NUTR.
Vol. 12, No. 1, 20~25(1999)

식이섬유가 고콜레스테롤혈증 흰쥐의 지질농도에 미치는 영향

김명주 · 장주연* · 이미경* · 박지윤* · 박은미
대구산업정보대학 식품영양과, *영남대학교 식품영양학과

Effect of Fiber on Lipid Concentration in Hypercholesterolemic Rats

Myung-Joo Kim, Joo-Yeun Jang*, Mi-Kyung Lee*, Ji-Yoon Park* and Eun-Mi Park
Dept. of Food Science and Nutrition, Taegu Polytechnic College, Taegu 706-022, Korea
**Dept. of Food and Nutrition, Yeungnam University, Kyongsan 712-749, Korea*

Abstract

The study was conducted to investigate the effect of cholesterol and fiber on liver lipid metabolism in rats. Male Sprague Dawley rats were administrated 1% cholesterol and 0.25% sodium cholate to induce hypercholesterolemia and were fed diet containing three levels(0%, 5% and 10%) of cellulose and pectin, respectively. The rats were sacrified after 5 weeks of feeding period. Net weight gain and feed efficiency ratio were increased in 10% fiber groups as compared to those of 5% fiber groups. Feed intake did not show significancy by fiber kinds and levels. Liver and kidney weights tended to be decreased in proportion to level of fiber. Heart weight was lowered in 10% fiber groups as compared to that of 5% fiber groups. Liver triglyceride concentration was significantly increased in pectin groups. Total-, free-cholesterol and cholesteryl ester concentrations in liver were significantly decreased by fiber and were decreased in proportion to level of fiber. Phospholipid concentration was significantly decreased in 5% cellulose group. The results indicate that 10% pectin may have beneficial roles in hypercholesterolemia.

Key words : cholesterol, cellulose, pectin, lipid metabolism.

서 론

콜레스테롤은 미토콘드리아의 구성성분으로 혈액 중 지방단백질을 구성하고 스테로이드 호르몬, 비타민 D_3 등의 전구체로서 생명체의 필수적인 생리물질이다[1,2]. 그러나 최근의 식생활은 고단백질, 고지방질, 저섬유소 위주로 섭취되고 있기 때문에 지방질의 과잉섭취가 우려되고 있다. 지방질을 과잉섭취하면 지질대사 이상을 초래하여 혈액과 조직의 지질 조성에 변화를 일으켜 고지혈증, 동맥경화증, 심근질환 등의 심장순환기계 질환을 초래한다.

식이섬유는 소화되지 않아 영양적 가치가 없고 영양소의 흡수를 저해하는 단점이 있으나 비만 · 고지혈증 · 동맥경화 · 변비 및 대장암 등을 예방하는 것으로 알려져 있다. 그래서, 가공식품에는 천연 섬유소를 첨가하고 있고, 섬유소의 생리작용에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다[3-5].

섬유소는 불용성 섬유소와 수용성 섬유소로 분류되며 섭취량 및 종류에 따라 생체내 효능이 다르다[6-8]. 불용성 섬유소는 장의 연동운동 촉진과 통과시간 감소로 게실염, 변비, 장암 등을 예방하며 열량이 적고 공복감을 없애는 잇점이 있어 비만, 당뇨병에 효과가 있고[9], 불용성인 셀룰로오스는 D-글루코오스의 중합체로서 비점성이므로 혈중 콜레스테롤 함량 저하에 상대적으로 비효과적이다[10-11]. 펙틴, 구아검과 같은 수용성 섬유소는 위장관내의 이동을 가속화하고 장내 용물의 점도 변화 및 장점막의 기능과 구조 변경으로 지방질과 콜레스테롤의 흡수 억제, 담즙산 흡수 억제

Corresponding author : Myung-Joo Kim

및 분비를 촉진시키거나[12] 영양소의 흡수 저해[13-14], 변을 통한 담즙산 배설량을 증가시키는 것으로 보고되어 있다[15].

본 연구는 식이섬유소와 고콜레스테롤혈증과의 상관성을 구명하기 위하여 1% 콜레스테롤과 0.25% 콜산나트륨을 투여하여 고콜레스테롤혈증을 유발하도록 조제한 식이에 셀룰로오스와 펙틴을 무첨가군, 정상군, 과량군 수준으로 나누어 급여하여 섬유소가 간조직내 지질농도에 미치는 영향을 분석한 결과이다.

재료 및 방법

1. 실험 동물의 사육 및 식이

실험동물은 Sprague-Dawley계의 이유한 수컷 흰쥐 40마리를 10일간 기본식이로 적응시킨 후 평균 체중 110±10g인 것을 난괴법으로 5군으로 나누어 한 마리씩 분리하여 사육하였다. 사육실 온도는 20±2℃로 유지하였으며, 조명은 12시간 주기(08:00~20:00)로 조절하였다.

기본식이는 AIN-76(Table 1)[16]에 따라 조제하였다. 단백질은 카제인(Wako Co.), 탄수화물은 옥수수 전분(두산), 지방질은 옥수수 기름(동방유량)을 사용하였다. 실험식이는 콜레스테롤 1%와 콜산나트륨 0.25%을 혼합하여 조제하고 섬유소 무첨가군, 셀룰로오스(Sigma Co.)와 펙틴(Sigma Co.)을 각각 5%, 10%로 나누어 급여하였으며 물은 제한없이 공급하였다. 실험식이와 실험군은 Table 1과 2에 나타내었다.

2. 체중 증가량, 식이 섭취량 및 식이효율

체중은 측정 10시간 전에 식이 급여를 중단하여 매주 1회 일정시각에 측정하였으며, 최종 체중에서 실험 개시전의 체중을 감하여 실험기간 중의 체중 증가량으로 나타내었다. 식이섭취량은 매일 일정한 시각에 측정한 후 급여량에서 잔량을 감하여 계산하였고, 식이효율은 실험기간 중의 증체량을 식이섭취량으로 나누어 산출하였다.

Table 1. Grouping of experimental animals

Experimental groups[1)]	Fiber (%)	
	Cellulose	Pectin
FFC	–	–
NCC	5	–
HCC	10	–
NPC	–	5
HPC	–	10

1) FFC : Fiber free, cholesterol diet group
NCC : Normal cellulose, cholesterol diet group
HCC : High cellulose, cholesterol diet group
NPC : Normal pectin, cholesterol diet group
HPC : High pectin, cholesterol diet group

Table 2. Composition of basal diet

Ingredients	Content(%)
Casein	20.0
Corn starch	50.0
Sucrose	15.0
Cellulose[a)]	5.0
Corn oil	5.0
AIN-76 mineral mixture	3.5
AIN-76 vitamin mixture	1.0
DL-Methionine	0.3
Choline chloride	0.2

a) Cellulose : Sigma Co.

3. 시료처리

장기는 채혈 직후 빙냉의 0.25M 수크로오스 용액으로 간을 관류하여 간조직 내에 남아 있는 혈액을 제거한 다음 간을 적출하였고 심장, 신장도 적출하여 이를 생리식염수로 씻어내고 여과지로 수분을 제거한 후 칭량하여 체중 100g당 장기중량으로 환산하였고 시료는 −80℃에서 냉동 보관하였다.

4. 시료의 분석

간 조직 중의 중성지질 농도, 총콜레스테롤 농도 및 유리콜레스테롤 농도는 kit(Eiken Co.)를 사용하였고, 콜레스테릴 에스테르 농도는 총콜레스테롤 농도에서 유리콜레스테롤 농도를 뺀 값으로 표시하였다. 인지질 농도는 Eng와 Noble[17]의 방법으로 조제된 kit(Wako Co.)를 사용하여 측정하였다.

5. 통계처리

실험 성적은 SAS package를 이용하여 실험군당 평균±표준편차로 표시하였고 각 군간의 평균치의 통계적 유의성은 α=0.05 수준에서 Dunkun's multiful test[18]로 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 체중 증가량, 식이섭취량 및 식이효율

콜레스테롤과 콜산나트륨을 투여하여 고콜레스테롤혈증을 유발하도록 조제한 식이에 섬유소의 종류와

Table 3. Effect of dietary fiber on net weight gain, feed intake and feed efficiency ratio in hypercholesterolemic rats

Group	Net weight gain (g /day)	Feed intake (g /day)	Feed efficiency ratio
FFC	3.85 ± 1.16[ab)]	15.99 ± 1.72[a)]	0.25 ± 0.07[b)]
NCC	3.44 ± 0.63[b)]	15.67 ± 0.50[a)]	0.23 ± 0.01[b)]
HCC	4.95 ± 0.81[a)]	17.01 ± 0.64[a)]	0.31 ± 0.00[a)]
NPC	3.79 ± 0.56[b)]	15.39 ± 0.67[a)]	0.25 ± 0.04[b)]
HPC	3.87 ± 0.72[ab)]	16.20 ± 0.60[a)]	0.27 ± 0.01[ab)]

Values are mean ± S.D.(n=8). Means followed by the same letter in the column are not significantly different ($p<0.05$).

양을 달리하여 5주간 사육한 흰쥐의 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율을 Table 3과 같다.

흰쥐의 1일 평균 체중증가량은 섬유소 무급여군에 비하여 셀룰로오스와 펙틴 모두 5% 급여군은 감소하는 경향이었다. 반면, 10% 셀룰로오스군의 경우 유의적이지는 않지만 체중이 증가한 것은, 식이 회석에 의한 식이섭취량 증가 때문으로 보인다. 이는 식이에 펙틴 첨가시 체중에 유의적인 영향을 미치지 않았다는 Forman 등[19] 및 Leveille와 Sauberlich[20]의 보고와는 유사하나, 섬유소가 단백질과 지방질의 소화와 흡수를 감소시킴으로써 체중을 감소시킨다는 Rotenberg와 Jakobson[21]의 보고와는 다르다.

식이섭취량은 고콜레스테롤 식이에 따른 섬유소의 종류와 급여수준에 의한 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 그러나 5% 급여군에 비해 10% 급여시 식이섭취량이 다소 증가하는 경향을 보였으며, 셀룰로오스군이 펙틴군보다 섭취량 증가가 큰 것으로 나타났다. 이는 고콜레스테롤 식이에서 셀룰로오스가 펙틴에 비해 유의적이지는 않지만 식이섭취량을 증가시킨다는 Arjmandi 등[10]의 보고와 일치한다. 또한 과량의 셀룰로오스 급여시 식이가 희석됨에 따른 보상작용으로 식이섭취량이 증가한다는 Hove와 King[22]의 보고와 펙틴은 식이 열량밀도를 저하시킬 뿐만 아니라 포만감을 증가시켜 식이섭취량을 감소시키는 반면 셀룰로오스는 펙틴과 다른 물리화학적 성질로 식이의 열량밀도는 낮추나 포만감 증가에는 펙틴보다 효과가 적다는 장과 윤[23]의 보고와 일치한다.

식이효율은 섬유소 5% 급여군에 비해 10% 급여군이 증가하는 경향을 나타내었으며 특히, 셀룰로오스군이 펙틴군에 비해 증가하였다. 이는 이 등[26]이 펙틴은 소장에서 소화산의 양을 증가시켜 흡수를 지연시킨 것[19]으로 판단하고, 과량 섬유소 급여시 펙틴보다 셀룰로오스가 식이효율이 높다는 결과와 일치한다.

2. 장기중량

실험식이로 5주간 사육한 흰쥐의 장기증량 변화는 Table 4와 같다.

체중 100g당 간의 무게는 셀룰로오스와 펙틴 급여군이 무급여군에 비해 유의적으로 감소하였고, 섬유소 급여수준이 증가할수록 감소 효과가 큰 것으로 나타났다. 섬유소 종류에 따른 효과는 셀룰로오스군에 비하여 펙틴군이 고콜레스테롤혈증으로 비대된 간의 무게를 더 효과적으로 감소시켰다. 이는 윤[25]의 섬유소 급여시 고지방질 식이로 증가된 간의 무게가 감소되었고 펙틴이 셀룰로오스보다 감소 효과가 크다는 보고와 일치한다.

심장 무게는 섬유소 5% 급여군에 비해 10% 급여시 유의적으로 감소하였으며, 셀룰로오스군에 비해 펙틴군의 감소가 현저하였다. 이 결과는 고지방질 식이로 증가한 심장 무게가 셀룰로오스군에서 감소하고 펙틴군에서 증가하였다는 보고[25]와는 상이한 결과이나, 펙틴의 정상 급여군보다 과량 급여시 무게가 감소되었다는 보고[26]와는 일치한다.

신장의 무게는 섬유소 급여시 유의적으로 감소하였으나, 섬유소 종류에 따른 유의성은 나타나지 않았다. 펙틴의 급여수준이 증가할수록 신장 무게는 유의적으로 감소하였는데, 이는 콜레스테롤 투여시 증가된 신장의 무게가 펙틴 급여로 감소되었다는 박과 조의 보고[27]와 유사한 결과이다.

3. 간조직 중 중성지질, 총콜레스테롤과 인지질 농도

섬유소의 종류와 수준을 달리 급여한 흰쥐의 간조

Table 4. Effect of dietary fiber on relative weight of liver, heart and kidney in hypercholesterolemic rats (unit : g /100g body weight)

Group	Liver	Heart	Kidney
FFC	4.27 ± 0.25[a)]	0.38 ± 0.03[ab)]	0.83 ± 0.02[a)]
NCC	4.00 ± 0.25[b)]	0.41 ± 0.06[a)]	0.74 ± 0.03[b)]
HCC	3.99 ± 0.15[b)]	0.34 ± 0.02[bc)]	0.70 ± 0.01[bc)]
NPC	3.56 ± 0.17[c)]	0.36 ± 0.01[ab)]	0.74 ± 0.01[b)]
HPC	3.17 ± 0.06[d)]	0.27 ± 0.07[c)]	0.68 ± 0.04[c)]

Values are mean ± S.D.(n=8), Means followed by the same letter in the column are not significantly different ($p<0.05$).

Table 5. Effect of dietary fiber on triglyceride, total cholesterol and phospholipid concentrations in hypercholesterolemic rats

(unit : mg /g)

Group	Triglyceride	Total cholesterol	Phospholipid
FFC	185.70 ± 10.66[c)]	264.06 ± 12.89[a)]	166.06 ± 6.23[a)]
NCC	207.96 ± 10.23[b)]	172.29 ± 6.58[b)]	137.55 ± 13.57[b)]
HCC	194.11 ± 14.78[bc)]	161.10 ± 6.04[c)]	161.07 ± 4.04[a)]
NPC	236.20 ± 12.32[a)]	153.45 ± 6.76[c)]	163.81 ± 6.60[a)]
HPC	234.26 ± 25.16[a)]	133.43 ± 2.80[d)]	163.84 ± 5.64[a)]

Values are mean ± S.D.(n=8). Means followed by the same letter in the column are not significantly different ($p<0.05$).

직 중의 중성지질, 총콜레스테롤과 인지질 농도는 Table 5와 같다.

간의 중성지질 농도 변화는 섬유소 급여시 무급여군에 비해 유의적으로 증가하였으며, 펙틴군이 셀룰로오스군에 비하여 유의적으로 증가하였으나, 급여수준에 따른 차이는 나타나지 않았다.

이 결과는 섬유소 무급여군에 비해 급여시 간의 중성지질이 증가하였으며 고콜레스테롤혈증을 예방키 위한 간의 중성지질 농도 증가는 셀룰로오스보다 펙틴이 높게 나타났다는 Mueller 등[28]의 보고와 일치한다.

또한 Anderson과 Chen[29]은 다량의 펙틴 급여는 간에서 단쇄지방산의 이동율을 변화시키거나 산화·환원 상태 변경 및 아세틸-CoA 형성을 통한 케톤체를 과량 제공하여 케톤체 생성에 영향을 미치므로써 간조직의 중성지질 대사를 변화시킨다고 보고하였다. Chen 등[30]과 Kritchevsky 등[31]은 고콜레스테롤혈증에 있어서 수용성 섬유소 급여시 간과 혈청의 중성지질 농도가 음적인 관계를 보고하였다. 이는 중성지방과 콜레스테롤의 조절 메카니즘이 다르기 때문[32]으로 생각된다.

간조직에서 콜레스테롤 농도는 섬유소 무급여에 비해 급여시 유의적으로 감소하였다. 펙틴의 경우 셀룰로오스에 비해 총콜레스테롤 농도 억제효과가 뚜렷하게 나타났다. 이것은 펙틴의 젤 형성능력이 위장이 비는 시간(empting time)에 영향을 주어 지연시킨 결과[11]로 생각된다. 이는 Anderson 등[33]이 콜레스테롤 투여시 셀룰로오스군에 비해 펙틴군이 유의적으로 콜레스테롤 농도를 감소시켰다는 보고와 일치한다.

간조직 중의 인지질 농도는 셀룰로오스 5% 급여군이 무급여군에 비해 유의적으로 감소하였을 뿐 섬유소 종류 및 수준에 따른 영향은 관찰되지 않았다. 이 결과는 불용성 및 수용성 섬유소 급여시 간조직 중의 인지질 농도에 유의적인 차이가 나타나지 않았다는 보고[34]로서 뒷받침된다.

4. 간조직 중 유리콜레스테롤(FC), 콜레스테릴 에스테르(CE) 농도 및 CE/ FC 비율

간조직의 유리콜레스테롤, 콜레스테릴 에스테르 농도 및 CE /FC 비율은 Table 6과 같다.

간조직의 유리콜레스테롤 농도에 미치는 섬유소의 영향은 무급여에 비해 섬유소 급여군이 감소하였으며, 섬유소 종류에 따른 차이는 펙틴군이 셀룰로오스군보다 더 유의적으로 감소하였으나 급여수준에 따른 차이는 나타나지 않았다. 이 결과는 콜레스테롤 투여시 펙틴의 급여수준이 증가할수록 간의 유리콜레스테롤 농도가 감소하였다는 보고[35]와 일치하는 반면, 셀룰로오스와 펙틴 급여시 섬유소 무급여군과 비교하였을 때 유리콜레스테롤 농도에 유의적인 변화가 나타나지 않았다는 Nishina와 Freedland[36]의 보고와는 다른 결과이다.

셀룰로오스와 펙틴 급여는 간조직 중의 콜레스테릴 에스테르 농도를 감소시켰으며, 특히 10% 펙틴군이 무급여군에 비해 감소 효과가 현저하게 나타났다. 고콜레스테롤 식이에서 펙틴의 급여수준이 증가함에 따라 콜레스테릴 에스테르 농도가 유의적으로 감소하였다는 Fernandez 등[35]의 보고는 본 실험의 결과와 일치한다. 간조직의 EC /FC 비율은 섬유소 무급여군에 비해 섬유소 10% 급여군에서 감소하는 경향을 보였으나 섬유소 종류간의 유의성은 나타나지 않았다.

Table 6. Effect of dietary fiber on free cholesterol, cholesteryl ester concentrations and cholesteryl ester/free cholesterol ratio in hypercholesterolemic rats

Group	Free cholesterol (mg /g)	Cholesteryl ester (mg /g)	CE /FC ratio
FFC	33.06 ± 1.89[a)]	230.00 ± 10.29[a)]	5.50 ± 0.43[a)]
NCC	27.93 ± 2.29[b)]	145.29 ± 11.16[b)]	5.24 ± 0.62[ab)]
HCC	29.31 ± 4.15[ab)]	131.78 ± 11.32[bc)]	4.58 ± 0.80[b)]
NPC	23.45 ± 1.80[c)]	130.07 ± 12.03[c)]	5.59 ± 0.70[a)]
HPC	23.51 ± 2.89[c)]	111.12 ± 7.53[d)]	4.80 ± 0.29[ab)]

Values are mean ± S.D.(n=8), Means followed by the same letter in the column are not significantly different ($p<0.05$).

요 약

섬유소가 고콜레스테롤혈증 흰쥐의 지질 대사에 미치는 영향을 관찰하고자 Sprague-Dawley 웅성 흰쥐에게 1% 콜레스테롤과 0.25% 콜산나트륨을 투여하여 고콜레스테롤혈증을 유발하도록 조제한 식이에 섬유소 무급여, 셀룰로오스와 펙틴을 각각 5%, 10% 급여하여 간조직의 지질대사에 미치는 영향을 관찰하였다.

체중증가량과 식이효율은 섬유소 5%에 비해 10% 급여시 증가하는 경향을 보였으며 식이섭취량은 섬유소 종류 및 급여수준에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 체중 100g당 간과 신장 무게는 섬유소 무급여에 비해 급여수준 증가시 감소하는 경향이었으며 특히 셀룰로오스보다 펙틴의 감소 효과가 더 큰 것으로 관찰되었다. 심장무게는 섬유소 5% 급여군에 비해 10% 급여시 감소하는 것으로 나타났다.

간조직의 중성지질 농도는 펙틴군이 셀룰로오스군에 비해 유의적으로 증가하였다. 총콜레스테롤, 유리콜레스테롤 및 콜레스테릴 에스테르 농도는 섬유소 급여 특히 펙틴 급여시 유의적으로 감소하였으며 급여수준이 증가할수록 감소 효과가 큰 것으로 나타났다. 인지질 함량은 셀룰로오스 5% 급여시 무급여군에 비하여 유의적으로 감소하였을 뿐 섬유소 종류 및 수준에 따른 영향은 관찰되지 않았다. 이상의 결과에서 식이섬유소 급여시 고콜레스테롤혈증 흰쥐의 간조직내 지질 농도를 저하시켰으며 특히 10% 펙틴 급여의 경우 콜레스테롤 농도를 낮추는데 효과가 있는 것으로 관찰되었다.

감사의 말

본 논문은 1998년도 대구산업정보대학 연구비로 수행된 결과로 이에 감사드린다.

참고문헌

1. Stryer, L. : Biochemistry. 3rd ed. W. H. Freeman Company. p. 547~574 (1988).
2. Zubay, G. : Biochemistry. 3rd ed. Wm. C. Brown Publishers. p. 635~643 (1993).
3. Van Itallie, T. B. : Dietary fiber and obesity. *Am. J. Clin. Nutr.*, 31, S43~S52 (1978).
4. Huh, K. B., Lee, J. H., Paik, I. K., Ajn, K. J., Jung, Y. S., Kim, M, J., Lee, H. C., Lee, Y. H. and Lee, Y. J. : Influence of total abnormal fat accumulation on serum lipids and lipoproteins in Korean middle-aged men. *Korean J. Nutr.*, 26, 299~312 (1993).
5. Tsai, A. C., Elias, J., Kelley, J. J., Lin, R. C. and Robson, J. R. K. : Influence of certain dietary fibers on serum and tissue cholesterol level in rats. *J. Nutr.*, 106, 118~123 (1976).
6. Jenkins, D. J., Jenkins, A. L., Rao, A. V. and Thomson, L. U. : Cancer risk. : Possible protective role of high carbohydrates high fiber diets. *Am. J. Gastroenterol.* 81, 931~935 (1986).
7. Mendeloff, A. I. : Dietary fiber and gastrointestinal disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 45, 1267~1270 (1987).
8. Mongeau, R. and Brassard, R. : Insoluble dietary fiber from breakfast cereals and brans : Bile salt binding and water holding capacity in relation to particle size. *J. Food Sci.*, 59, 413~417 (1982).
9. 승정자 : Dietary fiber의 영양학적 고찰, 숙명여자대학교 생활과학연구소 논문집. 제 1집 (1983).
10. Arjmandi, B. H., Craig, J., Nathani, S. and Reeves, R. D. : Soluble dietary fiber and cholesterol influence *in vivo* hepatic and intestinal cholesterol biosynthesis. *J. Nutr.*, 122, 1559~1565 (1992).
11. 한정순, 한용봉 : 고지방 식이와 식이섬유가 흰쥐의 체내 지질 대사에 미치는 영향. *한국영양식량학회지*. 23, 541~547 (1994).
12. Gallaher, D. D., Hassel, C. A., Lee, K.J. and Gallaher, C. M. : Viscosityand fermentability as attributes of dietary fiber responsible for hypocholesterolemic effect in hamsters. *J. Nutr.*, 123, 244~252 (1993).
13. Ikegami, S., Tsuchihashi, T., Harada, H., Tsuchihashi, N., Nishide, E. and Innami, S. : Effect of viscous indigestible polysacchride on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rats. *J. Clin. Nutr.*, 120, 353~360 (1990).
14. 이기열, 이양자. : 고급영양학, 신광출판사, p. 46 (1992).
15. Vahouny, G. V., Roy, T., Gallo, L. L., Story, J. A., Kritchevsky, D. and Cassidy, M. : Dietary fibers Ⅲ. Effects of chronic intake on cholesterol absorption and metabolism in the rat. *Am. J. Clin. Nutr.*, 33, 2182~2191 (1980).
16. Report of the American Institute of Nutrition. : Ad Hoc committee onstandards for nutritional studies. *J. Nutr.*, 107, 1340~1348 (1977).
17. Eng, L. F. and Noble, E. P. : The maturation of rat brain myelin. *Lipid*, 3, 157 (1968).
18. Snedecor, G. W. and Cochrane, W. G. : Statistical methods., 6th., Iowa State University Press, Iowa, 1 (1967).
19. Forman, L. P. and Schneeman, B. O. : Effects of dietary pectin and fat on the small intestine contents and exocrine pancreas of rats. *J. Nutr.*, 110,

1992~1996 (1980).
20. Leveille, G. A. and Sauberlich, H. E. : Mechanisms of the cholesterol-depressing effect of pectin in the cholesterol fed rat. *J. Nutr.*, **88**, 209~214 (1966).
21. Rotenberg, S. and Jakobson, P. E.; The effect of dietary pectin on lipid composition of blood, skeletal muscle and internal organ of rats. *J. Nutr.*, **108**, 1384~1392 (1978).
22. Hove, E. L. and King, S. : Effect of pectin and cellulose on growth, feedefficiency and protein utilization and their contribution to energy requirement and cecal VFA in rats. *J. Nutr.*, **109**, 1274~1278 (1979).
23. 장유경, 윤홍재 : 지방의 섭취량과 첨가된 섬유소의 종류가 흰쥐의 체내 지질수준에 미치는 영향. *한국영양학회지*. 17, 253~261 (1984).
24. 이영순, 이혜자, 윤종국. : 식이섬유 첨가가 흰쥐의 간 xanthine oxidase 활성에 미치는 영향. *한국영양식량학회지* **24**, 843~847 (1995).
25. 윤홍재 : 식이중 fat 수준과 fiber의 종류가 흰쥐의 lipid metabolism에 미치는 영향. 한양대 석사논문 (1983).
26. Chen, L. W. J., Anderson, J. W. and Max, R. R. : Effects of oat bran, oatgum and pectin on lipid metabolism of cholesterol-fed rats. *Nutr. Rep. Intl.*, **24**, 1093~1098 (1981).
27. 박미리, 조수열 : 식이성 섬유소가 콜레스테롤 식이 흰쥐의 혈청 및 간장조직에 미치는 영향. *한국영양식량학회지*, 14, 223~228 (1985).
28. Mueller, M. A., Cleary, M. P. and Kritchevsky, D. : Influence of dietaryfiber on lipid metabolism in meal-fed rats. *J. Nutr.*, 113, 2229~2238 (1983).
29. Anderson, J. W. and Chen, W. L. : Plant fiber. carbohydrate and lipid metabolism. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**, 346~363 (1979).
30. Chen, W. J. L., Anderson, J. W. and Jennings, D. : Propionate may modiate the hypocholesterolemia effect ofcertain soluble plant fiber is cholesterol-fed rats. *Proc. Soc. Exp. Bio. Med.*, **175**. 215~218 (1984).
31. Kritchevsky, D., Shirley, A. T., Gordon, T. G., Maxine, M. W. and David, M, K. : Influence of oat and sheat bran on cholesterolemia in rats. *Nutr. Rep. Int.*, **29**, 1353~1359 (1984).
32. Fred, L. S., Melissa, J. L., Steven, L. I. and Judith A. M.; Oat fiber : Composition versus physiological function in rats. *J. Nutr.*, 118, 144~151 (1988).
33. Anderson, J. W., Jones, A. E. and Riddell-Mason, S. : Ten differentdietary fibers have significantly different effect on serum and liver lipids of cholesterol-fed rats. *J. Nutr.*, **124**, 78~83 (1994).
34. Ide, T., Horii, M., Yamarnoto, T. and Kawashima, K. : Contrasting effect of water-soluble and water-insoluble dietary fibers on bile acid conjugation and taurine metabolism in the rats. *Lipids*, **25**, 335~340 (1990).
35. Fernandez, M. L., Sun, D. M., Tosca, M. A. and MoNama, D. J. : Citrus pectin and cholesterol interact to regulate hepatic cholesterol homeostasis and lipoprotein metabolism. : A dose-response study in guinea pigs. *Am. J. Clin. Nutr.*, **59**, 869~878 (1994).
36. Nishina, P. M. and Freedland, R. A. : The effects of dietary fiber feeding on cholesterol metabolism in rats. *J. Nutr.*, 120, 800~805 (1990).

(1999년 1월 4일 접수)