

식이섬유가 고콜레스테롤혈증 흰쥐의 혈청 지질대사에 미치는 영향

장주연 · 이미경 · 김명주* · 조수열[†]

영남대학교 식품영양학과
*대구산업정보대학 식품영양과

Effect of Fiber on Serum Lipid Metabolism in Rats with Diet-Induced Cholesterolemia

Joo-Yeun Jang, Mi-Kyung Lee, Myung-Joo Kim* and Soo-Yeul Cho[†]

Dept. of Food and Nutrition, Yeungnam University, Kyongsan 712-749, Korea

*Dept. of Food Science and Nutrition, Taegu Polytechnic College, Taegu 706-022, Korea

Abstract

The study was conducted to investigate the effect of cholesterol and fiber on serum lipid metabolism in rats. Male Sprague Dawley rats were administrated 1% cholesterol and 0.25% sodium cholate to induce hypercholesterolemia and were fed on diet containing three concentrations (0%, 5%, 10%) of cellulose and pectin, respectively. The rats were sacrificed after 5 weeks of feeding periods. Serum triglyceride concentration was significantly decreased in proportion to level of fiber. Phospholipid concentration was more decreased in 10% fiber groups than 5% fiber groups but did not show any difference by fiber types. Free cholesterol and cholesteryl ester concentrations in serum were significantly decreased by fiber supplement and pectin was more effective than cellulose in cholesterol-lowering effect. Whereas HDL-cholesterol concentration and HDL-C/TC were increased in proportion to level of fiber and the effect of pectin was not more significant than that of cellulose. Serum chylomicron-cholesterol concentration also showed significant decrease by pectin supplement and LDL-, VLDL-cholesterol concentrations were more significantly decreased in 10% fiber groups than those of 5% fiber groups. The results indicate that 10% pectin may have beneficial roles in hypercholesterolemia.

Key words: cholesterol, cellulose, pectin, lipid metabolism

서 론

경제성장으로 식생활 양상이 변화되어 외식 기회가 많아지고 가공식품 섭취가 증가하고 있으며(1), 이에 따른 과잉 영양상태에서 건강유지, 노화억제, 선진국형 질병예방을 위한 식품과 생체의 상호작용 문제가 대두되고 있다(2). 최근 성인병 발생유형과 사망원인이 변화하고 있는데 특히 순환기 질환과 발암이 증가 추세에 있다(3). 이들 질환은 동맥경화, 비정상적인 지질대사, 운동부족, 유전적인 요소 및 콜레스테롤 과잉섭취와 밀접한 관계가 있다(4-7).

혈중 콜레스테롤 함량은 콜레스테롤 섭취량에 따라 생합성이 조절되어 일정하게 유지되나 지속적으로 과량 섭취시 축적되어 세포노화 촉진 및 여러 가지 대사성 질환을 유발하므로 섭취량 조절이 매우 중요하다

(8). 특히 체내 콜레스테롤 함량은 식이지방의 종류와 양, 총 열량, 무기질, 섬유소 등에 의해 영향을 받으므로(9) 성인병 예방을 위해서 고콜레스테롤 식품의 섭취 제한과 식이섬유와 불포화지방산이 함유된 식품의 공급이 요구된다(10-12).

식이섬유가 만성 퇴행성 질환과 관련되어 건강에 영향을 미치고 신체 항상성 유지, 여러 가지 생리기능 향상 효과가 인정되면서 관심이 고조되고 있다(13-15). 식이섬유 중 셀룰로오스와 같은 불용성 섬유는 장의 연동운동 촉진과 통과시간 감소로 게실염, 변비, 장암 등을 예방하며(16) 열량이 적고 공복감을 없애는 잇점이 있어 비만, 당뇨병 등에 효과가 있으며(17) 펙틴, gum과 같은 수용성 섬유는 순환기계 질환을 포함한 만성퇴행성 질환 예방(18,19) 및 포도당 항상성 유지 등에 효과가 있는 것으로 보고되어 있다(20). 특히 펙틴은 지질

[†]To whom all correspondence should be addressed

과 콜레스테롤 농도를 저하시키고 콜레스테롤 대사산물인 담즙산과 중성 스테로이드 등의 배설량을 증가시키는 것으로 알려져 있다(21).

따라서 본 연구에서는 콜레스테롤과 섬유소 식이가 생체내 지질대사에 미치는 영향을 구명하고자 1% 콜레스테롤과 0.25% 콜산나트륨을 첨가하고 섬유소는 무균여균, 셀룰로오스와 펙틴균은 각각 5%, 10% 수준으로 나누어 급여하여 혈청 중의 지질 농도 변화를 관찰하였다.

재료 및 방법

실험동물의 사육 및 식이

실험동물은 Sprague Dawley계의 4주령의 수컷 흰쥐 40마리를 10일간 기본식으로 적응시킨 후 평균 체중 110 ± 10 g인 것을 난괴법에 의해 5군으로 나누어 한마리씩 분리하여 사육하였다(Table 1). 사육실 온도는 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지하였으며, 조명은 12시간 주기(08:00~20:00)로 조절하였다.

본 실험에 사용한 기본식이는 AIN-76(Table 2)(22)에 준하여 조제하였으며, 단백질 급원은 카제인(Wako Co.)을 공급하였고, 탄수화물 급원으로는 옥수수 전분

(두산, 한국), 지방 급원으로는 옥수수 기름(동방유량, 한국)을 사용하였다. 실험식은 1% 콜레스테롤과 0.25% 콜산나트륨을 첨가하고 섬유소(Sigma Co.)는 무균여균, 셀룰로오스와 펙틴(Sigma Co.)균은 각각 5%, 10% 수준으로 조제하여 5주간 급여하였으며, 물은 제한 없이 공급하였다.

시료 채취

5주간 사육한 흰쥐를 16시간 절식시킨 후 에테르로 가볍게 마취하여 개복하고 복부 대동맥으로부터 채혈하여 실온에서 30분간 방치한 다음 $600 \times g$ 에서 10분간 원심분리하여 혈청을 얻어 시료로 사용하였다.

혈청 지질의 분석

혈청 중의 중성지질과 총 콜레스테롤 농도는 kit(Eiken Co., 일본)로 측정하였으며, 인지질 농도는 Eng와 Noble (23)의 방법으로 조제된 kit(Wako Co., 일본)를 사용하여 측정하였다. 유리콜레스테롤 농도는 kit(Eiken Co., 일본)를 사용하여 측정하였으며, 콜레스테롤 에스테르 농도는 총 콜레스테롤 농도에서 유리콜레스테롤 농도를 뺀 값으로 표시하였다. 지단백-콜레스테롤 농도는 kit(Eiken Co., 일본)를 사용하여 측정하였다.

통계처리

실험 결과는 SAS package를 이용하여 실험군당 평균 \pm 표준편차로 표시하였고 각 군간의 평균치의 통계적 유의성은 $\alpha=0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test(24)에 의해 검정하였다.

결과 및 고찰

혈청의 중성지질, 총콜레스테롤과 인지질 함량

섬유소의 종류와 수준을 달리 급여한 흰쥐의 혈청 중의 중성지질, 총 콜레스테롤과 인지질 농도는 Table 3과 같다.

섬유소 급여수준이 증가할수록 중성지질 농도는 유의적으로 감소하였으나 섬유소 종류에 따른 영향은 나타나지 않았다. 섬유소 급여로 인한 혈청의 중성지질 농도 저하는 모세혈관벽의 지단백 분해효소(lipoprotein lipase)를 활성화하여 중성지질의 주요 운반체인 키로미크론과 VLDL의 분해를 촉진한 때문이며(25), 특히 펙틴은 장내 점도 변화로 점막의 기능과 구조적 변화를 유도하여 콜레스테롤과 중성지질의 흡수를 억제하고

Table 1. Design of experimental animal groups

Experimental groups	Fiber(%)	
	Cellulose	Pectin
FFC	-	-
NCC	5	-
HCC	10	-
NPC	-	5
HPC	-	10

FFC: Fiber free diet group

NCC: Normal cellulose diet group

HCC: High cellulose diet group

NPC: Normal pectin diet group

HPC: High pectin diet group

Table 2. Composition of basal diet

Ingredients	Level(%)
Casein	20.0
Corn starch	15.0
Sucrose	50.0
Cellulose	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

Cellulose: Sigma Co.

Table 3. Effect of dietary fiber on serum triglyceride, total cholesterol and phospholipid concentrations in hypercholesterolemic rats
(unit: mg/dl)

Group	Triglyceride	Total cholesterol	Phospholipid
FFC	331.79±14.13 ^a	173.05±4.95 ^a	159.59±18.81 ^{ab}
NCC	295.05±26.07 ^b	125.33±10.15 ^b	176.44±12.48 ^a
HCC	180.05±18.11 ^c	111.05±10.97 ^c	152.12±10.93 ^{bc}
NPC	277.89±22.31 ^b	78.02±5.09 ^d	160.68±13.18 ^{ab}
HPC	172.91±5.88 ^c	64.06±7.15 ^c	140.07±11.94 ^c

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

지질합성을 감소시키므로써(26) 지질 축적을 감소시킨 것으로 사료된다.

총 콜레스테롤 농도는 섬유소 무급여군에 비해 셀룰로오스와 펙틴 급여시 유의적인 감소를 나타내었는데, 펙틴군의 감소정도가 현저하였다. 이는 콜레스테롤 투여시 펙틴을 급여하므로써 혈중의 콜레스테롤 농도가 저하되며(27,28), 펙틴의 급여수준이 증가할수록 저하 효과가 현저하였다는 Fernandez 등(29)의 보고와 일치하는 결과이다. 또한 펙틴 급여시 변으로의 담즙 배설 증가로 간의 콜레스테롤을 고갈시켜 콜레스테롤 합성을 증가시키고 혈청 콜레스테롤 농도가 저하(30)되는 것으로 사료된다.

셀룰로오스와 펙틴 모두 과량의 섬유소 급여시 인지질 농도는 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 흰쥐에 있어 과량의 펙틴과 셀룰로오스는 인지질 농도를 감소시켰다는 Mueller 등(31)의 보고와 일치하는 결과이다.

혈청의 유리콜레스테롤, 콜레스테릴 에스테르 농도 및 CE/FC

Table 4에는 혈청 유리콜레스테롤, 콜레스테릴 에스

Table 4. Effect of dietary fiber on serum free cholesterol, cholesteryl ester and CE/FC in hypercholesterolemic rats

Group	Free cholesterol (mg/dl)	Cholesteryl ester (mg/dl)	CE/FC
FFC	50.49±1.89 ^a	122.56±8.38 ^a	2.43±0.23 ^{ab}
NCC	40.43±1.86 ^b	84.90±11.70 ^b	2.10±0.28 ^{abc}
HCC	31.64±2.19 ^c	79.41±10.82 ^b	2.52±0.39 ^a
NPC	26.08±3.14 ^d	52.02±5.84 ^c	2.03±0.37 ^{bc}
HPC	21.46±1.05 ^e	42.60±7.37 ^c	1.99±0.19 ^c

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

테르 농도 및 CE/FC(cholesteryl ester/free cholesterol)의 비가 나타나 있다.

유리콜레스테롤 농도는 셀룰로오스와 펙틴 급여군 모두 섬유소 무급여군에 비하여 급여수준 증가시 유의한 감소를 나타내었다. 섬유소 급여시 무급여군에 비해 콜레스테릴 에스테르 농도가 유의적으로 감소되었는데, 이는 식이섬유 급여시 혈중 콜레스테릴 에스테르 농도가 저하된다는 김 등(32)의 보고와 일치한다. 섬유소 무급여에 비해 셀룰로오스군은 혈청 EC/FC 비율에 유의적인 변화가 나타나지 않은 반면, 10% 펙틴군은 유의적인 감소를 보였다.

혈청 HDL-콜레스테롤 농도 및 HDL-C/TC와 동맥경화지수

혈청 HDL-콜레스테롤 농도 및 HDL-C/TC(HDL-cholesterol/total cholesterol)의 비와 동맥경화지수(AI: atherogenic index)는 Table 5에 나타내었다.

혈청 HDL-콜레스테롤 농도는 섬유소 무급여군에 비하여 섬유소 급여수준이 높아짐에 따라 증가하였으며, 섬유소 종류에 따른 효과는 펙틴군이 셀룰로오스군에 비해 우수한 것으로 나타났다.

HDL-콜레스테롤의 동맥경화 및 혈관장에 개선 기전은 여러 가지가 논의된다. Glomset(33)은 HDL 입자가 HDL의 유리콜레스테롤을 에스테르화하는 lecithin: cholesterol acyltransferase(LCAT)의 활성화에 관여함으로써 콜레스테롤의 세포내 유입을 억제한다는 항동맥경화 작용을 보고하였다. HDL-콜레스테롤은 콜레스테롤을 말초조직으로부터 간으로 역수송하며(34,35) 세포에서 LDL 흡수를 억제하여 혈관벽에 콜레스테롤 축적을 방지한다는 보고(36)로서 뒷받침된다. Tinker 등(37)은 고지혈증의 경우 HDL₃ 비율이 높아지고 HDL₂

Table 5. Effect of dietary fiber on serum HDL-cholesterol concentration, HDL-C/TC and AI in hypercholesterolemic rat

Group	HDL-cholesterol (mg/dl)	HDL-C/TC ¹⁾	AI ²⁾
FFC	18.14±2.13 ^c	0.11±0.01 ^d	7.80±1.01 ^a
NCC	20.94±1.02 ^b	0.17±0.01 ^{cd}	5.18±0.68 ^b
HCC	23.02±0.86 ^{ab}	0.20±0.02 ^c	3.98±0.54 ^c
NPC	22.61±1.56 ^{ab}	0.29±0.03 ^b	2.43±0.42 ^d
HPC	24.25±3.06 ^a	0.39±0.08 ^a	1.67±0.51 ^d

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

¹⁾HDL-C/TC=HDL-cholesterol/total cholesterol

²⁾AI=(Total cholesterol-HDL cholesterol)/(HDL-cholesterol)

비율이 감소되는데, 섬유소 급여시 항동맥경화 작용이 강한 HDL₂ 비율이 상승한다고 보고하였다.

섬유소 급여수준 증가에 따라 셀룰로오스와 펙틴 모두 HDL-C/TC 비율이 증가하였고, 특히 펙틴군의 증가가 셀룰로오스군에 비하여 유의적으로 높게 나타났다. 동맥경화지수(AI)는 섬유소 급여시 유의적으로 감소하였는데, 셀룰로오스보다 펙틴을 10% 급여하는 것이 고콜레스테롤혈증시 동맥경화 위험을 억제하는 것으로 나타났다.

혈청 킬로미크론, VLDL, LDL-콜레스테롤 농도, VLDL/HDL과 LDL/HDL-콜레스테롤

Table 6에는 킬로미크론, VLDL-, LDL-콜레스테롤 농도, VLDL/HDL 및 LDL/HDL-콜레스테롤의 비율을 나타내었다.

킬로미크론 함량에 미치는 섬유소 종류와 수준의 영향은 무섬유소군에 비하여 5% 급여시 셀룰로오스는 그 농도를 유의적으로 증가시켰으나 펙틴은 5%, 10% 급여군 모두 유의적인 감소를 보였다. 10% 급여군에서는 섬유소원 모두 그 농도가 유의적인 감소를 나타내었는데 특히 펙틴의 감소효과가 현저한 것으로 관찰되었다. 식이섬유에 의한 혈청 콜레스테롤 농도 저하효과는 소장 콜레스테롤 합성이나 킬로미크론을 구성하는 아포지단백 때문이라는 Lippel 등(38)의 보고로서 뒷받침된다.

킬로미크론은 혈액으로 콜레스테롤과 중성지질을 운반하는 지단백으로 혈관에서 지단백 분해효소(lipoprotein lipase)에 의해 가수분해되어 중성지질을 제거한다. 이 과정에서 콜레스테릴 에스테르와 중성지질은 킬로미크론 잔재로 전환되어 남는데(39), 이 잔재는 간에서 콜레스테릴 에스테르와 중성지질로 가수분해된다. 그러나 혈청의 킬로미크론 농도가 높을 때 동맥벽 조직에 결합되어 지단백 분해효소에 의해 트리글리세라이드가 가수분해되고 동맥벽 평활근 세포에 콜레스테롤

이 풍부한 킬로미크론이 내부로 침투되므로써(40) 동맥경화를 유발한다(41). 반면 Lippel 등(38)은 킬로미크론 잔재는 동맥경화 유발인이지만 킬로미크론이나 중성지질은 동맥경화를 유발하지 않는다고 보고하였다.

VLDL-콜레스테롤 농도는 셀룰로오스 5% 급여시 무급여군에 비해 유의적으로 증가되었는데, 이는 고지방·고콜레스테롤 식이에서 셀룰로오스가 VLDL-콜레스테롤 농도를 증가시켰다는 보고(42)와 일치한다. 반면 셀룰로오스 10% 급여군에서는 유의적인 감소를 나타내었으며 펙틴은 급여수준이 증가함에 따라 VLDL-콜레스테롤 농도가 유의적으로 감소되었다.

VLDL은 LDL로 전환되어 배출되고 과량의 LDL 제거는 간조직의 LDL 수용체에 의해 조절되는데, 혈청 콜레스테롤과 중성지방 농도가 높으면 VLDL은 과다 분비된다. 이 과량의 VLDL이 LDL로의 전환비율이 증가되므로써 LDL-콜레스테롤 농도가 증가된다(43,44).

LDL은 혈청 콜레스테롤의 주된 운반형으로, 동맥 혈관벽에 콜레스테롤을 축적하여 동맥경화를 일으키므로써 혈청 LDL 농도는 심장 순환기계 질환발생과 밀접한 관계에 있다(45,46). 또한 LDL은 세포의 수용체에 결합하여 간과 기타 조직에서 제거되는데(47,48), 유전적으로 LDL 수용체에 결함이 있거나 식이 콜레스테롤에 의해 LDL 수용체의 활성이 저하되면 비결합 LDL이 혈중으로 유출되어 혈청의 LDL 농도가 증가된다(49).

LDL-콜레스테롤 농도는 셀룰로오스와 펙틴 급여군 모두 섬유소 급여수준이 증가할수록 무급여군에 비하여 유의적으로 감소되었으며, 특히 펙틴 10% 급여군에서 현저한 감소효과를 나타내었다. 이는 Kirby 등(4)이 고콜레스테롤혈증시 수용성 섬유 급여로 LDL-콜레스테롤 농도를 감소시켰다는 보고와 일치한다.

식이섬유의 콜레스테롤 농도 저하작용은 지단백 생성에 영향을 미치는데 LDL 농도는 순환계의 지단백 제거율과 생성을 균형에 의해 일정하게 유지된다. 식이성 콜레스테롤은 장에서 중성지방이 많은 킬로미크론이

Table 6. Effect of dietary fiber on serum chylomicron, VLDL, LDL-cholesterol concentrations VLDL/HDL and LDL/HDL-cholesterol in hypercholesterolemic rat

Group	Chylomicron-C (mg/dl)	VLDL-C (mg/dl)	LDL-C (mg/dl)	VLDL/HDL-C	LDL/HDL-C
FFC	26.10 ± 1.35 ^b	56.10 ± 2.37 ^b	49.52 ± 2.19 ^a	3.13 ± 0.39 ^a	2.76 ± 0.34 ^a
NCC	45.93 ± 3.36 ^a	65.40 ± 3.36 ^a	39.40 ± 2.33 ^b	3.13 ± 0.26 ^a	1.89 ± 0.14 ^b
HCC	15.99 ± 1.59 ^c	48.63 ± 1.46 ^c	34.65 ± 1.16 ^c	2.12 ± 0.09 ^b	1.51 ± 0.08 ^c
NPC	6.17 ± 0.92 ^d	20.10 ± 1.82 ^d	34.80 ± 1.17 ^c	0.93 ± 0.08 ^c	1.54 ± 0.11 ^c
HPC	5.28 ± 0.81 ^d	11.98 ± 1.75 ^c	19.86 ± 1.17 ^d	0.50 ± 0.06 ^d	0.83 ± 0.06 ^d

Values are mean ± S.D.(n=8).

Means followed by the same letter in the column are not significantly different(p<0.05).

나 VLDL에 의해 이동되므로 고콜레스테롤혈증시 간에서 혈중으로 운반되는 LDL과 VLDL 농도가 증가하며, 혈중 LDL 특히 LDL-콜레스테릴 에스테르 농도 증가는 킬로미크론이나 VLDL이 대사된 결과이다(50).

VLDL/HDL-콜레스테롤 비율 역시 펙틴이 셀룰로오스에 비하여 유의적인 감소효과를 보였다. 또한 셀룰로오스와 펙틴 모두 5% 급여군에 비해 10% 급여시 감소효과가 현저하게 나타난 반면, 5% 셀룰로오스 급여군은 섬유소 무급여군에 비해 변화가 관찰되지 않았다.

혈청 LDL-C/HDL-C 비율은 무섬유소군에 비하여 셀룰로오스와 펙틴 모두 비율이 유의적으로 감소했으며 급여 농도 증가에 따른 차이도 뚜렷하게 나타났다. 또한 펙틴이 셀룰로오스에 비해 유의적인 감소를 보여 LDL-C/HDL-C 비율 감소 역시 펙틴이 더 효과적인 것으로 나타났다.

요 약

섬유소가 고콜레스테롤혈증 흰쥐의 혈청 지질 농도에 미치는 영향을 관찰하고자 Sprague Dawley 웅성 흰쥐에게 1% 콜레스테롤과 0.25% 콜산나트륨을 투여하여 고콜레스테롤혈증을 유발하도록 제한 식이에 섬유소 무급여, 셀룰로오스와 펙틴을 각각 5%, 10% 급여하여 지질대사에 미치는 영향을 관찰하였다. 혈청 중성지질 농도는 섬유소 급여시 무급여군에 비해 유의적으로 감소하였으며 특히 펙틴이 셀룰로오스에 비해 감소효과가 더 큰 것으로 나타났다. 총 콜레스테롤, 유리 콜레스테롤과 콜레스테릴 에스테르 농도는 섬유소 급여수준 증가에 따라 유의적인 감소를 나타내었는데, 펙틴 급여시 더 현저한 효과가 관찰되었다. HDL-콜레스테롤 농도는 섬유소 급여량에 따라 증가하였으며, 동맥경화지수는 셀룰로오스 급여군에 비해 펙틴 급여군에서 효과적으로 감소하였다. 킬로미크론 농도는 펙틴이 셀룰로오스에 비해 유의적인 감소를 보였다. VLDL-, LDL- 콜레스테롤 농도는 섬유소 급여수준 증가에 따른 감소효과가 뚜렷하였으며 특히, 펙틴 급여시 유의적으로 감소하였다. 이상의 결과에서 식이섬유 급여는 고콜레스테롤혈증 흰쥐의 혈청 지질 및 콜레스테롤 농도를 저하시켰는데, 특히 10% 펙틴 급여시 콜레스테롤 저하효과가 현저한 것으로 나타났다.

문 헌

- 권태완, 강수기 : 식품공업의 발달과 우리의 식생활. 한국 식품화학회 추계학술대회(1993)
- 村上浩記, 上野川 修一 : 식품과 생체방어. 송현문화사,

- p.7(1996)
- 이기열, 이양자, 임홍석 : 동맥경화증과 관련된 대사 장애 및 치료식이. 한국영양학회지, **15**, 7(1980)
- Kirby, R. W., Anderson, J. W., Sieling, B., Rees, E. D., Chen, L. W. J., Miller, R. E. and Kay, R. M. : Oat bran intake selectively lowers serum low-density lipoprotein cholesterol concentration of hypercholesterolemic men. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 824(1981)
- Smith, U. and Holm, G. : Effect of modified guar gum preparation on glucose and lipid levels in diabetics and healthy volunteers. *Atherosclerosis*, **45**, 1(1982)
- Spritz, N. and Mishkerl, M. A. : Effect of dietary fats on plasma lipids and lipoprotein: An hypothesis for the lipid-lowering effect of unsaturated fatty acid. *J. Clin. Invest.*, **48**, 78(1969)
- Stryer, L. : Biochemistry. 3rd ed. W. H. Freeman Company, p.547(1988)
- 양정례, 서명자, 송영선 : 콜레스테롤 투여 흰쥐에 있어서 식이섬유가 콜레스테롤 대사에 미치는 영향. 한국영양학회지, **25**, 392(1993)
- 김명희 : 단백질 식이 성분과 섭취 방법이 흰쥐의 성장 및 혈청내 cholesterol 함량에 미치는 영향. 숙명여대 석사논문(1982)
- Miettinen, T. A. : Dietary fiber and lipids. *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**, 1237(1987)
- Kay, R. M. : Dietary fiber. *J. Lipid Res.*, **23**, 221(1982)
- Kritchevsky, D. : Fiber, lipid, and atherosclerosis. *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**, S65(1978)
- 황재관, 김중태, 홍석인, 김철진 : 압출성형에 의한 식물 세포벽의 수용화. 한국영양학회지, **23**, 358(1994)
- Mabeau, S. and Fleurence, J. : Seaweed in food products : biochemical and nutritional aspects. *Trends in Food Science & technology*, **41**, 103(1993)
- 최면, 김중대, 주진순 : Polydextrose와 hydrolysed guar gum이 지방량을 달리한 식이를 섭취한 정상백서의 지질대사에 미치는 영향. 한국영양학회지, **25**, 211(1992)
- 송정자 : Dietary fiber의 영양학적 고찰. 숙명여자대학교 생활과학연구소 논문집, 제 1집(1983)
- Miramda, P. M. : High fiber diets in the treatment of diabetic mellitus. *Ann. Intern. Med.*, **88**, 482(1978)
- Marianne, S. W., Hugo, F. F. A., Joke, G. C., Jong, J. W., Hautvast, J. G., Hermus, R. T., Katan, M. B., Brydon, W. G. and Eastwood, M. A. : Influence of dietary fiber from vegetables and fruits, bran or citrus pectin on serum lipids, colonic function. *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**, 1745(1980)
- Shinnick, F. L., Longacre, M. J., Ink, S. L. and Marlett, J. A. : Oat fiber: Composition versus physiological function in rats. *J. Nutr.*, **118**, 144(1988)
- Jenkins, D. J. A., Leeds, A. R., Ciassul, M. A., Cochet, B. and Alberti, K. G. : Decrease in postprandial insulin and glucose concentration by guar and pectin. *Ann. Intern. Med.*, **86**, 20(1977)
- Vahouny, G. V. : Dietary fiber, lipid metabolism and atherosclerosis. *Fed. Proc.*, **41**, 2801(1982)
- Report of the American Institute of Nutrition : Ad Hoc committee on standards for nutritional studies. *J. Nutr.*, **107**, 1340(1977)
- Eng, L. F. and Noble, E. P. : The maturation of rat

- brain myelin. *Lipid*, **3**, 157(1968)
24. Snedecor, G. W. and Cochran, W. G. : Statistical methods. 6th., Iowa State University Press, Iowa, p.1(1967)
 25. Vigne, J. L., Lairon, D., Borel, P., Portugal, D., Pauli, A., Hauton, J. and Lafont, H. : Effect of pectin, wheat bran and cellulose on serum lipids and lipoproteins. *Br. J. Nutr.*, **58**, 405(1987)
 26. Kinnunen, P. K., Virtanen, J. A. and Vainio, P. : Lipoprotein lipase and hepatic endothelial lipase. *Atheroscler. Rev.*, **11**, 65(1983)
 27. Ficher, H., Griminger, P., Sostman, E. R. and Brush, M. K. : Dietary pectin and blood cholesterol. *J. Nutr.*, **86**, 113(1965)
 28. Ficher, H., Van der Noot, G. W., McGrath, W. S. and Griminger, P. : Dietary pectin and plasma cholesterol in swine. *J. Atheroscler. Res.*, **6**, 190(1966)
 29. Fernandez, M. L., Sun, D. M., Tosca, M. A. and Mo-Nama, 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(1994)
 30. Fructuoso, G. D., Victoria, G. M. and Javier, G. G. : Pectin feeding influences fecal bile acid excretion, hepatic bile acid and cholesterol synthesis and serum cholesterol in rats. *J. Nutr.*, **126**, 1766(1996)
 31. Mueller, M. A., Cleary, M. P. and Kritchevsky, D. : Influence of dietary fiber on lipid metabolism in meal-fed rats. *J. Nutr.*, **113**, 2229(1983)
 32. 김소영, 김한수, 김성희, 김희숙, 서인숙, 정승용 : 도라지 및 더덕 첨가식이 가 흰쥐의 혈청 및 간장의 지방산 조성에 미치는 영향. *한국영양식량학회지*, **22**, 525(1993)
 33. Glomset, J. A. : Physiological role of lecithin-cholesterol acyltransferase. *Am. J. Clin. Nutr.*, **23**, 1129(1970)
 34. Daniels, R. J., Guerther, L. S., Parker, T. S. and Steinberg, D. : Studies on the rate of efflux of cholesterol from cultured human skin fibroblast. *J. Biochem.*, **256**, 4978(1981)
 35. Bates, S. R. : Accumulation and loss of cholesterol esters in monkeys arterial smooth muscle cells exposed to normal and hyperlipidemic serum lipoproteins. *Atherosclerosis*, **43**, 165(1979)
 36. Gordon, T., Castelli, W. P., Hortland, M. C., Kannel, W. B. and Dawber, T. R. : High density lipoprotein as a protective factor against coronary heart disease: the Framingham study. *Am. J. Med.*, **62**, 702(1977)
 37. Tinker, L. F., Davis, P. A. and Schneeman, B. O. : Prune fiber or pectin compared with cellulose lowers plasma and liver lipid in rat with diet-induced hyperlipidemia. *J. Nutr.*, **124**, 31(1994)
 38. Lippel, K., Tyroler, H. and Eder, H. : Relationship on hypertriglyceridemia to atherosclerosis. *Atherosclerosis*, **1**, 406(1981)
 39. Brown, M. S. and Goldstein, J. L. : A receptor-mediated pathway for cholesterol homeostasis. *Science*, **232**, 34(1986)
 40. Zilversmit, D. B. : Atherogenesis: A postprandial phenomenon. *Circulation*, **60**, 473(1979)
 41. Green, M. H., Massaro, E. R. and Grees, J. B. : Multicompartmental analysis of the effects of dietary fat saturation and cholesterol on absorptive lipoprotein metabolism in the rat. *Am. J. Clin. Nutr.*, **40**, 82(1984)
 42. Hiromasa, O., Kozo, H., Yasuhiko, H., Shinya, D., Ko-ichiro, N., Eisuke, N., Hitoshi, K., Masayumi, S. and Goro, K. : Effects of dietary cholesterol and fatty acids on plasma cholesterol level and hepatic lipoprotein metabolism. *J. Nutr.*, **31**, 1413(1990)
 43. Spady, D. K., Bilheimer, D. W. and Diesch, J. M. : Rates of receptor-dependent and independent low density lipoprotein uptake in hamster. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **80**, 3499(1983)
 44. Kesaniemi, T. A., Witztum, J. L. and Steinbrecher, U. P. : Receptor-mediated catabolism of low density lipoprotein in men. Quantitation using glycosylated low density lipoprotein. *J. Clin. Invest.*, **71**, 950(1983)
 45. Gordon, T., Kannel, W. B., Castelli, W. P. and Dawber, T. R. : Lipoprotein, cardiovascular disease and death the Framingham study. *Arch. Inter. Med.*, **141**, 1128(1981)
 46. Stamles, J. and Wenlforth, J. D. : Is relationship between serum cholesterol and risk of premature death from coronary heart disease continuous and grades?: Finding is 356, 222 Primary screens of multiple risk factor intervention trial(MRFIT). *JAMA*, **256**, 2823(1986)
 47. Goldsterin, J. L. and Brown, M. S. : The LDL receptor defect in familial hypercholesterolemia: Implications for pathogenesis and therapy. *Med. Clin. North Am.*, **66**, 3351(1983)
 48. Kesaniemi, Y. A., Tarpila, S. and Miettinen, T. A. : Low vs high dietary fibers and serum, biliary and fecal lipids in middle-aged men. *Am. J. Clin. Nutr.*, **51**, 1007(1990)
 49. William, P., Robinson, D. and Bailey, A. : High-density lipoprotein and coronary risk factors in normal men. *Lancet*, **1**, 72(1979)
 50. Brown, M. S., Kovanen, P. T. and Golstein, J. L. : Regulation of plasma cholesterol by lipoprotein receptors. *Science*, **212**, 628(1981)