

비소화성 물질과 칼슘 첨가가 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

이경화 · 최인선 · 이성숙 · 오승호[†]

전남대학교 식품영양학과

Effects of Nondigestible Substances and Calcium on Lipid Metabolism in Rats

Kyung-Hwa Lee, In-Seon Choi, Sung-Sug Lee and Seung-Ho Oh[†]

Dept. of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of nondigestible substances and calcium such as oligosaccharide, agar, saponin, tannin and calcium on the reduction of lipid status in rats fed high fat diet. In order to make the observation, the lipid content in plasma, liver and the feces, and bile acid excretion were measured for 4 weeks. The results obtained from this research are as follows. Concentration of total lipid in plasma seemed highest in the control group and were significantly lower in groups oligosaccharide, agar and calcium-tannin, compared to the control group. Concentration of total cholesterol in plasma was significantly lower in groups oligosaccharide, agar, calcium and calcium-saponin, compared to the control group. The improvement in lipid status seems to be insignificant with oligosaccharide, saponin and tannin group, but the groups supplemented with calcium and agar group, more so in agar, showed increase in total bile acids excretion in feces and decrease in total cholesterol in plasma, compared to the control group. These evidence seems to indicate improvement of the plasma lipid status by calcium and agar supplementation.

Key words: high fat, oligosaccharide, agar, saponin, tannin, calcium, lipid metabolism, bile acid excretion

서 론

우리나라의 경제 성장과 국민 소득의 향상과 함께 식생활의 서구화는 동물성 식품과 지방의 섭취 증가, 식이 섬유가 적은 식품의 섭취 등의 변화로 인해 비만 발생률이 늘어나고 있으며 동맥경화 또는 심근경색 등의 심장순환기계 질환의 이환율도 증가되고 있다(1,2).

지방은 필수지방산을 제공하고 고에너지원으로써 효율적인 체내의 에너지 저장원으로 생존에 꼭 필요한 영양소이나 식이에서 섭취하는 종류, 구성 지방산간의 평형에 따라 심장순환기계 질환이나 유방암과 대장암 등의 암 발생에 큰 영향을 끼치고 있다(3-6). 혈청 콜레스테롤 농도의 저하 기전으로는 첫째, 콜레스테롤의 장내 흡수 억제(7) 둘째, 콜레스테롤의 배설 또는 분해 촉진(8) 셋째, 간에서 내인성 콜레스테롤의 합성 억제(9) 등을 들 수 있으며, 이에 영향을 주는 인자로서 식이 섬유(10,11), 단백질(12), 지방산(13,14), 어류(15), 화분류(16)

및 사포닌류(17) 등 다양한 식이 인자가 알려져 있다. 식이섬유는 인간의 소화 효소에 의해 가수분해되지 않는 식물 세포의 잔여물로 정의되며(18,19) 그 성분의 종류에 따라 소화관내에서 나타내는 생리효과와 그 대사적 결과도 다르기 때문에 식이섬유에 대한 가설의 많은 면이 여전히 논쟁의 대상이 되고 있으나 식이 섬유가 대장암(20), 고지혈증(21,22) 및 당뇨병(23-25)과 같은 만성 퇴행성 질병에 대해 예방 및 치료 효과가 있다는 연구 결과가 지속적으로 발표되고 있으며 주요 기전으로는 식이 섬유가 분 부피를 증가시켜 결국 담즙산을 회식시킴으로써 혈청 총 콜레스테롤 농도를 감소시키는 효과를 보인다고 인정되고 있다(26).

식이섬유는 아니지만 사포닌(saponin), 올리고당(oligosaccharide), 아가(agar) 및 탄닌(tannin) 등 비소화성 물질도 식이섬유처럼 혈청 지질 개선효과를 나타낼 것으로 추정되고 있다. Oakenfull 등(27)과 Sidhu와 Oakenfull(28)에 의하면 사포닌은 소장에서 담즙산의 재흡

[†]To whom all correspondence should be addressed

수를 억제하고 분으로의 배설을 증가시킨다고 보고하므로서 혈청 콜레스테롤 농도 저하효과에 대한 일부 기전을 밝힌 바 있으며 올리고당은 물리화학적 성질이 설탕과 유사하지만 생리화학적 성질은 설탕과는 완전히 달라 체내에서 소화되지 않으므로 식이섬유소계로 알려져 있는바 혈청 콜레스테롤 농도를 저하시킬 수 있는 가능성을 가지고 있다고 제안되어 있고(29) 다당류의 복합체인 아가 역시 소화효소에 의해 가수분해되지 않는다는 점에서 혈청 콜레스테롤 농도를 저하시킬 수 있을 것으로 추측된다. 한편 Horigome 등(30, 31)은 탄닌을 함유한 식이를 쥐에게 급여한 결과 분내 담즙산의 농도는 증가하나(30) 혈청 내 지질 개선효과는 없다고 보고한(31) 반면 Yugarani 등(32)은 흰쥐에게 많은 양의 탄닌 급여시 혈청 지질 개선효과가 있었다고 주장하였다. 이들 상반된 주장은 탄닌이 장내 콜레스테롤에 대한 흡수 저해제로서의 효과 뿐 아니라 급여 수준에 따라 서로 달라질 것인가는 더욱 추후에 보아야 할 점이라 생각된다.

한편 식이성 칼슘(calcium)은 소화관에서 지방산과 비누(soaps)를 형성하는데, 이 칼슘 비누는 불용성으로서 변으로의 칼슘 배설을 증가시키므로 고지방식은 식이성 칼슘의 흡수율을 저하시킨다는 것은 잘 알려져 있는바(33) 이는 식이성 칼슘이 지방 흡수에 상호 방해인자로 작용하여 혈청 콜레스테롤 농도 함량에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

이상에서 살펴본 바 식이 중 올리고당, 아가, 사포닌, 탄닌 및 칼슘 성분이 혈청 지질 개선효과에 영향을 미칠 것으로 추측되나 이들에 대한 효과를 비교 관찰한 보고는 드물다. 더우기 차의 음용 인구가 늘어나면서 차의 효능에 관한 많은 연구가 되고 있으나 탄닌에 대하여서는 항산화작용과 중금속에 대한 해독작용(34,35)의 일부가 알려져 있을 뿐 지질대사와의 관련성은 잘 알려져 있지 않다.

이에 본 연구는 동물실험을 통해 혈청 지질 개선효과에 영향을 미칠 수 있는 몇몇 비소화성 물질과 칼슘에 대한 정보를 얻기 위하여 올리고당, 아가, 사포닌, 탄닌 및 칼슘 등을 고지방식이와 함께 흰쥐에게 단독 또는 혼합 급여하여 이들 첨가 급식이 지질대사 및 담즙산 배설에 미치는 영향을 관찰하였다.

재료 및 방법

실험동물의 사육 및 실험식이

실험동물은 Sprague-Dawley 종의 생후 7주의 수컷(180~200g)을 8마리씩 8군으로 다음과 같이 나누었다.

실험식은 모두 고지방식이로서 돈지 20%를 첨가 조제하였으며 이를 대조군(대조군, Control, 동광농산제)으로 하였고 이들 고지방식에 각각 5% 올리고당 첨가군(올리고당군, Oligosaccharide, 선일포도당), 13% 아가 첨가군(아가군, Agar, Junsei Chemical Co., Ltd, Japan), 0.057% 사포닌 첨가군(사포닌군, Saponin, Kanto Chemical Co., Ltd, Japan), 0.057% 탄닌 첨가군(탄닌군, Tannin, Farco Chemical Supplies, China), 1.5% 칼슘군(칼슘군, Calcium, Junsei Chemical Co., Ltd, Japan), 1.5% 칼슘과 0.057% 사포닌 첨가군(칼슘 사포닌군, Calcium+Saponin) 및 1.5% 칼슘과 0.057% 탄닌 첨가군(칼슘 탄닌군, Calcium+Tannin)이었으며 실험식사와 물은 제한없이 먹도록 하였다. 사육실의 온도는 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 및 습도는 50% 전후로 유지시켰고 명암은 12시간 주기(07:00~19:00)로 조명하였다. 실험식에 첨가되어지는 탄닌의 양은 Reddy 등(36)의 보고에 따라 적용된 값이며, 사포닌은 탄닌과 동일한 양을 첨가하였다. 또한 올리고당의 첨가량은 泰 등(29)의 선행연구를 토대로 프락토올리고당을 5% 급여하였으며 아가는 고섬유소의 양으로 첨가하였다. 그리고 칼슘의 첨가량은 선행 보고들에 준하여 고칼슘의 CaCO_3 형태로 급여하였다. 지방의 산패 방지를 위해 -20°C 냉동고에 보관하면서 매일 일정한 시간에 총 4주 동안 각군마다 다르게 조제한 식이로 급여하였다. 실험식사와 구성성분은 Table 1과 같았다.

식이섭취량, 체중증가량, 식이효율, 에너지밀도 및 에너지효율 측정

식이섭취량은 매일 일정한 시간에 측정하였으며, 전날 채워둔 식이통의 무게에서 그날의 무게를 뺀 값으로 섭취량을 계산하였다. 식이섭취량에 대한 오차를 최소화하기 위해 손실량도 측정하여 보정하였다. 체중은 3일에 1번씩 일정한 시간에 측정하였다. 식이효율(Food efficiency ratio, FER)은 다음 식과 같이 실험 전 기간의 체중증가량을 같은 기간 동안에 섭취한 식이량으로 나누어 다음과 같이 산출하였다.

식이효율(Food efficiency ratio, FER)=실험 전 기간의 체중증가량(g)/같은 기간 동안에 섭취한 식이량(g) 에너지밀도(KJ/g-diet)를 산출하였으며, 에너지효율(Energy efficiency ratio, EER)은 다음 식과 같이 실험 전 기간의 체중증가량을 같은 기간 동안에 섭취한 에너지밀도(KJ/g-diet)로 나누어 다음과 같이 산출하였다.

에너지효율(Energy efficiency ratio, EER)=실험 전 기간의 체중증가량(g)/같은 기간 동안에 섭취한 에너지밀도(KJ/g-diet)

Table 1. Composition of diets

Ingredients	Control	Oligosacchande	Agar	Saponin	Tannin	Calcium	Calcium - Saponin	Calcium + Tannin
Casein	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Corn starch	53.4	48.4	40.4	53.3	53.3	49.6	49.5	49.5
Sucrose	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
Glucose	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
Lard	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
α -Cellulose powder	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Salt mixture	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Vitamin mixture	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Oligosaccharide	-	5.0	-	-	-	-	-	-
Agar	-	-	13.0	-	-	-	-	-
Calcium carbonate	-	-	-	-	-	3.8	3.8	3.8
Saponin	-	-	-	0.057	-	-	0.057	-
Tannin	-	-	-	-	0.057	-	-	0.057

Salt mixture composition(%)⁽³⁷⁾: Ca lactate 35.15, Ca(H₂PO₄)₂·H₂O 14.60, K₂HPO₄ 25.78, NaH₂PO₄ · H₂O 9.38, NaCl 4.67, MgSO₄(anhydrous) 7.19, Fe citrate 3.19

1g of Vitamin mixture contained the following⁽³⁸⁾: Pyridoxine HCl 1mg, thiamine HCl 6mg, riboflavin 6mg, ascorbic acid 50mg, nicotine amide 25mg, cyanocobalamine 1 μ g, pantothenic calcium 5mg

시료의 수집

분의 수거

각 실험동물의 분은 실험기간 중 첫째 주, 둘째 주 및 넷째 주 3일 동안 수거하여 이물질 제거하고 24시간 풍건시켜 건중량을 측정하였다. 그후 분석시까지 -20°C 냉동고에 보관하였다.

혈액의 채취

실험기간 종료일에 14시간 절식시킨 후 ethyl-ether로 마취시킨 상태에서 심장 천자법으로 채혈하여 항응고 처리된 시험관에 모아서 즉시 3000rpm에서 20분간 원심분리한 혈장을 분석시까지 -70°C 냉동고에 보관하였다.

장기의 채취

실험동물의 간을 저출해 생리식염수로 세척한 후 여과지로 여분의 수분을 제거한 뒤 무게를 측정한 후 총 지질 농도, 총 콜레스테롤, 중성지방 및 인지질 농도를 측정하기 위해 무게 측정 후 -70°C 냉동고에 보관하였다.

시료의 분석

혈장, 실험식이, 분 및 간의 총 지질 농도의 분석

혈장의 총 지질 농도는 Frings와 Dunn의 방법⁽³⁹⁾으로 혈장 0.1ml에 진한 황산 2ml 가하여 가열한 후 phospho-vanillin 시약 5ml를 가하여 발색시켜 540nm에서 분광광도계(Spectrophotometer, UV-diode array, Hewlett Packard Co., USA)를 이용하여 비색 정량하였다. 이때 표준용액은 olive oil 800mg을 absolute alcohol 100ml에 녹여서 사용하였다. 실험식이, 분 및 간의

총 지질 농도는 Folch 등의 방법⁽⁴⁰⁾에 의해 각 시료 약 1g을 chloroform : methanol(C : M=2 : 1, v/v) 혼합용액에서 homogenizer를 이용해 지방을 추출하여 정용하고 chloroform과 methanol을 실온에서 휘발시켜 제거하고 남은 지질량을 측정하였다.

혈장 및 간의 지질 농도 측정

혈장의 총 콜레스테롤(T-choles 5, 국제시약, Japan), triacylglycerol(Tnglyceride-E(GPO), 국제시약, Japan), 인지질(PL-5-Test, Mizurb Medy, Japan), LDL-콜레스테롤(LDL cholesterol/phospholipide, bioMerieux, France) 및 HDL-콜레스테롤(AM 203-K, 아산제약, Korea)은 각각 언급한 측정용 kits 시약으로 비색 정량하였으며 상동 분광광도계를 이용하였다.

간의 지질 농도 측정

간의 총 콜레스테롤, 중성지방 및 인지질은 Folch 등의 방법⁽⁴⁰⁾에 의해 지질을 추출하여 이를 다시 일정량의 chloroform에 녹인 후 계면활성제로서 triton X-100/chloroform(1 : 1, v/v)을 첨가하고⁽⁴¹⁾ 일정량을 취하여 용매를 휘발시킨 후 혈장과 동일한 방법으로 측정하였다.

총담즙산 배설량

분중 배설되는 총 담즙산 배설량은 Sheltaway와 Losowsky의 방법⁽⁴²⁾에 의해 분을 균질화시켜 autoclave에서 120°C, 90분간 처리한 후 진한 염산 등을 가하여 담즙산을 추출하고 silicagel G의 TLC에 옮긴 후 전개 용매(ether : hexane : glacial acetic acid, 30 : 70 : 1)등을 이용하여 지질을 제거한 후 담즙산 측정용 kits(Sigma

diagnostics bile acids, sigma Co, USA) 시약으로 측정하였다. 이때 표준용액으로는 cholic acid 0.01mol을 사용하였다.

통계처리

본 연구의 모든 실험 분석결과는 SAS(Statistical Analysis System) 통계모델을 이용하여 각 실험군당 평균치와 평균오차를 계산하였고 $\alpha=0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 의하여 각 실험군당 평균치간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

식이섭취량, 체중증가량, 식이효율, 에너지밀도 및 에너지효율

4주간 실험 사육한 흰쥐의 식이섭취량, 체중증가량, 식이효율, 에너지밀도 및 에너지효율은 Table 2와 같았다.

1일 식이섭취량은 대조군 $14.7 \pm 0.4g$ 에 비해 아가군이 $17.2 \pm 1.0g$, 사포닌군이 $17.5 \pm 0.5g$ 및 칼슘 사포닌군이 $17.5 \pm 0.6g$ 로 유의적으로 높았으나 다른 여타 실험군은 대조군과 비슷한 경향이였다. 체중증가량은 대조군과 모든 실험군간에 유의성이 없었으나 식이효율은 대조군 0.22 ± 0.02 에 비해 올리고당군이 0.17 ± 0.01 , 칼슘군이 0.17 ± 0.01 및 칼슘 사포닌군이 0.16 ± 0.01 로 유의적으로 낮았으며 여타 실험군은 비슷한 경향이였다. 실험개시 체중과 실험종료시 체중은 대조군과 모든 실험군에서 유의성이 없었다. 에너지밀도(KJ/g-diet)는 대조군, 사포닌군 및 탄닌군이 19.7이며, 칼슘군, 칼슘 사포닌군 및 칼슘 탄닌군이 19.1이고, 올리고

당군이 18.9이였으며, 아가군이 17.6으로 유의적으로 가장 낮았다. 에너지효율은 사포닌군과 탄닌군에서 유의적으로 가장 낮았으며, 올리고당군과 칼슘군, 칼슘 탄닌군과 대조군, 칼슘 사포닌군, 아가군 순으로 높았다.

혈장 총지질, 총콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 농도

4주간 실험 사육한 흰쥐의 혈장 총 지질, 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 농도는 Table 3과 같았다.

혈장 중의 총 지질 농도는 대조군에서 531.7 ± 20.4 mg/dl로 가장 높은 경향이였으며 올리고당군이 396.3 ± 31.1 mg/dl, 아가군이 305.8 ± 24.0 mg/dl 및 칼슘 탄닌군이 384.8 ± 37.6 mg/dl로 유의적으로 낮았고 다른 여타 실험군은 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았으나 낮은 경향이였다. 혈장 총 콜레스테롤 농도는 대조군 95.5 ± 5.8 mg/dl에 비해 올리고당군이 67.6 ± 7.6 mg/dl, 아가군이 63.1 ± 5.2 mg/dl, 칼슘군이 60.7 ± 8.3 mg/dl 및 칼슘 사포닌군이 67.1 ± 6.5 mg/dl로 유의적으로 낮았으며 여타 실험군도 유의적인 차이는 없었으나 낮은 경향이였다. 혈장 LDL-콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 농도와 혈장 총 콜레스테롤에 대한 HDL 콜레스테롤 농도비 및 동맥경화지수는 대조군에 비해 모든 실험군에서 유의적인 차이는 없었다. 혈장 콜레스테롤은 체내 콜레스테롤의 약 5%에 지나지 않으나 고콜레스테롤 혈증은 동맥벽 내막에 콜레스테롤 침착을 촉진하는 동맥경화증의 최대 위험인자이므로 대사적으로 가장 중요한 부분이라고 할 수 있어 식이나 약제에 의한 개선이 최대의 과제이다(43).

본 실험의 결과, 아가첨가 급식이 혈장 총 지질 및 총 콜레스테롤 농도를 저하시켜 혈장 지질의 개선효과

Table 2. Initial and final body weights, body weight gains, food intakes, food efficiency ratios, energy density and energy efficiency ratios of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Groups	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Body weight gain (g/day)	Daily food intake (g/day)	Food efficiency ratio	Energy density (KJ/g-diet)	Energy efficiency ratio
Control	185.2 ± 2.8	286.8 ± 8.4	3.3 ± 0.3	14.7 ± 0.4 ^c	0.22 ± 0.02 ^a	19.7 ^d	0.17 ± 0.01 ^{abc}
Oligosaccharide	208.9 ± 7.8	292.6 ± 11.2	2.8 ± 0.3	16.1 ± 0.5 ^{abc}	0.17 ± 0.01 ^{bc}	18.9 ^c	0.15 ± 0.01 ^{bc}
Agar	181.5 ± 5.9	280.2 ± 17.3	3.6 ± 0.5	17.2 ± 1.0 ^{ab}	0.21 ± 0.02 ^{ab}	17.6 ^c	0.21 ± 0.03 ^b
Saponin	195.3 ± 10.5	292.8 ± 11.3	3.6 ± 0.3	17.5 ± 0.5 ^a	0.21 ± 0.02 ^{ab}	19.7 ^a	0.14 ± 0.01 ^c
Tannin	181.1 ± 2.7	267.0 ± 6.7	3.2 ± 0.2	15.3 ± 0.3 ^c	0.21 ± 0.01 ^{ab}	19.7 ^d	0.14 ± 0.01 ^c
Calcium	199.1 ± 3.2	274.8 ± 5.9	2.8 ± 0.2	16.0 ± 0.4 ^{abc}	0.17 ± 0.01 ^{bc}	19.1 ^b	0.15 ± 0.01 ^{bc}
Calcium + Saponin	199.0 ± 8.5	271.4 ± 11.0	2.8 ± 0.2	17.5 ± 0.6 ^a	0.16 ± 0.01 ^c	19.1 ^b	0.19 ± 0.01 ^{ab}
Calcium + Tannin	181.4 ± 2.0	262.7 ± 1.1	2.8 ± 0.1	15.6 ± 0.2 ^{bc}	0.18 ± 0.01 ^{ab}	19.1 ^b	0.17 ± 0.01 ^{bc}

Each value is mean ± standard error

Values bearing different superscripts are significantly different among experimental groups ($p < 0.05$)

Table 3. Concentration of total lipid, total cholesterol, LDL-cholesterol, HDL-cholesterol, ratio of HDL-cholesterol to the total cholesterol and atherogenic index in plasma of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Groups	Total lipid (mg/dl)	Total cholesterol (A) (mg/dl)	LDL-cholesterol (mg/dl)	HDL-cholesterol (B) (mg/dl)	(B)/(A)* 100(%)	A.I.
Control	531.7±20.4 ^a	95.5± 5.8 ^a	31.8±3.8 ^{ab}	34.6±3.9	36.1± 4.1	2.1±0.5
Oligosaccharide	396.3±31.1 ^{bcd}	67.6± 7.6 ^{bc}	29.6±3.6 ^{ab}	30.9±3.1	51.1± 8.1	1.4±0.4
Agar	305.8±24.0 ^d	63.1± 5.2 ^{bc}	36.3±2.4 ^{ab}	32.6±0.7	53.5± 3.5	0.9±0.2
Saponin	456.8±40.6 ^{abc}	78.1±13.3 ^{abc}	41.4±2.5 ^a	32.9±1.0	52.2±13.6	1.4±0.4
Tannin	508.9±20.4 ^a	88.1±12.2 ^{ab}	41.4±4.6 ^c	39.5±2.3	52.5±14.6	1.3±0.4
Calcium	436.6±38.6 ^{abc}	60.7± 8.3 ^c	41.5±4.4 ^a	34.8±3.6	60.6± 5.2	0.8±0.2
Calcium + Saponin	489.4±23.5 ^{ab}	67.1± 6.5 ^{bc}	28.3±2.5 ^b	30.2±1.5	48.3± 5.1	1.3±0.4
Calcium + Tannin	384.8±37.6 ^{cd}	81.7± 7.0 ^{abc}	37.7±4.9 ^{ab}	35.6±3.3	46.7± 7.9	1.4±0.3

A.I.(Atherosclerotic Index)=(Total cholesterol-HDL cholesterol)/HDL cholesterol

Each value is mean±standard error

Values bearing different superscripts are significantly different among experimental groups(p<0.05)

가 가장 뚜렷하게 나타났다. 이는 수많은 연구자들에 의해 보고된 바 guar gum과 pectin 같은 가용성 식이섬유의 콜레스테롤 저하효과가 있다(41-46)와 일치한다.

한편 올리고당 첨가 급식은 HDL-콜레스테롤 농도 비율이나 동맥경화지수를 유의하게 변화시키지 못하였으나 혈장 총 지질과 총 콜레스테롤 농도를 낮추었다. 이는 올리고당이 설탕과는 달리 체내에서 소화되지 않으므로 식이섬유소계로 알려져 있는바 혈장 콜레스테롤 농도를 저하시킬 수 있는 가능성을 가지고 있다는 보고(29)와 유사하다.

그러나 사포닌과 탄닌의 첨가 급식은 아무런 유의적 변화를 일으키지 못하였다. 이는 본 실험의 탄닌 첨가량이 다른 보고들(32)에 비해 적었던 것으로 여겨진다.

Story 등(47)은 동물실험에서 alfalfa 사포닌의 콜레스테롤 저하효과를 관찰하였으며 그외 다른 사포닌(27, 48-50)에서도 콜레스테롤 저하효과를 관찰하였으나 이들 모두 식물속에 존재하는 사포닌이며 Harwood와 Chandler 등(51)은 β -tigogenin cellobioside(tiqueside)를 합성하여 동물실험에서 혈장 콜레스테롤 저하효과를 또한 관찰한바 있으나 본 실험의 설계상 사포닌의 첨가량을 탄닌에 기준하여 정했던 첨가량이 적었던 것으로 혈장 콜레스테롤 저하효과를 관찰할 수 없었던 것으로 여겨진다.

고지방식은 아니지만 Horigome 등(31)의 보고에 의하면 바나나로부터 탄닌을 추출하여 쥐에게 급여한 결과 혈장 콜레스테롤의 변화를 관찰할 수 없었다는 보고와 본 실험의 탄닌 첨가 급식이 아무런 유의적 변화를 일으키지 못하였다는 것과 일치하였다.

한편 칼슘 첨가 급식이 총 콜레스테롤 농도를 낮추고 동맥경화지수를 개선시킨 점은 Patton과 Carey(52)

는 유리지방산과 biliary micelles이 혼합되는 장내에서 적은 양의 칼슘으로도 불용성지방-칼슘비누의 침전을 통해 유리지방산을 제거시키므로써 다시 말하면 많은 양의 지방을 감소시킬 수 있을 것이라 제안하였다. 따라서 Drenick(53)는 단기간이지만 인체실험에서 식이에 칼슘을 강화시킨 결과 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤의 감소를 보였지만 HDL-콜레스테롤에는 변화가 없음을 관찰하였다.

따라서 단일 첨가로는 아무런 영향을 나타내지 않은 사포닌과 탄닌을 칼슘과 복합 첨가한 경우 각각 총 콜레스테롤 농도 또는 총 지질 농도를 저하시킨 결과는 칼슘의 작용이라 생각된다.

혈장 중성지방과 인지질 농도

4주간 실험 사육한 흰쥐의 혈장 중성지방과 인지질 농도는 Table 4와 같았다.

Table 4. Concentration of triacylglycerol and phospholipid in the plasma of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Groups	Triacylglycerol (mg/dl)	Phospholipid (mg/dl)
Control	119.1±25.0	110.7±6.2
Oligosaccharide	74.3±10.0	114.2±4.5
Agar	96.7± 6.5	88.8±7.8
Saponin	105.1±10.8	114.4±4.1
Tannin	104.5± 7.9	100.8±5.2
Calcium	94.6± 6.1	104.9±7.8
Calcium + Saponin	105.3± 2.2	109.2±6.3
Calcium + Tannin	97.0± 4.4	114.9±8.9

Each value is mean±standard error

Values bearing different superscripts are significantly different among experimental groups(p<0.05)

혈장의 중성지방 농도는 대조군 $119.1 \pm 25.0 \text{mg/dl}$ 에 비해 각 실험군에서 대체로 낮았으나 유의성은 없었다. 그러나 칼슘군 $94.6 \pm 6.1 \text{mg/dl}$, 아가군 $96.7 \pm 6.5 \text{mg/dl}$, 칼슘 탄닌군 $97.0 \pm 4.4 \text{mg/dl}$, 올리고당군 $74.3 \pm 10.0 \text{mg/dl}$ 순으로 낮은 경향을 보였다. 혈장의 인지질 농도도 대조군과 모든 실험군간에 비슷하였다. 이러한 결과는 비소화성 물질 및 칼슘이 혈장의 중성지방 농도와 인지질 농도에 유의한 영향을 끼치지 않았음을 나타내 주었다.

간중 총지질, 총콜레스테롤, 중성지방 및 인지질 농도

4주간 실험 사육한 흰쥐의 간중 총 지질, 총 콜레스테롤, 중성지방 및 인지질 농도는 Table 5와 같았다.

간중의 총 지질 농도는 대조군에 비해 모든 실험군에서 다소 낮았으나 유의성은 없었다. 총 콜레스테롤 농도는 대조군 $4.4 \pm 0.3 \text{mg/g}$ 에 비해 올리고당군이 $3.2 \pm 0.5 \text{mg/g}$ 로 유의적으로 낮았으며 다른 여타 실험군은 대조군과 유사하였다. 중성지방 농도는 모든 실험군간에 유의성이 없었다. 인지질 농도는 대조군 $13.7 \pm 1.5 \text{mg/g}$ 에 비해 사포닌군이 $19.0 \pm 2.2 \text{mg/g}$, 칼슘 탄닌군이 $18.9 \pm 1.7 \text{mg/g}$ 로 유의하게 높았으며 여타 실험군은 대조군과 유의적인 차이가 없었다.

간의 지질대사는 소장으로부터의 콜레스테롤과 담즙산의 흡수가 저하되면, 간으로의 콜레스테롤 유입이 저하됨으로써 콜레스테롤 함량이 낮아진다. 본 실험결과 올리고당을 첨가한 군이 분중 지질 배설량의 증가로 (Table 6) 지지되지만 하나의 요인이 될 뿐만 아니라 지질대사 변동을 충분히 설명할 수는 없다. 그러나 페틴이 정상식 흰쥐의 간 콜레스테롤 생합성 효소인 HMG CoA reductase 활성을 억제시킨다는 보고는 확인된 바 있으나(54,55) 그러나 Harwood와 Chandler(51)은 담즙산 대사에 영향을 주지 않으면서 간의 HMG CoA reductase

활성과 간세포의 LDL 수용체 수준을 증가시켜 간 콜레스테롤 감소를 초래함으로써 혈장 콜레스테롤 감소를 일으켰으리라고 주장하였는데 이에 대해서는 추후 더 많은 연구가 요구되어진다.

총분량 및 분중 총지질, 총담즙산 배설량 및 지질 소화흡수율

4주간 실험 사육한 흰쥐의 1주, 2주 및 4주별 24시간 총 분량 및 분중 총 지질, 총 담즙산 배설량 및 지질 소화흡수율은 Table 6과 같았다.

총 분량은 대조군에 비해 아가군에서 유의적으로 가장 많았으며 그 다음 칼슘 사포닌군, 칼슘군, 칼슘 탄닌군 순이었고 여타 실험군은 대조군과 유사하거나 더 많은 경향이였다. 분중 총 지질 배설량은 대조군에 비해 유의적으로 칼슘 사포닌군에서 가장 많았으며 그 다음 칼슘군, 칼슘 탄닌군 순이었고 대조군에서 가장 적었다. 분중 총 담즙산의 배설량은 대조군에 비해 아가를 급여한 아가군에서 가장 많이 배설되었으며 그 다음 칼슘 사포닌군, 칼슘군, 칼슘 탄닌군 순이었고 대조군에서 가장 낮은 경향을 보였다.

본 실험결과 아가 첨가 급식은 총 분량을 증가시켰으며 담즙산 배설량을 현저히 증가시켰다. 분의 수분 함량을 측정하지는 않았으나 변의 상태가 가장 묽었다. 이는 섬유소의 수분 보유력에 의해, 변의 수분 보유량이 증가하였고 체내로 흡수되지 못한 잔사물질이 증가하였기 때문으로 생각되며, 식이섬유는 변의 부피를 증가시키고 장내 통과시간을 단축시켜 준다는 보고로 미루어 아가도 이와 유사한 결과를 나타낸 것으로 여겨지며(56) 담즙산 배설을 현저히 증가시킨 기전에 대하여는 보다 깊은 연구가 요망된다.

칼슘군, 칼슘 사포닌군 및 칼슘 탄닌군은 모두 칼슘이 첨가된 군으로 칼슘 탄닌군, 칼슘군 그리고 칼슘 사

Table 5. Concentration of total lipid, total cholesterol, triacylglycerol and phospholipid in liver of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Groups	Total lipid (mg/g)	Total cholesterol (mg/g)	Triacylglycerol (mg/g)	Phospholipid (mg/g)
Control	51.8 ± 4.0	4.4 ± 0.3^a	47.0 ± 3.2	13.7 ± 1.5^{bc}
Oligosaccharide	49.8 ± 3.5	3.2 ± 0.5^b	45.5 ± 1.6	10.1 ± 1.1^c
Agar	43.7 ± 5.3	4.5 ± 0.3^a	48.6 ± 1.3	16.3 ± 1.5^{ab}
Saponin	42.9 ± 3.3	4.6 ± 0.5^a	45.9 ± 0.7	19.0 ± 2.2^a
Tannin	45.9 ± 2.8	4.9 ± 0.2^a	46.3 ± 0.9	13.4 ± 0.9^{bc}
Calcium	44.4 ± 3.0	5.2 ± 0.4^a	46.8 ± 1.1	15.1 ± 1.4^{ab}
Calcium + Saponin	44.5 ± 3.2	5.0 ± 0.5^a	45.9 ± 1.4	16.9 ± 2.0^{ab}
Calcium + Tannin	50.7 ± 1.2	5.4 ± 0.5^a	45.1 ± 1.3	18.9 ± 1.7^a

Each value is mean \pm standard error

Values bearing different superscripts are significantly different among experimental groups ($p < 0.05$)

Table 6. 24-h fecal output, concentration of total lipids, bile acids excretion and apparent fat absorption in feces of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Groups	Wks	Control	Oligosaccharide	Agar	Saponin	Tannin	Calcium	Calcium + Saponin	Calcium + Tannin
Fecal dry weight (g/day)	1	1.5±0.1 ^d	2.0±0.2 ^d	8.1±0.5 ^a	2.1±0.1 ^d	1.8±0.1 ^d	5.2±0.2 ^c	6.4±0.2 ^b	4.9±0.1 ^c
	2	1.5±0.1 ^d	2.0±0.1 ^d	9.0±0.7 ^a	1.9±0.1 ^d	1.5±0.1 ^d	4.5±0.3 ^c	5.4±0.2 ^b	3.9±0.1 ^c
	4	1.5±0.1 ^e	2.3±0.1 ^d	8.2±0.6 ^a	1.9±0.0 ^{de}	1.7±0.1 ^{de}	3.4±0.1 ^c	4.7±0.2 ^b	3.5±0.1 ^c
Total fecal lipid (mg/day)	1	174.7±13.7 ^d	226.5±17.5 ^d	221.2±29.1 ^d	191.9±3.5 ^d	180.4±24.4 ^d	555.9±23.7 ^b	752.6±38.0 ^a	463.2±12.3 ^c
	2	168.7±10.2 ^e	215.2±7.5 ^d	182.6±19.5 ^{de}	177.5±15.9 ^{de}	146.1±11.6 ^c	446.8±13.0 ^b	673.2±21.2 ^a	361.5±8.9 ^f
	4	155.4±11.2 ^{de}	213.3±8.6 ^c	196.0±10.2 ^{cd}	150.6±9.8 ^d	151.4±7.8 ^d	350.8±8.8 ^b	640.0±32.7 ^a	403.4±29.6 ^b
Bile acids excretion (mg/day)	1	14.3±0.9 ^c	20.0±2.0 ^c	60.6±3.6 ^a	19.7±1.9 ^c	16.3±1.1 ^c	38.8±2.5 ^b	55.6±4.2 ^a	36.4±1.1 ^b
	2	13.8±0.4 ^e	19.7±0.8 ^{de}	64.1±8.0 ^a	16.9±0.5 ^c	13.8±0.7 ^c	34.0±1.3 ^{bc}	37.6±3.1 ^b	27.3±2.0 ^{cd}
	4	14.4±0.5 ^e	21.8±0.8 ^d	58.7±2.3 ^a	17.9±0.9 ^{de}	15.5±0.9 ^c	28.1±0.5 ^c	43.7±3.5 ^b	30.8±1.5 ^c
Apparent fat absorption (%)	1	93.5±0.5 ^d	92.3±0.3 ^d	92.7±1.1 ^a	94.2±0.4 ^b	93.9±0.6 ^a	81.2±1.0 ^b	77.4±0.9 ^c	82.4±0.3 ^b
	2	92.9±0.3 ^{ab}	92.1±0.4 ^b	93.4±0.4 ^{ab}	94.1±0.4 ^d	94.0±0.4 ^d	82.9±0.6 ^c	76.5±0.7 ^d	84.0±0.2 ^c
	4	93.2±0.5 ^b	92.0±0.6 ^b	93.1±0.1 ^b	95.2±0.3 ^a	93.8±0.1 ^{ab}	84.9±0.1 ^c	76.2±0.6 ^e	81.7±1.2 ^d

Each value is mean±standard error

Values bearing different superscripts are significantly different among experimental groups(p<0.05)

포닌군 순으로 총 분량을 높였으며 외견상 지질 소화 흡수율을 현저히 낮추어 분중 총 지질 배설량이 증가되었고 총 담즙산 배설량은 증가되어 많은 양의 칼슘 섭취에 따른 소장내에서 칼슘과 지방의 불용성 비누를 형성함으로써 지방의 흡수가 저해되고 배설량이 증가되는 것으로 설명될 수 있다. 그러나 실제 소장내에서의 가용성 또는 불용성 지질의 존재와 함량 및 지질의 물리적 상태의 분석이 이루어질 때 이러한 작용기전을 충분히 설명할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 동물실험을 통해 혈청 지질 개선효과에 영향을 미칠 수 있는 몇몇 비소화성 물질과 칼슘에 대한 정보를 얻기 위하여 올리고당, 아가, 사포닌, 탄닌 및 칼슘 등을 고지방식이와 함께 흰쥐에게 단독 또는 혼합 급여하여 이들 첨가 급식이 지질대사 및 담즙산 배설에 미치는 영향을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 혈장 중의 총 지질 농도는 대조군에서 가장 높은 경향이었으며 올리고당군, 아가군 및 칼슘 탄닌군이 유의적으로 낮았고 다른 여타 실험군은 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았으나 낮은 경향이였다. 동물실험 성적 중 올리고당, 사포닌 및 탄닌 첨가 급식은 뚜렷한 혈청 지질 개선효과를 나타내지 않았으나 모든 칼슘 첨가군과 특히 아가 첨가군 등은 대조군에 비해 분중 담즙산 배설량의 증가와 혈장 총 콜레스테롤 농도가 낮아지는 경향 등 혈청 지질 개선효과를 나타내었다.

문 헌

1. 김일순 · 질병 발생의 변화와 식습관 대한의학회지, **32**, 474(1989)
2. 이홍규 · 비만과 관련된 질환. 한국영양학회지, **23**, 341(1990)
3. Colditz, G. A. : Economic costs obesity. *Am. J. Clin. Nutr.*, **55**, 503s(1992)
4. Sjostrom, L. V. : Morbidity of severely obese subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, **55**, 508(1984)
5. Meydan, S. N., Margom, S. E., Goldin, W. B., Ladrode, C. A., Dinarello, C. A. and Gorebach, S. L. : Oral(n-3) fatty acid supplementation suppresses cytodine production and lymphocyte proliferation : Comparison between young and older women. *J. Nutr.*, **121**, 547(1991)
6. Scott, M. G. : Monosaturated fatty acid, plasma cholesterol and coronary heart disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**, 1168(1987)
7. James, H. H., Chandler, C. E., Pellarin, L. D., Bangert, F. W., Wilkns, R. W., Robert, W., Long, C. A. and Mayne, J. T. : Pharmacologic consequences of cholesterol absorption inhibition. *J. Lip. Res.*, **34**, 377(1993)
8. 板元史 : コレスラロールの代謝促進と排泄を高ある藥物. *藥局*, **42**, 41(1991)
9. 長野農, 北徹 · コレスラロールの低下とりボ蛋白の變性防止. *脂肪*, **3**, 29(1992)
10. Peller, L. : Fiber and diabetes *Lancet*, **2A**, 434(1970)
11. Trowell, H. : Coronary heart disease and dietary fiber. *Am. J. Clin. Nutr.*, **28**, 798(1975)
12. Michichiro, S., Yukio, Y., Katsuko, Y., Yukio, H., Takaharu, M. and Minoru, K. : The hypocholesterolemic action of the undigested fraction of soybean protein in rats. *Atherosclerosis*, **72**, 115(1988)
13. Scott, M. G. and Marge, A. D. : Dietary influences on serum lipid and lipoproteins. *J. Lip. Res.*, **31**, 1149(1990)

14. 장남수 : 바람직한 지방산 섭취 형태. 한국영양학회지 춘계심포지움, p.25(1993)
15. Bulliya, G., Reddy, K. K., Reddanna, P. and Kumari, K. S. : Lipid profiles among fish-consuming coastal and non-fish consuming in land population. *Europ. J Clin. Nutr.*, **44**, 481(1990)
16. Samochowiec, L. and Wojcick, J. : Effect of pollen on serum and liver lipid in rat fed on a high lipid diet. *Herba Polonica, Toin XXVII*, 333(1961)
17. Sauvaire, Y., Ribes, G., Baccon, J. C. and Loubatieres-Mariani, M. M. : Implication of steroid saponin and saponins in the hypocholesterolemic effect of fenugreek. *Lipids*, **26**, 191(1991)
18. Trowell, H. C. : Definitions of fiber. *Lancet*, **1**, 503(1974)
19. Marlett, J. A. : *Dietary fiber, definition and determination*. Chem. Sci., ed., Proceedings of Kellogg's international symposium on dietary fiber. Center for Academic Publications, Japan, p.4(1990)
20. Greenwald, P., Lanza, E. and Eddy, G. A. : Dietary fiber in the reduction of colon cancer risk. *J. Am. Diet. Assoc.*, **87**, 1178(1987)
21. Jenkins, D. J. A., Rainey-Macdonald, C. G., Jenkins, A. L. and Benn, C. : Fiber in the treatment of hyperlipidemia. In "Handbook of dietary fiber in human nutrition" Spiller, G (ed), Boca raton, CRC Press Inc., p.327(1986)
22. Anderson, J. W. and Gustafson, N. J. : Hypocholesterolemic effects of bean products. *Am. J. Clin. Nutr.*, **48**, 749(1988)
23. Blackburn, N. A., Redfern, J. C. and Jarjis, H. : The mechanism of action of guar gum in improving glucose tolerance in man. *Clin. Sci.*, **66**, 329(1984)
24. Hagander, B., Asp, N. G., Efendic, S., Nilsson-Ehle, P. and Schersten, B. : Dietary fiber decreases fasting blood glucose levels and plasma LDL concentration in noninsulin-dependent diabetes mellitus patients. *Am. J. Clin. Nutr.*, **47**, 852(1988)
25. Anderson, J. W., Gustafson, N. J., Bryant, C. A. and Clark, J. T. : Dietary fiber and diabetes: A comprehensive review and practical application. *J. Am. Diet. Assoc.*, **87**, 1189(1987)
26. David, L.T., Richard, J. I., Julie, M. C., Rodney, P. T., Kathryn, A. J. and Yustus, M. : Dietary fat and fiber alter large bowel and portal venous volatile fatty acids and plasma cholesterol but not biliary steroids in pigs. *J. Nutr.*, **123**, 133(1993)
27. Oakenfull, D. G., Fenwick, D. E., Hood, R. L., Topping, D. L., Illman, R. J. and Storer, G. B. : The role of saponin of lower plasma cholesterol concentration. *Br. J. Nutr.*, **42**, 209(1979)
28. Sidhu, G. S. and Oakenfull, D. G. : A mechanism for the hypocholesterolemic activity of saponins. *Br. J. Nutr.*, **55**, 643(1986)
29. 泰麗裁, 原勉, 及川, 孝光, 山實, 信義, 島兵, 中島久實子, 渡部昭, 山下光夫 : ラクトオリゴ糖(ネオシュカ)の高脂血症に対する効果. 老年醫學, **21**, 156(1983)
30. Horigome, T., Kumar, R. and Okamoto, K. : Effect of condensed tannins prepared from leaves of fodder plants on digestive enzymes *in vitro* and in the intestine of rats. *Br. J. Clin. Nutr.*, **60**, 275(1988)
31. Horigome, T., Sakaguchi, E. and Kishimoto, C. : Hypercholesterolemic effect of banana(Musa Sapientum L, Var Cavendishii) pulp in the rat fed on a cholesterol-containing diet. *Br. J. Nutr.*, **68**, 231(1992)
32. Yugaran, T., Tan, B. K., Teh, M. and Das, N. P. : Effects of polyphenolic natural products on the lipid profiles of rats fed high fat diets. *Lipids*, **27**, 181(1992)
33. Gacs, G. and Bartlop, D. : Significance of Ca-soap formation for calcium absorption in the rat. *Gut*, **18**, 64(1977)
34. 池ヶ賢次郎, 高柳博次, 河南豊正 : 茶の分析法. 茶葉研究報告 第71號, p.43(1990)
35. Stagg, G. V. and Millin, D. J. : The nutrition and therapeutic value of tea-A review. *J. Sci. Fd. Agric.*, **26**, 1439(1975)
36. Reddy, N. R., Pierson, M. D., Sathe, S. K. and Salunkhe, D. K. : Dry bean tannins: a review of nutritional implications. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **62**, 541(1985)
37. Oser, B. L. : *Hawk's physiological chemistry*. 14th ed., McGraw-Hill Book Co., New York, p.1214(1965)
38. The American Institute of Nutrition : Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Committee on standards for nutritional studies. *J. Nutr.*, **107**, 1340(1977)
39. Frings, C. S. and Dunn, R. T. : A colorimetric method for determination of total serum lipids based on the sulfo-phospho-vanillin reaction. *Am. J. Clin. Pathol.*, **53**, 89(1970)
40. Folch, J., Lees, M. and Stanley, G. H. S. : A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497(1957)
41. Janet, L., Hoff, D. E., Davison, L. M. and Kritchevsky, D. : An enzymatic assay for determining free and total cholesterol in tissue. *Clin. Chem.*, **24**, 433(1978)
42. Sheltaway, M. J. and Losowsky, M. S. : Determination of faecal bile acids by an enzymatic method. *Chimica Acta*, **64**, 127(1975)
43. Itakura, H. : Metabolism of the lipoproteins and lipid. *Oil Chemistry*, **30**, 673(1981)
44. Food and Administration. Food Labelling : health and label statements : dietary fiber and cardiovascular disease. *Fed. Reg*, **58**, 2552(1993)
45. Kritchevsky, D. : Dietary fiber and lipid metabolism. *Int. J. Obesity*, **11**(suppl 1), 33(1987)
46. Haskell, W. L., Spiller, G. A. and Jensen, L. D. : Role of water soluble dietary fiber in the management of elevated plasma cholesterol in healthy subjects. *Am. J. Cardiol.*, **69**, 433(1992)
47. Story, J. A., LePage, S. L., Petro, M. S., West, L. G., Cassidy, M. M., Lightfoot, F. G. and Vahouny, G. V. : Interaction of alfalfa plant and sprout saponins with cholesterol *in vitro* and in cholesterol-fed rats. *Am. J. Clin. Nutr.*, **39**, 917(1984)
48. Pollak, O. J. : Effect of plant sterol on serum lipid and atherosclerosis. *Pharmacol. Ther.*, **31**, 177(1985)
49. Topping, D. L., Storer, G. B., Calvert, R. J., Illman, R. J., Oakenfull, D. G. and Weller, R. A. : Effect of dietary saponins on fecal bile acids and neutral steols, plasma

- lipids and lipoprotein turnover in the pig *Am J. Clin Nutr.*, **33**, 783(1980)
50. Griminger, P. and Fisher, H. : Dietary saponin and plasma cholesterol in the chicken. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **99**, 424(1958)
51. Harwood, H. J. and Chandler, C. E. : Pharmacologic consequences of cholesterol absorption inhibition : alteration in cholesterol metabolism and reduction in plasma cholesterol concentration induced by the synthetic saponin B-tigogenin cellobioside(cp-88818: tiqueside). *J. Lip. Res.*, **34**, 377(1993)
52. Patton, J. S. and Carey, M. C. : Watching fat digestion. *Science*. **204**. 145(1979)
53. Dromick, E. J. : The influence of ingestion of calcium and other soap-forming substances on fecal fat. *Gerontology*. **41**, 242(1961)
54. Hexeberg, S., Hexeborg, E. and Berge, R. A. : Study on lipid metabolism in heart and liver of cholesterol and pectin-fed rats. *Br. J. Clin. Nutr.*, **71**, 181(1994)
55. Nishina, P. M. and Freedland, R. A. : The effect of dietary fiber feeding on cholesterol metabolism in rats. *J. Nutr.*, **120**, 800(1990)
56. Wells, A. F. and Ershoff, B. H. : Beneficial effect pectin in prevention of hypocholesterolemia and increase in liver cholesterol fed rats *J. Nutr.*, **74**, 87(1961)

(1997년 7월 13일 접수)