

Polymannuronate가 흰쥐의 간장조직과 분변 중의 콜레스테롤 함량에 미치는 영향

김인혜 · 남택정[†]

부경대학교 식품생명공학부

Effects of Polymannuronate on Cholesterol Contents of Liver Tissue and Feces in Rats

In-Hye Kim and Taek-Jeong Nam[†]

Faculty of Food Science and Biotechnology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Abstract

This study investigated the effects of polymannuronate feeding on cholesterol levels of serum, liver tissue, and feces in rats. After one week of general diet feeding, four week old S.D. rats were fed basal diet group, cholesterol diet group (1% cholesterol), and polymannuronate diet group (1% cholesterol, 5% polymannuronate). The total cholesterol levels in the serum and liver tissue was significantly decreased in the polymannuronate diet group. The polymannuronate diet group showed increased amounts of feces, total fecal bile acid and dietary fiber contents compared to basal diet group and cholesterol diet groups. Also, the histology of liver showed serious localized fat drops in the cholesterol diet group, but the polymannuronate diet group showed fewer localized fat drops. These results suggest that feeding of polymannuronate improves the lipid metabolism profile of rats by changing the serum and liver tissue cholesterol levels with increased level of the total bile acid, total dietary fiber and total cholesterol level in the feces.

Key words: polymannuronate, cholesterol level, bile acid, total dietary fiber

서 론

식생활의 서구화로 인해 외식의 기회가 잦아짐에 따라 지방함량이 많고 식이섬유 함량이 적은 가공식품의 섭취가 증가하게 되었다. 이러한 변화로 체중과다나 비만증이 점차적으로 증가하여 최근 순환기 질환 및 암 등의 질환자가 증가하고 있다. 식이섬유의 섭취가 만성퇴행성 질환의 예방에 효과적이라는 가설이래로 심장병과 같은 순환기 계통의 이환율이 높은 서구에서는 1970년대부터 식이섬유의 효능에 많은 관심을 가져왔다(1). 이러한 이유로 가공식품에는 식이섬유를 첨가하고 있고 식이섬유의 생리작용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(2-4).

일반적으로 수용성 식이섬유는 불용성 식이섬유에 비해 보수력이 더 커서 gel을 형성하여 점성이 더 커지게 되어 식후 만복감을 지속시키고 열량 섭취량을 감소시켜 체중감소를 초래할 수 있다. 또한 gastric emptying의 지연, 위 내용물의 체류시간 연장 및 흡수억제 작용을 가짐으로써 포도당의 흡수를 저하시키고 내당능의 개선효과를 가지게 된다. 또한 장내용물의 점도 변화 및 장점막의 기능과 구조 변경으

로 지방질과 콜레스테롤의 흡수 억제, 담즙산 흡수 억제 및 분비를 촉진시키거나(5) 영양소의 흡수 저해(6), 분변을 통한 담즙산 배설량을 증가시키는 것으로 보고되어 있다(7). 또한 소장의 콜레스테롤 및 다른 영양소의 흡수를 저해하여 혈장과 간장의 중성지방 및 콜레스테롤 농도를 유의적으로 낮추어 식이섬유가 동맥경화, 비만, 체중 감소에 효과를 가진다는 것이 알려져 있다(8-13).

수용성 식이섬유의 일종인 알긴산은 갈조류의 성분 중 30~40%를 차지하며 poly-D-mannuronate와 poly-L-guluronate로 구성되어 있는데(14,15), 특히, polymannuronate와 polyguluronate를 많이 함유하는 알긴산을 각각 구분하여 흰쥐에 급여시킨 결과 polymannuronate가 많이 함유된 급이군에서 혈청 및 간장 콜레스테롤 저하 등 지질대사 개선에 더 효과가 있다고 알려져 있다(16). 또한 Lee 등(17)은 염산으로 부분 가수분해하여 얻은 polymannuronate는 용해도 및 담즙산 결합능을 현저히 증가시키며, 혈청 및 간장 지질 중의 콜레스테롤 수준에 대하여 유의적인 저감효과를 보였다고 하였다.

본 연구는 알긴산을 부분 가수분해하여 제조한 poly-

[†]Corresponding author. E-mail: namtj@pknu.ac.kr
Phone: 82-51-620-6337. Fax: 82-51-620-6330

mannuronate를 실험용 흰쥐에 급여시켰을 때 혈청과 간장 조직 중의 총콜레스테롤의 함량변화와 분변의 조성에 어떠한 영향을 미치는지를 확인하였다.

재료 및 방법

시약 및 재료

본 실험에 사용된 polymannuronate는 분자량 50 kDa으로 제조 분리한 것을(순도 90%; (주) KBP에서 제공한 폴리만® 사용; 경기도 소재) 제공받아 실험식이 조제용으로 사용하였다. 동물실험에 사용된 측정용 kit중 총 담즙산 test kit는 WAKO(Tunyaku kogyo, Japan), 총콜레스테롤 측정용 kit는 신양화학(서울, Korea)제품을 사용하였다. Amyloglucosidase는 Sigma(St. Louis, USA)제품을, 그 외 실험용 시약은 molecular biology용으로 Sigma 제품과 특급시약을 사용하였다.

실험동물의 사육 및 식이

실험동물은 생후 4주령 Sprague Dawley계 평균 체중 100 ± 10 g인 수컷 흰쥐를 효창사이언스(경북소재)에서 구입하여 1주간 고품사료로 적응시킨 다음, 각 군을 10마리씩 3개 군의 실험식으로 나누어 한 마리씩 사육케이지 속에 넣고 각 해당식으로 4주간 사육하였다. 실험식은 기초식이(무콜레스테롤·무섬유식이)와 콜레스테롤식이(무섬유식이) 및 POLYMAN식이(콜레스테롤식이·polymannuronate첨가)의 조성을 Table 1과 같이 조제하여 사용하였다. 즉, 콜레스테롤 식이는 기초식에 콜레스테롤 1%를 첨가한 양만큼 corn-starch의 양을 줄여서 조제하였고, POLYMAN 식이는 기초식의 corn-starch의 양에서 1% 콜레스테롤과 5% polymannuronate에 해당하는 양을 줄인 수준에서 각각 조제하였다. 실험식이중 casein, mineral mixture, vitamin mixture는 ICN제를 사용하였다. 전 사육기간 동안 실험식이와

물은 자유로이 섭취하게 하고, 사육실 온도(22±1°C), 습도(50±10%) 및 명암은 12시간 간격으로 점등 및 소등하였다.

식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율

식이섭취량은 매일, 체중은 격일로 측정하였다. 식이효율은 실험기간 동안의 체중증가량을 식이섭취량으로 나누어서 구하였다.

실험동물의 처리

실험사육 종료 후 사육한 흰쥐를 10시간 절식시키고 ether로 가볍게 마취시킨 후 단두하여 채혈한 각 혈액시료는 빙수중에서 약 1시간 방치하고 원심분리하여 취한 혈청을 분석 전까지 -70°C 냉동고에 보관하였다. 간장조직은 별도로 적출하여 생리식염수로 씻고 여과지로 물기를 제거하여 무게를 잰 뒤, 간장 분석 및 조직염색에 사용하였다. 분변은 실험식이 급여기간 중 실험종료 전 7일간 수집하였으며, 수집 후 습중량을 측정하였고, 항량에 도달할 때까지 건조시킨 다음 건중량을 측정하여 습중량과의 차이를 수분함량으로 하였다.

혈청 및 간장조직 중의 총콜레스테롤 분석

혈청 중의 총콜레스테롤함량은 -70°C의 시료를 그대로 분석하였다. 간장분석시료는 간장조직 1g을 취하여 마쇄한 후, hexan : isopropanol 혼합액 (3 : 1, v/v)으로 지질을 추출하고 N₂ gas로 농축하였다. 농축한 시료에 chloroform : methanol 혼합액 (2 : 1, v/v) 1 mL에 용해하여 분석용 시료로 사용하였다. 혈청과 간장조직 중의 총콜레스테롤은 각 100 µL를 취하여 총콜레스테롤 측정용 kit를 사용하여 Enzymatic COD 법으로 반응시켜 분광광도계(Ultrospec 2001 pro, Amersham Pharmacia biotech, England)로 각각 측정하였다.

간장조직 염색

조건별로 사육한 흰쥐를 해부하여 같은 위치의 간장조직 0.5g을 생리식염수로 가볍게 씻어 혈액을 제거한 다음, 일부를 절단하여 Bouin액에 고정하고, 동일한 고정액에 24시간 동안 재고정하였다. 이를 수세하여 순차농도 알코올에 탈수하여 xylene으로 투명화시킨 후, 파라핀 침투하여 포매하였다. 이를 5 µm두께로 박절하고 Hematoxylin-Eosin(H&E)으로 염색한 후 조직을 슬라이드글라스에 고정·봉입하여 광학현미경으로 관찰하여 지방축적정도를 ×200 배율로 확인하였다.

분변 중의 총콜레스테롤 분석

분변 시료 중 0.5g을 취하여 chloroform : methanol (3 : 1, v/v) 혼합액 15 mL을 첨가하여 지질을 추출하고 여액만을 회수하여 N₂ gas로 용매를 증발시켰다. 그다음, 1g 당 chloroform : methanol(2 : 1, v/v) 혼합액을 1 mL 첨가하여 1시간 동안 완전히 용해시킨 후 총콜레스테롤 분석용 시료로 혈청과 동일한 방법으로 측정하였다.

Table 1. Formulation of experimental diets (g/kg)

Constituents	Test animal group ¹⁾		
	B	CHOL	POLYMAN
Corn starch	496	483.5	433.5
Sucrose	124	124	124
Casein	180	180	180
Lard	100	100	100
Corn oil	50	50	50
Mineral mixture	35	35	35
Vitamin mixture	10	10	10
Choline chloride	2	2	2
Methionine	3	3	3
Cholesterol	0	10	10
Sodium cholate	0	2.5	2.5
Polymannuronates	0	0	50

¹⁾Codes of experimental diet. B, fed the basal diet; CHOL, fed the 1% cholesterol diet; POLYMAN, fed the 1% cholesterol diet containing the 5% polymannuronate.

분변 중의 총담즙산 함량

분변 중의 총담즙산의 함량을 측정하기 위해 다음과 같이 실험하였다. 즉, 마쇄한 0.2 g의 분변에 4% KOH/glycerol 1 mL를 첨가하여 20분간 습열멸균하고 20% NaCl을 첨가하여 ether로 2회 추출하였다. 추출한 잔사에 HCl 1.2 mL를 첨가하여 산성화(pH 1~2)시킨 후 ether 5 mL로 4회 추출하여 상층액을 회수하였다. 상층액을 N₂ gas로 용매를 증발시켜 methanol : H₂O(5 : 1, v/v) 혼합액 1 mL에 녹였다. 이것을 총담즙산 test kit를 이용하여 효소비색법으로 측정하였다.

분변 중의 총식이섬유 함량

분변 중의 총식이섬유 함량을 측정하기 위해 다음과 같이 실험하였다. 분변 시료 중 0.5 g을 취하여 chloroform : methanol(3 : 1, v/v) 15 mL로 지질을 추출하였다. 여액은 버리고 잔사에 증류수 10 mL를 첨가하여 95°C에서 15분 가열한 후 55°C에서 15분 냉각시켰다. 여기에 250 µL의 amyloglucosidase를 가하여 55°C에서 1시간 30분, 95°C에서 30분 동안 가열하여 여과하였다. 여액에 250 µL의 amyloglucosidase를 넣어 55°C에서 1시간 30분 가온하였다. 실온에서 1시간 방치 후 alcohol과 acetone으로 탈수하여 잔사를 회수하고 건조하여 함량을 구한 다음, 525°C 회화로에 4시간 회화시켜 회분을 구하였다. 즉, 분변의 회분 함량에서 수분 함량의 차를 분변 중의 총식이섬유로 하였다.

실험결과의 통계처리

본 연구의 모든 분석수치는 각 실험군의 평균±표준편차로 나타내었고, 결과는 SPSS PC 프로그램(version 10.0)을 이용하여 통계 분석하였다. 각 실험군들의 유의성은 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 분석하였다.

결과 및 고찰

체중증가량, 식이효율 및 간장의 무게

각 실험식으로 4주간 사육한 흰쥐의 체중증가량과 사육기간 중의 식이섭취량, 식이효율 및 간장의 무게를 Table 2에 나타내었다. 본 연구에서는 polymannuronate의 급여로 인한 유의적인 체중의 감소는 확인되지 않았으며, 식이효율은 모든 군에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 간장의 무게는 CHOL군에서 현저하게 높았고, POLYMAN군에서도 B군에 비해 간장의 무게가 증가되었는데, 이는 콜레스테롤의 섭취에 의한 영향으로 보이며, 콜레스테롤과 poly-

mannuronate를 같이 섭취한 POLYMAN군은 콜레스테롤만을 단독으로 급여한 CHOL군보다는 간장의 중량이 다소 가벼운 것을 알 수 있었다. Soloff 등(18)은 고지방식이의 급여가 간의 내부에 지방 축적을 유도하여 간의 무게가 증가한다고 하였으며, Yang 등(11)은 수용성 식이섬유의 일종인 sodium alginate 식이군이 정상군에 비해 간의 무게가 유의적으로 가벼웠다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 보였다.

Polymannuronate가 혈청 및 간장조직 중의 총콜레스테롤의 함량에 미치는 영향

실험식이를 급여한 흰쥐의 혈청과 간장조직 중의 총콜레스테롤의 함량을 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다. 본 연구에서 총콜레스테롤의 함량은, 혈청은 B군이 낮았으며 CHOL군에서 높았고 간장조직에서는 B군과 CHOL군에서 높게 나타났다. 또한 POLYMAN군은 CHOL군에 비하여 유의적으로 낮은 함량을 보였다. Tsuji 등(19)은 펙틴, 곤약분말, 구아검으로부터 혈청 및 간장조직의 콜레스테롤 저하효과를 확인하였고, 알긴산은 간장조직과 혈청의 콜레스테롤 상승을 억제한다고 하였다. Chung 등(20)은 고지방식이가 흰쥐의 간장조직중의 총지질, 중성지질, 총콜레스테롤의 함량을 증가시켰다고 하였으며, 해조류에서 추출한 sodium alginate의 식이가 간장조직의 총지질과 중성지질 및 총콜레스테롤 함량을 저하시켰다고 보고하였다(11,21). Suzuki 등(16)은 알긴산을 급여한 군에서 혈청과 간장조직 모두 콜레스테롤의 저하효과가 있었고, 그 효과는 mannuronate가 많이 함유된 군에서 현저하다고 하였는데 본 연구의 결과에서도, POLYMAN군의 간장에서 현저한 감소효과를 보여주었다.

Polymannuronate가 간장조직 중의 지방분포에 미치는 영향

실험식이에 따른 흰쥐의 간장조직을 Hematoxylin-Eosin

Table 3. Cholesterol levels in serum and liver of rats (Mean±SD)

Test animal group ¹⁾	B	CHOL	POLYMAN
Total cholesterol level			
Serum (mg/dL)	74.3±7.8 ^{a2)}	174.0±16.9 ^b	122.1±14.1 ^c
Liver (mg/g)	79.6±8.6 ^a	74.3±3.9 ^a	62.8±5.8 ^b

¹⁾Refer to the footnote of Table 1.

²⁾Means with different letters within a row are significantly different at the 0.05 level of significances as determined by Duncan's multiple range test.

Table 2. Comparison of weight gain, food intake, food efficiency ratio and liver weight in rats

Test group ¹⁾	Weight gain (g/4 weeks)	Feed intake (g/day)	Feed efficiency (%)	Liver weight (g)
B	141.3±18.0 ^{a2)}	18.0±1.77 ^{NS3)}	0.28±0.05 ^{NS}	9.9±1.8 ^a
CHOL	163.6±20.8 ^b	19.2±2.37 ^{NS}	0.31±0.05 ^{NS}	16.8±2.0 ^b
POLYMAN	164.0±15.9 ^b	19.0±2.12 ^{NS}	0.28±0.07 ^{NS}	15.4±2.3 ^b

¹⁾Refer to the footnote of Table 1.

²⁾Means with different letters within a row are significantly different at the 0.05 level of significances as determined by Duncan's multiple range test.

³⁾Not significant.

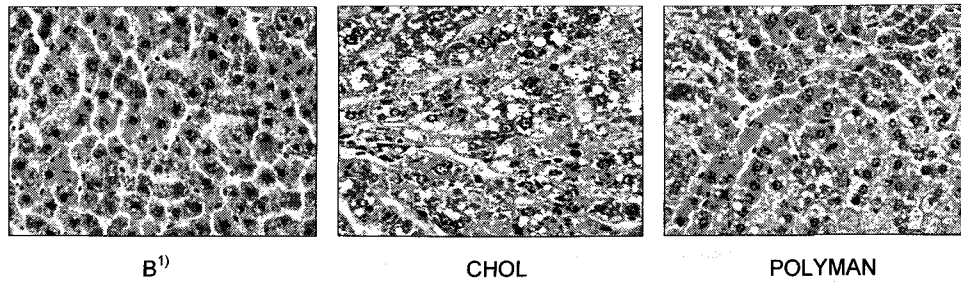


Fig. 1. Photomicrographs of staining in the liver of rats ($\times 200$).

¹⁾Refer to the footnote of Table 1.

염색한 후 광학현미경으로 관찰하였다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 지방구를 제외한 부분이 붉게 염색되었다. B군은 정상 간장 조직의 것이며, CHOL군은 아주 심한 지방 침착을 관찰하였고, POLYMAN군은 정상조직에 가까운 정도로 경한 지방 침착을 보였는데, 이는 콜레스테롤에 의한 영향으로 여겨진다. 즉, 식이섬유인 polymannuronate에 의해 간장 조직의 지방축적이 어느 정도 감소되었음을 보여주는 증거인 동시에, 간장조직 중의 총콜레스테롤 함량의 결과와도 일치하는 것으로 나타났다. Suzuki 등(16)은 콜레스테롤 식이보다 guluronate식이와 mannuronate식을 급여한 쥐에서 기초식이와 비슷한 간장의 중량을 보였다고 하였다. 또한 간장조직의 색은 콜레스테롤식이보다는 기초식에 가까운 색을 보여 5% 알긴산을 첨가한 식이에서는 콜레스테롤에 의한 지방간을 보호한다고 하였다. Tsuji 등(19)은 알긴산이 섭취한 콜레스테롤의 축적을 감소시켜 간장과 혈청 중의 콜레스테롤의 농도를 낮춘다고 하였다. 또 Suzuki 등(16)은 mannuronate가 풍부한 알긴산에서 간의 콜레스테롤 축적이 유의적으로 감소한다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 보였다.

Polymannuronate가 일일 분변량에 미치는 영향

실험식이에 충분히 적응이 되었다고 생각되는 22일째부터 7일간의 분변을 수집하여 분석한 결과를 Table 4에 나타내었다. 1일 평균 분변량과 분변의 습중량도 POLYMAN군에서 높게 나타났다. 이러한 경향은 식이섬유인 polymannuronate가 보수성이 크기 때문에 물분자가 식이섬유의 표면에 흡착되거나 또는 식이섬유의 틈새에 침입함으로써 식이섬유의 용적을 증가시켰고, 그 결과로 분변의 무게가 증가한 것으로 보인다. 수용성 식이섬유는 대장에서 미생물의 성장

을 자극하므로 배변량을 증가시킨다고 하였으며(22), 식이섬유의 섭취가 소화관 내에서의 이동 시간에 영향을 미치거나(6), 장표면의 형태학적 변화나 goblet cell 증식에 영향을 미쳐 당질과 지질대사에 변화를 초래한다는 보고들도 있다(23). 또, 알긴산을 흰쥐에 섭취시켰을 때, 사료 섭취량의 감소로 체중 증가량이 적어지고 단백질과 지방 소화율의 감소로 분변량이 증가된다고 하여(24), 본 실험과 동일한 결과를 보였다.

Polymannuronate가 분변 중의 총콜레스테롤 함량에 미치는 영향

실험식이에 따른 분변 중의 총콜레스테롤 함량을 Table 4에 나타내었다. 분변 중의 총콜레스테롤은 POLYMAN군이 B군과 CHOL군에 비해 높았다. 식이섬유는 소장에서 콜레스테롤과 담즙산의 재흡수를 저해하는데, 식이섬유가 소화기에서 콜레스테롤 및 담즙산과 결합하여 흡수가 억제되어 분변으로의 배설이 증가된다고 알려져 있다(25-27). 펙틴 등과 같은 수용성 식이섬유는 높은 점성으로 인해 흰쥐의 소장에서 콜레스테롤과 중성지방의 흡수를 저해하여 이들의 배설을 촉진하고, 또한 gel을 형성하는 식이섬유의 이러한 성질이 장관에서 콜레스테롤 및 중성지방과 직접 결합하여 이들의 배설을 증가시킴으로써 흡수를 억제하는 것으로 보고되고 있다(7). 또한 식이섬유의 섭취가 소장상피세포에 닿아있는 goblet cell로부터 mucin의 분비를 촉진시켜 영양소의 흡수를 제한하는 diffusion barrier로 작용함으로써 영양소의 흡수가 저해된다고 보고하였다(6). 이러한 수용성 식이섬유의 영양소 흡수 저해효과는 혈장 중성지방의 농도와 간장조직중의 중성지방 및 콜레스테롤 농도를 저하시키는 기작으로 여겨지며, 위의 연구결과와 일치하였다.

Table 4. Cholesterol, total bile acids, total dietary fiber content in feces of the rats

(Mean \pm SD)

Test animal group ¹⁾	B	CHOL	POLYMAN
Feces (g/day)	0.41 \pm 0.11 ^{a2)}	0.52 \pm 0.12 ^a	0.9 \pm 0.14 ^b
Total cholesterol (mg/g)	36.7 \pm 6.58 ^a	83.0 \pm 13.29 ^b	95.8 \pm 17.43 ^b
Total bile acid (μ mol/mg)	35.7 \pm 9.74 ^a	75.7 \pm 6.37 ^b	107.6 \pm 11.46 ^c
Total dietary fiber (g/feces g)	0.055 \pm 0.006 ^a	0.080 \pm 0.010 ^b	0.132 \pm 0.010 ^c

¹⁾Refer to the footnote of Table 1.

²⁾Means with different letters within a row are significantly different at the 0.05 level of significances as determined by Duncan's multiple range test.

Polymannuronate가 분변 중의 총담즙산 및 식이섬유 함량에 미치는 영향

실험식이에 따른 분변 중의 총담즙산 함량을 Table 4에 나타내었다. 분변 중의 총담즙산 함량은 POLYMAN군에서 가장 많았다. 식이섬유는 콜레스테롤 및 담즙산과 직접 결합하므로써 흡수가 억제되어 분변으로의 배설이 증가된다고 알려져 있는데, 그 이유는 담즙산이 콜레스테롤로부터 합성되는 물질로서 체내 콜레스테롤이 체외로 배설되는 유일한 경로이기 때문이다. Overton 등(28)은 콜레스테롤을 공급한 쥐에 있어서 pectin은 담즙산의 합성을 증가시키고 간의 콜레스테롤 분해를 증가시켜 혈액과 간의 콜레스테롤 수준을 감소시키는 것으로 보고하였다. 담즙산의 배설에 대해 Dietschy와 Wilson(29)은 장관내에서 콜레스테롤이 미셀형성에 참여 않는 경우는 장내 미생물에 의해 분변으로 배설되고 과량의 콜레스테롤이 흡수되면 생체의 보상작용으로 담즙산의 배설이 증가한다고 보고하였다. Ikegami 등(6)은 식이섬유의 섭취가 담즙의 소화관으로의 유출에 미치는 영향을 알아보기 위해 무콜레스테롤 식이에 다양한 식이섬유를 섭취시키고 십이지장으로 유출되는 담즙의 양을 측정하였다. 그 결과 고도의 점성 다당류인 sodium alginate, 구아검, gum xanthan, locust bean gum 등은 담즙의 분비를 증가시킨 반면, 불용성 다당류인 calcium alginate는 담즙분비에 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 그 중, 수용성 식이섬유는 높은 점성으로 인해 지질 및 담즙산의 흡수저해가 증가된다고 하여(30-32), 본 연구결과와 동일한 결과를 보였다.

실험식이에 따른 분변 중의 총식이섬유 함량을 Table 4에 나타내었다. 분변 중의 총식이섬유 함량은 POLYMAN군이 B군과 CHOL군에 비해 높게 나타났다. 이 결과는 분변 중의 총담즙산 함량과 일치하는 경향을 보였는데, 이는 식이섬유의 작용에 의하여 소장에서 담즙산과 결합하여 분변으로 배설된 것으로 추측된다.

요 약

Polymannuronate를 첨가한 사료를 흰쥐에 각각 기초식이군, 콜레스테롤식이군과 5% polymannuronate가 함유된 콜레스테롤식이군을 4주간 급여한 후 혈청, 간장조직 및 분변에 미치는 영향을 살펴보았다. 콜레스테롤식이군에 비해 polymannuronate식이군에서는 혈청 및 간장조직의 총콜레스테롤 함량이 유의적으로 감소하였으며, 간장조직 중의 지방분포도 동일한 경향을 보였다. Polymannuronate식이군은 콜레스테롤식이군보다 일일 분변량이 유의적으로 증가하였는데, polymannuronate가 담즙산 및 콜레스테롤과 결합하여 분변으로 배출되어 분변 중의 총담즙산과 총콜레스테롤 및 총식이섬유 함량이 증가한 것으로 보여진다. 이상의 결과에서, polymannuronate는 체내에서 담즙산 및 총콜레스테롤과 결합하여 분변 중으로 배출함으로써 흰쥐의 혈청 및

간장조직 중의 총콜레스테롤 함량을 감소시켜 지질개선 효과를 나타내는 것으로 보여진다.

감사의 글

본 연구는 해양수산개발원(수산특정연구과제-20000031)의 지원에 의한 것입니다.

문 헌

- Burkitt DP, Trowell HC. 1975. *Refined carbohydrate food and disease: The implications of dietary fiber*. Academic Press, London.
- Van Itallite TB. 1978. Dietary fiber and obesity. *Am J Clin Nutr* 31: S43-52.
- Huh KB, Lee JH, Park IK, Ajn KJ, Jung YJ, Kim MJ, Lee HC, Lee YH, Lee YJ. 1993. Influence of total abnormal fat accumulation on serum lipides and lipoproteins in Korean middle-aged men. *J Kor Nutr* 26: 299-312.
- Tsai AC, Elias J, Kelley JJ, Lin RC, Robson JRK. 1976. Influence of certain dietary fibers on serum and tissue cholesterol level in rats. *J Nutr* 106: 118-123.
- Gallaher DD, Hassel CA, Lee KJ, Gallaher CM. 1993. Viscosity and fermentability as attributes of dietary fiber responsible for the for the hypocholesterolemic effect in hamsters. *J Nutr* 123: 244-252.
- Ikegami S, Tsuchihashi F, Harada H, Tsuchihashi N, Nishide E, Innami S. 1990. Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in the rats. *J Nutr* 120: 353-360.
- Vahouny GV, Roy T, Gallo LL, Story JA, Kritchevsky D, Cassidy MM. 1980. Dietary fiber: III. Effects of chronic intake on cholesterol absorption and metabolism in the rat. *Am J Clin Nutr* 33: 2182-2191.
- Han JS, Han YB. 1994. The effect hight fat diet and dietary fiber on adipocyte of epidermal fat pads in rat. *J Kor Nutr* 7: 118-126.
- Keim K, Kies C. 1979. Effects of dietary fiber on nutritional status of weaning mice. *Cereal Chem* 56: 73-78.
- Muller MA, Cleary MP, Kritchevsky D. 1981. The effect of various type of dietary fiber on lipid storage in adipose tissue. *Fed Oroc* 40: 853-859.
- Yang JL, Suh MJ, Song YS. 1996. Effect of dietary fibers on cholesterol metabolism in cholesterol-fed rats. *J Kor Soc Food Nutr* 25: 392-398.
- Hwang HJ, Pyeun JH, Nam TJ. 2000. The effects of alginic acid on 3T3-L1 cell's differentiation. *J Kor Fish Soc* 33: 541-545.
- Kang HJ, Suh MJ, Kim EH, Song YS. 1994. Effect of sodium alginate and cellulose on fasting plasma lipoprotein composition and cholesterol metabolism in rats (I). *J Kor Soc Food Nutr* 23: 879-886.
- Haug A, Larsen B, Smidsrod O. 1974. Uronic acid sequence in alginate from different sources. *Carbohydrate Research* 32: 217-225.
- Nishide E, Kinoshita Y, Anzai H, Uchida N. 1988. Distribution of hot-water extractable material, water-soluble alginate and alkali-soluble alginate in different parts of *undaria pinnatifida*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 54: 1619-1622.
- Suzuki T, Nakai K, Yoshie Y, Shirai T, Hirano T. 1993.

- Effects of sodium alginates rich in guluronic and mannuronic acids on cholesterol levels and digestive organs of high-cholesterol-fed rats. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59: 545-551.
17. Lee DS, Nam TJ, Pyeun JH. 1998. Effect of low molecular alginates on cholesterol levels and fatty acid compositions of serum and liver lipids in cholesterol-fed rats. *J Kor Fish* 31: 399-408.
 18. Soloff LA, Rutenberg HL, Lacko AG. 1973. Sodium cholesterol esterification in patients with coronary artery disease. *Am Heart J* 85: 153-131.
 19. Tsuji E, Tsuji K, Suzuki S. 1974. Effect of polysaccharides on cholesterol metabolism. (part 6) Effect of various polysaccharides on serum and liver cholesterol levels in cholesterol-fed rats. *Eiyogaku Zashi* 33: 273-281.
 20. Chung KH, Cho SH, Shin EN, Choi KH, Choi YS. 1988. Effects of alcohol consumption and fat content in diet on chemical composition and morphology of liver in rat. *J Kor Nutr* 21: 154-163.
 21. Kang HJ, Suh MJ, Kim EH, Song YS. 1994. Effect of sodium alginate and cellulose on postprandial plasma lipoprotein and cholesterol metabolism in rats (II). *J Kor Soc Food Nutr* 23: 887-893.
 22. Stephen AM, Cumming JH. 1986. Mechanism of action of dietary fiber in human colon. *Nature* 284: 283-284.
 23. Vahouny GV, Cassidy MM. 1994. Dietary fiber and intestinal adaptation. In *Dietary fiber*. Plenum Press, New York. p 181.
 24. Harmuth-Hoene AE, Schwerdtfeger E. 1979. Effect of indigestible polysaccharides on protein digestibility and nitrogen retention in growing rats. *Nutr Metab* 23: 399-407.
 25. Mirttinen TA. 1987. Dietary fiber and lipids. *Am J Clin Nutr* 45: 1237-1242.
 26. Vahouny GV, Roy T, Gallo LL, Story JA, Kritchevsky D. 1978. Dietary fiber and lymphatic absorption of cholesterol in the rat. *Am J Clin Nutr* 31: 208-212.
 27. Vahouny GV, Khalafi R, Satchithanandam S, Watkins DW, Story JA, Cassidy MM, Kritchevsky D. 1987. Dietary fiber supplementation and fecal bile acid, neutral steroids and divalent cations in rats. *J Nutr* 117: 2009-2015.
 28. Overton PD, Furlonger N, Beety JM, Chakraborty J, Tredger JA, Morgan LM. 1994. The effects of dietary sugarbeet fiber and guar gum on lipid metabolism in Wistar rats. *Br J Nutr* 72: 385-395.
 29. Dietschy JM, Wilson JD. 1970. Regulation of cholesterol metabolism. *N Engl J Med* 282: 1128-1138.
 30. Arjmandi BH, Ahn J, Nathani S, Reeves RD. 1992. Dietary soluble fiber and cholesterol affect serum cholesterol concentration, hepatic portal venous short-chain fatty acid concentration and fecal sterol excretion in rats. *J Nutr* 122: 246-253.
 31. Hilman LC, Peters SG, Fischer CA. 1985. The effects of fiber components, pectin, cellulose and lignin on serum cholesterol levels. *Am J Clin Nutr* 42: 207-212.
 32. Kelsay JL, Goering HK, Behall KM, Prather ES. 1981. Effect of fiber from fruits and vegetables on metabolic responses of human subject: Fiber intake, fecal excretion, and apparent digestibilities. *Am J Clin Nutr* 34: 2849-2852.

(2005년 9월 2일 접수; 2005년 11월 28일 채택)