

## 식이섬유의 종류와 섭취수준이 고지방식을 섭취한 흰쥐의 체내 지질대사에 미치는 영향

장수정·박양자  
서울대학교 농업생명과학대학 농가정학과

### Effects of Dietary Fiber Sources and Levels on Lipid Metabolism in Rats fed High Lard Diet

Jang, Soo Jung · Park, Yaung Ja  
Department of Home Economics, Seoul National University, Seoul, Korea

#### ABSTRACT

These works were designed to examine the effects of dietary fiber sources and levels on lipid metabolism in rats fed high lard diet. Rats were divided into three( $\alpha$ -cellulose, polydextrose, carrageenan) groups and were fed with containing 6% fiber diet. Serum, liver and fecal lipid contents were examined after four weeks of dieting. Also, in order to investigate whether hypocholesterolemic effect of dietary fiber at 4 weeks is continued at 8 weeks, rats were fed with diets containing same sources with different levels of each dietary fiber and were sacrificed after eight weeks of dieting. Serum cholesterol in rats fed carrageenan diet and polydextrose diet were reduced compared with  $\alpha$ -cellulose-fed group at both four and eight weeks dieting. Liver cholesterol in both polydextrose-fed and carrageenan-fed group were lower than  $\alpha$ -cellulose-fed group. Fecal total lipids, cholesterol, bile acids excreted for 4 days in both polydextrose-fed and carrageenan-fed group were increased compared with  $\alpha$ -cellulose-fed group. On the other hand, there was no significant difference between polydextrose-fed and carrageenan-fed group. On the basis of the results, it was suggested that the hypocholesterolemic effect of soluble fiber used in this study(polydextrose, carrageenan) on rats was due to the inhibition of cholesterol absorption on the intestinal lumen and acceleration of cholesterol catabolism in the liver and enhancement of bile acids excretion. On the other hand, insoluble fiber( $\alpha$ -cellulose) showed no hypocholesterolemic effect.

**KEY WORDS** : high lard diet ·  $\alpha$ -cellulose · polydextrose · carrageenan · serum cholesterol · bile acids excretion.

#### 서론

최근 우리나라 사회 경제면의 급속한 발전과 함께  
채택일 : 1995년 1월 4일

식생활과 생활양식에도 커다란 변화를 가져왔으며  
이에 따른 질병유형과 사망원인의 변화도 주목되고  
있다. 식물성 식품 섭취량은 점차 감소되고 있고 동  
물성 식품 섭취량은 현저히 증가되고 있으며<sup>1)</sup> 순환

기계 질환을 비롯한 만성퇴행성 질환의 발생과 그로 인한 사망율도 증가추세에 있어서<sup>2)</sup> 이를 예방 관리하기 위한 영양의 중요성이 강조되고 있다. 이들을 초래하는 위험 인자들은 매우 다양하며, 혈청콜레스테롤 농도의 상승과 LDL콜레스테롤 농도의 상승이 주요 인자로 지적되고 있다. 이에 영향을 주는 식이 인자로서는 에너지 섭취량, 지질, 단백질 및 탄수화물의 종류와 양, 식이섬유, 비타민 및 무기질 등이 연구되고 있다<sup>3)</sup>. 식이 섬유 섭취량의 감소와 만성퇴행성 질환 발생과는 (+)의 관계가 있음이 많은 역학조사의 결과에서 확인되면서 식이 섬유의 종류별 혈청콜레스테롤 저하 효과에 관한 임상학적 및 실험적 연구가 많이 수행되었다<sup>4)5)</sup>. 식이섬유는 종류별로 그 성질이 다르고 이에 따라 각기 다른 화학적 및 생리적 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다. 지금까지 확인된 바에 의하면 pectin, guar gum,  $\beta$ -glucan 등 수용성이면서 점성인 식이 섬유를 함유하는 과일, 두류, 호밀과 보리 및 채소가 혈청 콜레스테롤, 특히 LDL 콜레스테롤을 저하시키는 것으로 보고되었고<sup>4)6)</sup> cellulose와 hemicellulose 등 불용성 식이 섬유를 함유하는 wheat bran은 그 유효성이 명확한 결론에 이르지 못하고 있다.

과거 20년간 건강유지를 위한 식이 섬유의 중요성이 인식되면서 만성퇴행성 질환 예방을 목적으로 수용성 식이 섬유가 개발되고 그의 효과에 관한 연구가 진행되고 있다. 난소화성 다당류인 polydextrose와 carrageenan은 최근 가공식품과 음료용 식이 섬유 첨가 소재로서 그 이용성이 신장되고 있다. 수용성이면서 점성이 낮아서 기능성 음료에 용이하게 이용되는 polydextrose의 혈청콜레스테롤 저하 효과에 관한 연구 결과는 서로 상반되는 것으로 나타났다. 서 등<sup>7)</sup>과 최 등<sup>8)</sup>은 정상쥐에서 혈장 중성지방의 저하효과와 HDL콜레스테롤의 상승효과를 보고했던 반면 당뇨성 쥐에 Kamejiro 등<sup>9)</sup>은 혈청과 LDL콜레스테롤의 저하효과를 보고했고 박 등<sup>10)</sup>은 혈청 중성지방 효과만을 확인했다. 한편 복합 다당류인 carrageenan은 진도박속, 석초속 및 *Gigartina mammosa* 등 홍조류의 세포간 물질을 추출 정제한 고분자 전해질로서 Tsai 등<sup>11)</sup>은 7% carrageenan 첨가로 혈청콜레스테롤 저하 효과만을, Ershoff 등<sup>12)</sup>은 혈청과 간의 콜레스테롤

저하 효과를 보고했다. 이상에서 살펴본 바와 같이 polydextrose와 carrageenan 섭취에 따른 혈청콜레스테롤 저하효과와 그 작용기전에 관한 연구의 결과들은 일치를 보이고 있지 않으므로 이를 확인하기 위한 연구가 요구된다.

본 연구에서는 합성 식이 섬유인 polydextrose와 천연 정제 식이 섬유인 carrageenan과 cellulose가 고지방식 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향 및 성장기 동안 식이 섬유의 섭취로 인한 효과가 성인기에서는 어떻게 나타나는지를 상호 비교검토하여 혈청콜레스테롤 농도를 낮추는 작용을 확인함과 동시에 그 작용기전을 밝히고자 시도되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험동물 및 식이

생후 21일된 Sprague-Dawley계 흰쥐 수컷 54마리를 체중 100g 정도로 성장할 때까지 pellet 고형사료(제일제당 배합사료)와 상수로 적응시킨 후 평균 체중이 유사하도록 각 군마다 6마리씩 9군으로 나누어 배치했다. 식이섬유를  $\alpha$ -cellulose( $\alpha$ -C), polydextrose(P) 및 carrageenan(C)의 3종류로, 식이섬유 수준을 NAS-NRC(1989) 흰쥐의 사양 표준량에 근거하여 적정수준인 6%와 저수준인 1%의 두 수준으로, 그리고 사육기간을 4주와 8주로 했으며 각 군의 명칭은 다음과 같다. 즉 (1) 식이섬유 6% 수준으로 4주간 사육한 군을 각각 6 $\alpha$ C<sub>4</sub>, 6P<sub>4</sub> 및 6C<sub>4</sub>로, (2) 식이섬유 6% 수준으로 8주간 사육한 군을 각각 6 $\alpha$ C<sub>8</sub>, 6P<sub>8</sub> 및 6C<sub>8</sub>로, (3) 식이섬유 6% 수준으로 4주간 사육한 후 1% 수준으로 바꾸어 4주간 사육한 군을 각각 6 $\rightarrow$ 1  $\alpha$ C<sub>8</sub>, 6 $\rightarrow$ 1 P<sub>8</sub> 및 6 $\rightarrow$ 1 C<sub>8</sub>로 했다.

실험식이의 구성 성분은 Table 1과 같이 단백질과 지방 수준을 각각 20%(w/w)와 18%(w/w)로 고정했다. 단백질 급원은 매일유업(주)의 casein으로, 지방 급원은 롯데삼강(주)의 라아드로, 식이섬유 급원은 Sigma Chemical Co.의  $\alpha$ -cellulose, 한국화이자(주)의 polydextrose 및 명신화학공업(주)의 carrageenan으로 했다. 실험기간 동안 식이와 물은 제한하지 않고 ad libitum으로 했다.

**Table 1.** Composition of experimental diets(g/Kg)

Ingredients	6% dietary fiber diet			1% dietary fiber diet		
	$\alpha$ C	P	C	$\alpha$ C	P	C
Casein	200	200	200	200	200	200
Lard	180	180	180	180	180	180
Cornstarch	405	405	405	455	455	455
Sucrose	100	100	100	100	100	100
Vit.Mix <sup>1)</sup>	15	15	15	15	15	15
Min.Mix <sup>1)</sup>	35	35	35	35	35	35
Choline chloride	2	2	2	2	2	2
DL-Methionine	3	3	3	3	3	3
Dietary Fiber :						
$\alpha$ -Cellulose	60	-	-	10	-	-
Polydextrose	-	60	-	-	10	-
Carrageenan	-	-	60	-	-	10

$\alpha$ C :  $\alpha$ -Cellulose, P : Polydextrose, C : Carrageenan

1) AIN-76

## 2. 시료 수집 및 지질 분석

### 1) 시료수집

실험종료전 4일간 대사 cage에서 분변을 수집했으며 개별용기에 담아 냉동건조(Freeze-Dryer 18, Lab-con Co.)시킨 후 건조량을 칭량하여 냉동보관했다. 시료채취 전 하룻밤 절식시킨 후 sodium pentobarbital (Pitman-Moore Inc, U.S.A.)을 체중 100g당 5mg씩

복강내로 주입하여 마취시키고 경동맥 방혈로 채혈했다. 채혈된 혈액은 냉장고에 12시간 방치 후 3000 rpm으로 20분간 원심분리(Centrifuge, Sorvall, GLC-2B)시켜서 혈청을 분리한 후 즉시 총콜레스테롤과 HDL콜레스테롤을 측정했고 나머지 지질분석을 위해 냉동보관했다. 채혈 후 간조직을 적출하여 0.9% NaCl용액으로 세척하고 냉동건조시킨 후 건조무게를 칭량하고 냉동보관했다.

### 2) 지질분석

혈청의 총지질, 총콜레스테롤, HDL콜레스테롤 및 중성지방분석은 각각 Fringe와 Dunn 방법<sup>13)</sup>, Zlatkis와 Zak방법<sup>14)</sup>, 영동제약의 HDL콜레스테롤 정량 set를 이용한 효소법 및 Biggs등<sup>15)</sup>의 방법으로 실시했다. 간조직과 분변 중의 총지질 정량은 Folch등<sup>16)</sup>의 방법으로 추출했고 총콜레스테롤과 중성지방 분석은 혈청과 동일한 방법으로 실시했다. 분변 중의 담즙산 분리는 Mittinen 등의 방법<sup>17)</sup>을 변형하여 실시했고 담즙산 정량은 Wako사의 효소 kit로 측정했다.

### 3. 통계 처리

실험결과와 통계 처리는 평균과 표준오차(Mean  $\pm$  SE)로 제시했고 SAS(Statistical Analysis System)통계 패키지 프로그램을 이용하여 GLM(General Linear Model)분석과 Duncan's multiple test( $p < 0.05$ )로 했다.

**Table 2.** Body weight, food intake and food efficiency ratio(FER) in rats fed experimental diets

Groups <sup>1)</sup>	Final Wt.(g)	Body Wt gain(g/day)	Food Intake(g/day)	FER
Experimental periods 4 Weeks				
6 $\alpha$ C <sub>4</sub>	337.8 $\pm$ 9.8 <sup>2)a*</sup>	8.1 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	16.5 $\pm$ 0.8 <sup>NS</sup>	0.49 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>
6 P <sub>4</sub>	328.7 $\pm$ 8.1 <sup>a</sup>	7.8 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	15.3 $\pm$ 0.6	0.51 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>
6 C <sub>4</sub>	293.0 $\pm$ 13.4 <sup>b</sup>	6.6 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup>	14.9 $\pm$ 0.5	0.44 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>
Experimental periods 8 weeks				
6 $\alpha$ C <sub>8</sub>	451.7 $\pm$ 14.9 <sup>NS</sup>	6.1 $\pm$ 0.2 <sup>NS</sup>	17.4 $\pm$ 0.5 <sup>NS</sup>	0.35 $\pm$ 0.01 <sup>NS</sup>
6 P <sub>8</sub>	431.0 $\pm$ 24.9	5.8 $\pm$ 0.4	15.1 $\pm$ 0.9	0.36 $\pm$ 0.01
6 C <sub>8</sub>	462.5 $\pm$ 5.8	6.3 $\pm$ 0.2	17.6 $\pm$ 0.3	0.36 $\pm$ 0.01
6 $\rightarrow$ 1 $\alpha$ C <sub>8</sub>	431.0 $\pm$ 16.7 <sup>NS</sup>	5.8 $\pm$ 0.3 <sup>NS</sup>	16.0 $\pm$ 0.5 <sup>NS</sup>	0.36 $\pm$ 0.01 <sup>NS</sup>
6 $\rightarrow$ 1 P <sub>8</sub>	448.3 $\pm$ 15.8	6.0 $\pm$ 0.2	16.6 $\pm$ 0.6	0.36 $\pm$ 0.01
6 $\rightarrow$ 1 C <sub>8</sub>	428.5 $\pm$ 11.5	5.8 $\pm$ 0.2	17.0 $\pm$ 0.7	0.34 $\pm$ 0.01

1) For details of groups, see the text

2) mean  $\pm$  SEM

NS : not significant

\* : Values within the same column with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

결과 및 고찰

1. 증체량, 식이 섭취량 및 식이효율

각 군별 최종체중, 증체량, 식이섭취량 및 식이효율은 Table 2와 같다. 최종체중, 증체량 및 식이효율 면에서 다른 군에 비해 통계적으로 유의성 있게 낮았던( $p < 0.05$ ) 4주간의 6% carrageenan군(6C<sub>4</sub>)을 제외하고 다른 모든 군에서 통계적으로 유의성 있는 차이를 볼 수 없었다. 이는 6C<sub>4</sub>군에서 식이 섭취량이 낮았던 것과는 관련이 있지만 식이 효율이 감소되었던 것으로 보아 성장기에 carrageenan 6% 첨가는 성장지연을 초래할 수 있음을 나타낸다. Carrageenan이 증체량을 낮추었던 본 연구의 결과는 carrageenan 첨가가 pectin처럼 증체량을 저하시킨다는 Elsenhans 등<sup>18)</sup>의 결과와도 일치한다. 이는 carrageenan 첨가가 식이의 에너지 밀도를 낮춤으로써 단위체중당 에너지 요구량이 높은 성장기에 성장지연을 가져온 것이라고 해석했다. 그러나 8주 후에는 각 군별간의 최종체중에 유의적인 차이가 없었던 점으로 보아 4주 후에 나타났던 성장 지연 상태가 동일한 6% 수준으로 8주 후에는 회복된 것으로 사료된다.

2. 동맥 혈청 지질 농도

각 군별 동맥 혈청의 총지질, 총콜레스테롤, 중성

지방, HDL콜레스테롤 및 동맥경화지수는 Table 3과 같다. 먼저 혈청 총지질농도는 4주후 식이섭유의 종류에 의한 차이에는 통계적 유의성이 없었으나 8주후와 4주후 1%로 바꾸었을 때 혈청총지질 농도는 carrageenan(6C<sub>8</sub>과 6→1 C<sub>8</sub>)군에서 cellulose군보다 유의성 있게 낮아졌고( $p < 0.05$ ), polydextrose군에서는 cellulose군과 차이가 없었다. 혈청 총콜레스테롤 농도는 모든 polydextrose(6P<sub>4</sub>, 6P<sub>8</sub> 및 6→1 P<sub>8</sub>) 군과 carrageenan(6C<sub>4</sub>, 6C<sub>8</sub> 및 6→1 C<sub>8</sub>)군이 cellulose(6αC<sub>4</sub>, 6αC<sub>8</sub> 및 6→1 αC<sub>8</sub>)군보다 유의성 있게 저하되었다( $p < 0.05$ ). 이러한 결과는 Kamejiro 등<sup>9)</sup>이 보고한 결과와 일치한다. Polydextrose와 carrageenan의 혈청 총콜레스테롤 저하효과의 변화 정도를 α-cellulose의 값과 비교하여 보면 각각 4주 후에 17%와 33%씩, 8주후에는 11%와 11%씩 및 4주 후 1%로 바꾸었을 때 8%와 19%씩 낮추었다. 식이섭유의 종류별 혈청 총콜레스테롤 저하 효과를 보면 carrageenan이 polydextrose보다 다소 효율적이었으며 carrageenan은 1% 수준에서 혈청 총콜레스테롤 저하작용이 유효함을 나타낸다.

혈청 중성지방 농도는 각 군간에 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않았으나 α-cellulose군이 가장 높았고 polydextrose군과 carrageenan군의 순으로 낮아졌다. 즉 6P<sub>8</sub>군과 6C<sub>8</sub>군은 6αC<sub>8</sub>군과 비교해서 각각

Table 3. Aortic serum lipids in rats fed experimental diets(mg/dl)

Groups <sup>1)</sup>	Total lipids	Total cholesterol	Triglycerides	HDL-cholesterol	Atherogenic Index
Experimental periods 4 Weeks					
6 αC <sub>4</sub>	493.0± 6.8 <sup>NS</sup>	151.0± 8.8 <sup>2)a*</sup>	172.4± 9.9 <sup>NS</sup>	77.0± 6.4 <sup>NS</sup>	0.96
6 P <sub>4</sub>	509.2± 12.7	124.6± 9.9 <sup>b</sup>	175.0± 19.2	69.7± 9.7	0.76
6 C <sub>4</sub>	487.3± 8.2	101.6± 5.9 <sup>b</sup>	174.9± 20.8	58.7± 7.3	0.73
Experimental periods 8 Weeks					
6 αC <sub>8</sub>	601.1± 12.7 <sup>a)</sup>	182.3± 6.7 <sup>a)</sup>	217.6± 10.9 <sup>NS</sup>	80.7± 6.8 <sup>NS</sup>	1.25
6 P <sub>8</sub>	593.4± 7.4 <sup>a)</sup>	162.7± 7.0 <sup>b)</sup>	196.6± 13.9	79.2± 8.8	1.05
6 C <sub>8</sub>	530.5± 5.2 <sup>b)</sup>	162.0± 3.9 <sup>b)</sup>	182.8± 11.1	78.8± 5.3	1.05
6→1 αC <sub>8</sub>	614.2± 5.6 <sup>a)</sup>	199.6± 6.3 <sup>a)</sup>	221.3± 18.9 <sup>NS</sup>	84.3± 8.4 <sup>NS</sup>	1.37
6→1 P <sub>8</sub>	602.6± 5.6 <sup>a)</sup>	183.9± 6.2 <sup>b)</sup>	206.9± 10.6	84.3± 8.4	1.18
6→1 C <sub>8</sub>	532.5± 7.4 <sup>b)</sup>	162.2± 3.1 <sup>b)</sup>	198.4± 12.5	80.7± 3.7	1.01

1) For details of groups, see the text

2) mean± SEM

NS : not significant

\* : Values within the same column with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

10%와 16%씩, 6→1 P<sub>8</sub>군과 6→1 C<sub>8</sub>군은 6→1 αC<sub>8</sub>군과 비교해서 각각 6%와 10%씩 저하되었다.

HDL콜레스테롤은 각 군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. VLDL과 LDL콜레스테롤 값을 측정하지는 않았으나 계산된 값은 동맥경화지수와 혈청 총콜레스테롤과 같은 경향이었으며 이는 polydextrose와 carrageenan의 혈청 콜레스테롤 저하 효과가 LDL콜레스테롤 저하에 따른 것임을 시사한다.

이상의 결과에서와 같이 polydextrose와 carrageenan의 혈청 콜레스테롤 저하효과는 HDL콜레스테롤에는 영향을 미치지 않으면서 LDL콜레스테롤 농도를 효율적으로 낮추는 데 기인하는 것으로 사료된다. 이같은 효과는 guar gum이나 pectin 같은 점성의 수용성 식이섬유에서도 확인된 바 있으며<sup>19)20)21)</sup> 특히 복합탄수화물형 식이섬유가 LDL콜레스테롤 저하에 의한 혈청 총콜레스테롤 저하 작용이 현저하다고 했다. 식이섬유의 혈청 콜레스테롤 저하 효과의 작용 기전은 완전히 밝혀진 것은 아니지만 (1) 식이섬유가 지질의 위장내 통과시간 지연으로 흡수율을 저하시킬 수 있고<sup>29)</sup> (2) 담즙산과 콜레스테롤이 식이섬유에 흡착되어 이들 분변 배설량을 증가시켜서 담즙산 장관순환을 감소시키고 따라서 간조직에서 담즙산 생성량을 증가시킴으로써 상대적으로 VLDL과 LDL생성을 저하시킬 가능성이 있으며 (3) 대장 내에서 식

이섬유의 발효에 의한 저급지방산 생성과 propionate 흡수 증가로 콜레스테롤 생합성을 감소시킬 가능성과<sup>30)31)</sup> (4) thyrosin 같은 hormone이나 식이섬유는 간세포와 같이 조직 세포에서도 콜레스테롤 생합성을 저하시키고 LDL receptor의 활성을 높여 혈청 LDL 제거를 촉진한다는 가능성이 제시되었다<sup>22)</sup>.

### 3. 간조직 중의 지질함량

간조직 중의 총지질, 콜레스테롤 및 중성지방 함량은 Table 4와 같다. 간조직의 건중량은 6αC<sub>4</sub>군보다 유의적으로 낮았던(p<0.05) 4주의 6% carrageenan군(6C<sub>4</sub>)만 제외하고 모든 군에서 유의적인 차이를 볼 수 없었다. 이는 종로기 체중이 낮았던 데 기인하는 것으로 본다. 간조직의 총지질 함량은 식이섬유의 종류에 따라 다르게 나타났다. 즉 carrageenan군(6C<sub>4</sub>, 6C<sub>8</sub> 및 6→1 C<sub>8</sub>)에서 간조직의 총지질 함량은 cellulose군보다 유의적으로 낮았다(p<0.05). 그러나 polydextrose군은 8주에서만(6P<sub>8</sub>) 유의적으로 낮았다(p<0.05).

간조직의 총콜레스테롤 함량은 모든 carrageenan군(6C<sub>4</sub>, 6C<sub>8</sub>, 6→1 C<sub>8</sub>)과 8주 polydextrose군(6P<sub>8</sub>, 6→1 P<sub>8</sub>)이 cellulose군보다 통계적으로 유의성 있게 낮았다. 이러한 polydextrose와 carrageenan의 간조직에서의 총콜레스테롤 저하 작용은 혈청 총콜레스테롤 저

**Table 4.** Liver lipids in rats fed experimental diets(mg/g, dry weight)

Groups <sup>1)</sup>	Dry Wt.(g)	Total Lipids	Total Cholesterol	Triglycerides
Experimental periods 4 Weeks				
6 αC <sub>4</sub>	4.6±0.2 <sup>2)a*</sup>	221.2±13.3 <sup>a</sup>	36.4±1.9 <sup>a</sup>	168.0±22.3 <sup>a</sup>
6 P <sub>4</sub>	4.5±0.1 <sup>a</sup>	215.7±3.3 <sup>a</sup>	37.1±4.0 <sup>a</sup>	116.6±13.3 <sup>b</sup>
6 C <sub>4</sub>	3.3±0.3 <sup>b</sup>	196.7±15.0 <sup>b</sup>	32.0±2.8 <sup>b</sup>	112.9±23.4 <sup>b</sup>
Experimental periods 8 Weeks				
6 αC <sub>8</sub>	4.9±0.3 <sup>NS</sup>	285.7±4.7 <sup>a</sup>	37.5±2.0 <sup>a</sup>	185.2±24.2 <sup>a</sup>
6 P <sub>8</sub>	4.8±0.4	261.0±8.1 <sup>b</sup>	34.3±1.9 <sup>b</sup>	134.0±6.4 <sup>b</sup>
6 C <sub>8</sub>	4.5±3.8	258.8±7.1 <sup>b</sup>	32.0±1.6 <sup>b</sup>	139.9±7.8 <sup>b</sup>
6→1 αC <sub>8</sub>	4.4±0.5 <sup>NS</sup>	294.9±10.3 <sup>a</sup>	38.5±1.8 <sup>a</sup>	209.2±10.9 <sup>a</sup>
6→1 P <sub>8</sub>	4.5±0.3	288.5±9.7 <sup>a</sup>	34.4±0.8 <sup>b</sup>	135.3±5.5 <sup>b</sup>
6→1 C <sub>8</sub>	4.3±0.1	260.8±7.1 <sup>b</sup>	32.8±2.3 <sup>b</sup>	221.1±18.0 <sup>a</sup>

1) For details of groups, see the text

2) mean±SEM

NS : not significant

\* : Values within the same column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

하효과와 관련이 있고 이들 식이 섬유유의 혈청 총콜레스테롤 저하 작용기전을 뒷받침해 주는 것으로 사료된다. 이를 확인할 수 있는 연구로서 간조직에서 콜레스테롤 생합성과정 중 속도 제한 효소인 HMG CoA reductase의 활성억제 효과에 따른 생성량 감소와 간과 말초조직에서의 LDL receptor활성억제 효과 등에 관한 연구가 더 요구된다. Pectin이 정상식 흰쥐의 간 콜레스테롤 생합성 효소인 HMG CoA reductase의 활성을 억제시킨다는 보고는 확인된 바 있다<sup>26)27)</sup>.

간조직의 중성지방 함량은 6%의 polydextrose와 carrageenan에서는 4주와 8주 모두에서(6P<sub>4</sub>, 6P<sub>8</sub>, 6C<sub>4</sub> 및 6C<sub>8</sub>) 저하되었다(p<0.05). 이러한 간조직의 중성지방 함량 저하효과는 pectin에서도 동일한 효과를 보인 바 있다<sup>20)</sup>. 그러나 4주 후 6%에서 1%로 바꾸었을 때 polydextrose는 간조직의 중성지방 함량 저하효과를 나타냈으나(p<0.05) carrageenan은 α-cellulose군보다 유의적인 차이를 보이지 않았다.

4. 분변 중의 지질 함량

분변 중의 총지질, 총콜레스테롤 및 총담즙산 함량은 Table 5와 같이 모든 polydextrose군과 carrageenan군은 cellulose군보다 유의성 있게 증가되었다. 일반적으로 혈청 총콜레스테롤 저하효과를 나타내는

불소화성 복합탄수화물은 분변 중 지질과 담즙산 배설량을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 분변 중 지질과 담즙산 배설량을 증가시키는 식이 섬유의 작용기전은 아직까지 완전히 밝혀진 것은 아니지만 지금까지 알려진 바에 의하면 수용성 점성 식이섬유는 소장내에서 담즙과 식이성 지질과 작용하여<sup>28)</sup> 결합하고 배설량을 증가시키며 또 한편으로는 지질과의 결합 없이도 위장관 내의 통과시간을 지연시킴으로써 영양소 흡수율을 지연시키는 동시에 콜레스테롤과 담즙산의 분변배설량을 증가시키는 것으로 해석되었다<sup>23)24)25)</sup>. Polydextrose와 carrageenan의 분변 총지질, 총콜레스테롤 및 총담즙산 배설량은 cellulose보다 1.3~2배 정도 증가되었다.

요약 및 결론

본 연구는 식이섬유의 종류와 기간별로 수준을 달리하면서 식이를 급여하였을 때 이들 식이패턴이 고지방식(18%)을 섭취한 성장기 흰쥐의 체내 지질 대사에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 수행되었다. 첫째, 식이섬유의 종류별로 혈청, 간조직 및 분변의 지질 함량에 미치는 단기간의 급여효과를 알아보기 위해 식이섬유 중 α-cellulose, polydextrose, carrageenan을 선택하여 식이 중에 적정수준 6%를 첨가하였다. 각 실험식이로 약 100g되는 흰쥐(S.D.수컷)를 4주간 사양한 후 혈청, 간조직 및 분변에서의 지질함량을 측정하였다. 둘째, 식이섬유의 종류와 수준별로 혈청, 간조직 및 분변 중의 지질함량에 미치는 장기간의 급여효과를 알아보았다. 즉, 식이섬유를 적정수준으로 4주 급여 후에 적정수준(6%)과 저수준(1%)으로 나누어 실험식을 급여하여 사양하여 8주 후에 혈청, 간조직 및 분변에서의 지질함량을 측정하였다. 실험을 통해 얻은 결과는 다음과 같다.

1) 단기간 급여시(4주간)에서는 최종체중, 증체량 및 식이효율면에서 carrageenan군이 통계적으로 유의성 있게 낮았다(p<0.05). 장기간 급여시(8주간)에서는 실험식에 따른 차이가 없었다.

2) 단기간 급여시(4주간)에서는 동맥혈청 총지질 수준에 있어서 실험군 사이에 유의적인 차이가 없었다. 식이섬유별 혈청 총콜레스테롤의 변화는 polydex-

Table 5. Fecal lipids in rats fed experimental diets (mg/day)

Groups <sup>1)</sup>	Total Lipids	Cholesterol	Bile Acids
Experimental periods 4 Weeks			
6 αC <sub>4</sub>	150.6± 9.9 <sup>2)b*</sup>	19.3± 1.7 <sup>b</sup>	14.9± 0.5 <sup>b</sup>
6 P <sub>4</sub>	168.1± 4.1 <sup>a</sup>	35.9± 2.0 <sup>a</sup>	26.5± 0.9 <sup>a</sup>
6 C <sub>4</sub>	179.1± 12.4 <sup>a</sup>	37.9± 4.8 <sup>a</sup>	27.3± 0.5 <sup>a</sup>
Experimental periods 8 Weeks			
6 αC <sub>8</sub>	128.5± 6.8 <sup>b</sup>	15.0± 1.1 <sup>b</sup>	16.5± 0.5 <sup>b</sup>
6 P <sub>8</sub>	163.7± 9.7 <sup>a</sup>	31.6± 0.8 <sup>a</sup>	27.6± 0.4 <sup>a</sup>
6 C <sub>8</sub>	171.2± 5.1 <sup>a</sup>	35.7± 3.3 <sup>a</sup>	28.2± 0.4 <sup>a</sup>
6→1 αC <sub>8</sub>	83.9± 5.8 <sup>b</sup>	10.7± 1.0 <sup>b</sup>	10.1± 0.5 <sup>b</sup>
6→1 P <sub>8</sub>	129.4± 7.8 <sup>a</sup>	25.5± 2.5 <sup>a</sup>	24.9± 0.3 <sup>a</sup>
6→1 C <sub>8</sub>	163.1± 3.3 <sup>a</sup>	31.5± 1.5 <sup>a</sup>	27.3± 0.5 <sup>a</sup>

1) For details of groups, see the text

2) mean± SEM

\* : Values within the same column with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

trose군과 carrageenan군에서 유의적으로 낮은 수치를 보이고 있었으며( $p < 0.05$ ), HDL콜레스테롤은 각 군 별로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 혈청 중성지방 농도는 식이섬유별로 차이가 없었다.

장기간 급여시(8주간)에서는 동맥 혈청의 총지질 농도가 carrageenan군에서 8주 후와 4주 후 1%로 바꾸었을 때 모두 유의적으로 낮은 수치를 보였다. 혈청 총콜레스테롤농도는 polydextrose군과 carrageenan군에서 8주 후와 4주 후 1%로 바꾸었을 때 모두 유의적으로 낮았다.

3) 단기간 급여시(4주간)에서 간조직 무게, g당 간 조직 내 총지질함량 및 간 콜레스테롤함량은 carrageenan군에서 유의적으로 낮은 수치를 나타냈다( $p < 0.05$ ). 간의 중성지방 함량은 polydextrose 군과 carrageenan군에서  $\alpha$ -cellulose군에 비해 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다.

장기간 급여시(8주간)에서는 간조직 무게에 차이가 없었으며, 간조직의 총지질함량은 식이섬유의 종류에 따라 다르게 나타났다. 즉, carrageenan군은 8주후와 4주후 1%로 바꾸었을 때 모두 유의하게 낮았으나, polydextrose군에서 4주 후 1%로 바꾸었을 때는 그 효과가 인정되지 않았다. 간조직의 중성지방함량은 4주 후 6%에서 1%로 바꾸었을 때 polydextrose군에서만 효과가 인정되었다.

4) 단기간 급여시(4주간) 및 장기간 급여시(8주간) 모두에서 분변 중의 총 지질, 콜레스테롤 및 총담즙산의 함량은 carrageenan군과 polydextrose군이  $\alpha$ -cellulose군보다 유의하게 증가되었다( $p < 0.05$ ).

### Literature cited

- 1) 보건사회부. '92 국민영양조사 결과 보고서. 1994
- 2) 경제기획원 조사통계국. 사망 원인 통계 연보. 1988
- 2) Kris-Etherton PM, Krummel D, Russell RE, Dreon D, Mackey S, Borchers J, Wood PD. The effect of diet on plasma lipids, lipoproteins and coronary heart disease. *J Am Diet Assoc* 88 : 1373-1400, 1988
- 4) Anderson JW, Gustafson NJ. Hypocholesterolemic effects of oat and bean products. *Am J Clin Nutr* 48 : 749-753, 1988
- 5) Hopewell R, Yeater, I Ullrich. Soluble fiber : Effect on carbohydrate and lipid metabolism. *Prog in Food and Nutr Science* 17 : 159-182, 1993
- 6) Schneeman BO, Tietyen J. Dietary fiber. In : Shills ME, Olson JA, Shike M, eds. Modern nutrition in health and disease, Lea & Febiger, vol 1 pp89-100, 1994
- 7) 서정숙 · 한인규. 식이중에 첨가된 섬유소의 종류와 수준이 흰쥐의 체내 지질함량에 미치는 영향. *한국영양학회지* 21(3) : 164-172, 1988
- 8) 최 면 · 김종대 · 주진순. 폴리덱스트로스와 가수분해된 구아검이 지방량을 달리한 식이를 섭취한 정상백서의 지질대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 25(3) : 211-220, 1992
- 9) Kamejiro Y, Sono Sugawara, Ikuko Konoma. Effects of polydextrose in the control of Diabetes mellitus, 1990
- 10) 박수현 · 이연경 · 이혜성. 식이섬유 첨가식이 Streptozotocin-유도 당뇨병의 장기능과 지질 및 당질대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 27 : 311-322, 1994
- 11) Tsai AC, J Elias, Kelley JJ, RSC Lin, JRK Robson. Influence of certain dietary fibers on serum and tissue cholesterol levels in rats. *J Nutr* 106 : 118-123, 1976
- 12) Ershoff BH, Wells AF. Effects of gum guar, locust bean gum and carrageenan on liver cholesterol of cholesterol-fed rats. *Proc Soc Exp Biol Med* 110 : 580-582, 1962
- 13) Fringe CS, Dunn RM. The colorimetric method for determination of serum total lipids based on the sulfo-phosphovanillin reaction. *Am J Clin Patho* 53 : 89, 1970
- 14) Zlatkis A, Zak B. Study of a new cholesterol reagent. *Anal Biochem* 29 : 143, 1969
- 15) Biggs HG, Erikson MJ, Wells RM. A manual colorimetric assay of triglycerides in serum. *Clin Chem* 21 : 437, 1975
- 16) Folch J, M Less, Sloaestanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Bio Chem* 226 : 4497, 1957
- 17) Mittinen TA, EH Ahrens Jr, Grundy SM. Quantitative isolation and gas-liquid chromatographic analysis of total dietary and fecal neutral steroids. *J Lipid Res* 6 : 411-424, 1965

식이섬유와 지질 대사

- 18) Elsenhans B, Blume R, Caspary WG. Long-term feeding of unavailable carbohydrate gelling agents influence of dietary concentration and microbiological degradation on adaptive responses in the rat. *Am J Clin Nutr* 34 : 1837-1848, 1981
- 19) Kritchevsky D. Dietary fiber. *Annu Rev Nutr* 8 : 301-328, 1988
- 20) Vigne JL, Lairon D, Borel P, Portugal H, Pauli A, Hauton JC, Lafont H. Effects of pectin, wheat bran and cellulose on serum lipids and lipoprotein a in rats fed on a lowor high-fat diet. *Br J Nutr* 58 : 405-413, 1987
- 21) Schneeman BO, M Lefevre. Effects of fiber on plasma lipoprotein composition. In : Vahouny GV & Kritchevsky D. eds. Dietary fiber : Basic and clinical aspects. Plenum Press, New York. pp309-321, 1986
- 22) Eastwood MA. The physiological effect of DF : An update. *Annu Rev Nutr* 12 : 19-35, 1992
- 23) Vahouny GV, Cassidy MM. Dietary fiber and intestinal absorption. In : Vahouny GV & Kritchevsky D. eds. Dietary fiber : Basic and clinical aspects. Plenum Press. New York, pp181-209, 1986
- 24) Vahouny GV, Cassidy MM. Effects of dietary fiber on intestinal absorption of lipids. In : Vahouny GV & Kritchevsky D. eds. Dietary fiber : Basic and clinical aspects. Plenum Press, New York. pp121-128, 1986
- 25) Story JA. Modification of steroid excretion in response to dietary fiber. In : Vahouny GV & Kritchevsky D. eds. Dietary fiber : Basic and clinical aspects. Plenum Press, New York. pp253-264, 1986
- 26) Hexeberg S, Hexebbers E, Willumsen N, Berge R. A study on lipid metabolism in heart and liver of cholesterol and pectin-fed rats. *Br J Nutr* 71 : 181-192, 1994
- 27) Nishina PM, Freedland RA. The effect of dietary fiber feeding on cholesterol metabolism in rats. *J Nutr* 120 : 800-805, 1990
- 28) Ebihara K, Schneeman BO. Interaction of bile acid phospholipids, cholesterol and triglyceride with dietary fiber in the small intestine of rats. *J Nutr* 119 : 1100-1106, 1989
- 29) Ikeda I, Tomari Y, Sugano M. Interrelated effects of DF and fat on lymphatic cholesterol and triglyceride absorption in rats. *J Nutr* 119 : 1383-1387, 1989
- 30) Topping DL. Soluble fiber polysaccharides : Effects on plasma cholesterol and colonic fermentation. *Nutr Rev* 49 : 195-203, 1991
- 31) Illman RJ, Topping DL. Effects of dietary oat bran on fecal steroid excretion, plasma volatile fatty acids and lipid synthesis in rats. *Nutr Res* 5 : 839-846, 1985