

## 식이섬유 종류가 고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 체내 지질대사 및 신장기능에 미치는 영향

박영주 · 박양자 · 김민선

서울대학교 생활과학대학 식품영양학과

### Effects of Dietary Fiber Sources on Lipid Metabolism and Kidney Function in Rats Fed High Cholesterol Diet

Young-Joo Park, Yaung-Ja Park and Min-Sun Kim

*Dept. of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul, Korea*

#### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of dietary fibers (cellulose, polydextrose, pectin, ricebran) supplementation on the kidney function of hyperlipidemic-induced rats on a high cholesterol diet (5% cholesterol). Serum lipid concentrations were not influenced by dietary fiber sources, but the pectin group was effective in reducing serum lipid levels. Total serum protein and albumin concentrations tended to higher in the polydextrose group, and serum creatinine and urea-N concentrations were higher in the pectin group than those in the other groups. Even though total urinary protein was high in the pectin group, GFR was reduced (18~30% decrease) as compared to other groups. The urea-N level was elevated in the polydextrose group as compared to that of cellulose group(25% increase). Total lipid, triglyceride and cholesterol concentrations in the liver of pectin group were lower than those of other groups. Total lipid and cholesterol concentrations in the kidneys were reduced in pectin and ricebran groups, respectively. The total cholesterol concentration in fecal was significantly high in the polydextrose and pectin groups( $p < 0.05$ ), and the triglyceride concentration was highest in the pectin group. These results indicate no significant effects of dietary fiber supplementation on the kidney function of hyperlipidemic-induced rats on a high cholesterol diet, but pectin was very effective to improve lipid metabolism and to reduce GFR.

---

Key words: dietary fiber, hyperlipidemia, kidney function.

## I. 서 론

동물성 단백질과 포화지방산의 섭취가 증가되고 있는 우리의 식생활 변화는 고혈압, 당뇨병, 동맥경화증 같은 성인병뿐만 아니라 신장질환의 발병과 진행에도 영향을 미치고 특히 신증후군의 유병율과 사망률이 고혈압, 당뇨병, 동맥경화증 환자에서 정상인보다 더 높았다고 하는 연구보고도 있다<sup>1-3)</sup>. 신증후군은 만성적 진행성 신장병(chronic progressive renal disease)의 경로 중에서 비교적 늦게 나타나는 질환으로서 단백뇨, 저알부민혈증, 부종 등의 증상을 복합적으로 보이며 고지혈증 및 고콜레스테롤혈증이 공통적으로 나타났고, 어떤 경우에는 임상적으로 뚜렷한 신장질환이 시작되기 전에 혈장 콜레스테롤과 중성지방의 증가와 지단백 이상을 보인다<sup>4,5)</sup>. 이처럼 노화나 성인병 유발 위험 인자인 고지혈증이 신장기능 손상을 초래한다는 것이 밝혀지면서 신장질환의 진단과 지질대사 이상과의 관계를 규명하는 연구가<sup>4)</sup> 시작되었고, 고지혈증과 신기능 손상을 동시에 감소시키기 위한 식이에 관한 연구가 주목되고 있다. 지금까지 신증후군 환자에 대한 식사요법의 영양효과에 관한 연구는 주로 신증후군에서 단백뇨나 저알부민혈증을 완화시키기 위한 식이 제한, 특히 단백질 섭취 제한에 관한 연구가<sup>6,7)</sup> 많으며, 최근에는 고지혈증의 신증후군 발달 기전이 제시되면서<sup>8)</sup> 혈청 지질의 저하를 통한 신증후군을 완화시키려는 식이 조성에 관한 연구가<sup>9,10)</sup> 이루어지고 있다. 식이섬유는 심혈관계 질환, 고혈압, 당뇨병의 예방을 위해 지난 10여 년간 주목을 받아온 주요 식이성분으로써 최근 그 중요성은 더욱 강조되어지고 있다. 펙틴, 구아검, 쌀겨와 같은 수용성 식이섬유는 겔을 형성하는 특성이 있어 영양소의 흡수를 지연시키고 담즙산과 결합해서 혈중 콜레스테롤치를 저하시키는 등 주로 당질과 지질대사에 관여함으로써 당뇨병 환자의 내당성 개선과 혈청지질수준의 감소에 미치는 긍정적인 결과가 보고<sup>11-13)</sup>된 바 있고 난소화성 합성다당류인 폴리덱스트로즈(polydextrose)도 정상위의 혈청 지질수준 저하와 HDL-콜레스테롤의 상승효과에 대해서도 최근 많은 연구<sup>14,15)</sup>가

진행되어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 천연 정제식이섬유인 셀룰로오스(cellulose), 펙틴(pectin), 쌀겨(rice bran)와 합성식이섬유 소재인 폴리덱스트로즈(polydextrose)가 고콜레스테롤식을 급여한 흰쥐의 체내지질대사 및 신기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험동물 및 식이

생후 21일된 Sprague-Dawley계 흰쥐 수컷 24마리를 체중 200g 정도로 성장할 때까지 고행사료로 적응시킨 후 평균 체중이 유사하도록 각 군마다 6마리씩 4군으로 나누어 배치하여 처음 8주 동안 고콜레스테롤식이(5% cholesterol)를 급여하고, 그 이후 식이섬유의 종류를 달리하여, 즉 cellulose(CL), polydextrose(PD), pectin(PE), rice bran(RB)를 다시 8주 동안 급여하였다(Table 1). 실험기간 동안 식이와 물은 자유급식하였고 사육실 온도는 23±2℃, 상대습도 60±10%, 명암은 12시간 주기로 조절하였다.

### 2. 시료 수집 및 분석

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

Ingredients	CL <sup>1)</sup>	PD <sup>2)</sup>	PE <sup>3)</sup>	RB <sup>4)</sup>
Casein	200	200	200	200
Starch	600	600	600	600
Beef tallow	50	50	50	50
Methionine	3	3	3	3
Vitamin mixture <sup>5)</sup>	10	10	10	10
Mineral mixture <sup>6)</sup>	35	35	35	35
Choline chloride	2	2	2	2
Cholesterol	50	50	50	50
$\alpha$ -Cellulose	50	—	—	—
Polydextrose	—	50	—	—
Pectin	—	—	50	—
Ricebran	—	—	—	50

1) CL :  $\alpha$ -cellulose, 2) PD : polydextrose, 3) PE : pectin, 4) RB : ricebran, 5), 6) AIN-76.

1) 시료 수집

실험종료 전 3일 동안 대사 cage에서 뇨와 분변을 수집하였고, 시료 채취 전 14시간 절식시킨 후 diethylether로 마취하여 경동맥 방혈로 채혈하였으며, 간과 신장 조직은 적출하여 0.9% NaCl용액으로 세척하였고, 이상의 모든 시료는 냉동 보관하였다.

2) 분석 방법

(1) 지질 분석

혈청의 총지질은 Fringe와 Dunn<sup>16)</sup>방법으로, 중성지질과 콜레스테롤 분석은 각각 Bigg<sup>17)</sup>의 방법과 Zlatkis와 Zak<sup>18)</sup>방법, HDL-cholesterol은 효소법(영동제약 HDL-cholesterol kit)으로, LDL-cholesterol은 Friedewald식<sup>19)</sup>에 의거해서 산출하였다. 간, 신장, 분변의 총 지질은 Folch 등<sup>20)</sup>의 방법으로 추출하였고 총 콜레스테롤과 중성지방 분석은 혈청과 동일한 방법으로 실시하였다.

(2) 총 단백질, 알부민, 크레아티닌, urea-N 함량 및 사구체여과율(GFR)

수집된 경동맥 혈액과 뇨를 원심분리하여 상층액에서 총 단백질, 알부민, 크레아티닌, urea-N 함량 및 GFR을 분석하였다. 혈청 중 총 단백질과 알부민 함량은 뷰렛트 반응을 통한 비색법(영동제약 kit)을, 크레아티닌 함량은 picric acid를 이용한 Jaffe reaction법(영동제약 kit)을, urea-N 함량은 urease 효소법(영동제약 kit)으로 분석하였다. 뇨의 총 단백질 함량은 pyrogallol red total protein test kit를 사용하였다. GFR은 혈액과 뇨 중의 크레아티닌 함량과 뇨량을 이용하여 다음 식으로 계산하였다.

$$GFR = \frac{\text{creatinine of urine}(mg/dl) \times \text{volumn of urine}}{\text{creatinine of serum}(mg/dl)}$$

3. 통계 처리

모든 측정치들은 SAS package를 이용하여 실험 결과를 평균±표준오차로 나타내었고 각 실험군의 평균치 간의 통계적 유의성은 Duncan's multiple range test로 5% 유의수준에서 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 실험동물의 체중변화 및 식이효율

고지혈증 유발식이인 고콜레스테롤 식이를 8주간 급여한 후 그 개선효과를 검토하기 위해서 4종류의 식이섬유 즉 cellulose(CL), polydextrose(PD), pectin(PE) 및 rice bran(RB)을 다시 8주 동안 급여했을 때 각 실험 군의 최종체중, 체중증가량 및 식이효율은 Table 2와 같다. 최종체중 및 체중증가량은 polydextrose군이 각각 488g, 289g으로 다른 식이섬유군보다 다소 높게 나타났지만 유의적인 차이를 보이지는 않았으며, 식이효율 역시 polydextrose군이 0.13으로 다른 식이섬유군보다 높게 나타났고 나머지 군에서는 차이를 보이지 않았다. 이상의 결과에서는 식이섬유의 종류에 따른 차이가 식이효율과 체중증가에 영향을 미치지 않는다고 판단된다. 또한 이는 식이섬유가 식이섭취량 및 체중증가에 영향을 미치지 않았다고 하는 연구 보고<sup>21)</sup>와도 같은 경향이 있었다.

2. 혈청의 지질농도

각 군별 혈청의 총 지질, 중성지질, 총 콜레스테롤 및 HDL과 LDL-콜레스테롤 함량은 Table 3과 같다. Pectin군에서는 혈청의 총 지질과 총 콜레스테롤 함량은 다른 군에 비해 다소 낮게 나타났다. 이러한 결과는 pectin이 고콜레스테롤혈증 흰쥐의 혈장 콜레스테롤농도를 저하시킨다는 보고<sup>22-24)</sup>와 유사한 경향으로 pectin 식이 섭취로 인한 혈장의 지질 개

Table 2. Body weights and FER<sup>1)</sup>

	Final body weight(g)	Body weight gain(g)	FER
CL	443.26±17.84 <sup>ns</sup>	250.62±24.23 <sup>ns</sup>	0.12±0.01 <sup>ns</sup>
PD	488.51±16.37	289.83±18.56	0.13±0.01
PE	475.34±17.06	263.04±17.34	0.12±0.01
RB	458.67±24.72	239.57±18.83	0.11±0.01

<sup>1)</sup> FER : Food Efficiency Ratio

Values are mean±S.E.

<sup>ns</sup> : Not significant.

**Table 3.** Serum lipids in rats fed experimental diets

(mg /dl)

	Total-lipid	Triglyceride	Total-cholesterol	HDL-cholesterol	LDL-cholesterol
CL	372.0±53.6 <sup>ns</sup>	20.5±11.1 <sup>ns</sup>	209.0±34.7 <sup>ns</sup>	85.3±19.1 <sup>ns</sup>	119.4±46.6 <sup>ns</sup>
PD	515.3±65.0	14.8± 2.9	265.0±25.5	117.2± 7.4	144.8±35.3
PE	321.3±43.5	13.2± 3.2	181.0±13.5	91.4± 8.1	80.0±12.8
RB	410.7±78.9	12.3± 1.7	229.5±23.0	106.6±16.0	120.5±16.0

Values are mean ± S.E.

<sup>ns</sup> : Not significant

선효과를 시사해 준다. 증성지질은 cellulose군에 비해 polydextrose, pectin, ricebran군이 낮았다. 이는 cellulose가 혈청의 증성지질수준을 낮추는데 효과가 없었던 반면, pectin은 혈청과 조직에서 증성지질수준을 낮추는데 효과가 있다고 한 보고<sup>12)</sup>와 같은 경향이었다. 혈청의 총 콜레스테롤 함량이 pectin군에서 가장 낮게 나타났고 HDL-콜레스테롤은 polydextrose군이 다른 군에 비해 높은 값을 보였으며 그 다음으로는 ricebran군과 pectin군 순으로 낮게 나타났다. 이 결과는 polydextrose가 혈청의 HDL-콜레스테롤을 높인다고 보고한 서<sup>11)</sup> 등의 연구와 일치한다. 혈청의 LDL-콜레스테롤 함량을 보면 pectin군이 가장 낮고 cellulose, rice bran, polydextrose군 순으로 낮아졌다. 이상의 결과에서 혈청내 총 콜레스테롤 수준 저하는 HDL-콜레스테롤보다는 LDL-콜레스테롤 농도를 효율적으로 낮춘다는 가능성을 시사하며, polydextrose군이 HDL-콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 함량이 높게 나타난 것은 혈청의 총 콜레스테롤 함량이 높았기 때문으로 사료된다.

### 3. 혈청의 총 단백질, 알부민, A/G ratio, Urea-N 및 크레아티닌 함량

식이성 유발 고지혈증 및 신증후군의 지속적인 단백질로 인한 단백질 영양불량 상태를 확인하기 위하여 혈청 총 단백질, 알부민 및 A/G비율과 신장손상의 지표로서 혈청 urea-N과 크레아티닌 함량의 변화를 조사했는데 그 결과는 Table 4와 같다. 혈청의 총 단백질 함량은 cellulose군이 유의적으로 높았고(p<0.05) 그 다음은 polydextrose군, ricebran군, pectin군 순으로 낮게 나타났다. 혈청 알부민 함량은 polydextrose군이 다른 군에 비해 유의적으로 높았지만(p<0.05) pectin군과 ricebran군 간에는 유의적인 차이는 없었으며, A/G비율은 실험군 간에 차이를 보이지 않았다. 혈청의 urea-N은 cellulose군이 다소 낮게 나타났지만 실험군 간에 유의적인 차이는 없었다.

### 4. 뇨 중 총 단백질, urea-N, 크레아티닌 함량 및 사구체 여과율(GFR)

신장기능의 변화를 알아보기 위하여 1일 뇨배설량, 뇨 중 총 단백질, urea-N, 크레아티닌 함량 및 creatinine clearance로 사구체 여과율을 측정 한 결과는 Table 5와 같다. 뇨 중 creatinine 함량과 뇨배설량은 유의적인 차이를 보이지 않았으나 polydex-

**Table 4.** Total-protein, albumin, A/G ratio, urea-N and creatinine concentration in serum

	Total-protein (g /dl)	Albumin (g /dl)	A/G ratio	Urea-N (mg /dl)	Creatinine (mg /dl)
CL	8.2±0.3 <sup>ns</sup>	3.3±0.2 <sup>ab</sup>	0.7±0.1 <sup>ns</sup>	8.7±1.9 <sup>ns</sup>	1.9±0.2 <sup>ns</sup>
PD	7.9±0.2	4.0±0.1 <sup>a</sup>	1.0±0.0	11.5±1.2	1.8±0.2
PE	6.4±0.1	2.9±0.1 <sup>b</sup>	0.9±0.1	12.2±0.9	2.7±0.3
RB	6.9±0.2	2.8±0.9 <sup>b</sup>	0.7±0.0	12.7±1.2	2.0±0.1

Values are mean ± S.E.

Values within the same column with different subscripts are significantly different at p&lt;0.05 by Duncan's multiple range test.

<sup>ns</sup> : Not significant.

trose군에서 뇨 중 creatinine 함량이 낮게 나타났다. 신장기능 퇴화의 지표로 사용되는 단백뇨의 경우 실험군 간에 차이를 보이지는 않았으며 pectin군이 ricebran군이나 polydextrose군보다 뇨 중 단백질함량이 다소 높았고 cellulose군에서 가장 낮은 값을 보였다. 이는 수용성섬유소인 pectin이 점성이 강하여 장내에서 수송속도를 느리게 하며 또한 pepsin activity를 저해하여 단백질 흡수율을 저하시키므로써 질소배설량을 증가<sup>25)</sup>시키는 것으로 사료된다.

뇨 중 urea-N은 조직, 기관, 체단백질의 분해 결과로 생성된다. 즉 단백질 분해로 생긴 아미노산의 산화로 인해 생성<sup>26)</sup>된다. 본 실험 결과 polydextrose, pectin, ricebran군이 cellulose군보다 뇨로 배설된 urea-N 함량이 많았다. 이는 수용성 식이섬유가 뇨 중 질소 배설물을 증가시킨다는 연구 결과<sup>27)</sup>와 일치했다. 뇨로 배설되는 크레아티닌 함량은 주로 근육에 존재하는 creatine phosphate의 대사로 인해 생성되므로 근육의 양을 알아보는데 이용되

고 이는 감염, 종양, 열에 의해 증가<sup>28)</sup>된다. 본 실험에서는 polydextrose군의 뇨로 배설된 creatinine량이 다른 군보다 낮았는데 이는 polydextrose군이 다른 군보다 체중증가가 많은 것과 관계가 있는 것으로 추정해 볼 수 있다. 사구체 여과율(GFR)은 식이 단백질로 인해 주로 황(S), 인(P), 나트륨(Na)의 섭취수준이 저하되면 사구체 여과율과 신혈류(renal plasma flow)가 감소되어 신기능이 저하된다. 일반적으로 사구체 여과율 감소는 신장의 기능 저하를 야기하며 고단백식이물 섭취할 경우 사구체 여과율이 증가<sup>29,30)</sup>하고 있는데, 본 연구에서는 Table 5에 나타난 바와 같이 식이섬유의 종류가 사구체 여과율에 영향을 미치지 않는 않았지만 pectin군에서 사구체 여과율이 크게 감소하였는데, 이는 pectin군이 다른 식이섬유군에서보다 뇨 중 단백질배설량이 높은데서 기인한 것으로 사료된다.

### 5. 간, 신장 조직 및 분변의 지질 성분

**Table 5.** Urine volume, total protein, urea-N, creatinine concentrations and GFR in urine

	Urine volume (ml/day)	Total protein (mg/day)	Urea-N (mg/day)	Creatinine (mg/day)	GFR (ml/min)
CL	14.5±2.4 <sup>ns</sup>	18.1±3.5 <sup>ns</sup>	280.7±83.6 <sup>ns</sup>	17.1±1.0 <sup>ns</sup>	0.66±0.07 <sup>ns</sup>
PD	20.2±2.0	23.4±2.0	350.1±38.4	14.7±1.0	0.56±0.05
PE	14.6±2.2	25.9±1.8	313.0±33.4	16.9±1.8	0.45±0.06
RB	14.5±3.3	21.4±2.0	314.7±47.2	17.8±3.0	0.62±0.09

Values are mean±S.E.

<sup>ns</sup> : Not significant.

**Table 6.** Liver weights and lipid contents in rats fed experimental diets

	Liver lipids (mg/g dry weight)				
	Liver wet weight		Total lipid	Triglyceride	Total cholesterol
	(g)	(mg/g BW)			
CL	18.9±1.2 <sup>ns</sup>	42.5±3.2 <sup>ns</sup>	519.2±25.9 <sup>ab</sup>	82.3±6.7 <sup>b</sup>	140.2±13.0 <sup>ns</sup>
PD	20.7±0.9	42.4±3.2	591.5± 7.8 <sup>a</sup>	157.0±5.6 <sup>a</sup>	179.0± 4.3
PE	16.2±0.8	33.9±3.2	451.1± 8.9 <sup>b</sup>	89.1±4.3 <sup>ab</sup>	115.8± 4.1
RB	17.1±1.3	37.3±3.2	543.3±10.1 <sup>ab</sup>	92.7±5.7 <sup>ab</sup>	151.6± 5.1

BW: body weight

Values are mean ± S.E.

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

<sup>ns</sup> : Not significant.

### 1) 간 조직의 총 지질, 중성지방 및 총 콜레스테롤 함량

간 조직의 단위 체중당 무게 및 지질 함량 변화는 Table 6과 같다. 간 조직의 단위 체중당 무게는 cellulose, polydextrose, ricebran, pectin군 순으로 작았다. 간 조직의 총 지질과 콜레스테롤 함량은 pectin군이 가장 낮았다. 최근 연구<sup>31-34)</sup>에서는 pectin이 간 조직의 콜레스테롤 생합성 효소인 HMG-CoA reductase의 활성을 억제시킨다고 보고한 바 있다. 이처럼 pectin의 간 조직에서 총 콜레스테롤 및 총 지질의 저하작용은 혈청콜레스테롤 저하효과와 관련이 있고, 이는 간 조직에서 콜레스테롤 생합성과정 중 속도제한 효소인 HMG-CoA reductase의 활성억제 효과에 따른 생성량 감소<sup>24)</sup>로 사료된다. 그러나 본 연구에서 저장성 지방질인 중성지방의 함량은 polydextrose군이 다른 군보다 유의적으

로 높게 나타났는데 이는 polydextrose군의 최종체중과 단위 체중당 간 조직의 무게가 다른 군에 비해 높았기 때문으로 사료된다.

### 2) 신장 조직의 총 지질, 중성지방 및 총 콜레스테롤 함량

신장 조직의 단위체중당 무게, 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지방 함량은 Table 7과 같다. 신장조직의 단위 체중당 무게는 ricebran군이 다른 식이섬유군보다 낮았다. 이는 신장 비대현상이 있는 당뇨 쥐에서 낱 메밀식이를 급여했을 경우 신장 무게가 다소 감소했다는 보고<sup>35)</sup>와 유사한 경향이었다. 총 지질 및 총 콜레스테롤 함량 역시 polydextrose군보다 낮은 값을 보였다. 이상의 결과에서 식이섬유소의 종류에 따른 차이가 현저하게 나타나지 않았음을 알 수 있었다.

**Table 7.** Kidney weights and lipid contents in rats fed experimental diets

	Kidney wet weight		Kidney lipids (mg /g dry weight)		
	(g)	(mg /g BW)	Total	Triglyceride	Total
			lipid		cholesterol
CL	2.7±0.1 <sup>ns</sup>	6.1±0.3 <sup>ns</sup>	136.3±6.9 <sup>ns</sup>	10.3±2.7 <sup>ns</sup>	13.2±1.3 <sup>ns</sup>
PD	3.1±0.1	6.4±0.2	142.8±5.6	10.9±2.0	16.4±0.9
PE	2.9±0.1	6.1±0.3	129.7±2.4	12.9±1.2	14.9±0.6
RB	2.8±0.2	6.2±0.1	129.5±5.9	12.5±2.5	14.4±1.2

BW: body weight

Values are mean ± S.E.

<sup>ns</sup> : Not significant.

**Table 8.** Fecal excretions and lipid contents in rats fed experimental diets

	Fecal dry weight (g /day)	Fecal lipids (mg /day)		
		Total lipid	Triglyceride	Total cholesterol
CL	2.6±0.6 <sup>ns</sup>	889.1±219.2	2.8±0.9 <sup>a</sup>	356.9±117.1 <sup>b</sup>
PD	2.1±0.4	991.5±178.6	1.4±0.4 <sup>b</sup>	723.7±148.6 <sup>a</sup>
PE	2.2±0.2	989.1± 82.3	2.0±0.3 <sup>a</sup>	743.6± 68.4 <sup>a</sup>
RB	1.8±0.3	759.2±127.2	1.3±0.2 <sup>b</sup>	432.4± 89.0 <sup>ab</sup>

BW: body weight

Values are mean ± S.E.

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

<sup>ns</sup> : Not significant.

### 3) 분변 중 지질배설량의 변화

분변 중의 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지질 함량은 Table 8과 같다. 분변 중 총 지질과 총 콜레스테롤 함량은 polydextrose군, pectin군, rice bran군이 cellulose군보다 증가되었다. 특히 polydextrose군과 pectin군은 총 콜레스테롤의 배설량이 cellulose군보다 2~3배 정도 증가되었는데 이는 장 등의 보고<sup>14)</sup>와도 같은 경향이었다. 일반적으로 혈청 콜레스테롤 저하효과를 나타내는 불소화성 복합탄수화물은 분변 중 지질과 담즙산 배설량을 증가<sup>36)</sup>시키는 것으로 알려져 있다. 지금까지 알려진 수용성 점성 식이섬유는 소장내에서 담즙 및 식이성 지질과 작용하여 영양소 흡수율을 지연시키는 동시에 콜레스테롤과 담즙산의 분변 배설량을 증가시키는 것으로 해석<sup>31~33)</sup>한다.

## IV. 요약

본 연구는 식이섬유 종류가 고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 체내 지질대사 및 신장기능에 미치는 영향을 조사하기 위해서 Sprague-Dawley계(평균 체중 202g) 흰쥐에 고콜레스테롤 식이(5% 콜레스테롤)를 8주 동안 급여한 후 식이섬유의 종류를 달리하여 식이의 5% 수준으로 4종류 즉 cellulose, polydextrose, pectin, rice bran으로 다시 8주 동안 사육하였다. 실험으로 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 최종체중, 체중증가량 및 식이효율은 polydextrose군이 다른 식이군보다 높게 나타났으나 유의적인 차이를 보이지는 않았다.
2. 혈청의 총 지질, 중성지질 및 총 콜레스테롤 함량은 식이섬유의 종류에 따라서 유의적인 차이를 보이지는 않았지만, pectin군이 다른 군에 비해 낮은 값을 보였고, HDL-cholesterol 함량은 polydextrose, rice bran, pectin, cellulose 군 순으로 낮아졌다. LDL-cholesterol 함량은 polydextrose군에서 가장 높았으며 pectin군의 경우는 cellulose군보다 34% 감소하였다.
3. 혈청의 총 단백질과 알부민 함량은 pectin군과 rice bran군에서 낮게 나타났고, A/G비율은

유의적인 차이가 없었지만 cellulose군이 다른 군에 비해 다소 낮았으며 크레아티닌 함량은 pectin군에서 높은 값을 보였다.

4. 1일 뇨배설량은 polydextrose군이 다른 군에 비해 30% 정도 증가되었지만, 뇨의 크레아티닌 함량은 20%가 낮아졌다. 뇨로 배설된 단백질 함량은 pectin군이 가장 높았고 urea-N 함량은 polydextrose군의 경우에 cellulose군에 비해 25%의 증가를 나타냈다. 사구체 여과율은 식이섬유의 종류에 따라 유의적인 차이가 없었지만 pectin군이 다른 군에 비해 18~30% 감소하였다.
5. 간 조직의 총 지질, 중성지방 및 총 콜레스테롤 함량은 pectin군이 다른 군보다 낮게 나타났다. 신장 조직 역시 pectin군과 rice bran군에서 총 지질 함량은 낮게 나타났고 중성지질 함량은 cellulose군보다 오히려 18~20% 증가했으나 통계적 유의차는 없었다. 분변으로 배설된 총 콜레스테롤 함량은 polydextrose군과 pectin군이 다른 식이군에 비해 유의적으로 ( $p < 0.05$ ) 높았고 총 지질과 중성지질 함량 역시 pectin군에서 다소 많이 배설되었다. 따라서 본 실험결과에서 고지혈증 유발식이로 비교적 높은 수준인 5% 콜레스테롤식이물 급여한 흰쥐에서 pectin군에서만 체내 지질대사의 개선효과가 나타났고, 식이섬유 종류에 따른 신장기능의 개선효과가 뚜렷하게 관찰되지는 않았기 때문에 실험기간을 8주 이상으로 연장하여 장기간 조사해 볼 것을 제안한다.

## V. 참고문헌

1. Robert, G. N., David, J. P., Michael, J. C., Baird, H. R. and William, C. K.: Effect of proteinuria on mortality in NIDDM, Diabetes, 37:1499-1504, 1988.
2. Wiseman, M. J., Hunt, R., Goodwin, A. and Gross, J. L.: Dietary composition and renal function in healthy subjects, Nephron, 46: 37-42, 1987.

3. Keane, W. F., Kasiske, B. L. and O'Donnell, M. P.: Hyperlipidemia and the progression of renal disease, *Am. J. Clin. Nutr.*, 47:157-160, 1989.
4. Moorhead, J. F., Nakos, E. I., Chan, M. K. and Varghese, Z.: Lipid nephrotoxicity in chronic progressive glomerular and tubulointerstitia disease, *Lancet*, 2:1309-1310, 1982.
5. Kopple, J. D.: Nutrition, diet and the kidney. In: Shils, M. E., Olson, J. A., Shike, M., ed. *Modern Nutrition in Health and Disease*, pp. 1102-1134, Lea & Febiger, U.S.A., 1994.
6. Remuzzi, G., Zoja, C., Remuzzi, A., Rossini, M., Battaglia, C., Brogгинi, M. and Bertani, T.: Lowprotein diet prevents glomerular damage in adriamycin-treated rats, *Kidney Int.*, 28:21-27, 1985.
7. Feehally, J., Baker, F. and Walls, J.: Dietary protein manipulation in experimental nephrotic syndrome, *Nephron*, 50(3):247-252, 1988.
8. Diamond, J. R. and Karnovsky, M. J.: Focal and segmental glomerulosclerosis: Analogies to atherosclerosis, *Kidney Int.*, 33:917-924, 1988.
9. Ito, Y., Barcelli, U., Yamashita, W., Weiss, M., Thompson, B., Kashyap, M., Deddens, J. and Pollak, V. E.: Dietary fat in experimental nephrotic syndrome: Beneficial effects of fish oil on serum lipids and indirectly on the kidney, *Life Sci.*, 40(24):2317-2324, 1987.
10. Barcelli, U. O., Beach, D. C., Thompson, B., Weiss, M. and Pollak, V. E.: A diet containing  $\omega$ -3 and  $\omega$ -6 fatty acids favorably alters the renal phospholipids, eicosanoid synthesis and plasm lipids in nephrotic rats, *Lipids*, 23(11):1059-1063, 1988.
11. 서정숙, 한인규: 식이중에 첨가된 섬유소의 종류와 수준이 흰쥐의 체내 지질 함량에 미치는 영향, *한국영양학회*, 21(3):164-172, 1988.
12. 박수현, 이연경, 이해성: 식이섬유 첨가식이 Streptozotocin 유도 당뇨병의 장 기능과 지질 및 당질대사에 미치는 영향, *한국영양학회*, 27(4):311-322, 1994.
13. Kamejiro, Y., Sono Sugawara and Ikuko Konoma: Effects of polydextrose in the control of diabetes mellitus, 1990.
14. 장수정, 박양자: 식이섬유의 종류와 섭취수준이 고지방식을 섭취한 흰쥐의 체내 지질대사에 미치는 영향, *한국영양학회*, 28(2):107-114, 1995.
15. 최면, 김종대, 주진순: 폴리덱스트로스 와 가수분해된 구아검이 지방량을 달리한 식이를 섭취한 정상백서의 지질대사에 미치는 영향, *한국영양학회*, 25(3):211-220, 1992.
16. Fringe, C. S. and Dunn, R. T.: The colorimetric method for determination of serum total lipids based on the sulfo-phosphovanillin reaction. *Am. J. Clin. Patho.*, 53:89-91, 1970.
17. Biggs, H. G., Erikson, T. M. and Moorehead, W. R. : A manual colorimetric assay of triglycerides in serum, *Clin. Chem.*, 21:437-443, 1975.
18. Zlatkis, A. and Zak, B.: Study of a new cholesterol reagent, *Anal Biochem.*, 29:143-148, 1968.
19. Friedewald, W. T., Levy, R. J. and Frederickson, D. S.: Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma without use of the preparative ultra centrifuge, *Clin. Chem.*, 18:499-502, 1972.
20. Folch, J., Less, M. and Sloanestanley, G. H. : A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue, *J. Biochem.*, 226:497-509, 1957.
21. 김상연, 장유경: 식이중 Guar Gum과 Calcium



- 보충이 흰쥐의 체내 영양소 이용율에 미치는 영향, 한국영양학회, 26(1):21-33, 1993.
22. 정승용, 김성희, 김한수, 정효숙: 영지, 케일 및 sodium dextrothyroxine이 고콜레스테롤혈증 흰쥐의 호르몬 및 지질대사에 미치는 영향, 한국영양학회, 20(1):59-64, 1991.
23. 조영숙, 방정로, 박석규, 전순실, 정승용, 하봉석: 갖의 급여가 흰쥐의 콜레스테롤대사에 미치는 영향, 한국영양학회, 26(1):13-20, 1991.
24. Vahouny, G. V. and Cassidy, M. M.: Dietary fiber and intestinal absorption, Plenum Press, New York, pp181-209, 1986.
25. Nalini, S., Raymond, R. M. and Peter, L. D.: Effect of guar gum, lignin and pectin on proteolytic enzyme levels in the gastrointestinal tract of the rat: A time-based study, J Nutr, 116:786-794, 1986.
26. Dull, T. A. and Hennman, P. H.: Urinary hydroxyproline as an index of collagen turnover in bone, New Engl. J. Med., 268:131-134, 1963.
27. Kay, R. M. and Truswell, A. S.: Effect of citrus pectin on solid lipids and fecal steroid excretion in man, Am. J. Clin. Nutr., 30:171-175, 1977.
28. Walser, M.: Creatinine excretion as a measure of protein nutrition in adults of varying age, J. PEN., 11:73s-78s, 1987.
29. Schuette, S. A., Zemale, E. A. and Linkswiler, L. H.: Studies on the mechanism of protein Induced hypocalciuria in older men and women, J. Nutr., 110:305-315, 1980.
30. Young, V. R., Marchini, J. S. and Cortiella, J.: Assessment of protein nutritional status, J. Nutr., 120:1469-1502, 1990.
31. Vahouny, G.V. and Cassidy, M. M.: Dietary fiber and intestinal absorption, Plenum Press, New York, pp. 181-209, 1986.
32. Story, J. A.: Modification of steroid excretion in response to dietary fiber, Plenum Press, New York, pp. 253-264, 1986.
33. Hexeberg, S., Hexeborg, E., Willumsen, N. and Berge, R.: A study on the metabolism in heart and liver of cholesterol and pectin-fed rats, Br. J. Nutr., 71:181-192, 1994.
34. Nishina, P. M. and Freedland, R. A.: The effect of dietary fiber feeding on cholesterol metabolism in rats, J. Nutr., 120:800-805, 1990.
35. 이정선, 손홍수, 맹영선, 장유경, 주진순: 메밀 급여가 streptozotocin유발 당뇨쥐의 장기무게 및 당질과 지질대사에 미치는 영향, 한국영양학회, 27(8):819-827, 1994.
36. Ebihara, K. and Schneeman, B. O.: Interaction of bile acid phospholipids, cholesterol and tryglycerides with dietary fiber in the small intestine of rats, J. Nutr., 119:1101-1106, 1989.