

Polydextrose와 Hydrolysed Guar Gum이 지방량을 달리한 식을 섭취한 정상백서의 지질대사에 미치는 영향

최 편 · 김종대* · 주진순*

강원대학교 축산대학 축산가공학과
한림대학교 부설 한국영양연구소*

Effects of Polydextrose and Hydrolysed Guar Gum on Lipid Metabolism of Normal Rats with Different Levels of Dietary Fat

Choe, Myeon · Kim, Jong Dai* · Ju, Jin Soon*

*Department of Animal Products Science, Kangweon National University Korea Nutrition Institute,
Hallym University*, Korea*

ABSTRACT

Both hydrolysed guar gum and polydextrose have been used as a major fiber source in preparations of functional drink products and other food products. In this study, we determined the effects of these fibers on lipid metabolism of normal rats with two different dietary fat levels by using cellulose as the control.

Serum total lipid, triglyceride, total cholesterol and HDL-cholesterol were determined with proper enzymatic methods. Feed intake, weight gain and feed efficiency ratio were also calculated.

Polydextrose-fed group showed lower serum triglyceride level than hydrolysed guar gum-fed group regardless of fat level used in this study without changing total lipid level in the serum. We also observed that polydextrose-fed group showed low serum cholesterol level numerically, high serum HDL-cholesterol level and more excretion of fecal neutral sterols when compare with those values of hydrolysed guar gum-fed group.

The results indicate that polydextrose might have more beneficial roles in lipid metabolism when compare with hydrolysed guar gum.

KEY WORDS : polydextrose · hydrolysed guar gum · lipid metabolism.

채택일 : 1992년 3월 31일

서 론

식이섬유(Dietary fiber)에 대한 정의는 명확하지 않지만 인간의 소화효소로서 전혀 분해되지 않거나 극히 일부만 분해되는 식물성 다당류를 주체로 한 고분자의 유기화합물¹⁾이라는 정의가 통용되고 있다. 이러한 범주에 속하는 물질은 여러가지 천연 섬유소들을 비롯해서 인공적으로 합성하여 식품공업적으로 이용하는 polydextrose, fructo-oligosaccharide 등과 천연식물 섬유를 식품공업적으로 이용하기 위해 가공한 carboxymethylcellulose, hydrolysed guar gum 등이 있다.

과거에는 식이섬유가 에너지원으로 이용되지 않는다고 하여 영양학적으로 큰 의미가 없는 것으로 여겨져 왔지만 근래에 식이섬유의 섭취증가가 소화기관내에서 중요한 생리기능을 가지고 있으며 각종 질병의 위험을 줄이는 역할을 한다는 사실이 잘 알려져 있다²⁻⁷⁾. 특히 소득수준이 높아지면서 늘어나는 지방질섭취의 증가와 관련하여 발생하는 여러가지 질병의 예방에는 식이섬유의 효과를 인정하고 있다. Guar gum을 비롯한 여러가지 수용성 섬유소들과 담즙산간의 결합⁸⁻¹⁰⁾을 통한 cholesterol 저하능에 관한 연구는 많이 이루어지고 있다.

여러종류의 섬유소가 각기 다른 생리적 효과를 가지고 있으며 이들 고유의 생리적 효과를 어떻게 이용하는가 하는것이 질병예방을 위한 궁극적 목표라고 볼 수 있다면, 최근들어 각종 식품내에 수용성 섬유소를 첨가한 기능성식품이 건강증진과 관련하여 많은 관심을 끌고 있는 점도 주목할만하다. 특히 기능성 음료 식품공업에서 많이 사용하고 있는 섬유물질로는 guar gum을 가수분해하여 수용성을 높인 hydrolysed guar gum과 인공적으로 제조된 polydextrose를 들 수 있다. Polydextrose는 cross-link된 glucose의 1-6 결합이 주를 이루는 수용성 중합 물질¹¹⁾로서 설탕의 대체품으로 또는 지방질이나 전분의 대체품으로 개발된 인공섬유소이다¹²⁾¹³⁾.

본 실험의 목적은 cellulose 투여군을 대조군으로서 식이섬유원으로 hydrolysed guar gum과 poly-

dextrose를 급여했을때 백서의 지질대사에 어떠한 변화가 있는지를 비교 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물의 사육 및 식이

실험동물은 체중 50~60g 사이의 3주령 Sprague Dawley계 수컷백서 168마리를 한림대학교 실험동물부로부터 구입하여 1주간 고탄사료(제일사료 CO)로 적응시킨후 무작위로 32마리씩 5군으로 나누어 한마리씩 사육 cage에 넣고 8주까지 해당 실험식이로 사육하였다. 사육기간동안 각군별로 8마리씩 1주, 2주, 4주, 8주 후에 희생시켜 혈장과 분변중 각종지표들의 사육기간에 따른 변화를 측정하였으며 실험개시와 동시에 남은 8마리를 희생시켜 혈장과 분변중 각종지표들을 측정하여 zero time 수치로 사용하였다.

사육실의 온도는 $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 습도는 60%를 유지하였고 12시간 간격으로 점등 및 소등하였다. 식이섬유의 종류와 지방함량 수준에 따른 변화를 알아보기 위해 식이섬유원으로 cellulose를 급여한 대조군(이하 CO군으로 칭함), 적정지방 사료에 hydrolysed guar gum을 급여한군(이하 MFGG군으로 칭함), 적정지방 사료에 polydextrose를 급여한군(이하 MFPD군으로 칭함), 고지방 사료에 hydrolysed guar gum을 급여한군(이하 HFGG군으로 칭함), 고지방 사료에 polydextrose를 급여한군(이하 HFPG군으로 칭함)으로 구분하여 각각 Table 1과 같은 사료로 일정기간동안 사육하였다. 실험식이의 원료로 사용된 hydrolysed guar gum과 polydextrose는 일본 Pfizer Co.로부터 공급받았다. 물은 종류수를 공급하였고 식이는 자외대로 섭취하게 하였으며 매일 같은 시간에 소비량을 기록하고 신선한 사료로 교체하였다.

2. 시료의 수집 및 분석

각 군별로 일정한 사육기간에 도달하면 48시간 동안 백서를 대사 cage에 넣어 소변과 대변을 분리 수집하였으며 대변은 즉시 냉동보관하였다가 분석시에 사용하였다. 대, 소변 수집이 완료된 백서는

Table 1. Experiment (g%)

	Experimental Groups				
	CO	MFGG	MFPD	HFGG	HFPD
Casein	22	22	22	22	22
Corn oil	10	10	10	20	20
Mineral mixture	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin mixture	1:2	1.2	1.2	1.2	1.2
Corn starch	58.1	58.1	58.1	48.1	48.1
Choline chloride	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Cellulose	5	—	—	—	—
Hydrolysed guar gum	—	5	—	5	—
Polydextrose	—	—	5	—	5

CO : Control group
 MFGG : Moderate fat with hydrolysed guar gum group
 MFPD : Moderate fat with polydextrose group
 HFGG : High fat with hydrolysed guar gum group
 HFPD : High fat with polydextrose group

12시간 동안 절식 시킨후 pentobarbital sodium(중외제약)을 체중 1kg당 65mg씩 주사하여 마취시킨 후 복대 동맥에서 혈액을 채취하였다. 채취된 혈액은 실온에서 1시간 정도 지난 후에 3,000rpm으로 15분간 원심분리 하여 혈청을 분리한 후 분석시까지 냉동보관하였다. 혈청시료내 triglyceride, total lipid, total cholesterol, HDL-cholesterol, phospholipid는 효소법을 이용한 Wako사 kit를 각각 사용하여 측정하였다. 대변의 중성 및 산성 sterol을 측정하기 위하여 약 250mg의 대변을 정확히 칭량한 후 10ml의 ethanol을 넣고 1시간 동안 70-75°C로 가온하여 3,000rpm에서 10분간 원심분리한 후 상등액을 수집하는 과정을 2회 반복하였다. 분리된 ethanol 층을 시험관으로 옮긴후 비등수 중에서 ethanol을 제거하고 4ml의 1.25N-NaOH을 가한 후 120°C에서 6시간 동안 autoclave를 이용하여 가압가열 하였다. 그 후 10ml의 hexane을 가하여 방치하면서 상하층을 분리하면 상층에서 부터 중성 sterol을 분획할 수 있는데 이를 3회 반복하였다. 다시 하층 분획물에 2N-HCl을 적당량 가하여 산성화 시킨 후 5~10ml의 ether를 가하여 ether층으로부터 산성 sterol을 분획하는 작업을 2회 반복하였다. 중성 및 산성 sterol은 추출후 용매를 액체질소를 이용하여 휘발시킨후 중성 sterol은 2ml의 butanol에 용해하

였고 산성 sterol은 t-butanol : H₂O(1 : 1) 혼합액 2ml에 용해한 후 효소법을 이용한 Wako사 kit로 측정하였다. 모든 시료에 측정은 3회 반복 실시 하였다.

3. 통계처리

시료 분석 결과 얻어진 수치는 각 실험군의 평균치 사이에 유의성을 검정하기 위하여 ANOVA 검정을 실시했으며 실험시기별로 군간의 유의성이 발견된 경우 Duncan's multiple range test¹⁴⁾를 실시하였다.

결과 및 고찰

실험기간중의 사료섭취량 및 체중증가량의 평균치는(Table 2) 각 군별로 통계적 유의성은 찾아볼수 없었지만 cellulose를 급여한 대조군과 비교할 때 식이내 지방 함량에 관계없이 hydrolysed guar gum 급여군과 polydextrose 급여군의 사료효율이 다소 높은 경향을 볼 수 있었다. 이는 식이 섬유류의 종류에 따라 식이 효율이 달라진다는 보고와¹⁵⁾ 잘 일치하는 듯 하며 cellulose보다 적은 분자량을 갖는 섬유소들이 체내 영양소 흡수에 어떤 영향을 미치는 것으로 사료된다. 특히 polydextrose 군에서는 실험초기에 설사를 일으키는 경우를 볼 수 있었으며

식이섬유소와 지질대사

Table 2. Feed intake and body weight gain during the experiment (Mean±S.E.)

		Experimental Groups ¹				
		CO	MFGG	MFPD	HFGG	HFPD
Feed intake (g)	wk1	131 ± 2.2	126 ± 2.4	137 ± 1.2	119 ± 1.6	131 ± 2.4
	wk2	156 ± 3.3	153 ± 1.2	151 ± 2.2	154 ± 1.3	144 ± 2.1
	wk4	448 ± 8.7	423 ± 3.9	458 ± 5.4	389 ± 4.0	364 ± 6.7
	wk8	990 ± 14.8	892 ± 15.2	898 ± 16.0	852 ± 16.5	836 ± 12.3
Weight gain (g)	wk1	38.9± 1.0	41.9± 0.9	42.5± 1.4	36.6± 1.0	43.3± 1.4
	wk2	49.0± 1.4	53.3± 1.3	53.6± 1.8	57.6± 1.5	52.3± 1.3
	wk4	106 ± 4.7	106 ± 4.7	119 ± 4.8	108 ± 5.1	94.4± 4.1
	wk8	175 ± 9.0	179 ± 9.8	176 ± 9.5	188 ± 10.8	176 ± 7.2
F.E.R. ²	wk1	0.296	0.332	0.309	0.307	0.331
	wk2	0.314	0.342	0.354	0.374	0.335
	wk4	0.237	0.250	0.260	0.277	0.259
	wk8	0.194	0.200	0.196	0.221	0.211

¹CO : Control group

MFGG : Moderate fat with hydrolysed guar gum group

MFPD : Moderate fat with polydextrose group

HFGG : High fat with hydrolysed guar gum group

HFPD : High fat with polydextrose group

²F.E.R.(Feed Efficiency Ratio)=weigh gain/feed intake

차츰 진정되는 것이 관찰되었다. 백서실험에서 polydextrose를 섬유원으로 사용할 경우 식이 적응훈련연하에 따라 4~6%가 최대 첨가량인 것으로 나타났다.

실험 기간중 혈청내 중성지방의 변화는(Fig. 1)

식이내 지방함량과 관계 없이 polydextrose 급여군이 hydrolysed guar gum 급여군에 비해 유의적으로 낮은 수치를 보이고 있는 점이 특이하였다. 인체 실험 뿐 아니라 동물실험에서도¹⁶⁾¹⁷⁾ 식이 섬유외 종류에 따라 혈청내 중성 지방의 함량은 변화를

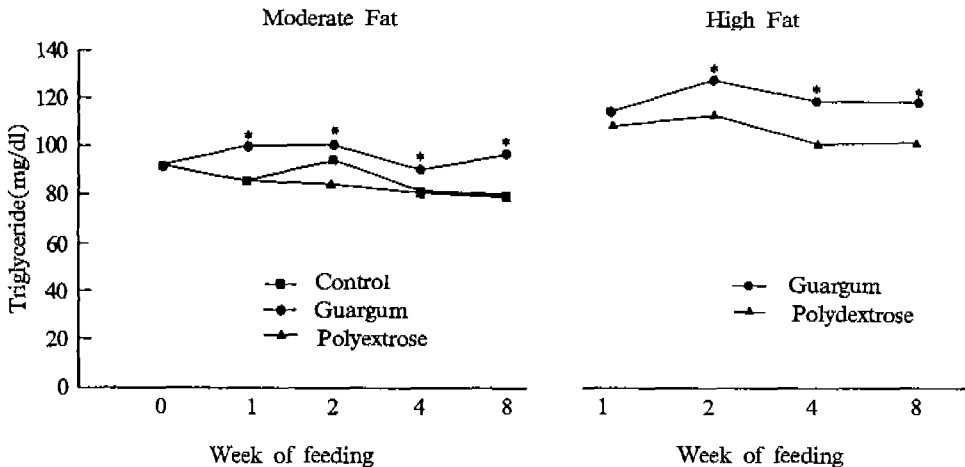


Fig. 1. Effects of dietary fat level and fibers on serum triglyceride change. (*The values were significantly different between polydextrose-fed group and hydrolysed guar gum-fed group within same periods)

보일 수 있으며 특히 cellulose 첨가시 수용성 섬유소를 첨가할때 보다 혈청내 중성 지방의 수준이 높아짐이 보고된 바 있다¹⁸⁾. 본 실험에서는 적정량의 지방을 투여한 식이에서 cellulose 급여군의 혈청내 중성 지방 수준이 polydextrose 급여군과는 거의 차이가 없었으나 hydrolysed guar gum 급여군 보다는 낮은 경향을 보였다. 이러한 결과는 guar gum을 가수분해한데 따른 분자량의 감소가 수용성 섬유소로서의 기능을 약화시킨듯 하며 가수분해되지않은 guar gum을 사용할 경우에는 결과가 다를것으로 생각된다. 하지만 본 실험에서는 식품공

업적으로 많이 이용되는 두 섬유질 즉, polydextrose와 hydrolysed guar gum의 지질대사에 미치는 영향을 검토하는 것이 목적이었음을 밝혀둔다.

혈청중 총지질은 hydrolysed guar gum 급여군과 polydextrose 급여군 사이에 유의적 차이가 없는것으로 나타났으며(Fig. 2) 또한 cellulose를 첨가한 대조군도 거의 같은 경향을 보였다. 전체적인 경향을 실험개시 4주후에 각군 공히 가장 낮은 수준을 보였는데 이는 식이섬유에 의한 영향이 아니라 Table 2에서 보는 것과 같이 실험개시후 4주경에 각 실험군 공히 체중증가량이 급격히 증가함과 관련이

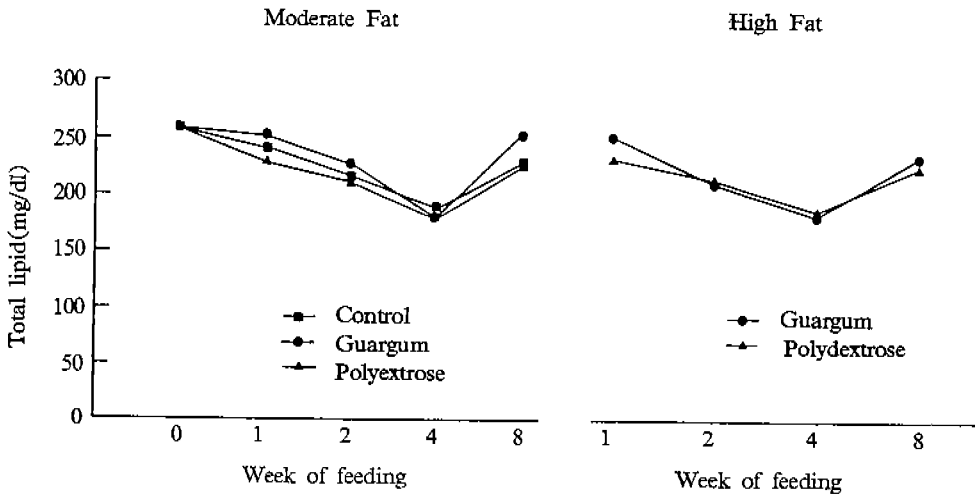


Fig. 2. Effects of dietary fat level and fibers on serum total lipid change.

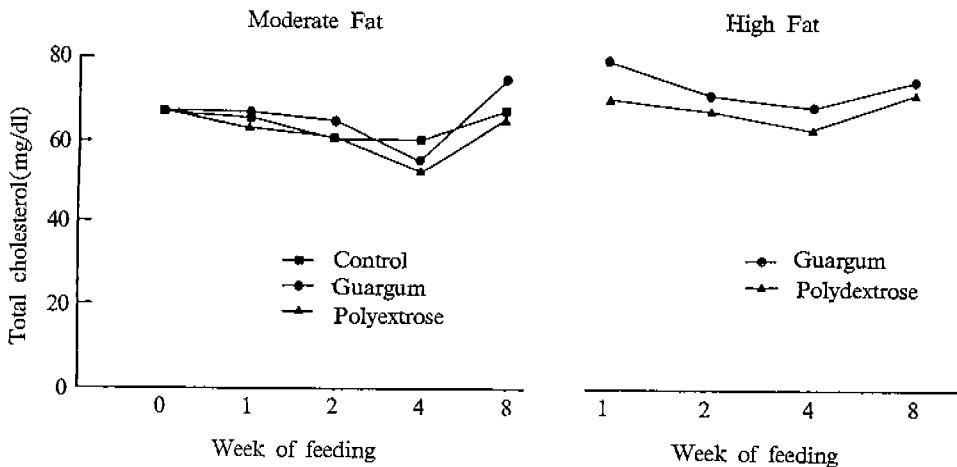


Fig. 3. Effects of dietary fat level and fibers on serum total cholesterol change.

있는 것으로 생각된다. 일반적으로 식이섬유는 종류에 관계없이 hyperlipidemia를 방지해주는 효과가 있는 것으로 잘 알려져 있는데¹⁹⁾ 본 실험에 사용한 hydrolysed guar gum과 polydextrose 모두 cellulose 첨가시와 비슷한 정도의 효과는 있는 것으로 보인다.

각 군별 혈청 total cholesterol 변화(Fig. 3) 역시 실험군간에 유의적 차이는 볼수 없었으나 polydextrose 급여군이 hydrolysed guar gum 급여군에 비해 수치적으로 다소 낮은 경향을 보였다. 적정지방식이군의 경우 실험 2주까지는 MFGG군이 높은 수치를 나타내다가 4주후에는 CO군 보다 다소 낮아지는 경향을 보였으나 8주후에 다시 CO군보다 높아지는 경향이 나타났다. 실험전 기간을 통해 MFPD군이 수치적으로 가장 낮은 혈청 cholesterol 수준을 유지하였다. 고지방식이군에서도 경향은 같게 나타났다.

한편 혈청 HDL-cholesterol의 경우도(Fig. 4) 전반적인 경향은 같았으나 적정지방식이군의 경우 실험후 4주와 8주에서 고지방식이군의 경우 2주에서 hydrolysed guar gum 급여군에 비해 polydextrose 급여군이 유의적으로 높은 혈청 HDL-cholesterol 수준을 보였다.

식이섬유 특히 수용성 섬유소가 cholesterol을 저하시킬수 있다는 보고는 많은데²⁰⁻²²⁾ 이는 주로

섬유소들의 담즙산과의 결합능에 의한 것이라고 알려져 있다²³⁻²⁶⁾. 본 실험에 사용한 guar gum은 가수분해 형태의 것으로 cholesterol 저하효과는 cclulose 급여군이나 polydextrose 급여군보다 떨어지는 듯 보였는데 Chen과 Anderson²⁷⁾의 보고에 따르면 20%의 Wheat bran 식이가 약 9%의 cholesterol 증가를 가져온 반면 7%의 guar gum 식이는 약 30%의 혈청 cholesterol 감소와 HDL-cholesterol을 증가시켰고 간장내 cholesterol을 감소시켰다고 보고했다. 그러나 가수분해형 guar gum의 cholesterol 저하능은 오히려 cellulose나 polydextrose군에 비해 떨어진다는 것이 본 실험에서 보여졌다. 이는 아마도 guar gum의 분자량 변화가 체내에서 cholesterol과 반응하는 능력을 저하시킨것으로 생각되지만 더 연구되어야 할 부분이다.

현재까지 알려진 식이섬유의 콜레스테롤 저하능에 관한 가능한 기작을 살펴보면 1) 담즙산의 대변배설을 증가시켜 체내 cholesterol을 담즙산 합성에 많이 사용하므로써 cholesterol 손실을 증가한다는 주장과²⁸⁻³⁰⁾ 2) 어떤 섬유소들은 cholesterol의 체내흡수를 방해한다는 주장³¹⁾³²⁾ 그리고 3) 소장으로부터 지방의 흡수율을 저하시키거나 흡수되는 부위를 변화시킨다는 주장등 이다. 이러한 주장들을 살펴보기 위해서 본 실험에서는 대변내 중성 sterol 변화(Fig. 5)와 산성 sterol의 변화(Fig.

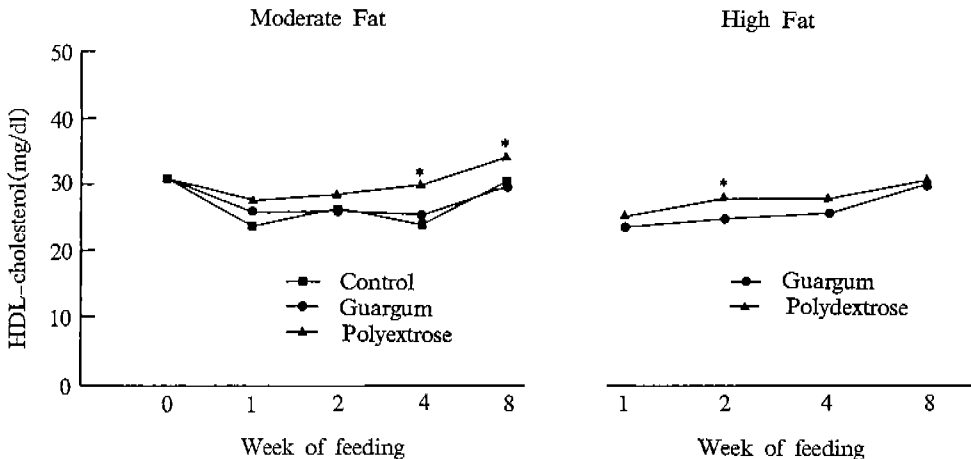


Fig. 4. Effects of dietary fat level and fibers on serum HDL-cholesterol change. (*The values were significantly different between polydextrose-fed group and hydrolysed guar gum-fed group within same periods)

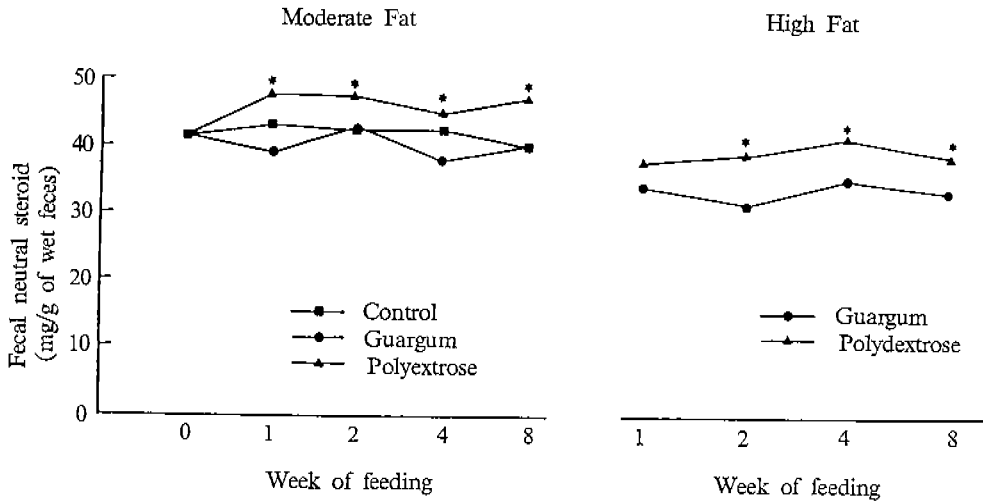


Fig. 5. Effects of dietary fat level fibers on fecal neutral steroid change. (*The values were significantly different between polydextrose-fed group and hydrolysed guar gum-fed group within same periods)

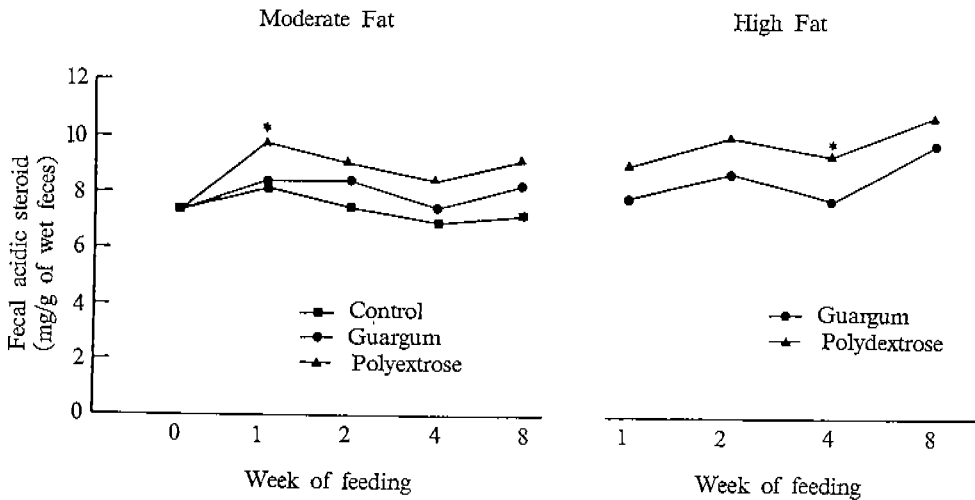


Fig. 6. Effects of dietary fat level and fibers on fecal acidic steroid change. (*The values were significantly different between polydextrose-fed group and hydrolysed guar gum-fed group within same periods)

6)를 살펴본 결과 담즙산의 대변배설물이 증가가 체내 cholesterol을 담즙산 합성에 사용하므로써 cholesterol 소모를 증가시키는 것으로 나타났다. 왜냐하면 적정지방군과 고지방군 모두에서 hydrolysed guar gum군과 비교할때 polydextrose군의 혈청 cholesterol은 낮았고(Fig. 3) 대변내 중성 및 산성 sterol의 배설이 많았음이 보여졌기 때문이다(Fig. 5와 6). 특히 중성 sterol의 경우는 식이내 지방

함량에 관계없이 polydextrose를 급여한 군이 hydrolysed guar gum 급여군에 비해 전 실험 기간을 통해 유의적으로 높은것으로 나타났으며, 또한 산성 sterol의 경우 적정지방 식이 1주에서 고지방 식이 4주에서 유의성을 보였다. 또한 혈청내 HDL-cholesterol의 수준은 polydextrose 급여군이 hydrolysed guar gum 급여군 보다 높은 수준을 유지하고 있음을 볼때(Fig. 4) 가수분해 형태의 guar gum보다는

상대적으로 polydextrose가 cholesterol 저하효과가 좋음을 현상적으로 볼 수 있었다.

식이섬유와 지질간의 소화관내에서의 상호작용에 관한 많은 연구³³⁻³⁷⁾, 그리고 혈장내 lipoprotein fraction에 미치는 식이섬유의 영향에 관한 연구²⁰⁾³⁸⁾들은 식이섬유가 장관상피세포의 생화학적 기능들을 변화시킬 수 있어서 장관내 apolipoprotein 합성에 변화를 미치고 결국은 혈장내 cholesterol에 영향을 미친다는 점을 보고하고 있다.

일반적으로 cellulose는 cholesterol 저하능과 관련이 없고 대부분의 수용성 섬유들이 cholesterol 저하능이 있는 것으로 알려져 왔는데³⁹⁻⁴²⁾ 본 실험에서는 수용성 섬유인 guar gum을 식품공업에서 이용하는 형태인 가수분해형으로 사용했기때문에 cholesterol 저하능이 cellulose 식이균 정도 밖에 보이지 않았으므로 hydrolysed guar gum의 보건효과를 확인할 수 없었고 오히려 polydextrose의 경우가 더 좋은 결과를 가져왔다. 하지만 이러한 결과를 직접 확인할 수 있는 hycrolysed guar gum가 polydextrose의 cholesterol 저하능에 관한 다른 실험이 없었으므로 앞으로 더 많은 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

결 론

기능성 음료제조등에 사용되는 hydrolysed guar gum과 polydextrose가 백서의 지질대사에 미치는 영향을 조사하기 위하여 cclulose 투여군을 대조군으로 실험해 본 결과 polydextrose가 hydrolysed guar gum에 비해 cholesterol 감소와 HDL-cholesterol 증가를 통한 건강효과가 있을 것으로 나타났지만 현재까지 본 실험의 결과를 입증할 수 있는 polydextrose를 사용한 다른 실험들이 수행된바 없기 때문에 앞으로 더 많은 연구를 통해 규명하였으면 한다.

Literature cited

- 1) Trowell H, Southgate DAT, Wolever TMS, Jenkins DA. Dietary fibre redefined(letter). *Lancet* 1 : 967, 1976
- 2) National Research Council. Diet, Nutrition and Cancer. Committee on diet, nutrition and cancer, Assembly of life sciences. National academy press, Washington, DC, 1982
- 3) Federation of American Societies for Experimental Biology. Physiological effects and health consequences of dietary fiber. Life sciences research office. Prepared for center of food safety and applied nutrition, food and durg administration. Department of health and human services. Washington, DC, June 1987
- 4) U.S. Department of Health and Human Services. The surgeon general's report on nutrition and health. Public health service. Publication. No. 88-50210. Washington, DC, 1988
- 5) The American Dietetic Association. Health implications of dietary fiber technical support paper. *J Am Diet Assoc* SS : 217, 1988
- 6) National Research Council, Diet and Health ; Implications for reducing chronic disease risks. National academy of sciences, National Academy Press, 1989
- 7) Amerian Medical Association. Dietary fiber and health. Informational report of the council on scientific affairs, Chicago, march, 1989
- 8) Kritchevsky D, Story JA. Binding of bile salts in vitro by nonnutritive fiber. *J Nutr* 104 : 458-462, 1974
- 9) Story JA, Kritchevsky D. Comparison of the binding of various bile acids and bile salts in vitro by several types of fiber. *J Nutr* 106 : 1291-1294, 1976
- 10) Stroy JA. Dietary fiber and lipid metabolism : an update. Medical aspects of dietary fiber. Plenum press, New York, pp137, 1980
- 11) Rennhard HH. Polydextrose-A low-calorie replacement for sugar. *J Agr Food Chem* 1981
- 12) Rennhard HH. Polysaccharides and their preparation, U.S. patent 3, 766, 165, 1973
- 13) Rennhard HH. Diabetic food compositions containing polyglucoses. U.S. patent 3, 876, 799, 1975
- 14) Steel RGD, Torrie JH. Principle .procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co. Inc., New York,

1960

- 15) Muller MA, Gleary MP, Kritchevsky D. The effect of various types of dietary fiber on lipid storage in adipose tissue. *Fed Proc* 40 : 853, 1981
- 16) Leitzmann C, Meier-Ploeger A, Huth K. The influence of lignin on the lipid metabolism of the rat. In : G.E. Inglett and S.I. Falkehag Eds. Dietary fibers : Chemistry and nutrition. Academic Press, Inc., New York, pp273-281, 1979
- 17) Asp NG, Bauer HG, Nilsson EP, Oste R. Pectins and guar gum : effect on plasma lipoproteins and lipoprotein lipase activity in rats. In : I. Furda, Ed. Unconventional Sources of Dietary Fiber. American Chemical Society, Washington, D.C., pp 93-104, 1983
- 18) Mueller MA, Cleary MP, Kritchevsky D. Influence of dietary fiber on lipid metabolism meal-fed rats. *J Nutr* 113 : 2229-2238, 1983
- 19) Trowell H. Diabetes mellitus and obesity. Refined carbohydrate foods and disease. In : D.P. Burkitt and H.C. Trowell Eds. Some implications of dietary fiber. Academic Press, London, pp227-249, 1975
- 20) Anderson JW, Chen WL. Plant fiber, carbohydrate and lipid metabolism. *Am J Clin Nutr* 32 : 346-363, 1979
- 21) Anderson JW, Chen WL. Legumes and their soluble fiber : Effect on cholesterol-rich lipoproteins. In : I. Furda Ed. Unconventional sources of dietary fiber. American Chemical Society, Washington, D.C. pp49-59, 1983
- 22) Schneeman BO, Lefevre M. Effects of fiber on plasma lipoprotein composition. In : G.V. Vahouny and D. Kritchevsky Eds. Dietary fiber basic and clinical aspects. Plenum Press, New York, pp309-321, 1986
- 23) Gallaher D, Schneeman BO. Intestinal interaction of bile acids, phospholipids, dietary fibers and cholestyramine. *Am J Physiol* 250(14) : 420-426, 1986
- 24) Kritchevsky D, Tepper SA, Kim HK, Moses DE, Story JA. Experimental atherosclerosis in rabbits fed semi-synthetic diets IV. Investigation into the source of cholesteremia. *Exp Molec Pathol* 22 : 11,

1975

- 25) Kritchevsky D, Davidson LM, Shapiro IL, Kim HR, Kitagawa M, Malhotra PAD. Lipid metabolism and experimental atherosclerosis in baboons : Influence of cholesterol-free, semi-synthetic diets. *Am J Clin Nutr* 27 : 29, 1974
- 26) Fisher H, Griminger P. Cholesterol-lowering effects of certain grains and of oats fractions in the chick. *Proc Soc Expt Biol Med* 126 : 108, 1967
- 27) Chen WJL, Anderson JW. Effects of guar gum and wheat bran on lipid metabolism of rats. *J Nutr* 109 : 1028-1034, 1979
- 28) Kritchevsky D. Fiber and lipids. In : G.V. Vahouny and D. Kritchevsky Eds. Dietary fiber in health and disease. Plenum Press, New York pp187-192, 1982
- 29) Miettinen TA, Tarpila S. Effect of pectin on serum cholesterol, fecal bile acids and biliary lipids in normolipidemic and hyperlipidemic individuals. *Clin Chim Acta* 79 : 447-471, 1977
- 30) Miettinen TA. Effects of dietary fiber on cholesterol metabolism in man, in : G. Wallace and L. Bell, eds. Bulletin 20, fiber in human and animal Nutrition. The Royal Society of New Zealand, pp173-177, 1983
- 31) Vahouny GV. Dietary fibers and intestinal absorption of lipids. In : G.V. Vahouny and D. Kritchevsky Eds. Dietary fiber in health and disease. Plenum Press, New York pp203-227, 1982
- 32) Vahouny GV, Roy T, Gallo LL, Story JA, Kritchevsky D, Cassidy MM. Dietary Fibers. III. Effects of chronic intake on cholesterol absorption and metabolism in the rat. *Am J Clin Nutr* 33 : 2182-2191, 1980
- 33) Eastwood MA, Boyd GS. The distribution of bile salts along the small intestine of rats. *Biochim Biophys Acta* 137 : 393-396, 1967
- 34) Balmer J, Zilversmit DB. Effects of dietary roughage on cholesterol absorption, cholesterol turnover and steroid secretion in the rat. *J Nutr* 104 : 1319-1328, 1974
- 35) Birkner NJ, Kern F, Jr. In vitro adsorption of bile salts to food residues, salicylazosulfapyridine and hemicellulose. *Gastroenterology* 67 : 237-244, 1975

- 36) Kritchevsky D, Story JA. In vitro binding of bile acids and bile salts. *Am J Clin Nutr* 28 : 305-306, 1975
- 37) Eastwood MA, Mowbray L. The binding of components of mixed micelles to dietary fiber. *Am J Clin Nutr* 29 : 1461-1467, 1976
- 38) Kay RM. Dietary fiber. *J Lipid Res* 23 : 221-242, 1982
- 39) Kelsay JL. A review of research on effects of fiber intake in man. *Am J Clin Nutr* 31 : 142, 1978
- 40) Chen WL, Anderson JW. Effects of plant fiber in decreasing plasma total cholesterol and increasing high-density lipoprotein cholesterol. *Proc Soc Exp Biol Med* 162 : 310-313, 1979
- 41) Kay RM. Effects of dietary fiber on serum lipid levels and fecal bile acid excretion. *Can Med Assoc J* 123 : 1213-1217, 1980
- 42) Story JA. The role of dietary fiber in lipid metabolism. *Adv Lipid Res* 18 : 229-246, 1981