

보리의 食餌纖維素가 흰쥐의 脂質代謝에 미치는 影響

김 영 수 · 민 병 용 · 서 기 봉

농어촌 개발공사 식품연구소
(1983년 8월 29일 수리)

Effects of Dietary Fiber on Lipid Metabolism of Albino Rats

Yeong Soo Kim, Byeong Yong Min and Gi Bong Seo

Food Research Institute/AFDC

(Received August 29, 1983)

Abstract

The effects of DFP(Dietary Fiber Preparation) extracted from naked barley on the lipid metabolism of rats were investigated.

1. The composition of DFP was determined as cellulose 19.3%, hemicellulose 58.7%, lignin 10.5% on dry weight basis.
2. DFP had no significant effect on the growth of rats. ($p > 0.05$)
3. DFP had no significant effects on the composition of serum lipid and the lipid content per g of liver in rats, but caused significant decrease in serum and liver cholesterol levels of rats to a certain degree. ($p < 0.05$)

서 론

1970년대 초 Trowell¹⁾과 Burkitt 등²⁾은 현대 선진제국의 도시인들은 식이섬유소의 섭취부족으로 대사계 질환인 심장병, 맹장염, 대장암, 변비 및 게실염을 비롯한 과민성 대장증후군, 담석증, 정맥류 등에 걸리기 쉽다고 보고하는 한편 이 질병들의 발생은 식이섬유소가 음식물의 장내 통과시간, 분변량 및 혈청 cholesterol 농도에 미치는 영향과 깊은 상관관계가 있다고 보고하였다. 특히 Robertson 등³⁾과 Hollingsworth 등⁴⁾은 도정기술이 발달하면서 1870년대 초기섭취량의 1/10로 줄어든 곡류섬유소의 섭취량은 이러한 서구병의 발생과 더욱 큰 연관성이 있다고 하였으며, 이는 과실과 채소류에서 섭취되는 섬유소가 곡류섬유소 만큼 장의 생리에 좋은 효과를

가져다 주지 못한다는 Hoppert 등⁵⁾의 보고가 뒷받침하고 있다.

우리나라 사람들의 경우 1980년도 곡류섬유소의 실제 섭취량은 1일 1인당 공급량인 2.9 g 보다 약간 적을 것으로 추정되지만 1970년대에 미국 및 일본국민이 섭취한 0.3g과 1.01g 보다는 많은 것으로 보여진다.⁶⁾ 그러나 지난 20여년간 우리나라 국민의 총 식이섬유소 섭취량에 대한 곡류섬유소 섭취량 비율의 추이가 선진제국의 양상을 그대로 닮아가고 있다는 점이다. 즉 1962년에 58%, 1971년에 48%, 1980년에 34%로 급격히 곡류섬유소 섭취비율이 줄어들었다. 따라서 최근 비영양성분으로만 생각해오던 식이섬유소는 많은 영양학자의 관심이 되고 있는데, 우리나라의 경우 유 등⁷⁻⁹⁾은 흰쥐를 이용 미강, 야채 및 cellulose의 영양생리적 효과에 대하여 광범위한

연구를 시도하였다. 그러나 미강과 야채는 전체가 식이섬유소로 구성되었다고 볼 수 없고, cellulose는 식이섬유소의 일부분이기 때문에 본 실험에서는 쌀보리에서 식이섬유소만을 추출 조제하여 이것이 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향을 구명하고자 했다.

재료 및 방법

1. 재 료

공시된 보리는 전라남도 농산물 원종장에서 1982년도산 '세도하다가'를 현지에서 구입하였다.

2. 식이섬유소 추출물의 조제 및 성분 분석

50% 도정맥 제조 시 얻어진 강피를 원료로 하여 AACC 공정법에 있는 insoluble dietary fiber법¹⁰⁾

과 Marlett등¹¹⁾의 방법을 응용하여 식이섬유소의 추출 및 정량을 행하였으며, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, permanganate cellulose 및 lignin은 Van Soest 등¹²⁻¹⁵⁾이 개발한 방법을 사용하였고, 총질소 및 조회분 함량은 AOAC법¹⁶⁾을 사용하여 측정하였다.

3. 실험 식이의 조성 및 동물사육

실험동물에 급여할 식이의 조성은 Table 1과 같다. 실험동물은 평균체중이 약 160 g인 Sprague-Dawley 계통의 흰쥐(♂) 30 마리를 선정, Table 1의 표준군 식이로 4일간 적응 사육을 시킨 뒤, 24 마리를 선발하고, 이것을 6개의 cage에 각각 4 마리씩 들어가게 하는 완전 임의배치법으로 실험설계를 하였다. 이때부터 각 group 별로 Table 1의 실험 식이를 10일간 급여했으며, 체중과 식이섭취량을 조사하였다.

Table 1. Composition of experimental diet (%)

	Dietary group					
	Standard	Control	Control + 3%DFP ^a	Control + 6%DFP	Control + 9%DFP	Control + 12%DFP
Sucrose	30	30	30	30	30	30
Casein	22	22	22	22	22	22
Lard	9	9	9	9	9	9
Corn oil	1	1	1	1	1	1
Mineral mix. ^b	4	4	4	4	4	4
Vitamin mix. ^b	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Choline chloride	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Corn starch	33	31.75	28.75	25.75	22.75	19.75
Cholesterol	—	1	1	1	1	1
Bile salts	—	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
DFP	—	—	3	6	9	12

^a Substitution rate of DFP (Dietary Fiber Preparation) for corn starch in control group.

^b see Ref. 17.

4. 혈청의 지질 분석

1) 혈청 지질의 조성분석

실험식이의 급여 중지 18시간 경과 후 심장천공에 의해 혈액을 채취하여 혈청을 조제한 다음 Iatroscon TH-10 Instrument Application 방법¹⁸⁾에 준하여 전처리를 하고 TLC Analyser로 분석하였다. 한편 thinchromatogram에 분리된 각 peak는 지질표준품의 retention time과 비교하여 확인한 다음 peak height를 측정하고 peak height 합에 대한 각 peak height 비를 %로 나타내었다.

2) 혈청 cholesterol 농도 측정

효소법을 이용 혈청 중의 total cholesterol 농도를 측정했다.^{19,20)}

5. 간의 지방 및 cholesterol 정량

지방 함량은 채혈 후 채취한 간을 동결건조하여 분쇄한 것을 Folch법²¹⁾에 따라 측정하였으며 total cholesterol은 지방 정량 후의 시료를 검화시킨 후 Zak법²²⁾으로 측정하였다.

6. 통계 분석

실험 결과는 1원 배치 분산분석 및 최소유치 검

정을 하였고 표준군 또는 대조군과 비교할 경우 t 검정을 실시하였다. 한편 유의수준은 5% 즉, $p < 0.05$ 로 하였다.

결과 및 고찰

1. 식이섬유소 추출물의 성분분석

실험식이에 투여된 식이섬유소 추출물의 성분을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 여기에서 hemicellulose는 insoluble dietary fiber의 63%를 차지하고 있으며, cellulose는 21%, lignin은 11%로서 hemicellulose가 큰 비중을 점하고 있다.

2. 실험군별 흰쥐의 성장도

실험식이를 10일간 급여한 흰쥐의 성장 결과는 Table 3과 같다. 분산분석 결과 각 group 간 증체량

의 유의차는 인정되지 않았으며 t 검정 결과 표준군 또는 대조군의 증체량과 유의차를 보이는 실험군은 없었다. 또한 식이효율은 실험군이 표준군 또는 대조군보다 높았으며 실험군에서 식이섬유소 추출물의 증가에 따라 떨어졌다.

Table 2. Components of dietary fiber preparation extracted from barley bran (% of dry matter except moisture)

Moisture	2.3
Insoluble dietary fiber	92.8
Cellulose	19.3
Hemicellulose*	58.7
Lignin	10.5
Total nitrogen	2.1
Crude ash	1.3

* Neutral detergent fiber-acid detergent fiber

Table 3. Body weight gain, food intake and food conversion efficiency in rats fed different experimental diets

(Mean \pm S. D.)

Dietary group	Initial weight (g/rat)	Final weight (g/rat)	Weight gain (g/10 days)	Food intake (g/10 days)	F. C. E ^a
Standard	168.6 \pm 13.3	201.5 \pm 8.3	32.9 \pm 9.5	156.1	0.21
Control	196.9 \pm 18.4	239.5 \pm 23.1	42.6 \pm 7.0	166.7	0.26
Control + 3%DFP	166.6 \pm 13.8	211.7 \pm 17.7	45.0 \pm 7.1	137.8	0.33
Control + 6%DFP	171.2 \pm 16.5	216.5 \pm 23.2	45.3 \pm 7.6	149.3	0.30
Control + 9%DFP	172.2 \pm 12.0	206.6 \pm 18.7	34.5 \pm 7.4	118.0	0.29
Control + 12%DFP	169.0 \pm 21.8	199.6 \pm 28.5	30.6 \pm 6.8	133.6	0.23

^aFood Conversion Efficiency = weight gain / food intake

3. 식이섬유소가 흰쥐의 혈액 지질에 미치는 영향

혈청 중의 지질조성을 분석한 결과 Fig. 1과 같은 thinchromatogram을 얻었다. 한편 각 지질의 조성

비율을 구한 결과는 Table 4와 같았다. 여기에 나타난 바와 같이 가장 큰 비율을 차지하고 있는 것은 PL(phospholipid)이며 그 다음이 EC(esterified

Table 4. Effects of dietary fiber on the composition of rat serum lipids

(Mean \pm S. D.)

Dietary group	% of total lipids ^a					FC/EC ratio
	PL	FC	FFA	TG	EC	
Standard	77.53 \pm 3.13	3.62 \pm 0.90	0.92 \pm 0.45	3.24 \pm 1.25	14.71 \pm 2.03	0.26 \pm 0.08
Control	69.19 \pm 5.27	1.76 \pm 0.54	0.96 \pm 0.72	5.20 \pm 1.30	22.54 \pm 7.01	0.08 \pm 0.01 ^b
Control+3%DFP	63.75 \pm 6.19	2.55 \pm 0.54	0.33 \pm 0.16	3.99 \pm 1.90	29.53 \pm 4.47	0.09 \pm 0.01 ^b
Control+6%DFP	69.47 \pm 8.02	1.92 \pm 0.92	1.56 \pm 0.47	4.29 \pm 1.14	22.15 \pm 6.86	0.08 \pm 0.02 ^b
Control+9%DFP	63.73 \pm 9.29	2.44 \pm 0.69	1.72 \pm 0.50	3.19 \pm 0.45	28.93 \pm 9.46	0.09 \pm 0.02 ^b
Control+12%DFP	67.72 \pm 9.78	2.72 \pm 1.31	1.38 \pm 0.20	2.38 \pm 1.00	27.67 \pm 8.97	0.09 \pm 0.04 ^b

^aPL;phospholipid, FC;free cholesterol, FFA:free fatty acid, TG:triglyceride, EC: esterified cholesterol

^bSignificantly different from the standard group ($p < 0.05$).

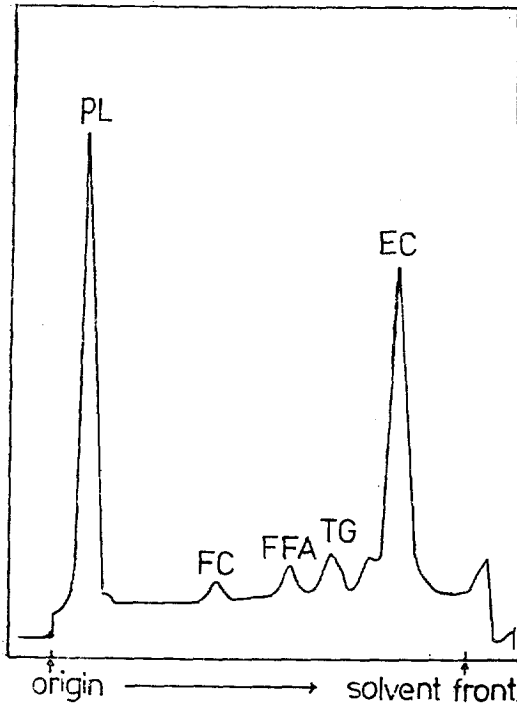


Fig. 1. A typical thinchromatogram of rat serum lipid (PL; phospholipid, FC; free cholesterol, FFA; free fatty acid, TG: triglyceride, EC: esterified cholesterol).

cholesterol), TG(triglyceride), FC(free cholesterol) 및 FFA(free fatty acid)의 순서였다. 분산분석 및 t 검정결과 group 간 지질 조성비의 유의차는 없었다. 또한 FC/EC 비에 대하여 분산분석한 결과도 group 간 유의차는 없었으나 t 검정 결과 표준군과 각각의 나머지 group 간에 유의차가 인정되었다.

흰쥐의 경우 hepatic CoA cholesterol acyltransferase의 활성도가 아주 높아 이것이 plasma의 lecithin cholesterol acyltransferase와 더불어 간의 FC를 ester화 시켜주는 능력이 크며, 이때 생성된 EC가 very low density lipoprotein과 결합하여 plasma에 다량 분비된다고 하며²³⁾ Deykin등²⁴⁾에 의하면 특히 흰쥐는 다른 동물에 비해 EC를 분해하는 효소인 cholesterol ester hydrolase의 활성도가 매우 제한되어 있다고 보고했다. 따라서 부수적으로 부여된 cholesterol 및 bile salts가 FC 보다 EC의 증가를 조래시켰으며 그 결과 표준군 이외의 group에서 낮은 FC/EC 비율 보인 것으로 사료된다.

한편 혈청 중의 total cholesterol을 측정 한 결과는 Table 5와 같다. 분산분석 결과 각 group간 혈청 cholesterol 농도의 유의차가 인정되었으며, 최소유의차는 22.52였다. 이것은 cholesterol과 bile salts를 부여한 대조군에서 cholesterol 농도가 현저히 높아졌지만 식이섬유소 추출물의 섭취를 증가시킴에 따라 그 농도가 유의차있게 감소했다는 것을 의미한다. 한편 부여된 cholesterol이 혈청 cholesterol로 전환된 의견상의 비율 (B/A)은 대조군과 비교하여 식이

Table 5. Effects of dietary fiber on total serum cholesterol of rats

Dietary group	Ingested cholesterol mg(A)	Serum cholesterol mg/dl(B)	(Mean ± S. D.)
			B/A* %
Standard	—	66.7 ± 9.8 ^d	—
Control	1,667	189.2 ± 13.2 ^a	7.35
Control+3%DFP	1,378	168.3 ± 9.6 ^{ab}	7.37
Control+6%DFP	1,493	152.2 ± 16.6 ^b	5.73
Control+9%DFP	1,180	127.8 ± 17.5 ^c	5.18
Control+12%DFP	1,336	110.5 ± 9.5 ^c	3.28

^{a, b, c, d} Significantly different between means bearing different superscript (p < 0.05).

* The apparent increase ratio of serum cholesterol to ingested cholesterol was calculated by correction of subtracting the serum cholesterol in the standard group received on cholesterol.

섬유소 추출물을 많이 섭취하는 group의 비율이 감소하는 추세를 보였다.

4. 식이섬유소가 흰쥐의 간 지질에 미치는 영향

간의 중량 및 지방함량을 측정 한 결과는 Table 6과 같았다. 이에 대한 분산분석 및 t 검정결과 group 간 간의 중량 및 체중에 대한 간의 중량비율의 유의차는 각각 인정되지 않았다. 그러나 간의 중량

Table 6. Effects of dietary fiber on liver weights and lipid contents of rats

(Mean \pm S. D.)

Dietary group	Liver weight		Liver lipid	
	g	% body weight	mg/g liver	mg/liver
Standard	6.39 \pm 0.66	3.18 \pm 0.35	80.6 \pm 4.6	512.7
Control	8.20 \pm 1.35	3.43 \pm 0.10	80.1 \pm 3.4	659.1
Control+3%DFP	8.05 \pm 1.62	3.78 \pm 0.17	80.7 \pm 5.5	656.0
Control+6%DFP	8.08 \pm 1.36	3.77 \pm 0.22	75.6 \pm 6.4	604.6
Control+9%DFP	8.15 \pm 2.04	3.90 \pm 0.59	79.4 \pm 7.5	632.4
Control+12%DFP	7.48 \pm 1.46	3.84 \pm 0.39	70.9 \pm 5.4	529.7

과 간의 총지방함량 사이의 상관계수는 $r=0.87$ 로서 t 검정결과 5% 수준에서 유의성이 인정되었다.

한편 간의 cholesterol 농도를 측정한 결과 Table 7과 같다. 분산분석 결과 각 group 간 간의 단위 중량 당 cholesterol 농도의 유의차가 인정되었으며,

최소유의차는 4.41이었다. 여기에서도 섭취된 cholesterol과 bile salts가 간의 cholesterol 농도를 증가시켰지만 식이섬유소 첨가에 따라 그 농도 수준이 유의차있게 감소되었음을 볼 수 있다. 그러나 식이섬유소 12% 첨가군의 cholesterol 농도와 표준군의

Table 7. Effects of dietary fiber on liver cholesterol levels of rats

(Mean \pm S. D.)

Dietary group	Ingested cholesterol mg (A)	Liver cholesterol		B/A ^f %
		mg/g liver	mg/liver (B)	
Standard	—	4.5 \pm 0.3 ^e	28.5 \pm 4.2	—
Control	1,667	65.1 \pm 3.3 ^a	538.4 \pm 115.1	30.59
Control+3%DFP	1,378	60.3 \pm 3.1 ^{ab}	486.6 \pm 105.5	33.24
Control+6%DFP	1,493	56.6 \pm 2.1 ^b	457.3 \pm 81.8	28.72
Control+9%DFP	1,180	51.4 \pm 1.8 ^c	415.6 \pm 91.5	32.81
Control+12%DFP	1,336	45.9 \pm 3.2 ^d	340.0 \pm 48.5	23.32

^{a, b, c, d, e} Significantly different between means bearing different superscripts ($p < 0.05$).

^f The apparent accumulation ratio of liver cholesterol to ingested cholesterol was calculated by correction of subtracting the serum cholesterol in the standard group received no cholesterol.

농도와는 현저한 차이가 있었으며 이것은 식이섬유소 추출물의 혈청 cholesterol 상승 억제효과와 같은 경향으로 12% 이상의 식이섬유소 추출물을 첨가하여 혈청 및 간의 cholesterol 농도가 정상 수준으로 복귀하는지에 대한 추사가 필요할 것으로 사료된다.

또한 이상의 결과는 미강이 흰쥐의 혈청 cholesterol 농도를 상승시켰다는 보고⁸⁾와 대조적이었지만 20%의 cellulose 또는 lignin이 흰쥐의 혈액 및 liver cholesterol 농도를 감소시켰다는 보고^{25, 26)}와는 비슷한 경향이었다.

한편 섭취된 cholesterol이 간에 축적된 외견상 비율(B/A)은 혈청으로의 전환 경향과 비슷한 바 이것은 섭취된 cholesterol이 장관에 흡수되어 간에서 결합형 cholesterol(EC)형태로 축적되는 과정에 있어²⁴⁾ 식이섬유소가 억제 인자로 작용했을 가능성이 높은 것으로 사료된다.

요 약

쌀보리에서 조제한 식이섬유소 추출물이 흰쥐의 지질대사에 미치는 효과를 실험한 결과는 다음과 같다.

1. 식이섬유소 추출물의 조성은 cellulose 19.3%, hemicellulose 58.7%, lignin 10.5% 였다.
2. 흰쥐의 성장도에 미치는 식이섬유소 추출물의 영향은 현저하지 않았다. ($p > 0.05$)
3. 식이섬유소 추출물이 흰쥐의 혈청지질 조성 및 간의 단위중량 당 지방 함량에 미치는 영향은 없었으나, 혈청 및 간의 cholesterol 농도를 일정 수준까지 감소시켰다. ($p < 0.05$)

참 고 문 헌

- 1) Trowell, H. : *Amer. J. Clin. Nutr.*, **25**, 926 (1972)
- 2) Burkitt, D. P., Walker, A. R. P. and Painter, N. S. : *J. Ame. Med. Assoc.*, **229**, 1068 (1974)
- 3) Robertson, J. : *Nature.*, **238**, 290(1972)
- 4) Hollingswoth, D. F. and Greaves, J. P. : *Ame. J. Clin. Nutr.*, **20**, 65 (1976)
- 5) Hoppert, C. A. and Clark, A. J. : *J. Ame. Diet. Assoc.*, **21**, 157 (1945)
- 6) 김영수 : 중앙대학교 식품가공학과 석사학위 청구논문 (1983)
- 7) 유춘희, 김숙희 : 한국영양학회지, **9**, 134 (1975)
- 8) 유춘희, 김숙희 : 한국영양학회지, **10**, 140 (1977)
- 9) 유춘희, 김숙희 : 한국영양학회지, **10**, 155 (1977)
- 10) AACC: American Association of Cereal Chemists, Approved Method, 32-20 (1978)
- 11) Marlett, J. A. and Lee, S. C. : *J. Food Sci.*, **45**, 1688 (1980)
- 12) Van Soest, P. J. and Wine, R. H. : *J. AOAC* **50**, 50 (1967)
- 13) Van Soest, P. J. : *J. AOAC*, **46**, 825 (1963)
- 14) Van Soest, P. J. : *J. AOAC*, **46**, 829 (1963)
- 15) Van Soest, P. J. and Wine, R. H. : *J. AOAC*, **57**, 780 (1968)
- 16) AOAC: Association of Official Analytical Chemists, 13th ed. (1980)
- 17) Harper, A. E. : *J. Nut.*, **68**, 408 (1959)
- 18) Iatron Laboratories: Iatronscan TH-10 Instrument Application No. 4, Iatron press, Tokyo.
- 19) Allain, C. C., Poon, L. S., Chan C. S. G., Richmond, W. and Fu, P. C. : *Clin. Chem.*, **20**, 470 (1974)
- 20) Witte, D. L., Barrett II, D. A. and Wycoff, D. A. : *Clin. Chem.*, **20**, 1282(1974)
- 21) Folch, J., Lees, M. and Sloan Stanley, G. H. : *J. Biol. Chem.*, **226**, 497 (1957)
- 22) Zak, B., Dickenman, R. C., White, E. G., Burnett, H. and Cherney, P. J. : *Ame. J. Clin. Pathol.*, **24**, 1307(1954)
- 23) Gidez, L. I., Roheim, P. S. and Eder, H. A. : *J. Lip. Res.*, **6**, 377 (1965)
- 24) DeyKin, D. and Goodman, D. S. : *J. Biol. Chem.*, **237**, 3649 (1962)
- 25) Inglett, G. E. and Falkehag, S. E. : *Dietary Fibers*, AP, 273 (1979)
- 26) Sundaravalli, O. E., Shurpalekar, K. S. and Narayana Rao, M. : *J. Agric. Food. Chem.*, **19**, 116 (1971)