

지방의 섭취량과 첨가된 섬유소의 종류가 흰쥐의 체내 지질 수준에 미치는 영향*

장 유 경·윤 홍재

한양대학교 가정대학 식품영양학과

The Effect of Dietary Fat Levels and Sources of Dietary Fiber on Serum and Liver Lipids of Rats

You Kyung Chang · Hong Jae Youn

Dept. of Food & Nutrition, College of Home Economics, Han Yang University

=ABSTRACT=

The effect of fiber sources on lipid metabolism was investigated in relation to the level of dietary fat. After rats were fed each diet for 4 weeks, all animals were sacrificed to collect the liver, and blood samples by heart puncture.

Total lipid, total cholesterol, phospholipid and HDL-cholesterol were determined in serum. Total lipid and total cholesterol were also determined in liver.

These results were compared with the histochemical appearances by the method of Oil red-O staining. Higher level of fat in the diet appeared to increase the total lipid levels in serum and more fat in the liver cells were shown from the high fat diet judging from the E.M. pictures.

Phospholipid concentration in serum was greater in the rats of high fat groups than those of the control or non-fat groups. High fat level caused to decrease the HDL-cholesterol concentration in serum.

Pectin decreased serum and liver lipids and the deposit of fat in the liver cells. HDL-cholesterol levels in serum was increased by pectin.

Whereas the cellulose supplementation had no effect to reduce serum and liver total lipid levels, and cellulose did not decreased the deposit of fat in the liver cells.

From these results, it is concluded that dietary fat levels led to changes in the lipid metabolism of rats and pectin may exhibit a lowering total lipid contents in serum and liver.

Cellulose may slightly elevate serum and liver levels, or have no lowering effect.

* 본 연구는 1983년도 산학협동재단 학술연구비의 지원으로 이루어졌다.

접수일자 : 1984년 6월 25일

서 론

우리 나라에서 심장 혈관계 질병은 서구 여러 나라에 비해 아직은 주요한 사인은 되고 있지 않으나 최근 식 생활의 변화로 지방의 섭취량이 증가되면서 심장병, 동 맥경화증 및 고혈압 등 순환기 질환에 미치는 지방의 영향은 대단히 중요한 문제로 되고 있다. 여러가지 인 자들이 심장 혈관계 질병에 영향을 미치고 있음이 보고 되었으며^{1,2)} 그 중에서도 특히 혈청 cholesterol량은 가장 중요한 위험 인자로 지적되고 있다. 이런 연구 결과 들은 혈청 cholesterol은 물론 체내 cholesterol 대사에 영향을 미치는 영양적인 인자들에 관해서 보다 많은 관 심을 집중시켰다³⁾. 혈청 cholesterol량에 영향을 미 치는 영양적인 인자로는 식이에 포함된 지방의 종류와 양^{3,4,5)}, 섭취하는 영양소의 양과 종류^{6,7,8)}, 혹은 탄수화물의 종류⁹⁾, 섬유질¹⁰⁾ 및 총 열량 섭취량 등¹¹⁾이 주로 논의 되어 왔다. 식품중의 fiber는 비 영양성 다당류란 명칭으로서 동물의 소화 기관 내에서 소화 흡수되지 않는 불질로 알려져

왔다¹²⁾. 그러나 Trowell¹³⁾은 이 "non-nutritive" fiber가 소화 기관 내에서 생리적 기능이 없는 것도 아니며, 또한 fiber의 섭취량은 동맥 경화증, 심장병, 대장암 등과 관계가 있다고 보고했다¹⁴⁾. Wells 등¹⁵⁾과 Ershoff¹⁶⁾는 pectin이 쥐와 사람에게서 혈청과 간의 cholesterol 수준을 낮추어 주는 효과가 있다고 보고 하였다. 식이성 fiber 중에서도 pectin, caragheenan 같은 fiber는 혈액내 cholesterol 농도를 저하시키는 효 과를 가진 것으로 보고되었으며^{17,18)}, gum arabic, agar, cellulose 등은 혈청 cholesterol 치를 낮추는데 있어서 일치된 효과를 보이지 않았다.

따라서 본 연구에서는 식이중의 지방수준과 고지방 식이에 첨가된 pectin, cellulose가 혈청 및 간의 지질 함량에 미치는 영향에 대해 검토했다.

재료 및 방법

1) 실험 동물

체중 305~315 g 되는 Sprague-Dawley제 albino rats, 숫컷 48마리를 표준 사료로 2일간의 적응 기간

Table 1. Composition of experimental diets

Food component (g/100 g diet)	C	NF	HF	HFP	HFC	HFPC	HFCC ⁵⁾
Corn starch	64.7	69.7	49.7	44.7	44.7	44.2	44.2
Casein	20	20	20	20	20	20	20
Soy bean oil	5	—	5	5	5	5	5
Beef tallow	—	—	15	15	15	15	15
Cellulose ¹⁾	5	5	5	—	10	—	10
Pectin ²⁾	—	—	—	10	—	10	—
Choline, Cl	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Mineral mix. ³⁾	4	4	4	4	4	4	4
Vitamin mix. ⁴⁾	1	1	1	1	1	1	1
Cholesterol	—	—	—	—	—	0.5	0.5

1) Cellulose was Alpha cellulose and purchased from Sigma Chemical Company.

2) Pectin was citrus pectin, galacturonic acid content approx. 75.1%, methoxy content 7.25 % by Sigma Chemical Company.

3) Mineral mixture (per 100 g) Calcium carbonate, 29.29 g; monopotassium phosphate, 34.41 g; monocalcium phosphate, 2H₂O, 0.43 g; sodium chloride, 25.06 g; magnesium sulfate, 2H₂O, 9.98 g; copper sulfate, 5H₂O, 0.156 g; ferric citrate, 6H₂O, 0.0623 g; manganese sulfate, H₂O, 0.121 g; zinc chloride, 0.01 g; potassium iodide, 0.0005 g; ammonium molybdate, 4H₂O, 0.0025 g.

4) The vitamin mixture was composed of retinol acetate, 93.2 mg; vitamin D₃, 0.5825 mg; α-tocopherol acetate, 1200.0 mg; vitamin K₃, 6.0 mg; thiamin HCl, 59.0 mg; vitamin B₁, 59.0 mg; pyridoxine HCl, 29.0 mg; vitamin B₁₂, 0.2 mg; vitamin C, 588.0 mg; biotin, 1.0 mg; folic acid, 2.0 mg; calcium pantothenate, 235.0 mg; nicotinic acid, 294.0 mg; inositol, 1176.0 mg; and sucrose to 100.0 (g)

5) C : Control, NF : Non Fat, HF : High Fat, HFP : High Fat pectin, HFC : High Fat Cellulose, HFPC : High Fat Pectin Cholesterol, HFCC : High Fat Cellulose Cholesterol.

Table 2. Effect of diets on food intake, weight gain, feces weight, relative liver size, and size of epididymal fat pad of rat

Diet	Total food intake (g)	Total weight gain (g)	Feces wet weight (g)/1 week	Relative liver size (g/100 g body wt.)	Epididymal fat pad (g)
C ³⁾	639.3 ± 21.4 ¹⁾	83.1 ± 9.5	14.40 ± 1.33	2.43 ± 0.01	5.0 ± 0.99
NF	670.4 ± 28.6 ^{a,b} ²⁾	76.6 ± 11.6	13.32 ± 0.98	2.30 ± 0.04	3.94 ± 0.06 ^a
HF	601.8 ± 18.8	82.3 ± 4.4	14.52 ± 0.61 ^c	2.42 ± 0.03	5.63 ± 0.09
HFP	548.2 ± 13.0 ^a	66.4 ± 2.9	13.07 ± 0.78 ^a	2.35 ± 0.06	4.65 ± 0.08
HFC	590.3 ± 29.9	65.8 ± 6.3	20.90 ± 0.84 ^{ac}	2.41 ± 0.09 ^a	5.26 ± 0.09
HFPC	536.3 ± 25.1 ^b	72.2 ± 10.3	12.58 ± 0.80 ^b	2.70 ± 0.09	4.88 ± 0.23
HFCC	585.5 ± 23.8	76.1 ± 5.9	19.80 ± 1.77 ^b	3.06 ± 0.17 ^a	6.40 ± 0.13 ^a

1) Mean ± S.E.

2) a, b, c, values sharing a common superscript letter are significantly different by Scheffe's test ($p < 0.05$)

3) C: Control, NF: Non Fat, HF: High Fat, HFP: High Fat Pectin, HFC: High Fat Cellulose, HFPC: High Fat Pectin Cholesterol, HFCC: High Fat Cellulose Cholesterol

을 거친 후 7군으로 나누고, 각군당 6마리씩 입의 배치하였으며, 나머지 6마리는 실험 개시기의 간 조직의 지방 침착을 알아 보기 위해 사용했다. 실험 개시기의 모든 실험군의 평균 체중은 310 ± 6.3 g이었고 식이와 물은 자유급식 시켰다. 각 cage에 한마리씩 넣어서 4주간 사육하였으며 사육실의 온도는 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지하였다.

2) 실험 식이

실험 식이의 구성은 Table 1과 같다. 지방 수준의 차이에 따른 체내 지질 함량 변화를 관찰하기 위해 표준 식이군(C), 무지방 식이군(NF), 고지방 식이군(HF)으로 분류하였다. Fiber종류에 따른 효과를 보기 위해 고지방 식이군에 pectin(HFP)과 cellulose(HFC)를 10%씩 첨가하여 비교하였으며, 식이중 cholesterol 첨가시의 변화를 보기 위해 고지방 pectin 첨가군(HFPC)과 고지방 cellulose 첨가군(HFCC)에 각각 cholesterol을 0.5%씩 첨가하였다. 사육 기간 중 몸무게는 일주일에 한번씩, 식이 섭취량은 매일 일정한 시간에 측정하였다.

3) 실험 방법

실험 식이를 섭취시켜 4주가 되었을 때 12시간 절식 후 ether로 마취시켜 heart puncture에 의해 혈액을 얻은 후 원심 분리하여 혈청을 채취했다. 혈청내의 total lipids는 sulfophospho-vanillin법²⁰⁾으로 측정하였고 total cholesterol은 klungsoyr법²¹⁾을 이용하여 분석하였다. Phospholipids는 Fiske-Subbarow법²²⁾

을 이용하였으며 HDL-cholesterol은 Heparin-Manganese precipitation 법을 이용한 Kits를 사용하여 측정하였다. 간은 1g을 취하여 Folch등의 방법에²³⁾ 의하여 total lipids를 추출한 후 Chloroform-Methanol 2:1(V/V) 용액에 녹여 그 중 일부를 취하여 간의 total lipids, total cholesterol을 혈청에서 와 동일한 방법으로 측정하였다. 간 조직의 현미경 관찰을 위하여 간장의 좌측 전엽에서 폐년 간조직을 4°C에서 10% 중성 포르말린 용액에 고정한 후 cryostat로 $8 \mu\text{m}$ 동결 절편으로 잘라 지질 검출용으로 사용하였다. 간에서의 지방 침착 정도를 관찰하기 위해 Oil red-0 염색을 한 후 한양대 의대 해부학 실험실의 광학현미경 Olympus BH-2를 이용하여 100배로 관찰하였다. 모든 자료는 평균치와 표준 오차를 산출하여 분산 분석을 행했으며, 유의성 검증은 Scheffe's test로 행하였다.²⁴⁾

결 과

총 식이 섭취량, 체중 증가량, 변의 무게, 간의 무게 그리고 epididymal fat pad의 무게는 Table 2에 있다. 식이 섭취량은 식이내 지방수준이 낮아짐에 따라 식이 섭취량이 높아지는 경향이었으나 뚜렷한 차이는 보이지 않았다. Fiber 첨가로 인해서는 HF 식이군에 비해 HFP식이군, HFC식이군 모두 감소하는 경향이었으며 무지방 식이군에 비해서는 pectin첨가군인 HF P 식이군, HFPC식이군은 유의적인 수준의 감소를 보였다. Cellulose첨가로는 C식이군이나 NF식이군 보다 감소되기는 하였으나 유의적인 수준은 아니었다. 체중

Table 3. Effect of diets on serum and liver lipid, cholesterol, serum phospholipids and serum HDL-cholesterol in rats

Diet	Serum				Liver	
	Total lipids	Total cholesterol	Phospholipids	HDL-cholesterol	Total lipids	Total cholesterol
	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 g body wt.	mg/100 g body wt.
C ³⁾	43.9 ± 10.9 ^a	93.4 ± 2.3 ¹⁾	158.4 ± 10.9	56.3 ± 3.6 ²⁾	414.1 ± 44.5	14.4 ± 2.1
NF	261.8 ± 14.6 ^{ab}	84.3 ± 3.0	149.4 ± 7.4	82.8 ± 4.8 ^{ab}	338.4 ± 30.3	9.2 ± 0.8
HF	501.0 ± 193 ^b	102.3 ± 2.7	175.2 ± 14.3	61.5 ± 3.8 ^b	427.7 ± 36.8	17.1 ± 1.4
HFP	458.8 ± 22.9	90.3 ± 2.7	162.7 ± 2.9	48.2 ± 3.3	395.2 ± 35.0	12.4 ± 1.7
HFC	505.2 ± 19.5	110.0 ± 8.3	169.9 ± 19.8 ^a	34.4 ± 2.9	518.8 ± 17.3	20.1 ± 0.7
HFPC	532.0 ± 23.0	106.0 ± 2.9 ^a	169.9 ± 5.8 ^b	35.6 ± 2.8 ^c	610.8 ± 20.3 ^a	23.7 ± 1.5 ^a
HFCC	573.0 ± 15.8	126.8 ± 5.0 ^a	204.8 ± 7.6 ^{ab}	21.8 ± 3.0 ^c	936.5 ± 43.9 ^a	54.9 ± 4.4 ^a

1) Mean ± S.E.

2) a, b, c, values sharing a common superscript letter are significantly different by Scheffe's test ($p < 0.05$).

3) C: Control, NF: Non Fat, HF: High Fat, HFP: High Fat Pectin, HFC: High Fat Cellulose, HFPC: High Fat Pectin Cholesterol, HFCC: High Fat Cellulose Cholesterol

증가량은 지방 수준이나 fiber 종류에 따른 차이를 보이지 않았다. 변의 무게는 지방 수준에 따른 차이는 없었으나 HF식이군과 fiber 첨가군을 비교해 보면 뚜렷한 차이가 있음을 알 수 있었으며, HF 식이군 보다 HFP식이군은 변의 무게가 감소되었으며, HFC식이군은 뚜렷한 증가를 보였다. 간의 무게는 지방 수준이 증가함에 따라 증가하며 fiber 종류 가운데서는 HFC 식이군이 HFP식이군 보다 높았으나 뚜렷한 차이는 없었으며, HFCC식이군이 HFPC식이군을 제외한 모든 군에 비하여 높았다. Epididymal fat pad 무게는 지방 수준이 높아짐에 따라 증가하는 경향을 보였으며 HFP식이군이 HFC식이군보다 더 낮았으나, NF식이군과 HFCC식이군 사이에서만 뚜렷한 차이를 보였다.

Table 3은 혈청과 간의 지방질 분석 결과이다. 혈청의 total lipids는 식이내의 지방량에 따라 영향을 받음을 알 수 있었으며 식이의 지방이 많아짐에 따라서 total lipids량이 높아지는 경향을 보였다. Fiber 종류에 따른 혈청내의 total lipids의 수준은 HFC식이군이 HFP식이군에 비해 높았으나 유의적인 수준은 아니었다. 혈청 total cholesterol량은 지방 수준에 따라서는 HF식이군, C식이군, NF식이군의 순으로 낮아졌으나 뚜렷한 차이는 보이지 않았다. 식이중 첨가된 pectin과 cellulose에 따른 혈청 total cholesterol의 수준은 HFP식이군이 HF식이군 및 HFC식이군보다 낮

았으며 식이에 cholesterol이 첨가되었을 때에도 HF-PC식이군이 HFCC식이군 보다 낮았다. 혈청내의 phospholipids량도 지방 수준이 높아짐에 따라 증가하였으나 유의적인 수준은 아니었고 식이에 cholesterol을 첨가하므로서 phospholipids수준도 현저하게 증가하였으며, HFPC식이군에 비해서 HFCC 식이군이 뚜렷한 증가를 보였다. HDL-cholesterol 수준은 식이의 지방이 많아짐에 따라 낮아서 NF식이군은 C식이군 및 HF식이군보다 높았으며, 식이에 첨가된 pectin과 cellulose에 따른 HDL-cholesterol 수준은 HFC식이군에 비하여 높았고 HFPC식이군은 HFCC 식이군보다 약간 높았으나 HF식이군에 비하여 훨씬 낮은 수준을 나타냈다. 간의 total lipids 수준은 혈청에서의 결과와 같이 NF식이군, C식이군, HF 식이군의 순서로 증가된 것으로 보아 식이에 첨가된 지방 수준에 따라 증가되었다. pectin과 cellulose가 간의 total lipids 수준에 미치는 영향을 비교하여 보면 HFP식이군은 HFC식이군보다, HFPC식이군은 HFCC식이군 보다 간의 total lipids 수준이 낮았다. 같은 고지방 수준에서 pectin과 cellulose의 영향을 비교하여 보면 HF식이군보다 HFP식이군이 간에서의 total lipids 수준은 낮았으나 오히려 HFC식이군에서는 높았다. 또 식이에 cholesterol이 첨가되었을 때는 모두 HF식이군 보다 뚜렷하게 높았다. Total cholesterol은 to-

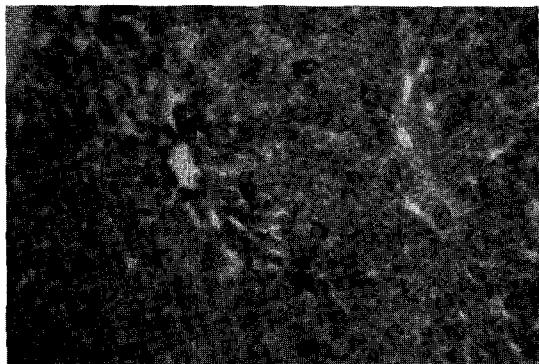


Fig. 1. None of fat deposit on liver lobule was observed in Initial groups. Oil red-O stain, $\times 100$.

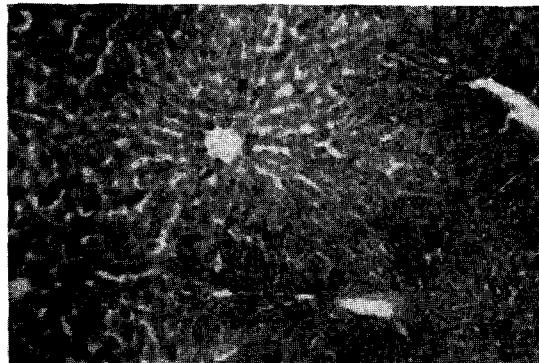


Fig. 2. The slightly fat deposit on peripheral zones of liver lobule was observed in Control groups. Oil red-O stain, $\times 100$.

tol lipids와 같이 지방 수준이 높아짐에 따라 증가하였으나 뚜렷한 차이는 아니었고, HFPC식이군이 H-FCC식이군 보다 total cholesterol 수준이 매우 낮았다. 간 조직의 현미경 관찰 결과는 Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8에서 보는 바와 같다. 실험 개시기간 조직의 지방 침착정도는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 지방 침착이 없는 상태이다. Fig. 2는 C식이군의 간 조직 지방침착을 보여 주고 있는데 중심 부위에는 별로 지방 침착이 없고 주변 부위에 약한 반응을 보였다.

Fig. 3은 NF식이군의 지방침착 정도를 나타낸 것으로 중심부와 주변부 모두 극히 미약한 침착을 보였다. HF식이군에서는 Fig. 4에서와 같이 주변부에는 중등 정도의 지방 침착을, 중심부에는 약한 양성 반응을 보였다. HFP군은 Fig. 5에서와 같이 간소엽 주변부에 약한 양성 반응을, 중심부에 중등 정도의 지

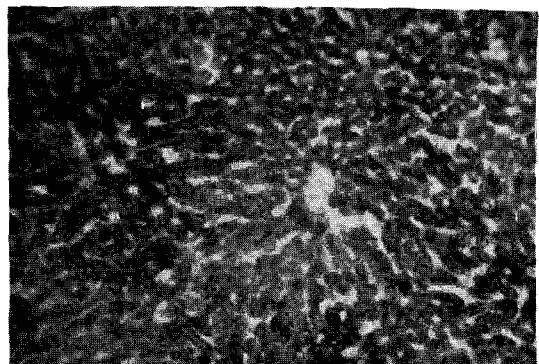


Fig. 3. The trace fat deposit on the liver lobule was observed in Non Fat groups. Oil red-O stain, $\times 100$.

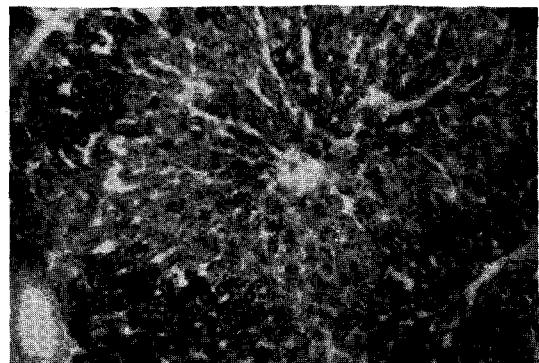


Fig. 4. The moderate fat deposit on the peripheral zone and slight fat deposit on the central zone of liver lobule were observed in the High Fat groups. Oil red-O stain, $\times 100$.

방 침착 현상을 보였다. HFC식이군은 Fig. 6에서와 같이 주변부에 심한 지방 침착과 중심부와 중간대에 중등 정도의 지방 침착을 나타냈다. HFPC식이군은 Fig. 7에서와 같이 간 소엽 전체에 상당히 심한 지방 침착을 나타냈다. HFCC식이군은 Fig. 8에서와 같이 간소엽 중심부와 주변부 모두 극히 심한 정도의 지방 침착 현상을 보였다.

고 츠

본 연구에서 식이 섭취량은 식이 성분 중 지방 수준이 높아짐에 따라 감소하는 경향으로 나타났는데 이는 지방수준이 높아지면 식이의 맛에 영향을 주기 때문이 라고 생각되며, caloric density가 크기 때문에 식이 섭

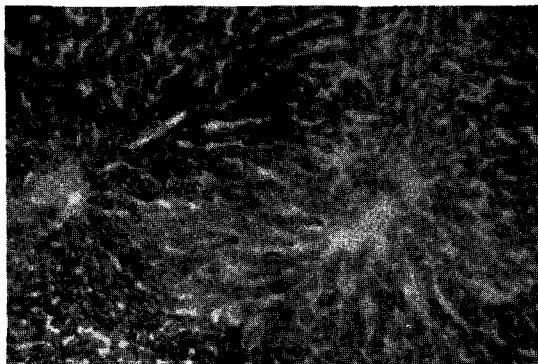


Fig. 5. The trace fat deposit on the peripheral zone and moderate fat deposit on the central zone of liver lobule were observed in the High Fat Pectin groups. Oil red - O stain, $\times 100$.

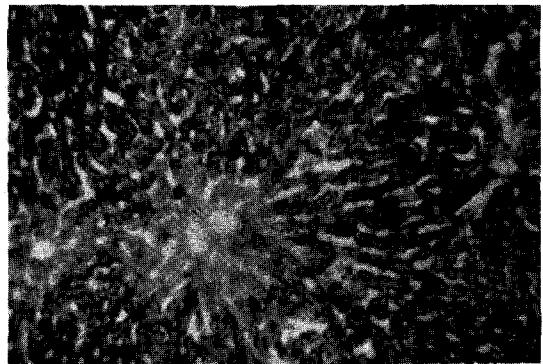


Fig. 7. The significant fat deposit on the central and peripheral zones of liver lobule were observed in the High Fat pectin Cholesterol groups. Oil red - O stain, $\times 100$.

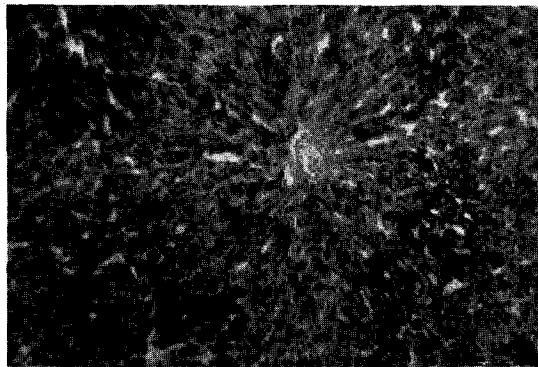


Fig. 6. The significant fat deposit on the peripheral zone and moderate fat deposit on the central and intermediate zones of liver lobule were observed in the High Fat Cellulose groups. Oil red - O stain, $\times 100$.

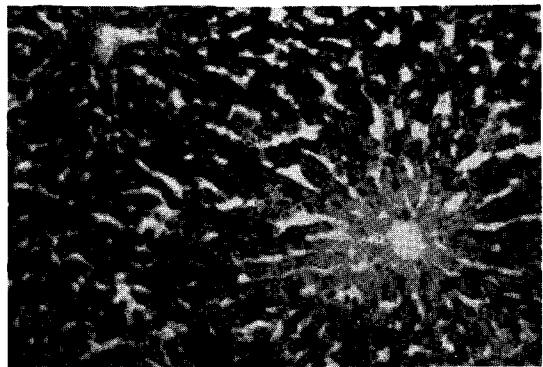


Fig. 8. The very significant fat deposit on the liver lobule was observed in the High Fat Cellulose Cholesterol groups, Oil red - O stain, $\times 100$.

취량이 감소된다는 Yoshida 등²⁵⁾의 보고와 일치한다. Fiber의 첨가로 인한 식이 섭취량의 변화는 pectin 첨가군은 감소되는 경향을 보인 반면 cellulose 첨가군은 pectin 첨가군 보다 높은 경향을 보였으나 뚜렷한 차이는 나타내지 않았다. pectin은 식이중 caloric density 를 낮추는 동시에 포만감을 증가시켜 줌으로 인해 식이 섭취량이 줄어든 것으로 생각된다. 한편 cellulose는 pectin과 다른 물리 화학적 성질로 인하여 식이중 caloric density 는 낮추어 주나 포만감의 증가에는 pectin 보다 효과가 적은 것으로 생각되며, 이는 fiber의 종류마다 중체량, 식이 섭취량, 식이 효율에 다른 효과를 보인다는 Muller 등²⁶⁾의 결과와 유사한 것으로 생각된다. 중체량은 지방 수준에 관계없이 모두 비슷한

경향을 보였다. Fiber 종류에 따른 중체량 역시 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 변의 무게는 지방 수준에 따른 차이는 나타나지 않았으나 섬유소의 종류에 따라 pectin은 변의 무게를 감소시켰으나 cellulose는 뚜렷한 증가를 보였다. 섬유소로 인한 변 배설량의 증가는 Eastwood 등²⁷⁾과 Cummings 등²⁸⁾에 의해 잘 연구되었는데, Eastwood 등²⁷⁾은 fiber의 water holding capacity에 의하여 변의 수분량이 증가하기 때문이라고 보고하였다. HF식이군, C식이군, NF식이군의 순으로 혈청 lipids, 혈청 cholesterol 수준이 감소하는 것은 지방의 섭취량이 증가할수록 혈청 cholesterol이 증가된다고 한 여러 연구자들이 보고한 바와 같다⁴⁾⁶⁾⁷⁾. Fiber에 의한 효과는 total lipids 와 total cholesterol

모두 pectin 첨가군이 cellulose 첨가군 보다 낮았다. 이런 효과는 cholesterol 첨가 시에 더욱 뚜렷하였다. 본 실험에서 pectin이 hypocholesterolemic effect 가 있음이 명백하였는데 Rotenberg 등²⁹⁾, Jenkins 등³⁰⁾의, 보고와 일치하였다. 또한 cellulose 가 혈청내 cholesterol 수준을 낮추는데 뚜렷한 효과를 보이지 않았다고 보고한 Tsai 등³¹⁾ 및 Story 등³²⁾의 결과와도 일치하고 있다. 체내에서 pectin 과 cellulose 의 여러 성질을 고찰해 볼 때 Jenkins 등³³⁾은 Pectin은 gel 형성 능력에 의해 gastric emptying 을 지연시켜 주며 그 결과 체내에서 식이의 transit time 을 늘려 준다고 보고 하였고, Vahouny 등³⁴⁾은 cellulose 는 gastric emptying 을 증가시켜 주며 전반적인 위장관 내의 transit time 을 감소시켜 준다고 보고했다. 또 Kritchevsky 등³⁵⁾의 실험에 의하면 pectin 의 bile acid binding capacity 가 소장 내에서 7% 라고 했으며, Vahouny 등³⁶⁾은 cellulose 의 bile acid binding capacity 는 0%로 binding 이 전혀 없음을 보고했다. 이들의 연구 결과를 종합해 보면 pectin 은 혈액내 cholesterol 수준을 낮추는데 효과를 갖고 있지만 cellulose 는 그와 같은 효과가 없다는 점에서 본 연구와 일치함을 알 수 있다. Philips 와 Brien³⁷⁾은 Pectin 이 cholesterol 을 함유한 식이에서만 hypocholesterolemic effect 를 갖는다고 보고하였으나 cholesterol 을 첨가하지 않은 고지방 식이에서도 이미 체내에 축적되어진 cholesterol 에 대하여 비슷한 효과를 나타냄을 알 수 있으며 식이내에 cholesterol 이 첨가되었을 때 더욱 뚜렷한 효과를 보여 주는 것을 알 수 있었다. 혈청내의 phospholipids 수준에 있어서도 HF 식이군, C식이군, NF 식이군의 순으로 감소했으나 유의적인 차이는 아니었다. pectin 과 cellulose 의 효과는 cholesterol 첨가시 pectin 은 phospholipids 량을 낮추는 효과가 뚜렷했으나 cellulose 는 그런 효과를 보이지 않았다.

Fiber 의 혈청내 HDL-cholesterol 수준에 미치는 영향은 pectin 은 HDL-cholesterol 농도를 높여 주었으나 cellulose 는 감소 시켰다. 이와 같은 결과는 cholesterol 첨가시 더욱 뚜렷하였다. 간에서 total lipids, total cholesterol 수준은 지방 수준이 높아짐에 따라 높게 나타났고, pectin 첨가군은 감소를, cellulose 첨가군은 약간 증가하는 경향을 보였다. Wells 등¹⁵⁾과 Kiriyma 등¹⁹⁾에 의하면 cellulose 는 혈청과 간에서의 cholesterol 농도를 약간 증가시킨다는 보고가 있는 반면 chemically purified cellulose 는 15% 이상의 많은 양을 식이내에 첨가하지 않는 한 hyp-

ocholesterolemic effect 를 나타내지 못한다는 보고도 있다³⁸⁾. 본 실험에서 사용한 10% cellulose 첨가로는 혈청과 간의 total lipids, total cholesterol 농도는 낮아지지 않았으며 오히려 약간씩 증가하는 경향을 보였다. 간 조직의 지방 침착 정도는 지방 수준이 높아짐에 따라 침착이 심해졌으며 fiber 의 첨가로 인한 효과는 HF 식이군에 비해 HFP 식이군은 간의 지방 침착 정도가 뚜렷하게 감소했으며 HFC 식이군은 감소 효과를 보이지 않았다. 또 식이내에 cholesterol 첨가로 인하여 상당한 지방 침착이 일어남을 알 수 있었으며 pectin 과 cellulose 의 효과도 뚜렷하게 비교됨을 알 수 있었다. 각종 성인병의 주요한 인자가 되고 있는 혈청 및 간의 cholesterol 함량을 낮추려면 낮은 수준의 지방을 섭취하도록 해야하며 만약 고지방 식이를 섭취하는 경우에는 pectin 이 많은 식품을 섭취하는 것이 보다 효과적이라고 생각된다. 동시에 고지방에 pectin 을 첨가하는 것보다 저지방 식이를 하는 것이 더 바람직하다고 생각된다.

요약

식이중 지방 수준과 fiber 종류가 흰쥐의 혈청과 간 조직내의 지질 함량에 미치는 영향을 알아보기 위해 지방 수준을 0%, 5%, 20% 수준으로 달리 하였으며 fiber 종류는 고지방 식이군(20% 지방)에 pectin 과 cellulose 를 각각 10% 수준으로 첨가하였다.

또 식이내 cholesterol 첨가의 효과를 관찰하기 위해 고지방 식이군에 0.5% cholesterol 을 첨가한 후 pectin 과 cellulose 를 10% 씩 넣어 전체적으로 7군으로 나누어 각각 다른 식이로 4주간 사양한 후 혈청과 간에서 지질 함량을 조사하였으며 간 조직의 형태학적 조사를 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 식이 섭취량은 지방 수준이 낮을수록 높았으나 뚜렷한 차이는 보이지 않았으며 pectin 과 cellulose 첨가로 인해서 섭취량이 줄었다. 중체량은 지방 수준이나 fiber 종류에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 변의 무게는 지방 수준에 따른 차이는 없었으나 fiber 첨가로 인해서는 pectin 은 약간의 감소를 cellulose 는 뚜렷한 증가를 보였다. 또 cholesterol 을 첨가한 군 간의 비교에서도 pectin 첨가군은 감소를 cellulose 첨가군은 증가를 나타냈다. 간과 epididymal fat pad 의 무게는 지방 수준이 높아짐에 따라 증가하였으며 fiber 종류에 따라서는 pectin 첨가군이 cellulose 첨가군 보다 낮았다.

2) 혈청 분석 결과는 식이내 지방 수준이 높을수록 total lipids 수준이 높아지는 경향을 보였으며 pectin Ⓡ cellulose 보다 혈청내 지질 수준을 뚜렷하게 낮추었다. Total cholesterol 및 phospholipids 양에 있어서도 지방 수준이 증가함에 따라 높아졌으며 cellulose 보다 pectin 이 첨가 되었을때 현저한 감소를 나타냈다. H-DL-cholesterol 수준은 무지방군에서는 매우 높게 나타났으나 표준군과 고지방군간에는 명확한 결과를 얻을 수 없었다.

3) 간 분석 결과는 지방 수준이 높을수록 total lipids 양이 높아지는 경향을 보였다. 또 pectin 첨가가 cellulose 첨가군보다 현저히 낮은 lipids 수준을 나타냈다. 간의 total cholesterol 함량은 지방 수준이 높아짐에 따라 증가하였으나 뚜렷한 차이는 아니었으며 pectin 첨가가 cellulose 첨가보다 cholesterol 수준이 상당히 낮았다.

4) 간 조직의 혈관 관찰 결과는 지방 수준이 높아짐에 따라 조직내 지방 침착이 심해졌으며 fiber 의 첨가로 인해서는 pectin 은 뚜렷한 지방 침착의 감소를 보였으나 cellulose 는 거의 감소 효과를 보이지 않았다.

REFERENCES

- 1) Hegsted, D.M., MaGandy, R.B., & Stare, F.J. : *Dietary fats, carbohydrates and atherosclerotic vascular disease.* New Eng. J. Med. 277 : 186 - 192, 1967.
- 2) Han, I.K. & Park, K.R. : *Effect of dietary fats and oils on the growth and serum cholesterol content of rats and chicks.* Korean J. Nutr. 9(2) : 59 - 67, 1976.
- 3) Portman, O.W., & Stare, F.J. : *Dietary regulation of serum cholesterol levels.* Physiol. Rev. 39:407, 1959.
- 4) Kim, S. H. & Jo, M.J. : *A study of metabolic effect in high and low fat diet on albino rat.* J. Nutr. 5(4) : 169 - 176, 1972.
- 5) Ahrens, E.H., Insull, W., Jr., Blomstrand, R., Hirsch, J., Tsaltas, T.T. & Peterson, M.I. : *The influence of dietary fats on serum lipids levels in man.* Lancet, 1 : 943, 1957.
- 6) Kim, W.Y. & Park, H.S. : *The effect of dietary fat levels and protein source in early life on the cholesterol and lipid metabolism in adult rats.* Korean J. Nutr. 14(3) : 136 - 145, 1981.
- 7) Glueck, C.J. & Conner, W.E. : *Diet coronary heart disease relationships reconnoitered.* Am. J. Clin. Nutr. 31 : 727 - 737, 1978.
- 8) Pruswell, A.S. : *Diet and plasma lipids a reappraisal.* Amer. J. Clin. Nutr. 31 : 977 - 989, 1978.
- 9) Chang, M.L.W. & Johnson, M.A. : *Influence of fat level and type of carbohydrate on capacity of pectin in lowering serum and liver lipids of young rats.* J. Nutr. 106 : 1562 - 1568, 1976.
- 10) Leveille, G.A. & Souberlich, H.E. : *Mechanism of the cholesterol depressing effect of pectin in the cholesterol-fed rat.* J. Nutr. 88 : 209 - 214, 1966.
- 11) Weiss, F.G. & Scott, M.L. : *Effect of dietary fiber, and total energy upon plasma cholesterol and other parameters in chickens.* J. Nutr. 109 : 693 - 701 1979.
- 12) Goodhart, R.B. & Shills, M.E. : *Modern nutrition in health and disease.* Philadelphia; Lea & Febiger ; 900 - 901, 1976.
- 13) Trowell, H.C. : *Ischemic heart disease and dietary fiber.* Am. J. Clin. Nutr. 25 : 926 - 932, 1972.
- 14) Painter, N.S., Almeida, A.Z. & Colebourne, K. W. : *Unprocessed bran in the treatment of diverticular disease of the colon.* Brit. Med. J. : 137 - 140, 1972.
- 15) Wells, A.F. & Ershoff, B.H. : *Beneficial effect of pectin in prevention of hypercholesterolemia and increase in liver cholesterol fed rats.* J. Nutr. 74 : 87 - 92, 1961.
- 16) Ershoff, B.H. : *Effect of pectin N.F. and other complex carbohydrate on hypercholesterolemia and atherosclerosis.* Exp. Med. Surg. 21 : 108 - 112, 1963.
- 17) Ershoff, B.H. & Wells, A.F. : *Effects of gum guar, locust bean gum and caragheenan on liver cholesterol of cholesterol-fed rats.* Proc. Soc. Exp. Med. 110 : 580 - 582, 1962.
- 18) Molady, S. : *Effect of dietary pectin and algin on blood cholesterol level in growing rats fed a cholesterol free diet.* Nutr. Metabol. 15 :

- 290-294, 1973.
- 19) Kiriymama, S., Okazak, Y. and Yoshida, A. :*Hypcholesterolemic effect of polysaccharides and polysaccharides-rich foodstuff in cholesterol-fed rats.* J. Nutr. 97 : 382-388, 1969.
- 20) Frings, C. S. & Dunn, R.T. : *A colorimetric method for determination of total serum lipids based on the sulfophospho-vanillin reaction.* Am. J. Clin. Path. 53 : 89-91, 1970.
- 21) Klungsoyr, I., Hawkeness, E. & Kloss, K. :*Clin. Chem. Acta.* 3 : 54, 1958.
- 22) Fiske, C.H. & Subbarow, Y. : *The colorimetric determination of phosphorus.* J. Biol. Chem. 66 : 375-400, 1925.
- 23) Floch, J., Lees, M. & Sloanstanley, G.H. : *A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues.* J. Biol. Chem. 226 : 497-509, 1957.
- 24) Wonnacott, R.J. & Wonnacott, T.H. : *Introductory statistics. 3rd. edition,* Jhon Wiley & son, Inc. 1977.
- 25) Yoshida, A., Harper, A.E. & Elvehjem, C.A. : *Effect of dietary level of fat and type of carbohydrate on growth and food intake.* J. Nutr. 66 : 217-228, 1958
- 26) Muller, M.A., Cleary, M.P., & Kritchevsky, D. : *The effect of various types of dietary fiber on lipid storage in adipose tissue.* Fed. Proc. 40 : 853, 1981.
- 27) Eastwood, M.A., Kirpatrick, J.R., Mitchell, W.D., Bone, A. & Hamiton, T. : *Effect of dietary supplements of wheat bran and cellulose on feces and bowel function.* Br. Med. J. 4 : 392-394, 1973.
- 28) Cummings, J.H., Branch, W., Jenkins, D.J.A., Southgate, D.A.T., Houston, H., & James, W.P.T. : *Colonic response to dietary fiber from carrot, cabbage, apple, bran and guar gum.* Lancet 1 : 5-9, 1978.
- 29) Rotenberg, S. & Jakobsen, P.E. : *The effect of dietary pectin on lipid composition of blood, skeletal muscle and internal organs of rats.* J. Nutr. 108 : 1348-1392, 1978.
- 30) Jenkins, D.J.A., Leeds, A.R., Newton, C., & Cummings, J.H. : *Effect of pectin, guar gum, wheat fiber on cholesterol.* Lancet, 1 : 1116-1117, 1975.
- 31) Tsai, A.C., Elias, J., Kelly, J.J., Lin, R.S.C. & Robson, J.R.K. : *Influence of certain dietary fibers on serum and tissue cholesterol levels in rats.* J. Nutr. 106 : 118-123, 1976.
- 32) Story, J.A., Czarnecki, S.K., Baldino, A., & Kritchevsky, D. : *Effect of components of fiber on dietary cholesterol in the rats.* Fed. Proc. 36 : 1134, 1977.
- 33) Jenkins, D.J.A., Wolever, T.M.S., Leeds, A.R., Gassull, M.A., Haisman, P., Dillawari, J., Goff, D.V., Metz, G.L., & Alberti K.G. : *Dietary fiber analogues and glucose tolerance: Importance of viscosity.* Br. Med. 1 : 1392-1394, 1978.
- 34) Vahouny, G.V., Roy, T., Gallo, L.L., Story, J.A., Kritchevsky, D., & Cassidy, M.M. : *Dietary fibers, III. Effect of chronic intake on cholesterol absorption and metabolism in the rat.* Am. J. Clin. Nutr. 33 : 2182-2191, 1980 b.
- 35) Kritchevsky, D., & Story, J. : *In vitro binding of bile acids and bile salts.* Am. J. Clin. Nutr. 28 : 305-306, 1975.
- 36) Vahouny, G.V., Tonbes, R., Cassidy, M.M., Kritchevsky, D., Gallo, L.L. : *Dietary fibers, V. Binding of bile salts, phospholipids and cholesterol from micells.* Lipids, 15 : 1012-1018, 1981.
- 37) Phillips, W.E.J. & Brien, R.L. : *Effect of pectin, a polysaccharide, on vitamin A utilization in rat.* 100 : 289-292, 1970.
- 38) Sundaravalli, O.E., Shurpalekar, K.S. & Rao, M.N. : *Effects of dietary cellulose supplementation on the body composition and cholesterol metabolism of the albino rats.* J. Agr. Food Chem. 19 : 116-118, 1971.