

食餌性 纖維素가 콜레스테롤 食餌 흰쥐의 血清 및 肝臟脂質에 미치는 影響

朴 美 梨 · 曹 秀 悅

嶺南大學校 食品營養學科
(1985년 4월 3일 접수)

Effect of Dietary Fibers on Serum and Liver Lipids of Cholesterol-fed Rats

Mi-Lee Park and Soo-Yeul Cho

Department of Food and Nutrition, Yeungnam University
(Received April 3, 1985)

Abstract

This experiment was designed to investigate the effect of dietary fibers on serum and liver lipids of cholesterol-fed rats. Forty-two male rats of Sprague-Dawley strain weighed 145 ± 10 g were divided into 6 groups, each group receiving a different diet for 6 weeks, i.e., basal diet, basal diet plus 0.5% cholesterol without fiber, basal diet plus 0.5% cholesterol and 5% pectin, basal diet plus 0.5% cholesterol and 5% agar, basal diet plus 0.5% cholesterol and 5% pectin plus tannic acid mixture and basal diet plus 0.5% cholesterol and 5% tannic acid. The lowest net weight gain and digestibility were found in 5% tannic acid-containing group. The weight of kidney, heart and lung was significant by different, however, those of liver and spleen was not significantly different among the groups tested. GOT and GPT of serum were significantly higher in 0.5% cholesterol-containing group without fiber, whereas those of 5% pectin-containing group were significantly lower. Highest total serum protein content was found in 0.5% cholesterol-containing group without fiber. However, albumin and A/G ratio were not significant. The content of total lipid and cholesterol in serum were not significant by different among the groups studied, whereas crude lipid contents of liver in 5% tannic acid and pectin plus tannic acid-containing groups were significantly lower. Cholesterol content in the liver was significantly lower in 5% tannic acid-containing group. Crude lipid and sterol content of feces were significantly higher in 5% pectin-containing group.

序 論

纖維素는 植物의 細胞壁 및 細胞內에 含有된 成分으로서, 인간의 消化液으로는 消化되지 않는 殘渣로

정의된다¹⁾. 중요한 構成素로서 cellulose, hemicellulose, lignin, pectins, gums, mucilages 및 algal polysaccharides 등이 있다.

지금까지 纖維素의 營養的 効果는 거의 無視되고 非營養素로 취급되어 왔으나, 最近 纖維素의 生理作

用的 重要性이 밝혀짐으로써 크게 주목을 받고 있다. 이는 纖維素가 各 營養素의 代謝에 미치는 影響으로서 食餌內 纖維素의 含量이 動脈硬化症, 冠狀動脈疾患, 糖尿病, 結腸癌, 憩室炎의 豫防과 관련있음을 뜻하는 것이다³⁻⁵⁾. 특히 脂質代謝에 관련한 食餌性 纖維素의 cholesterol 低下效果는 動脈硬化症에 대한 豫防效果로서 더욱 흥미를 끌고있다⁶⁻⁹⁾.

이에 本 實驗에서는 pectin과 agar 및 tannic acid 를 選擇하여, cholesterol 添加食餌에서 各種의 食餌性 纖維素가 흰쥐의 成長과 血清 및 肝臟 cholesterol 의 含量에 미치는 影響을 比較·檢討하여 유의성 있는 結果를 얻었기에 報告한다.

材料 및 方法

1. 材料

1) 實驗動物

Sprague-Dawley系 흰쥐(♂)를 stainless鐵製 飼育箱에서 標準食餌로써 10日間 適應시킨 후 體重이 145±10 g 인 것을 選別하여 사용하였다.

2) 實驗食餌

本 實驗에 使用한 食餌의 組成은 Table 1과 같다.

2. 方法

1) 動物實驗

體重이 145±10 g 인 흰쥐(♂) 7 마리를 한 群으로 하여 各 給與食餌에 따라 6群으로 나누고 6週間 飼育하였다. 한 飼育箱에 2~3 마리씩 넣고 室溫에서 飼育하였으며 食餌와 물은 自意대로 攝取하도록 하였다.

2) 體重增加量 測定

實驗期間중 體重增加量은 每週 1回 測定 16時間 前에 食餌給與를 中斷하였으며 最終體重에서 實驗始作時의 體重을 減하였다.

3) 消化吸收率 測定

各 群의 蛋白質, 炭水化物的 消化吸收率을 測定한 것으로 一週日間 攝取한 食餌量중의 各 成分含量과 一週日間 排泄한 糞便중의 各 成分含量을 常法에 따라 分析 測定하여 消化吸收率을 計算하였다.

4) 採血 및 血液의 分離

6週間 飼育한 흰쥐를 解剖하기 16時間 前에 食餌

Table 1. Composition of experimental diets

(%)

Ingredients	Basal	Basal+ Chol.	Basal+Chol. +			
			PEC	AA	PEC+TA	TA
Sucrose	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
Casein	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Corn oil	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Choline chloride	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Cellulose	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Vit. mix. *2)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Min. mix. *3)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Methionine	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Cholesterol	—	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Fiber*1)	—	—	5.0	5.0	5.0	5.0
Corn starch	q. s.	q. s.	q. s.	q. s.	q. s.	q. s.
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

*1) PEC (Pectin 5.0%), AA (Agar-agar 5.0%), TA (Tannic Acid 5.0%) PEC+TA (Pectin 2.5%+ Tannic acid 2.5%)

*2) Vitamin mix. (g/kg of diet) (according to AIN-76 Vit. mix.)¹⁰⁾: thiamine-HCl 0.6, riboflavin 0.6, pyridoxine-HCl 0.7, nicotinic acid 3.0, Ca-panthothenate 1.6, folic acid 0.2, biotin 0.02, cyanocobalamin 0.001, retinyl acetate 0.8, dl- α -tocopherol 3.8, 7-dehydrocholesterol 0.0025, menadione 0.005.

*3) Mineral mix. (g/kg of diet) (according to AIN-76 Min. mix.)¹⁰⁾: CaHPO₄ 500, NaCl 74, K₃C₆H₅O₇ · H₂O 220, K₂SO₄ 52, MgO 24, MnCO₃ 3.5, FeC₆H₅O₇ · xH₂O 6.0, ZnO 1.6, CuCO₃ 0.3, KIO₃ 0.01, Na₂SeO₃ · 5H₂O 0.01, CrK(SO₄)₂ · 12H₂O 0.55.

供給을 中斷하였고, ether 痲醉下에 腹部의 大動脈으로부터 採血한 후 室溫에서 約 1時間 放置하여 血清이 分離되었을 때 3,000 rpm 으로 15分間 遠心分離하여 그 上澄液을 取하였다.

5) 各種臟器의 重量 測定

肝臟, 腎臟, 心臟, 脾臟, 肺臟을 摘出하여 生理食鹽水로 씻어내고 여과지로 血液을 除去한 후 秤量하여 體重 100 g 當 臟器 무게로 換算하였다.

6) 血清중의 各 成分의 定量

血清중의 glutamic oxalacetic transaminase(GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT) 는 Reitman Frankel法¹¹⁾, 總蛋白質의 定量은 De La Huerga法¹²⁾, 蛋白質 分劃은 Kaplan과 Sovory法¹³⁾을 利用하여 定量하였으며 total cholesterol含量은 Lieberman-Buchard法¹⁴⁾을 利用하였다.

7) 肝臟중의 粗脂質 및 Cholesterol 定量

肝臟중의 粗脂質은 Folch法¹⁵⁾, cholesterol은 Zak-Henly變法¹¹⁾을 利用하여 定量하였다.

8) 糞중의 粗脂質 및 Sterol 定量

糞중의 粗脂質은 Soxhlet法¹⁶⁾을 利用하여 定量하였으며, sterol定量은 肝臟중 cholesterol 定量과 同一한 方法으로 하였다.

9) 總計總理

總計總理는 完全任意配置法에 의하여 處理에 대한 分散分析을 하였고, 各 處理間과 各 水準間 有意性은 $p < 0.01$ 에서 Duncan의 多重檢定法¹⁷⁾으로 行하였다.

結果 및 考察

1. 體重增加量

實驗期間중의 體重增加量은 Table 2 와 같다. Basal群, cholesterol 0.5% 添加·纖維素 無添加群 (Basal+chol群) 및 各種의 食餌性 纖維素 添加群의 體重變化에서 tannic acid 5% 添加群 (TA群) 만이 有意하게 減少하였다. 이는 tannic acid 添加에 起因한 成長障害¹⁸⁾로서 energy intake와 蛋白效率이 減少된 結果로 생각된다¹⁹⁾.

2. 消化吸收率

實驗期間중의 消化吸收率은 Table 3 과 같다. 全體

Table 2. Net gain of weight (g)*

Group	Weight gain
Basal	205.49 ± 19.47 ^{a,1)}
Basal+Chol.	203.33 ± 20.92 ^a
PEC	204.40 ± 26.43 ^a
Basal+Chol. AA	205.01 ± 25.83 ^a
PEC+TA	197.10 ± 26.14 ^a
TA	166.70 ± 22.45 ^b

* Mean ± S. D.

1) Values with different superscripts within a column of the same experiment are significantly different ($P < 0.01$).

的으로 볼 때, basal群, basal+chol群에 비해 纖維素 添加群의 消化吸收率이 낮은 傾向을 나타내었는데, 이는 食餌性 纖維素가 營養素와 직접 結合하거나 腸內容物의 增加 및 小腸의 機能·器質的 變化를 초래한 結果로 생각되며, 특히 TA 群, PEC+TA群에서 protein의 有意한 減少는 tannin과 protein과의 不溶性 化合物 形成에 의해서라기 보다, 組織學的으로 粘液의 過多分泌에 의한 糞便중의 糞소증가²⁰⁾로 思料된다.

3. 各種 臟器의 重量

各種 臟器의 重量은 Table 4 에서 보는 바와 같이 肝臟, 脾臟은 有意性이 없었으며, 腎臟의 重量은 pectin 5% 添加群 (PEC群), agar 5% 添加群 (AA 群)에서 減少하였다. 이는 pectin, agar의 間접적인 影響으로 좀 더 研究할 필요가 있다고 생각된다.

4. 血清중의 GOT, GPT 含量

血清중의 GOT, GPT 含量은 Table 5와 같이 basal+chol 群에 비해 PEC群을 비롯한 食餌性 纖維素 添加群에서 GOT, GPT活性이 低下함을 알 수 있다.

Table 3. Digestibility (%)*

Group	Carbohydrate	Protein
Basal	99.92 ± 0.10	95.77 ± 0.20 ^{a,1)}
Basal+Chol.	99.95 ± 0.10	95.75 ± 0.01 ^a
PEC	99.73 ± 0.10	93.87 ± 0.63 ^{ab}
Basal AA	98.64 ± 1.22	90.94 ± 4.63 ^{ab}
+Chol. PEC+TA	99.64 ± 0.10	87.20 ± 3.80 ^{bc}
TA	99.28 ± 0.90	81.24 ± 0.32 ^c

* Mean ± S. D.

1) Values with different superscripts within a column of the same experiment are significantly different ($P < 0.01$).

Table 4. Organ weight

(% body weight)*

Group	Liver	Kidney	Heart	Spleen	Lung
Basal	4.07±0.43	0.69±0.07 ^{a,1)}	0.35±0.04 ^b	0.33±0.08	0.53±0.05 ^{a,b}
Basal+Chol.	4.35±0.47	0.66±0.06 ^a	0.29±0.02 ^a	0.34±0.04	0.60±0.11 ^a
PEC	4.37±0.27	0.62±0.02 ^b	0.30±0.02 ^a	0.34±0.05	0.57±0.05 ^{a,b}
Basal+Chol. AA	4.48±0.44	0.62±0.05 ^b	0.27±0.02 ^a	0.36±0.11	0.48±0.03 ^{b,c}
PEC+TA	4.26±0.47	0.66±0.04 ^a	0.28±0.02 ^a	0.33±0.06	0.43±0.04 ^c
TA	4.83±0.56	0.67±0.02 ^a	0.26±0.03 ^a	0.41±0.10	0.52±0.10 ^{a,b}

* Mean ± S. D.

1) Values with different superscripts within a column of the same experiment are significantly different (P<0.01).

Table 5. GOT and GPT in serum (unit/ml)*

Group	GOT	GPT
Basal	78.47±6.09 ^{a,1)}	38.83±3.22 ^b
Basal+Chol.	121.28±39.21 ^b	53.98±8.24 ^a
PEC	87.15±14.73 ^a	37.53±3.88 ^c
Basal+ AA	90.40±7.82 ^{a,b}	36.00±3.22 ^c
Chol. PEC+TA	93.90±10.63 ^b	41.43±5.22 ^b
TA	106.77±14.16 ^b	47.73±1.44 ^{a,b}

* Mean ± S. D.

1) Values with different superscripts within a column of the same experiment are significantly different (P<0.01).

이는 食餌性 纖維素가 肝臟의 脂質含量을 減少시킬 뿐만 아니라, 強制給與에 의한 肝臟障害를 완화시키는데 効果的이라는 報告²¹⁾와 관련이 있다고 생각된다.

5. 血清중의 總蛋白質 含量 및 Albumin, A/G Ratio

血清중의 total protein과 albumin含量 및 A/G ratio는 Table 6에서와 같으며 total protein은 basal+chol群만이 有意하게 增加하였다. 이는 血中脂質이 蛋白質과 結合한 lipoprotein으로 體內를 순환하므로

Table 6. Contents of total protein, albumin and A/G ratio in serum

(g/100 ml)*

Group	Total protein	Albumin	A/G ratio
Basal	6.74±0.29 ^{a,1)}	3.45±0.32	1.06±0.15
Basal+Chol.	7.84±2.14 ^b	3.93±0.49	1.03±0.22
PEC	7.07±0.38 ^a	3.71±0.24	1.11±0.15
Basal+Chol. AA	7.09±0.27 ^a	3.51±0.28	0.99±0.14
PEC+TA	6.99±0.38 ^a	3.58±0.25	1.08±0.12
TA	6.97±0.31 ^a	3.76±0.17	1.17±0.10

* Mean ± S. D.

1) Values with different superscripts within a column of the same experiment are significantly different (P<0.01).

높은 血中脂質에 따른 total protein의 增加라고 思料된다. 한편 albumin과 A/G ratio는 有意성이 나타나지 않았다.

6. 血清과 肝臟중의 Total lipid 및 Cholesterol 含量

血清과 肝臟중의 total lipid 및 cholesterol含量은 Table 7과 같다. 血清중의 total lipid와 cholesterol含量에는 有意성이 없었다. 이는 血清 cholesterol이 급속하게 變하는 體內 cholesterol pool의 一部分에 지나지 않는 반면 組織內의 cholesterol은 더욱 서서히 變化한다는 報告²²⁾로 미루어 볼 때, homeostasis에 起因한 것으로 생각된다.

한편 肝臟중의 粗脂質 및 cholesterol含量에서 TA群의 有意한 減少는 pectin만이 一貫性있게 cholesterol을 低下시킨다^{23,24)}는 報告와 相反되나, 本實驗結果로 볼 때 肝臟 cholesterol 低下에 미치는 tannic acid와 Pectin의 影響에 關하여는 계속적인 研究 檢討가 必要할 것으로 思料된다.

7. 糞중의 粗脂質 및 Sterol 含量

糞중의 粗脂質 및 sterol含量은 Table 8과 같다.

Table 7. Contents of total lipid and cholesterol in serum and liver

Group	Serum(mg/100 ml)*		Liver(mg/g)*	
	Total lipid	Cholesterol	Total lipid	Cholesterol
Basal	541.0± 82.62	78.43±12.50	92.36±0.41 ^{a,1)}	6.61±0.53 ^a
Basal+Chol.	464.2± 14.02	98.86±16.60	164.96±1.08 ^b	23.98±8.30 ^c
PEC	549.6±128.07	95.14± 5.11	131.13±0.82 ^{ab}	16.39±2.31 ^{bc}
Basal+Chol. AA	509.8±121.89	104.29±26.40	174.54±1.58 ^b	19.36±2.16 ^{bc}
PEC+TA	486.6±107.25	101.29±30.49	119.47±0.71 ^a	17.31±1.44 ^{bc}
TA	523.0± 84.59	111.57±25.82	106.56±12.13 ^a	14.14±3.96 ^{ab}

* Mean ± S. D.

1) Values with different superscripts within a column of the same experiment are significantly different (P<0.01).

Table 8. Contents of lipid and sterol in feces (mg/g)*

Group	Fecal lipid	Fecal sterol
Basal	59.32±4.08 ^{a,1)}	8.81±1.83 ^a
Basal+Chol.	109.46±0.32 ^b	26.50±5.36 ^b
PEC	125.54±6.53 ^c	34.99±0.78 ^c
Basal AA	60.00±3.71 ^a	23.78±0.39 ^b
+Chol. PEC+TA	92.90±9.04 ^d	26.02±5.19 ^b
TA	77.74±5.52 ^e	24.41±0.85 ^b

* Mean ± S. D.

1) Values with different superscripts within a column of the same experiment are significantly different(P<0.01).

粗脂質 및 sterol 含量에서 PEC 群만이 有意하게 增加하였다. 이는 pectin 같은 gel forming fiber의 높은 점성에 의한 lipid, bile acid의 吸收阻害¹⁹⁾, 혹은 bile salts와의 結合에 의한 fecal sterol의 增加²⁵⁾라고 思料된다. 따라서 pectin이 cholesterol을 低下시키는 mechanism은 분명치 않으나, pectin의 높은 粘性 및 分子内の methoxy 含量에 의한 lipid와의 物理化學的 結合에 起因²⁶⁾한 것으로 생각된다. 이에 食餌性 纖維素의 物理化學的 特性에 따른 研究가 필요하다 하겠다.

要 約

最近 食餌性 纖維素가 人間의 疾病發生에 豫防效果가 있음이 밝혀진 바, 특히 動脈硬化症에 關聯한 cholesterol 低下效果를 調査하기 위하여 本 實驗에서는 pectin, agar, pectin+tannic acid, tannic acid 各 5% 를 0.5% cholesterol 食餌에 添加하여 Sprague-Dawley系 흰쥐(♂)에게 6 週間 給與하였다. 이에 흰쥐의 體重增加量, 消化吸收率, 各種 臟器 重量, 血

清과 肝臟 및 糞便중의 脂質·cholesterol含量을 測定한 結果는 다음과 같다.

1. 體重增加量과 消化吸收率은 5% tannic acid 添加群만이 有意하게 낮았다.

2. 各種 臟器의 重量에서 肝臟·脾臟은 有意성이 없었으며 腎臟은 PEC, AA群에서 減少하였고, 心臟은 (basal 群, 肺臟은 basal+chol 群에서 有意하게 增加하였다.

3. 血清중 GOT, GPT는 0.5% cholesterol 添加群 (basal+chol.)만이 현저하게 높았으며 PEC 群에서 有意하게 減少하였다. Total protein은 basal+chol.만이 有意하게 높았으나 albumin, A/G ratio는 有意성이 없었다.

4. 血清중 total lipid와 cholesterol 含量에는 有意성이 나타나지 않은 반면, 肝臟중 粗脂質 및 cholesterol含量에서 TA 群만이 有意한 減少를 보였다. 한편 糞便중 粗脂質 및 sterol 含量은 PEC 群만이 有意하게 增加하였다.

文 獻

- 菅野道廣·谷口己佐子·安部一紀 : 營養學總論, (朝倉書店, 東京), 21(1980)
- George, V. Vahouny : *Am. J. Clin. Nutr.*, **35** 152. (1982)
- Charlotte Nygren : *J. Nutr.*, **112**, 17(1982)
- Ebihara Kiyoshi : *Nutr. Rep. Int.*, **23**(5), 985 (1981) (Eng.)
- Hill, M. J. : *Digestion*, **11**, 289(1974)
- Riccardi, B. A. and Fahrenbach, M. J. : *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.*, **124**, 749(1967)
- Bandaru S. Reddy : *J. Nutr.*, **110**, 1247(1980)
- Wen-ju Lin Chen : *J. Nutr.*, **109**, 1028(1979)

9. Weiss, F. G. : *J. Nutr.*, 109, 693(1979)
10. 細谷憲政・印南敏 : 小動物を用いる營養實驗, (第一出版株式會社, 東京), 17(1980)
11. 川内廣明・岸浪菊江子・春木文枝・渡邊富久子 : 臨床化學試驗法, (廣川書店, 東京), 149, 122(1975)
12. De la Huerga, J., Smetters, G. W. and Sherrick, J. C. : In "Serum Proteins and Dysproteinemias, Charles C. Thomas eds., Springfield, 5(1964)
13. Kaplon, A. and Sovory, J. : *Standard Methods of Clinical Chemistry*, Academic Press, New York, 6 (1970)
14. Bauer, J.D., Ackermann, P.G. and Toro, G. : *Clinical Laboratory Methods*, 8th ed., The C. V. Mosby Co., St. Louise, 448(1976)
15. Folch, J., Lees, M. and Stanley, G.H.S. : *J. Biol. Chem.*, 266, 497(1957)
16. 小原哲二郎・鈴木隆雄 : 食品分析ハンドブック (建帛社, 東京), 125(1969)
17. 曹在星, 李廣田 : 生物農業實驗統計學, (先進文化社, 서울), (1983)
18. Tamir, M. and Alumot, E. : *J. Nutr.*, 100, 573 (1970)
19. Würsch, P. : *J. Nutr.*, 109, 685(1979)
20. Mitjavila, S. and Lacombe, C. : *J. Nutr.*, 107, 2113(1977)
21. Yukio Akiba and Tatsuro Matsumoto : *J. Nutr.*, 110, 1112(1980)
22. Sander Robins and Andrea Russo : *Biochemica et Biophysica Acta*, 573, 343(1979)
23. Alan C. Tsai, and Joel Elias : *J. Nutr.*, 106, 118(1976)
24. James J. Kelley and Alan C. Tsai : *J. Nutr.*, 108, 630(1978)
25. George V. Vahouny : *Am. J. Clin. Nutr.*, 33, 2182(1980)
26. Jeffrey D. Falk and Joseph J. Nagyvary : *J. Nutr.*, 112, 182(1982)