水溶性食物繊維によるラット結腸粘膜の変化

片山(須川)洋子*, 近藤 富美子*, 片山 眞之**

* 大阪市立大学生物科学部食品栄養科学科

** 大阪府立大学農学部農芸化学科

Changes in Colon Mucosa of Rats Fed Pullulan, Polydextrose and Pectin

Yohko SUGAWA-KATAYAMA,* Fumiko KONDOU*

and Masayuki KATAYAMA**

* Department of Food and Nutrition, Faculty of Science of Living,
Osaka City University, Sumiyoshi-ku, Osaka 558

** Department of Agricultural Chemistry, University of
Osaka Prefecture, Sakai 593

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) 46, 325~332 (1993)

Biochemical changes in colon mucosa were studied in rats fed diets containing soluble dietary fiber (pullulan, polydextrose or pectin), and compared with those in rats fed a 5% cellulose diet (control). Cell size in the colon mucosa seemed to be reduced in the groups fed the pullulan and pectin diets, since the protein content was decreased and the DNA content was increased. In the rats fed polydextrose, the colon mucosal cells seemed to be enlarged, as suggested by an increase in their protein and DNA contents, similar to that in the control. From scanning electron micrographs, the haustra coli appeared broader in rats fed the pullulan diet and were more rounded and larger in rats fed the polydextrose diet than in the control rats. In rats fed the pectin diet, the colon showed an irregular surface structure. The above changes in the haustra coli were more marked in the 10% than in the 1% dietary fiber group.

Key Words pectin, pullulan, polydextrose, colon, mucosa.

(Received March 26, 1992)

水溶性の食物繊維は高粘度のゲルを形成するために、栄養素の消化管腔内での吸収を遅らせたり、阻害したりすることが知られている。たとえば、ペクチン・グアガム・カラギーナン・コンニャクマンナンの摂取によって胃内に食事成分が長く滞留するようになり、グルコースの吸収速度が遅延するので血糖値の上昇が抑圧され、インシュリン分泌が節約されるという効果がある。また、血中コレステロール濃度に対する効果として、不溶性の食物繊維は血中コレステロール濃度には影響を及ぼさないか、あるいは上昇させるという報告¹⁾²⁾があるが、水溶性の食物繊維によっては低下するという³⁾⁻⁵⁾。その理由の一つとして、水溶性の食物繊維が小腸内でコレステロールのミセル形成に関与して吸収が妨げられる可能性が考えられる。

一方、粘性の高い水溶性の食物繊維が消化管に過剰に

存在すると、栄養素の吸収に関わる消化管粘膜の組織に損傷を与えることが知られている。そのために糖質、脂質およびタンパク質などの吸収が低下することが推測されている⁶⁾⁷⁾。

著者らは4%ペクチン食でラットを飼育すると、2週間後に空腸粘膜表層にわずかな形態的变化が現れはじめ⁸⁾、高ペクチン食(15~20%)にすると、空腸絨毛の配列の乱れや絨毛先端部に異常な走査型電子顕微鏡像を観察している⁹⁾。Jacobsらも10%ペクチン食によってラット空腸の絨毛が低くなり、腸陰窩が深くなると報告¹⁰⁾し、Tasman-Jonesらはペクチン食によってラット小腸絨毛の高さが低くなったのは絨毛の代謝回転が速くなったためであろうと考察している。なお、セルロース食においてはそのような影響がないことを走査型電子顕微鏡によって観察している¹¹⁾。

食物繊維のみならず食事の難消化性糖質が多くなればなるほど、盲腸や結腸の組織が肥大することが知られ

* 〒558 大阪市住吉区杉本 3-3-138

** 〒593 堺市学園町 1-1

ている^{12)~14)}が、これは小腸を通過し盲腸や結腸に送りこまれる未消化物の量に左右されて適応的に変化したものと考えられよう。食物繊維あるいは未消化物の保水性やゲル形成能などの物理的・化学的特性によって、消化管腔内におけるいわゆる“カサ (bulk)”が異なり、したがって、腸内通過の様相が異なる。たとえば、水溶性食物繊維は盲腸に滞留し、盲腸の肥大を促し、そこに棲息する腸内細菌によって分解され、その生産物（短鎖脂肪酸や炭酸ガス、水素、メタンなど）は吸収されるので糞便量はむしろ少ない。一方、セルロースや小麦ふすまのような不溶性食物繊維は盲腸よりも結腸に滞留するために結腸の肥大が目立ち、糞便量も増加するものと考えられる。したがって、腸内通過の様相、盲腸あるいは結腸の肥大の程度が水溶性食物繊維と不溶性食物繊維の間で差異が認められ、これらもまた食物繊維の摂取量やラットの飼育期間によっても影響を受ける。

このように食物繊維の投与によって起こる盲腸や結腸の組織の肥大が上皮細胞の数の増加によるものなのか、あるいは細胞のサイズが大きくなるためによるものなのか興味深いことである。

Brawn らは 18% ベクチン食でラットを長期間（12～15 週間）飼育したところ、小腸下部の長さや重量が増大し、この組織の DNA 量は変化しなかったことから、上皮細胞の数が増大したものではなく、上皮細胞そのものの肥大によるものであろうと推察している¹⁵⁾。

本研究はプルラン (*Auerobasidium pullulans* 菌の菌体外産物)、ポリデキストロースあるいはベクチンを繊維源としてラットを飼育し、結腸粘膜の形態的・微細構造がどのように変化するかについて走査型電子顕微鏡によって観察し、同時に結腸粘膜のタンパク質量および DNA 量を測定した。それぞれの水溶性食物繊維の含量が 1% および 10% の群を設け、繊維の摂取量と消化管粘膜の変化との関係を考察した。

実験方法

1. 動物の飼育法

3 週齢の Sprague Dawley 系雄ラット 56 匹を固形飼料（日本クレア社製 CE-2）で 3 日間予備飼育したのち、1 群 8 匹ずつとし、以下の 7 群に分け 4 週間飼育した。各飼料および水は自由摂取させた。

i) 5% セルロース食	(5 C)
ii) 1% プルラン食	(1 PU)
iii) 10% プルラン食	(10 PU)
iv) 1% ポリデキストロース食	(1 PD)
v) 10% ポリデキストロース食	(10 PD)
vi) 1% ベクチン食	(1 PE)
vii) 10% ベクチン食	(10 PE)

飼育室は 22～24℃ に保ち、照明は午前 8 時から午後 8 時までとした。

各群とも 8 匹のうち、4 匹を結腸の粘膜表層を観察するために、4 匹を結腸の DNA 量とタンパク質量の測定ならびに盲腸内容物の pH 測定のために用いた。さらに、各群とも 8 匹の肝臓、脾臓、腎臓、副腎、精巣について重量を測定した。

2. 飼料組成

飼育組成を Table 1 に示した。カゼイン、ミネラル混合とビタミン混合はオリエンタル酵母工業（株）製のものを用いた。コーンスターチとコーンオイルはそれぞれ日本食品化工（株）製の日食アルスター（E）と日食コーンサラダ油を用いた。プルランは林原生物化学研究所製の分子量が 5 万のもの（P-50）を用いた。ポリデキストロースはファイザー社製のものを用いた。ベクチンはレモン由来の製品でメトキシル基が 3～7% の和光純薬（株）製のものを用いた。

3. 結腸粘膜の採取

ラットから消化管全体を取り出し、生理的食塩水中にて血液を除去し張力をかけない状態で長さを計測した。次いで、6～7 cm に切り分け、それを先の細いハサミで切り開いて生理的食塩水中で振り洗ったのち、過剰な水分を濾紙に吸わせて除去し、クリップで吊り下げた。水平に保持した 2 枚のスライドガラスで粘膜を上から下へと擦過して、粘膜試料をえた。粘膜 DNA 量とタンパク質量の測定用を用いた。

4. 胃、盲腸内容物の pH 測定

胃および盲腸部の内容物をそれぞれ一定量の再蒸留水中に懸濁し、pH メータ電極部を直接挿入して pH を測定した。

5. 走査型電子顕微鏡 (SEM) 用試料の採取および調製

結腸（盲腸の下端より 1 cm のところから下）を 2 cm 採取し、走査型電子顕微鏡による観察のための試料とした。試料は 1.5% グルタルアルデヒド溶液で前固定を 2 時間行い、次いで 1% オスミウム酸溶液中に一夜浸漬した後固定を行った。これをアルコール系列により脱水し、二酸化炭素による臨界点乾燥を行った。乾燥試料を試料台に銀ペーストで固着させ、イオンコーターによって白金-パラジウムを 100 Å 厚に蒸着し、走査型電子顕微鏡（日立製、S-800 型）で観察し、写真撮影を行った。

6. DNA およびタンパク質の定量

DNA をジフェニルアミン法¹⁶⁾によって、タンパク質を Lowry 法¹⁷⁾によって定量した。

7. 推計学的処理

測定値は Student の *t*-検定によって有意差検定を行い、平均値±標準誤差で表した。

Table 1. Composition of diets (%).

	Control	1 PU	10 PU	1 PD	10 PD	1 PE	10 PE
Casein	20	20	20	20	20	20	20
Corn oil	5	5	5	5	5	5	5
Mineral mix*	5	5	5	5	5	5	5
Vitamin mix**	2	2	2	2	2	2	2
Cellulose	5	0	0	0	0	0	0
Pullulan	0	1	10	0	0	0	0
Polydextrose	0	0	0	1	10	0	0
Pectin	0	0	0	0	0	1	10
Corn starch	63	67	58	67	58	67	58

* The mineral mixture consisted of $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 14.56%; KH_2PO_4 , 25.72%; $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 9.35%; NaCl , 4.66%; calcium lactate, 35.09%; ferric citrate, 3.18%; $\text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 7.17%; ZnCO_3 , 0.11%; MnSO_4 , 0.12%; CuSO_4 , 0.03%; and KI, 0.01%.

** The vitamin mixture (100 g) was composed of retinol acetate, 5×10^4 IU; cholecalciferol, 10^4 IU; thiamine hydrochloride, 120 mg; riboflavin, 400 mg; pyridoxine hydrochloride, 80 mg; cyanocobalamin, 0.05 mg; L-ascorbic acid, 3,000 mg; α -tocopherol, 500 mg; menadione, 520 mg; biotin, 2 mg; folic acid, 20 mg; pantothenate, 500 mg; para-aminobenzoic acid, 500 mg; nicotinic acid, 600 mg; inositol, 600 mg; choline chloride, 2×10^4 mg; and cellulose, 73.05 g.

実験結果

1. 動物飼育時の所見

各群の体重増加は対照群（5% セルロース食群）とほとんど変わらなかったが、10% ペクチン食群のみが低い傾向を示した。

対照群に比べて、10% ペクチン食群の摂食量は有意に少なかった。ポリデキストロース食群もプルラン食群も飼料中の含有量が多いものほど1日当りの摂食量が増加していたのに対して、逆に、ペクチン食群では1% ペクチン食よりも10% ペクチン食のほうが減少していた。

1% ポリデキストロース食群、1% および10% プルラン食群、1% ペクチン食群の糞の状態は対照群に比べて形も小さく、量も少ない傾向にあった（Fig. 1）。

10% ポリデキストロース食群は、飼育3日目より下痢が始まり、解剖直前までその状態が続いた。10% ペクチン食群では、飼育3日目より下痢が始まり、1週間後には軟便となり、3週間後には固形便となったが、他の固形便よりもかなり柔らかい状態であった。また、ペクチン食群の糞の色は、他の群と比べて黒かった。

2. 解剖時の所見

1) 結腸と盲腸部の肥大 10% ポリデキストロース食群の結腸と盲腸部の肥大が目だっていた。また、10% ペクチン食群の結腸と盲腸部の肥大も観察されたが、その程度は10% ポリデキストロース食群ほどではなかった。プルラン食群、1% のペクチン食群およびポリデキストロース食群の結腸と盲腸は対照群と比べて、肉眼的

Fig. 1. Weights of feces.

Male Sprague-Dawley strain rats, 6 weeks old, were divided into seven groups. Each group consisted of 8 rats. The values are expressed as mean $\pm$ SEM ($n=8$). * $p<0.05$, significant difference from 5C. ** $p<0.01$, significant difference from 5C.

に差異はみられなかった。

2) 消化管の長さ

i) 小腸：対照群と比べて、1% ポリデキストロース食群と10% ペクチン食群は有意に長くなっていた。他の群は、対照群と有意差がなかった。

ii) 結腸：対照群と比べて、10% ペクチン食群のみが有意に長くなっていた。他の群は対照群と有意差がなかった。

3) 臓器重量 肝臓、脾臓、腎臓、副腎、精巣の重量はすべての群において対照群と差がなかった。

3. 結腸粘膜の形態的变化

1) 対照群（5% セルロース食群） 膨起がしっかり

しており、膨起の表面にある結節が太かった (Fig. 2 A)。さらに拡大してみると、微絨毛が規則正しく配列

されていた (Fig. 3A)。

2) 1% プルラン食群 膨起が太く、対照群と比較し

Fig. 2. Scanning electron micrographs of rat colon.

The rats were fed diets containing various dietary fibers for 4 weeks, then their colons were removed. The colons were washed well with cold saline solution and fixed with 1.5% glutaraldehyde and 1% osmium oxide solution. The samples were dehydrated by alcohol series and dried at CO₂-critical point temperature. The dried samples were coated with platinum-palladium and observed under a scanning electron microscope. A : 5% cellulose diet (control). B : 1% pullulan diet. C : 10% pullulan diet. D : 1% polydextrose diet. E : 10% polydextrose diet. F : 1% pectin diet. G : 10% pectin diet. Bars: 100 μm.

て膨起表面の溝や分泌細胞 (goblet cell) の数が多いのが目立った (Fig. 2B)。微絨毛があまりにも増生したことによって、微絨毛同士の先端が何本か集まってべったりとくっついている像が観察されたが、このことによって1,000倍、6,000倍の電子顕微鏡像で膨起の表面に不規則な亀裂が入っているように観察されたのだと思われる (Fig. 3B)。

3) 10% プルラン食群 膨起が太く、膨起の表面の溝の数も多く、しかも深くなっていた。1% プルラン食群の膨起の表面に比べて、10% プルラン食群の膨起のくぼみが著しく、全体として盛り上がりが見られなかった (Fig. 2C)。微絨毛の増生が1% プルラン食群より

も著しかった (Fig. 3C)。

4) 1% ポリデキストロース食群 対照群と比較して、丸味をおびた太い膨起が観察された (Fig. 2D)。微絨毛の増生が著しく、全体的に微絨毛同士が引きあって密集している部分が多く、1,000倍や6,000倍の電子顕微鏡像では絨毛表層に細かな亀裂があるように見え、カリフラワー (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) の未開花の複層状花序を上から眺めたような形状であった。微絨毛の先端部も微小な粒子がひしめきあって、密集している像が観察された (Fig. 3D)。

5) 10% ポリデキストロース食群 1% ポリデキストロース食群と比較して、さらに丸味を増した太い膨起が

Fig. 3. Scanning electron micrographs of rat colon.

Experimental conditions and abbreviations are the same as in Figs. 1 and 2. A: 5% cellulose diet (control). B: 1% pullulan diet. C: 10% pullulan diet. D: 1% polydextrose diet. G: 10% pectin diet. Bars: 1 μ m.

観察された。対照群や1% ポリデキストロース食群と比較して、膨起に多数の細かい溝がみられた (Fig. 2E)。これを拡大してみると、微絨毛が密集している像が観察された。本群にみられる密集した微絨毛の様相は1% ポリデキストロース食群のものに比べて、粗でありブロッコリー (*Brassica oleracea* var. *italica*) の複層状花序の花蕾群を思わせる形状を呈した。絨毛の先端部は1% ポリデキストロース食群のものと同様な像を示した。

6) 1% ペクチン食群 対照群と同じほどの太さの膨起が観察されたが、膨起の表面のところどころに破壊された部分があり、その内部が露出していた (Fig. 2F)。一方、正常な組織像も存在していた。正常な部分についての拡大像は1% ポリデキストロース食群と同じく、微絨毛の増生がみられるものの、ところどころに微絨毛同士が引きあって集まっており、1,000 倍の電子顕微鏡像では膨起表面に細かい亀裂が入っているのが観察された。ただし、微絨毛の先端部は全体に大きさの同じ細かな粒子が吹き出したようになっており、ネギ (*Allium fistulosum*) の半開花散形花序の様相を呈していた。

7) 10% ペクチン食群 1% ペクチン食群と比べて膨起が太く、その表面の溝はむしろ浅く、また分泌細胞 (goblet cell) の数が多いのが目立った (Fig. 2G)。微絨毛がひしめきあって密集していた。1% ペクチン食群の微絨毛が隙間もなくべったりと密集していたのとは対照的にふさふさとした形状であった (Fig. 3G)。

4. 結腸粘膜

1) 粘膜重量 対照群 (5% セルロース食群) と比べて、プルラン食群、ポリデキストロース食群、ペクチン食群のいずれの群も、1% より 10% の群のほうが粘膜重量が増加していた (Fig. 4A)。

2) タンパク質量 ポリデキストロース食群の結腸粘膜のタンパク質量が多く、反対に、プルラン食群 (1%, 10%) と 10% ペクチン食群は対照群と比べて、有意に少なかった。それぞれの繊維群の間で比較すると、ポリデキストロース食群もプルラン食群も 1% に比べて 10% のほうがタンパク質量が増加しているのに対して、ペクチン食群では 10% のほうが減少していた (Fig. 4B)。

3) DNA 量 対照群と比べて、プルラン食群 (1%, 10%) と 1% ペクチン食群の結腸粘膜の DNA 量が増加していた。ポリデキストロース食群 (1%, 10%) は対照群と比べて、差がみられなかった。各繊維食群の間で比較すると、ペクチン食群は 1% に比べて 10% のほうが DNA 量の減少がみられた (Fig. 4C)。

5. 胃および盲腸内容物の pH

1) 胃内容物の pH 各ラットの摂取時間、摂取量などに個体差があるので胃内容物の pH は個体によってば

Fig. 4. Wet weights (A), protein contents (B), and DNA contents (C) of the colonic mucosa of rats fed various dietary fibers.

Experimental conditions and abbreviations are as described in the text and Fig. 1. The values are expressed as mean $\pm$ SEM ($n=4$). ** $p < 0.01$, significant difference from 5C.

らつきが大きかった。1% ペクチン食群のみが有意に酸性値を示した。その他の群は対照食群 (5% セルロース食群) と有意差がなかった。

2) 盲腸内容物の pH プルラン食群 (1%, 10%) の盲腸内容物は対照群に比べて硬く、その量は少なかった。10% ポリデキストロース食群の盲腸内容物は流動状態で、その量も少なかった。10% ペクチン食群の盲腸内容物は少し柔らかめで、その量は他の群よりも多いのが特徴であった。

盲腸内容物の pH は、10% ポリデキストロース食群とペクチン食群が酸性に傾いていたが、前者は対照群と

Fig. 5. pH Values of cecal contents of rats fed diets containing various dietary fibers.

Experimental conditions and abbreviations are as described in the text and Fig. 1. The values are expressed as mean ± SEM ($n=4$). ** $p < 0.01$, significant difference from 5C.

比較して有意に酸性であった。各繊維食群で比較すると、どの群も 1% よりも 10% のほうが酸性に傾いていた (Fig. 5)。

考 察

ラットの体重増加は摂食量の多いもののほど大きく、反対に 10% ペクチン食群のように摂食量の少なかったラットの体重増加は小さかった。ポリデキストロース食群でもプルラン食群でも飼料中の繊維含有量が多いもののほうが摂食量が増加したのに、ペクチン食群は 1% レベルよりも 10% レベルのものの摂食量が減少した。

盲腸および結腸の組織学的変化に伴って、糞の形状に差が現れてくるものと考えられる。とくに、10% ポリデキストロース食群とペクチン食群には次のような諸点で差がみられた。

- i) 10% ポリデキストロース食群では水様性の糞便となり、盲腸と結腸の粘膜組織の肥大がみられた。
- ii) 10% ペクチン食群では、柔らかい黒い便がみられ、盲腸の粘膜の変化として DNA 量が増加し、タンパク質量は対照群との間に有意差がなかった。また、小腸や結腸が長くなっていた。

10% ポリデキストロース食群のラットが水様性の便を示したのは、この群のラットの飲水量が他の群と比べて多かったことが関係していると思われる。すなわち、1) プルランやペクチンに比べて、ポリデキストロースの保水性が高いこと、2) 水溶性のポリデキストロースが盲腸内に長く滞留すること、3) そこで、膨潤することによって飲水量がますます多くなるという経過が盲腸粘膜組織を適応的に肥大させたのであろう。結腸の粘膜組織も同様のメカニズムによって肥大化が促されたものと考えられる。

ペクチン食群の糞の色が黒かったのは、腸管内において胆汁酸とペクチンが相互に作用することを反映してい

るものと考えられる。飼料中のペクチン含有量が 10% になると盲腸が少し大きくなったが、これはペクチンの保水性によって、盲腸内に長く滞留したものと考えられる。10% ペクチン食群の小腸および結腸管の長さは他の群よりも有意に長かった。これは、ペクチンがプルランやポリデキストロースに比べて、ゲルを形成しやすく、そのために消化管内での移動速度が他の群よりも遅くなるなどいろいろな因子によると考えられる。たとえば、管腔内容物の性状と粘膜組織との応答による適応現象によるものであろう。

対照群に比較して、プルラン食群ラットの結腸膨起は低くなり、ポリデキストロース食群は丸みを帯びた大きな膨起を示した。一方、ペクチン食群の結腸膨起の表面には破壊された部分がみられ、その内部が露出している異常な像が観察された。また、いずれの群においても、微絨毛の増生がみられた。これらの形態的变化は各群とも 1% 食群よりも 10% 食群のほうが顕著であった。

プルラン食群について、結腸粘膜のタンパク質量が減少し DNA 量が増加していることから、粘膜細胞の数は増加したものの細胞あたりのサイズはむしろ小さくなったものと推測される。したがって、プルラン食群の盲腸や結腸組織は肉眼的にも顕微鏡下でも肥大の所見が得られなかったことと一致する。

また、ペクチン食群も結腸粘膜のタンパク質量が減少し、DNA 量が増加していたので粘膜細胞の数は増加したが、個々の細胞のサイズはむしろ小さくなったため、プルラン食群と同様に組織の肥大には及ばなかったものと思われる。

10% ペクチン食群の結腸粘膜のタンパク質量 (Fig. 4B, 10 PE) は対照群 (Fig. 4B, 5C) の約半分であるが、DNA 量は対照群との間に差がない (Fig. 4C)。したがって、DNA 量と細胞数との間に相関関係があると仮定すると 10% ペクチン食群のタンパク質量と DNA 量の比が小さいことから、細胞そのものが萎縮しているものと考えられる。ところが、1% ペクチン食群の結腸粘膜のタンパク質量は対照群との間にあまり差がないのに、DNA 量はむしろ多い傾向を示し、細胞萎縮の程度は 10% 食群よりも軽度であると推察される。一方、ポリデキストロース食群では結腸粘膜のタンパク質量が増加し、DNA 量は対照群と差がなかったことより、ポリデキストロース食群の結腸組織が肥大したのは結腸細胞そのもののサイズが肥大したことによるものと思われる。これらのことは飼料中の繊維源の種類によって結腸粘膜の細胞の数やサイズに与える影響の異なることを示している。粘膜表層の走査型電子顕微鏡像の所見も同様の結果を示している。

盲腸内容物の pH について、いずれの水溶性の食物繊維

維においても繊維含有量の多いほうが酸性に傾いた。とくに、10% ポリデキストロース食群とペクチン食群(1%, 10%)は対照群よりも酸性が強かった。このような pH の低下は腸管の下部において水溶性の食物繊維が腸内細菌によって分解(発酵)されて有機酸などを産生していることと関係があると考えられる。

要 約

水溶性食物繊維(プルラン、ポリデキストロース、ペクチンのおおののいずれか)を含む飼料で飼育したラット結腸粘膜の生化学的变化を観察し、5% セルロース食で飼育したラット(対照)と比較した。

プルラン食とペクチン食で飼育したラットについては、結腸粘膜細胞のタンパク質は減少したのに、DNA量は増加したことから、細胞はむしろ小さくなったものと思われる。ポリデキストロース食で飼育したラットでは、結腸粘膜細胞の DNA 量が対照群とよく似た値を示し、タンパク質量は増加していることから、細胞は肥大していると推測された。

走査型電子顕微鏡像から、対照群に比べてプルラン食で飼育したラットの結腸膨起が浅いこと、ポリデキストロース食で飼育したラットの結腸膨起はより丸くて大きいことが示された。ペクチン食で飼育したラットの結腸粘膜の表層は不規則であった。

上記の結腸膨起の変化は 10% 食物繊維群のほうが 1% 食物繊維群よりも顕著であった。

本研究の一部は、文部省科学研究費補助金一般研究(B)[0245428: Y. K.]の補助により行われた。

文 献

- 1) 海老原清, 平尾昭彦, 桐山修八: 農化, 52, 401 (1978)
- 2) Hamilton, R.M.G. and Carroll, K.K.: *Atherosclerosis*, 24, 47 (1976)
- 3) Kiriyaama, S., Okazaki, Y. and Yoshida, A.: *J. Nutr.*, 97, 382 (1969)
- 4) Kiriyaama, S., Morisaki, H. and Yoshida, A.: *Agric. Biol. Chem.*, 34, 641 (1970)
- 5) Kiriyaama, S., Enishi, A., Yoshida, A., Sugiyama, H. and Shimahara, H.: *Nutr. Rep. Int.*, 6, 231 (1972)
- 6) Schneeman, B.O.: *New Development in Dietary Fiber* (Furda, I. and Brine, C.J., eds.), 37 (1990), Plenum Press (New York)
- 7) Schneeman, B.O.: *Nutr. Rev.*, 45, 129 (1987)
- 8) 片山(須川)洋子, 菊崎泰枝, 泉田明子: 栄食誌, 40, 64 (1987)
- 9) 片山(須川)洋子, 小島雅代: 栄養誌, 43, 277 (1985)
- 10) Jacobs, L.A.: *Clin. Nutr.*, 37, 954 (1983)
- 11) Tasman-Jones, C., Jones, A.L. and Owen, R.L.: *Gastroenterology*, 74, 1102 (1978)
- 12) 奥 恒行, 山田和彦, 細谷憲政: 栄食誌, 32, 235 (1975)
- 13) 奥 恒行, 小西文子, 細谷憲政: 栄食誌, 34, 437 (1981)
- 14) 稲垣長典, 須川洋子, 吉岡佐和子: 栄食誌, 12, 4220 (1960)
- 15) Brawn, R.C., Kelloher, J. and Losowsky, M.S.: *Br. J. Nutr.*, 42, 357 (1979)
- 16) Schneider, W.C.: *J. Biol. Chem.*, 161, 293 (1945)
- 17) Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J.: *J. Biol. Chem.*, 193, 265 (1951)
- 18) 日本電子顕微鏡学会・関東支部: 電子顕微鏡生物試料作製法, 15 (1986), 丸善(東京)

(1992年3月26日受理)