白ネズミ消化管に及ぼすプルランならびに

セルロースの影響

奥 恒 行, 山 田 和 彦, 細 谷 憲 政

東京大学医学部保健栄養学教室

Effects of Pullulan and Cellulose on the Gastrointestinal Tract of Rats

Tsuneuyuki OKU, Kazuhiko YAMADA, Norimasa HOSOYA

Department of Nutrition, School of Health Sciences, Faculty of Medicine,
University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo

The influences of pullulan and cellulose on the growth, digestive tracts and intestinal disaccharidases were studied for rats raised on the diets containing various concentrations of pullulan and cellulose.

1. When rats were fed with the diets containing 20% or 40% of pullulan, the gain of body weight was suppressed remarkably. The growth curve of rats fed with the diet containing 40% cellulose was relatively similar to those of the groups given the pullulan diets.

2. The increase of weight of the stomach, small intestine, caecum and large intestine was recognized in the groups given a diet containing 20% and 40% pullulan. The hypertrophic change was great in the caecum. When the rats were given cellulose diets, the weight of large intestine was increased. The intensity of hypertrophy and the site of influence in the digestive tracts of the rats were different depending on the feeding period and the concentration of pullulan and cellulose in the diet. The organs, except for the digestive tracts, were not affected by the diets containing pullulan and cellulose.

3. The activities of maltase, sucrase and isomaltase in the small intestine were not affected by the pullulan and cellulose feeding. However, pullulan was partially hydrolyzed by the enzyme in the small intestinal mucosa *in vitro*.

4. Also, pullulan was partially digested in the small intestine within a 60 minute period, when pullulan was administered to the stomach using a zonde.

From these results, pullulan seems to be a carbohydrate which is resistant to the intestinal digestion of the rat. The hypertrophy of the intestinal tracts may be due to a physiological adaptation for the unavailable carbohydrate.

(Received January 17, 1979)

プルラン (pullulan) は *Pullularia pullulans* の生産物で、基本的にはマルトトリオース (maltotriose) が α -1,6 結合により反復結合した重合体である (Fig. 1)。このものは一般にはマルトテトロース (maltotetrose) ユニットを数パーセント混在し、冷水にも容易に溶解する¹⁾⁻³⁾。プルランの分子量は菌株の種類、温度、培地組織、pH、通気量、培養時間などの種々の条件によって異なり、培養条件の設定の仕方によって、ほぼ希望の分子量

(10,000~2,000,000 あるいはそれ以上) のものを得ることができる³⁾。しかしながら、プルランはデンプンなどとは異なり、*in vitro* ではヒト唾液、ブタ膵などの α -アミラーゼ (α -amylase) によって分解されない^{3,4)}ことから、プルランは哺乳動物の消化管で消化・吸収されない多糖類であると考えられている。一方、プルランはその性質上、デンプンと置換することができるので⁵⁾、食品の加工原料としても使用することが可能である。しかしながら、プルランを投与した場合の生体におよぼす影響についてはまだ明らかでない。

Table 1. Composition of carbohydrate in diets.

(%)

Constituent	Control	Pullulan				Cellulose	
		5%	10%	20%	40%	20%	40%
Corn starch	65	60	55	45	25	49	29
Pullulan	0	5	10	20	40	0	0
Cellulose powder	4	4	4	4	4	20	40

Other constituents : casein 21%, soy bean oil 7%, vitamin mixture^{a)} (water soluble) 1%, salt mixture^{a)} 2%, vitamin A 20 IU, vitamin D 2.2 IU, vitamin E 1.1 mg, vitamin K 0.5 mg.

^{a)} purchased from Tanabe Pharma Co.

Formula : $(C_6H_{10}O_5)_n$

Fig. 1. Structure of pullulan.

一方、著者らは難消化性二種類の一つであるマルチトール (maltitol) などを白ネズミに投与すると、消化管下部に形態的な変化 (肥大) を起こすことを観察している⁶⁾⁷⁾。また、食餌に含まれるセルロースなどの植物性繊維が消化吸収の段階で消化管に同様な影響を与えることも報告されている⁸⁾⁹⁾。それゆえ、難消化性あるいは不消化性多糖類と考えられているプルランを動物に投与した場合には、なんらかの影響が消化管に現われるものと考えられる。

本報告においては、白ネズミの成長に対するプルラン投与の影響、プルランを長期間投与した場合の消化管の形態変化ならびに小腸に存在する糖質分解酵素におよぼす影響などを観察し、あらたな知見を得たので報告する。

実験方法

1. 実験動物

体重 50~60 g のウイスター (Wistar) 系雄白ネズミを3群に分け、Table 1 に示すような対照飼料、20% ならびに 40% にプルランを含む飼料でそれぞれ4週間あるいは9週間飼育した。さらに、同一条件の白ネズミを5群に分け、対照飼料、5%、10% にプルランを含む飼料ならびに 20%、40% にセルロースを含む飼料を与えて、それぞれ4週間あるいは9週間飼育した。白ネズミは5~8匹を一つのケージに同居させ、餌ならびに水は自由に摂取させた (室温 25±3°C)。プルラン溶液を

経口投与する観察実験においては、市販の固形飼料 (オリエンタル酵母K K製, MF) で飼育した体重 150~170 g の雄白ネズミが用いられた。動物は 16 時間前から絶食させ、水のみが与えられた。

2. プルランを経口投与した場合の消化管における分解

16 時間前から絶食した白ネズミに、0.9% 食塩水に 10% に溶解したプルラン溶液 2 ml を胃ゾンデを用いて胃内に投与した。60分後に屠殺し、ただちに胃ならびに小腸内容物を定量的に集め、ホモジナイザーを用いて均一化した。その一部は Somogyi 法¹⁰⁾を用いる還元力の測定に供された。対照群には 0.9% 食塩水のみを同様に投与した。

3. 小腸粘膜に存在する糖質分解酵素活性

二糖類分解酵素活性は Dahlqvist の方法¹¹⁾¹²⁾を一部改良して測定された。断頭、放血後、ただちに小腸をとり出し、小腸粘膜をはく離した。0.9% 食塩水を用いて 10% ホモジネートを作成し、1,000×g で 10 分間遠心分離して得られる上清画分を酵素液とした。

0.1 M マレイン酸緩衝液 (pH 6.0) を用いて 0.056 M の基質液を作成し、その 0.1 ml に、10 倍に希釈した酵素液 (たん白質濃度約 0.7 mg/ml) 0.1 ml ならびにトルエン1滴を加え、37°C に 30 分間反応させた。反応終了後、氷冷した蒸留水 1 ml を加え、沸とう水浴中に 2 分間加熱した。室温まで冷却した後、生成したブドウ糖量を測定した。

4. その他の測定法ならびに実験材料

ブドウ糖量はグルコース酸化酵素を用いるグルコスタット (NBC 製, USA) 法によって測定した¹³⁾。たん白質は Lowry らの方法¹⁴⁾を用いて測定し、たん白質標準液としてウシ血清アルブミンを用いた。

実験に使用したプルランは林原生物化学研究所より供与されたもので、分子量約 49,000、ブドウ糖 302 個から構成されている。このものはマルトトリオースユニット

Fig. 2. The increase of body weight of rats fed a diet containing pullulan or cellulose for 9 weeks. Male wistar rats were raised on the diets containing 5, 10, 20 and 40% of pullulan or 20 and 40% of cellulose for 9 weeks. Five rats were kept in one cage at room temperature ($25 \pm 3^\circ\text{C}$). Food and water were given *ad libitum*.

ト 93% と、マルトテトロースユニット 7% を含んでいる。

実験結果

1. 白ネズミの成長に対するプルラン投与の影響

ウイスター系雄白ネズミ (50~60 g) にプルラン 20%, 40% に含む飼料を与えると、体重増加の差異は 10 日目前後から現われはじめ、その差異は日時の経過とともに増大した (Fig. 2-I)。飼育 63 日目の体重は、対照群の 324 g に対し、20% プルラン投与群は 280 g, 40% プルラン投与群は 252 g であった。プルラン投与群には明らかな発育抑制が観察された ($p < 0.001$)。

プルランを白ネズミに大量投与すると著しい発育抑制が観察されたので、プルラン含量の少ない飼料を用いて体重増加におよぼす影響を観察してみた。この場合、不消化性多糖類でもあるセルロースの影響もあわせて観察するために、20% ならびに 40% にセルロースを含む飼料を同様に用いた。プルラン含量の少ない飼料 (5% ならびに 10% プルラン飼料) を投与した場合には、飼育 10~14 日目に成長の一時的な抑制が観察されるが、長期間 (7 週間) 飼育した場合には、対照群に比較して体重は多少低い傾向にあったが有意差は観察されなかった (Fig. 2-II)。一方、20% ならびに 40% にセルロースを含む飼料で飼育すると、40% セルロース投与群の体重は対照群に比して、投与 20 日目前後から差異が観察されはじめ、その差異はプルランを同比率に投与した場合と同様に日時の経過とともに増大の傾向を示した (Fig. 2-II)。20%セルロース投与群においては、飼育 40 日目

ごろまでは対照群とほとんど差異が見られなかったが、その後徐々に差異が増大し、63 日目では約 6% の体重減少を示していた。

2. 消化器官に対するプルランならびにセルロース投与の影響

白ネズミにプルランを長期間投与した場合の消化器官におよぼす影響を観察するため、4 週間ならびに 9 週間飼育した白ネズミの体重に対する各臓器重量の比率を求めた。飼育 4 週間後においては、プルラン投与群のいずれの場合にも対照群に比して大腸の肥大が観察され ($p < 0.01$)、さらに 20% ならびに 40% プルラン投与群においては小腸や盲腸の肥大も観察された (Table 2)。しかしながら、プルラン含量の少ない飼料 (5% ならびに 10%) を投与した場合には、小腸ならびに盲腸に対する影響は観察されず、むしろ胃に対する影響が観察された。一方、20% ならびに 40% セルロース投与群においては胃、大腸に肥大の傾向が観察された ($p < 0.01$)。

それぞれの飼料で 9 週間飼育した場合には、20% ならびに 40% プルラン投与群の消化器官のいずれの部位にも肥大傾向が観察され ($p < 0.05$)、とくにその影響は盲腸に対して著しかった ($p < 0.01$) (Table 3)。5%, 10% プルラン投与群においては、小腸にだけ肥大傾向が観察され ($p < 0.05$)、他の部位には見るべき変化は観察されなかった。20%, 40% セルロース投与群においては、大腸の肥大は観察されたが ($p < 0.01$)、小腸については有意の変化は見られなかった。しかしながら、40% セルロース投与群の場合に盲腸の肥大が観察された ($p < 0.05$)。

Table 2. Percent of the weight of gastrointestinal tract to body weight of rats fed a diet containing pullulan or cellulose (4 weeks-feeding).

		Control		Pullulan			Cellulose	
		1 (5)	5%	10%	20%	40%	20%	40%
		11 (5)	(5)	(5)	(8)	(8)	(5)	(5)
Body weight (g)	I	212±13.2	—	—	176±7.7	154±10.3	—	—
	II	221±6.1	189±12.8	175±16.5	—	—	212±2.8	182±18.6
Stomach		0.422	0.519	0.605	0.455	0.460	0.517	0.686
		±0.012	±0.025*	±0.033**	±0.019	±0.024	±0.016**	±0.014**
Small intestine		2.880	3.375	3.306	4.043	4.631	2.982	3.322
		±0.194	±0.111	±0.137	±0.229**	±0.252**	±0.152	±0.283
Caecum		0.188	0.214	0.237	0.459	0.511	0.199	0.256
		±0.018	±0.013	±0.013	±0.024**	±0.020**	±0.013	±0.018
Large intestine		0.288	0.377	0.390	0.481	0.486	0.425	0.613
		±0.015	±0.032**	±0.017**	±0.018**	±0.037**	±0.022**	±0.048**

Each value represents as the mean±S.E. (), number of rats.

* $p<0.05$ as compared with control animal.

** $p<0.01$ as compared with control animal.

Table 3. Percent of the weight of gastrointestinal tract to body weight of rats fed a diet containing pullulan or cellulose (9 weeks-feeding).

		Control		Pullulan			Cellulose	
		1 (5)	5% ^{a)}	10% ^{a)}	20%	40%	20%	40%
		11 (5)	(5)	(5)	(10)	(10)	(10)	(10)
Body weight (g)	I	324±17.9	—	—	280±17.8	252±18.8	—	—
	II	345±6.5	298±15.0	313±10.4	—	—	332±12.8	292.5±14.4
Stomach		0.271	0.290	0.270	0.303	0.306	0.255	0.293
		±0.007	±0.021	±0.016	±0.017*	±0.013*	±0.013	±0.031
Small intestine		1.943	2.333	2.356	2.350	2.391	1.740	2.083
		±0.053	±0.111*	±0.092*	±0.110*	±0.100**	±0.043	±0.169
Caecum		0.134	0.154	0.145	0.271	0.284	0.133	0.185
		±0.013	±0.010	±0.010	±0.028**	±0.023**	±0.038	±0.014*
Large intestine		0.258	0.276	0.290	0.333	0.339	0.344	0.512
		±0.015	±0.027	±0.024	±0.017*	±0.025*	±0.012**	±0.036**

^{a)} 7 weeks-feeding

Each value represents the mean±S.E. (): number of rats.

* $p<0.05$ as compared with control group.

** $p<0.01$ as compared with control group.

消化管以外の肝, 脾, 心, 腎, 副腎, 肺, 脳などの体重に対する比率は, ブランならびにセルロースのいずれを投与した場合においても, 顕著な影響は観察されなかった。

これらの結果から, ブランならびにセルロースを大量に投与すると, 白ネズミの成長は抑制されると同時に, 消化器官に, とくに盲腸ならびに大腸に顕著な影響を示すことは明らかである。しかし, それらに対する影響は

Table 4. Reducing activities in an intestinal lumen after an oral dose of pullulan.

Materials of dose	No. of rat	Reducing power (μ mole as glucose)
0.9% NaCl solution	5	24.94 $\pm$ 1.75
10% pullulan solution	5	*60.39 $\pm$ 2.46
2 ml of 10% pullulan solution		2.39 $\pm$ 0.09

2 ml of 10% pullulan solution were given to rats using the feeding tube. The rats were fed with the commercial chow and fasted for 16 hours prior to the experiments. The measurement for endogenous reducing power was carried out with an administration of 0.9% NaCl solution. Stomach and intestine contents were collected quantitatively following sacrifice 60 min after the administration. The reducing activity of the content was estimated by the method of Somogyi. Each value represents as the mean $\pm$ S.E. * $p < 0.05$ as compared with the group given 0.9% NaCl solution.

Table 5. Disaccharidase and pullulan hydrolytic enzyme activities in intestinal mucosa of rats fed a diet containing pullulan or cellulose for 9 weeks.

Groups	No. of rat	Maltase	Sucrase	Isomaltase	Hydrolysis of pullulan
(μ mole disaccharide hydrolyzed/60 min/mg protein)					
Control	8	10.62 $\pm$ 0.83	2.96 $\pm$ 0.03	4.08 $\pm$ 0.53	2.74 $\pm$ 0.27
Pullulan 20%	10	11.56 $\pm$ 1.24	3.26 $\pm$ 0.48	3.70 $\pm$ 0.49	2.98 $\pm$ 0.29
Pullulan 40%	10	11.28 $\pm$ 0.92	3.30 $\pm$ 0.88	4.66 $\pm$ 0.65	3.02 $\pm$ 0.29
Cellulose 20%	10	10.38 $\pm$ 1.01	2.64 $\pm$ 0.23	3.70 $\pm$ 0.32	2.60 $\pm$ 0.13
Cellulose 40%	10	11.28 $\pm$ 1.32	3.16 $\pm$ 0.71	3.80 $\pm$ 0.30	2.74 $\pm$ 0.37

Rats were raised the diet shown in Table 1 for 9 weeks. The activity of disaccharidase in the small intestinal mucosa was determined by a modified method of Dahlqvist described in the text. The glucose content was determined by a method of glucose oxidase assay. Each value represents the mean $\pm$ S.E. Pullulan degradation was shown as μ mole of glucose produced per 60 min per mg protein.

プルランとセルロースでは多少異なっていた。

3. 経口投与したプルランの消化管における分解

プルランを大量投与すると白ネズミの成長は抑制される。これは、プルランが試験管内でヒト唾液やブタ膵の α -アミラーゼなどによって分解されない^{33,4)}ことから、哺乳動物の消化管内においても消化されず、エネルギー源として利用されないためと思われる。これを確認するために、プルランを経口投与して、腸管内におけるプルランの分解様相を検討してみた。

0.9% 生理的食塩水を用いて 10% に溶解したプルラン溶液 2 ml を、胃ゾンデを用いて、16 時間絶食した白ネズミの胃内に投与し、60 分後の胃ならびに小腸内容物について、その還元力の推移を比較観察した。その結果、プルラン投与群においては、胃ならびに小腸内容物の還元力の生成は、ブドウ糖に換算して 60.4 μ mole であった。0.9% 食塩水だけを投与した場合では 24.9 μ mole であった。また、投与したプルラン溶液 2 ml の還元力は 2.4 μ mole であった (Table 4)。この結果は、

白ネズミの胃ならびに小腸管腔内においては、投与したプルランのグルコシド結合の一部は加水分解されることを示唆している。その量は、経口投与したプルランに含まれる全グルコシド結合の約 3% に相当していた。しかしながら、このプルランの加水分解産物が小腸から吸収されるかどうかは明らかでない。

4. 白ネズミ小腸粘膜の二糖類ならびにプルラン分解酵素に対するプルランならびにセルロース投与の影響

プルランが小腸管腔内で分解され、さらに消化・吸収されるとすれば、小腸粘膜に存在する二糖類ならびにプルラン分解酵素活性はなんらかの影響を受けるものと思われる。そこで、プルラン飼料で 9 週間飼育した白ネズミについて、二糖類分解酵素活性を測定してみた。

20% ならびに 40% にプルランを含む飼料で飼育した場合では、マルターゼ、シュクラーゼ、イソマルターゼ活性は多少の増大傾向を示したが、対照群にくらべて有意な増大ではなかった (Table 5)。20%, 40% セル

ロース投与群についても、プルラン投与群と同様に有意な変化は観察されなかった。小腸粘膜に存在する諸酵素によるプルランの分解は、プルランならびにセルロースの投与によって何らの影響も受けなかった。しかしながら、本実験に用いたプルランは小腸粘膜に存在する酵素によって、その一部は部分分解された。

考 察

プルランまたはセルロースを含む飼料を用いて白ネズミを9週間飼育し、白ネズミの成長、臓器重量ならびに小腸粘膜二糖類分解酵素活性におよぼす影響を観察した。

白ネズミの成長は、飼料中のプルランならびにセルロース含量が増大するにしたがって抑制が強く現われ、体重の差異は日時の経過とともに増大した。この体重の差異は、飼料中のデンプンが不消化性または難消化性糖質であるセルロースやプルランなどで置換されているために、エネルギー摂取量が低下したことに起因するものと思われる。しかしながら、その成長抑制はプルラン投与群のほうがセルロース投与群よりも大きかった。プルランを40%に含む飼料は同時にセルロースを4%に含んでいるので、同量の飼料を摂取した場合には、全エネルギー量はセルロースを40%に含む飼料よりも少ないことになる。それを考慮したとしてもプルラン投与による成長の抑制は大きい。セルロース投与群の糞量は同量のプルラン投与群のそれよりも明らかに多く、また摂食量も糞量に比例して多い傾向が見られたので、セルロース投与群にくらべてプルラン投与群の成長抑制が大きいのは摂食量の減少に起因するのではないと思われる。一方、体重の差異の現われは始める時期は飼料中のプルランならびにセルロース含量によっても異なるが、プルラン投与群のほうがセルロース投与の場合よりも早期の傾向にあった。プルランはふつうの飼料（食品）には含まれないので、生体にとってはセルロースにくらべて、よりなじみにくく、また食べにくいものかもしれない。

難消化性二糖類アルコールであるマルチトールを白ネズミに投与すると、投与の初期から下痢を誘発し、その後適応するに伴って下痢症状の程度は軽くなる⁶⁾。20%以下のプルランならびにセルロース投与群にはまったく下痢症状は見られなかったが、40%プルラン投与群の数匹は、実験の全期間にわたってときどき下痢または軟弱便が観察された。吉沢らは、マルチトールは小腸粘膜のマルターゼ活性に拮抗阻害を示すと報告している¹⁵⁾。それゆえ、マルチトール投与による下痢は直接マルチトールに関与しているものと思われる。しかしながら、プルラン投与による下痢または軟弱便の誘発は、マルチトール

の場合とは異なっているように思われる。プルランは分子量が大きく、二糖類や単糖類に分解されにくい。また、長期間飼育した場合にも小腸粘膜の二糖類分解酵素活性に影響しない。さらに、プルランやショ糖などに誘発される下痢のように“慣れ”によって停止しないし、全ラットに一樣に下痢が見られない。それゆえ、プルラン大量投与時に、ときおり観察された下痢はプルランによって直接誘引されたものではなく、動物の個体差によるものと推察される。

白ネズミに長期間マルチトールを摂取させると、盲腸ならびに大腸が肥大してくる⁶⁾。また、辻らは不消化性多糖類であるコンニャク精粉を、白ネズミに投与すると盲腸の肥大をみることを報告している¹⁶⁾。プルランならびにセルロースを投与しても消化管が肥大するが、その発現部位（たとえば胃、小腸、盲腸、大腸など）と肥大の程度は飼料中の不消化性あるいは難消化性多糖類の含量と飼育期間によって異なるもののようである。著者らは、飼育4週間後と9週間後に屠殺して、各臓器に対する影響を観察したが、さらに長期間飼育した場合には異なった変化の観察される可能性もあると思われる。長期間の飼育によって各部位に対する影響に相違の見られることは、生体における生理的な適応現象であるようにも思われる。しかしながら、盲腸、大腸、小腸などの肥大がどのような生理的意義をもつかは現在のところ明らかでない。

プルランは試験管内において、小腸粘膜に存在する酵素によってわずかに部分分解され、また経口投与した場合にもグルコシド結合の一部が分解された。本実験に用いたプルランは全ブドウ糖の93%がマルトリオースユニットに、7%がマルテトロースユニットに構成されているので、プルラン1分子中に5.3分子のマルテトロースユニットが存在することになる。さらに、腸管内の α -アミラーゼなどの諸酵素によってマルテトロースユニットのいずれかの α -1,4結合が水解されるとすれば、還元力をもつブドウ糖は5個生成され、プルラン固有の1個（末端ブドウ糖）を加えて計6個になる。それゆえ、理論的にはプルラン分子中の全グルコシド結合の約2% ($(5.3/302) \times 100 = 1.8$) が分解されることになる。さらに、マルテトロースユニットがプルラン分子中の両末端に結合しているとすれば、還元力をもつブドウ糖は理論的には7個生成する。すなわち、グルコシド結合の約2.5%が分解されることになる。この理論値は著者らの実験結果とよく一致していた。それゆえ、プルランを経口投与した場合に観察された還元力の増大はプルラン分子中のマルテトロースユニットが α -アミラーゼなどによって水解される可能性が推察される。一方、腸管内に存在するグルコアミラーゼ (gluco-

amylase) 活性は低い、多糖類の α -1,4 ならびに α -1,6 結合を非還元末端より分解する。それゆえ、プルランもこの酵素によって、徐々にあるが分解されるものと思われる。さらに、腸内細菌によってプルランが部分分解される可能性もある。投与後 60 分間に、グルコアミラーゼあるいは腸内細菌によるプルランの分解産物(ブドウ糖)はすでに消失して、腸管内にはわずかしこ残存しないとも考えられるが、胃ならびに腸管内容物に大量のプルランが見いだされ、また長期間飼育した場合において、セルロース投与の場合と同様に大量のプルランが糞便中に排泄されることから、投与後 60 分間にプルランの大部分が消化されて吸収されているとは考えられない。それゆえ、プルランは部分分解はされるが、消化・吸収されにくい多糖類であるといえる。

難消化性多糖類あるいは不消化性多糖類を動物に長期間投与すると、消化管が肥大してくる。この生理的意義ならびにメカニズムの追求は今後の問題である。また、プルランの消化・吸収についてさらに詳細に検討するためには放射性プルランを用いて観察すると同時に、マルトテトロースユニットを含まないプルランを使用する必要がある。

結 語

Wistar 系幼若雄白ネズミ(体重約 50 g)に 5, 10, 20, 40% にプルランを含む飼料ならびに 20, 40% にセルロースを含む飼料を投与して、白ネズミの成長曲線ならびに各臓器に対する影響、さらに小腸粘膜の糖質分解酵素におよぼす影響などを観察した。

1) プルランを 20% ならびに 40% に含む飼料で飼育した場合には、著しい成長抑制が観察された。40% セルロース投与群においても同様の成長抑制がみられた。しかしながら、抑制の程度ならびに抑制の現われ方はプルラン投与群とセルロース投与群との間に多少の差異があった。

2) 大量のプルラン(20%, 40% プルラン飼料)を長期間投与すると胃、小腸、盲腸、大腸の肥大する傾向が観察された。その影響は、とくに盲腸に対して著しかった。セルロースを投与した場合には大腸に肥大が著しかった。消化管の肥大の部位と程度は、飼料中のプルランまたはセルロース含量と飼育期間によって異なっていた。消化管以外の臓器に対してはプルランならびにセルロースの影響はほとんど観察されなかった。

3) 小腸粘膜のマルターゼ、シュクラーゼ、イソマルターゼ活性は、いずれもプルランならびにセルロースの投与によって影響されなかった。プルランは試験管内において小腸粘膜に存在する酵素によって部分分解された。

4) プルランを胃内に投与した場合に、60 分間でプルランのグリコシド結合の約 3% が消化管内で加水分解された。この量はプルラン分子中に含まれるマルトテトロースユニットの量に一致していた。

以上の結果、プルランは腸管内で二糖類または単糖類まで分解されにくく、生体に利用されにくい多糖類と思われる。セルロースならびにプルランのような生体で利用されにくい多糖類を、白ネズミに大量に投与すると盲腸、大腸が肥大する。これは生体がそれらの物質になじむための一種の生理的な適応現象ではないかと考える。

本報文の要約は第 10 回国際栄養学会(1975 年 8 月、京都)において発表した。

文 献

- 1) Bender, H., Lehmann, J. and Wallenfels, K.: *Biochem. Biophys. Acta*, **36**, 309 (1959)
- 2) Catley, B.J.: *FEBS, Letters* **10**, 190 (1970)
- 3) Ueda, S., Fujita, K., Komatsu, K. and Nakashima, Z.: *Appl. Microbiol.*, **11**, 211 (1963)
- 4) Wallenfels, H., Keilich, G., Bechtler, G. and Freudenberger, D.: *Biochem. Z.*, **341**, 433 (1965)
- 5) 近藤千春, 西堀幸吉(ノートルダム清心女子大): 未発表データ, 私信による
- 6) 井上陽一, 森内幸子, 細谷憲政: 栄養と食糧, **23**, 43 (1970)
- 7) 奥 恒行, 細谷憲政, 井上陽一: 栄養と食糧, **24**, 399 (1971)
- 8) Moinuddin, J.F. and Wing-Tsit Lee, H.: *Am. J. Physiol.*, **197**, 903 (1959)
- 9) Younoszai, M.K., Adedoyin, M. and Ranshow, J.: *J. Nutr.*, **108**, 341 (1978)
- 10) Somogyi, M.: *J. Biol. Chem.*, **195**, 19 (1952)
- 11) Dahlqvist, A.: *Anal. Biochem.*, **7**, 18 (1964)
- 12) Dahlqvist, A.: *Anal. Biochem.*, **22**, 99 (1968)
- 13) Keston, A.S.: Abstract of paper, 129th Meeting, A.C.S., Tex., p. 31C, April, 1956
- 14) Lowry, O.H., Rosebrough, N.J. and Randall, R.J.: *J. Biol. Chem.*, **193**, 265 (1951)
- 15) Yoshizawa, S., Moriuchi, S. and Hosoya, N.: *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **21**, 31 (1975)
- 16) 辻 啓介, 辻 悦子, 印南 敏, 平山昌子, 大島寿美子, 鈴木慎次郎, 中村敦子, 手塚朋通: 栄養学雑誌, **31**, 10 (1973)

(昭和 54 年 1 月 17 日受理)