食物繊維の水中沈定体積とアマランス毒性阻止効果に 及ぼす粒度の影響†

武田 秀敏*, 桐山 修八**

(愛媛大学農学部農芸化学科, 現在, *今治明德短期大学生活科学科,

**北海道大学農学部農芸科学科)

(平成2年9月28日受理)

Effect of Particle Size of Dietary Fiber on Its Settling Volume in Water and Protective Activity against Amaranth (Food Red No.2) Toxicity in Rats

Hidetoshi TAKEDA* and Shuhachi KIRIYAMA**

Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Ehime
University, Matsuyama, Ehime 790.

(Present address) * Imabari Meitoku Junior College, Imabari, 794

** Department of Agricultural Chemistry, Faculty of
Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, 060

We prepared four particle sizes (PS: <1 mm, <149 μ , <74 μ and 12 μ) of dietary fiber of the root of edible burdock (*Arctium lappa* L.), "gobo" (GDF). Their protective activity against amaranth (Food Red No.2) toxicity was tested by their capacity to ameliorate the retarded growth rate of rats fed 4 or 5% amaranth. Holocellulose from GDF (PS: <1 mm), commercially available cellulose powder (prepared from cotton fiber, PS: 74 to 149 μ) and powdered polystyrene foam (PS: <1 mm) were also examined. The settling volumes in water (SV, ml/g airdried matter) of these samples were determined to examine the correlation between their bulk forming capacity and protective activity. A decrease in GDF particle size caused a decrease in its SV value and protective activity. Powdered polystyrene foam (5%) showed a beneficial effect whereas cellulose did not have a favorable effect at the same level. Holocellulose also showed a beneficial effect even at a 1.5% level. The protective activity of dietary fibers was roughly correlated with their SV value, although an equivalent effect was not obtained consistently when relative SV values {specific SV of each sample (ml/g) times its dietary level(%)} were equalized between diets containing different dietary fibers by adjusting their dietary level. These results suggest that the bulk forming capacity of dietary fibers determined by SV values (*in vitro* SV) should be altered after enzymatic digestion, and the altered SV value in the gastrointestinal tract (*in vivo* SV) determines its effectiveness.

(Received September 28, 1990)

緒 言

食物繊維は、アマランス（食用赤色2号）の大量投与によるラットの成長抑制をほぼ完全に阻止する^(1,2)。いわゆるこの毒性阻止効果は、食物繊維のアマランス吸着作用によるものではなく、食物繊維の物性、とくに水中沈定体積 (Settling volume, SV; ml/g dry matter) と密接に関係していた⁽³⁾。すなわち、ラットの精製飼料にアマランスを4ないし5%添加すると激しい下痢をお

† ここでいう“毒性”や、“毒性阻止効果”は便宜的に使っている呼称で、国際的にも通用しているものです⁽¹¹⁻¹⁴⁾。もちろん、毒性学上の基準によれば動物の生理的調節が回復可能な作用、たとえば腸内細菌叢の変化や、非吸収性物質の大量投与による下痢作用、体重増加率の低下などは、厳密には毒性作用とはみなさないことになっており⁽¹⁵⁾、毒性学 の定義でいう“毒物”に当たらないことはすでにお断りしている⁽¹⁶⁾。したがって、ここでいう“毒性”や、“毒性阻止効果”は、正確には、アマランスの大量投与による成長遅延と、その改善効果ということである。

こし、成長は著しく遅れるが、この飼料にさらに5%前後の食物繊維を同時添加するとアマランスの害作用は阻止される。この効果は、SV 値の高い食物繊維ほど強く現れる⁽³⁾。

そこで今回、食物繊維源を機械的に破壊して粒径を小さくすることにより、同一の出発物質からSV 値の異なる試料を調製し、それらの生理効果を比較した。また、異なるSV 値を有する数種の食物繊維源について、それらの添加レベルを調節して飼料中で占める相対SV 値を計算上等しくした場合の生理効果の等価性についても検討した。その結果、同一成分からなる食物繊維でも、粒径が小さくなるとSV 値が低下すると同時に、生理効果も有意に弱くなった。しかし生理効果の低下は、SV 値の低下ほど著しくなかった。したがって、食物繊維間の質的な差も生理効果に関係していることが示唆された。また今回、発泡スチロール粉末でも食物繊維と類似の効果を発揮することもわかったので報告しておきたい。

実験方法

1. 食物繊維試料とその調製 食物繊維試料は、従来の方法^(2,3)に準じてゴボウから調製した(以下Gobo Dietary Fiber, GDFと略)。市販のセルロース粉末(綿花から調製したもの、東洋ろ紙製、100~200 mesh)、それに、天然の食物繊維ではないが比較のために、発泡スチロール粉末(発泡度60の発泡スチロール塊を1mmの円孔ふるいを備えたWiley millに通して粉碎したもの)も用いた。

GDFは、そのSV 値を変えるために、粉碎して粒度の異なる4種の試料を調製し、おのおの番号を付けて区別した。まずGDF-1は、発泡スチロール同様、1mmの円孔ふるいを備えたWiley millに通した乾燥粉末であり、GDF-2は、GDF-1を100メッシュ(Tyler, 目開き149 μ)のふるいにかけて、通過した分画である。GDF-3は、GDF-1と同様にして調製したもので、粒度もGDF-1と同じであるが、別のゴボウ原料から得られたものである。

GDF-4, GDF-5は、いずれもGDF-3を出発物質として調製した。まずGDF-4は、GDF-3の一部を取ってメノー攪潰機に入れ、その全量が200メッシュ(Tyler, 目開き74 μ)のふるいを通るまで繰り返し粉碎したものである。次にGDF-5は、GDF-3の一部を取って超低温粉碎装置(リンレックスミルLX-0型, ホソカワミクロン

KK)で粉碎した微粉末である。画像分析装置(Texture Analyse System, Leits社製)による測定から、GDF-5の平均粒径は12 μ であった。このようにして成分組成は等しくて粒度だけが異なる3種試料(GDF-3, -4, -5)を調製した。

またGDF-3を、希酢酸溶液下で亜塩素酸処理して、これの脱リグニン分画に相当するホロセルロース⁽⁴⁾も調製した。このように、出発物質GDF-3の粒度分布は変えずに成分組成を変えた試料も用いた。各試料の固有SV 値と、飼料中の相対SV 値はTable Iに示した。

2. 食物繊維の水中沈定体積(Setting volume: SV)の測定 SV 値は、1gの乾燥試料が抱水して平衡に達したときの沈定体積(ml)を示すものであり、すでに述べた方法^(3,5)に準じて測定した。なおSV 値は、自然状態での最大抱水量とよく平行し、両者が表裏一体の関係にあることもすでに観察している⁽⁶⁾。発泡スチロール粉末は撥水性であり、水に沈まないためそのままの状態で体積を測定した。

3. 相対水中沈定体積(Relative settling volume, RVS)の算出 なお飼料中の相対SV 値は、各食物繊維に固有のSV 値と、飼料中添加レベルを掛け合わせた値で、これは飼料100g中の食物繊維が抱水したときの容積に相当する。

4. 飼料と実験動物の扱い 実験動物には、離乳直後のウイスター系雄ラット(徳島実験動物研究所)を用い、4ないし5日間、精製標準飼料(25% カゼイン-シヨ糖飼料)^(6,7)で予備飼育した後、試験を行った。1群5ないし6匹として個別ケージで3週間飼育した。予備飼育に用いた25% カゼイン-シヨ糖飼料を基本飼料とし、この基本飼料にアマランス(三栄化学工業社製)を4あるいは5%添加したものを対照飼料とし、対照飼料にさらに各被験試料を添加したものを試験飼料とした。アマランス、および各被験試料の添加は、シヨ糖と置き換えて行った。飼料は、毎朝新鮮なものに取りかえて水とともに自由に与えた。この間の飼料摂取量と体重は毎日記録した。得られたデータは、Duncan⁽⁸⁾のMultiple Range Testにより有意差検定を行った。

結 果

Table Iは食物繊維のSV 値と、3回の実験で得られた体重増加量ならびに成長回復率をまとめたものである。実験ごとに、相対SV 値の小さい順に示した。また

Table I. Effect of Particle Size and Settling Volume in Water of Dietary Fiber on Growth Restoration of Rats Fed a Purified Diet Containing 4 or 5% Amaranth (Food Red No.2)

	Particle size of DF	Specific SV of DF ¹	Relative SV of DF in diet ²	Body weight gain	Percent restoration of growth ³
[Experiment 1] ⁴	μ	ml/g sample	ml/100 g diet	g/21 days	%
Basal diet	—	—	—	161±3.6 ^{a,5}	100
Basal diet +4% amaranth (control) ⁶	—	—	—	58±17(3) ^{b,7}	0
Control +5% GDF-2 ⁸	<149	13.5	67.5	140±7.2 ^c	79.6±7.0 ^a
Control +5% GDF-1 ⁹	<1,000	23.0	115	161±1.3 ^a	99.6±1.3 ^b
[Experiment 2] ¹⁰					
Basal diet	—	—	—	160±2.7 ^a	100
Basal +5% Powdered polystyrene foam ¹¹	<1,000	9.5	47.5	152±3.9 ^a	—
Basal +5% amaranth (control)	—	—	—	95±9.2(5) ^b	0
Control +5% cellulose ¹²	74~149	5.0	25.0	84, 132(2)	-22, 57(2)
Control +5% Powdered polystyrene foam	<1,000	9.5	47.5	125±1.7 ^c	45.5±2.8 ^a
Control +5% GDF-4 ¹³	<74	10.0	50.0	134±4.4 ^{c,d}	60.0±6.7 ^a
Control +5% GDF-3 ¹⁴	<1,000	18.5	92.5	149±5.0 ^{a,d}	84.7±6.9 ^b
[Experiment 3] ¹⁵					
Basal diet	—	—	—	160±6.8 ^a	100
Basal +4% amaranth (control)	—	—	—	91±2.2(5) ^b	0
Control +3.5% GDF-5 ¹⁶	12	7.0	24.5	133±7.7 ^{c,d}	60.6±11.2 ^{a,c}
Control +5% Cellulose ¹²	74~149	5.0	25.0	104±6.3 ^b	18.1±9.1 ^b
Control +3.5% GDF-3 ¹⁴	<1,000	18.5	64.8	152±4.8 ^{a,c}	88.2±7.0 ^a
+1.5% holocellulose ¹⁷	<1,000	44.0	66.0	125±5.9 ^d	49.8±8.6 ^c

¹ SV: settling volume (ml/g) occupied by 1g of air-dried dietary fiber placed in water filled in a graduated cylinder. The volume was read off by naked eyes after 24hr-equilibration to water. The volume of powdered polystyrene foam was determined as such in a cylinder not containing water.

² Relative SV (RSV) of dietary fiber incorporated into diet was calculated as follows: [specific SV (ml/g) of each dietary fiber] × [its dietary level (%)]. RVS corresponds to the SV value of dietary fiber contained in 100g of diet.

³ Percent restoration of growth (%) is expressed as follows: (difference in body weight gains between rats fed the test and control diets) × 100 / (difference in body weight gains between rats fed basal and control diets).

⁴ Average initial body weight was 71g (range; 60 to 77g), each group consisted of 5 animals.

⁵ Mean±SEM; values not sharing a common superscript letter within a column in each experiment are significantly different (p<0.05).

⁶ Food Red No.2, trisodium salt of 1-(4-sulfo-1-naphthylazo)-2-naphthol-3,6-disulfonic acid, purchased from San-ei Chemical Industries, Osaka.

⁷ The values in parentheses indicate the number of animals which survived and on which data are based when this number was less than the original number per group.

⁸ GDF-2 was a fraction of GDF-1 having particle size smaller than 149 μ .

⁹ GDF-1 was prepared from the roots of edible burdock (*Arctium lappa* L.), powdered in a Wiley mill equipped with a 1mm diameter pore sieve.

¹⁰ Average initial body weight was 64g (range; 57 to 72g), each group consisted of 5 animals except for the control and control + 5% cellulose diet groups which consisted of 6 animals each.

¹¹ A lump of polystyrene foam was powdered with a Wiley mill equipped with a 1mm diameter pore sieve. Resultant powder was used for comparison although not dietary fiber by definition.

¹² A preparation from cotton fiber (purchased from Toyo Roshi Co., Tokyo).

¹³ A part of GDF-3 was ground in an agate mortar until entire sample passed through a wire-mesh sieve with openings of 74 μ .

- ¹⁴ GDF-3 was prepared by the same manner as that for the preparation of GDF-1, but harvested season and district were different. Therefore GDF-3 and GDF-1 had different SV.
- ¹⁵ Average initial body weight was 67g (61 to 75g), each group consisted of 6 animals, except for the group received the control diet which contained 7 animals.
- ¹⁶ To obtain GDF-5, GDF-3 was ground as small as possible in frozen state with liquid nitrogen. The resultant material had mean particle size of 12μ as determined by Texture Analyze System (Leits, West Germany). We asked Drs. K. Yamada and K. Itoh of Nippon Reizo Co., Tokyo, for this preparation.
- ¹⁷ Prepared from GDF by delignification with sodium chlorite in diluted acetic acid medium⁽⁴⁾.

毒性阻止効果は、対照群の体重増加量が実験により多少変動するので、成長回復率 (Table I の脚注参照) でも表した。すなわち、対照飼料群の体重増加量を基準 (0%) にして、試験飼料群の体重増加量が基本飼料群のそれにまで完全回復した場合を 100% として表している。

実験 1 1mm の円孔ふるいを通過した全量 (GDF-1) と、これから 149μ 以下の粒径のものをふるい分けた GDF-2 の両者で毒性阻止効果を比較した。SV 値で GDF-1 より 40% ほど小さい GDF-2 の成長回復率は、GDF-1 のそれよりも約 20% ではあるが有意 ($p < 0.05$) に減少した (Table I, Experiment 1)。

実験 2 食物繊維の SV 値が、アマランス毒性阻止効果の指標になるならば、化学組成が全く異なり、微生物学的にもほとんど不活性な疎水性の発泡スチロールでも、GDF に匹敵する SV さえあれば十分効果を発揮するはずである。また逆に、GDF の粒径をさらに小さくして SV 値を下げていった場合、いずれ生理効果が消失する臨界値があると推定される。ここではこれらの点を検討した。

GDF-4 は、出発物質である GDF-3 の粒径をその半分以下 (74μ 以下) にまで小さくしたもので、SV 値は元の 18.5 ml/g から 10 ml/g に低下 (約 45% の減少) していた (Table I, Experiment 2)。これの成長回復効果は、GDF-3 のわずか 70% ほどであり、実験 1 の GDF-2 (20% 減) より一層の低下を示したが、生理効果がなくなる程ではなかった。次に、発泡スチロールによる回復効果は、これと SV 値のほぼ等しい GDF-4 と統計的に差がなく、等価であった。なお、発泡スチロール粉末を基本飼料へ単独添加した群の成長は、基本飼料群のそれとほとんど変わらず、これ自体の成長への影響は何ら認められなかった。

一方、SV 値が最小 (5.0 ml/g) のセルロース粉末では、成長回復効果がみられなかったばかりか、二週目には

Fig. 1. Correlation between the Total SV Supplied from Dietary Fibers Consumed and Growth-Restoration of Rats fed a Purified Diet Containing 4 or 5% Amaranth (Food Red No. 2). A logarithmic curve with following equation was given when percent restoration of growth (see footnote 3 of table I) was plotted against total VS supplied from dietary fiber consumed {settling volume of each dietary fiber (mg/g)} $\times$ {its intake for 21 days(g)}; $Y = -105 + 97.2 \log X$ ($r = 0.828$). Each point represents the value obtained from individual rat of groups given the following test diets: $\circ$, 5% GDF-1; $\bullet$, 5% GDF-2; $\triangle$, 5% GDF-3; $\blacktriangle$, 5% GDF-4; $\star$, 3.5% GDF-3; $\star$, 3.5% GDF-5; $\square$, 5% Cellulose; $\blacksquare$, 5% Polystyrene foam; $\diamond$, 1.5% Holocellulose. The logarithmic curve suggests that total SV of dietary fiber in diet consumed is a factor determining its protective activity and there is a requirement of SV to attain the protective effect.

入って5匹中3匹が死亡した。

実験 3 GDF-3 を、液体窒素凍結下で粉碎を行う超低温粉碎装置に通すと、平均粒径が 12μ の微粉末 (GDF-5) が得られ、その SV 値は 7.0 ml/g にまで低下した (Table I)。粒径の最も小さいこの GDF-5 は、実験

で全く効果が見られなかった 5% セルロース飼料の相対 SV 値 (25 ml/100 g diet) と等しくなるように、これを 3.5% 添加 (相対 SV ; 24.5 ml/100 g diet) して両者の生理効果を比較した。結果は、GDF-5 の成長回復率は GDF-3 のそれより有意に低下したものの、セルロースのそれよりは明らかに高く、この場合でも GDF は依然有効であることを示していた (Table I, Experiment 3)。

一方、GDF-3 の脱リグニン分画であるホロセルロースは、測定の結果、元の二倍強の SV 値 (44 ml/g) を有していた。したがって、ホロセルロースは、GDF-3 の半分の添加レベルで両者の相対 SV 値はほぼ等しくなる。しかし生理効果を調べた結果では、ホロセルロースはわずか 1.5% で有効性を発揮したものの、GDF-3 と等価の成長回復率を示すまでには至らなかった。

Fig. 1 は、食物繊維を含む被験試料から供給された SV 総量と、成長回復率の関係を、実験 1～3 を通して各個体ごとに (n=51) プロットしたものである。供給された SV 総量は、被験飼料の相対 SV と 3 週間の飼料摂取から計算により求めることができる。図の曲線は、対数回帰式 ($Y = -135 + 90.7 \log X$) から得られたもので、各種の食物繊維から供給された SV 総量と、成長回復効果の間には明らかな相関 ($r=0.788$) が見られた。この図から、食物繊維は、その成分、粒度、飼料中添加レベルが異なっても、一定レベルの SV さえ供給できれば有効性を発揮しうることを示唆していた。

考 察

すでに Kirwan⁽⁹⁾ は、粒度の異なる小麦フスマで排便頻度や一回の排便量をヒトで調べ、粒度が大きくなると保水量が増し、排便頻度や、排便量が増加することを観察している。これらの結果は、食物繊維の粒度変化に伴う物性の変化が、各種の生理作用にも影響することを示唆するものであり、食品の調理、加工の際に考慮すべき点と思われる。本実験では、粒径の異なる食物繊維を調製し、水中沈定体積とその生理効果への影響を調べた。

実験 1 で見られたようにアマランスを 4% 添加すると、とくに初期の 14 日間ぐらひは著しい成長遅延が生じ、死亡するラットも現れる。このときの死亡率や、生存ラットの成長遅延の程度は、実験 2 の 5% 投与時よりも著しかった。ラットの供給者 (徳島実験動物研究所、

徳島)、系統 (Wistar)、飼料組成 (25% カゼイン・ショ糖飼料)、その他の飼育条件は同じでも実験ごとにこうした変動は、しばしば観察される^(8,6,7)。ロットごとに異なるアマランス夾雑物の影響とも考えられる。

次に、食物繊維試料を粒度の違いでふり分けした場合に、構成成分のかたよりを生ずる可能性があり、実験 1 の GDF-1 と GDF-2 の生理効果の差は、そのような相違に由来した疑いもある。そこで、実験 2 以降では出発物質の一部を取り、そのすべてが目的のふりを通るまで粉碎して構成成分のかたよりをなくした。それでも粒度を小さくして SV 値を下げると、生理効果は明らかに弱くなることが再現された (Table I)。また発泡スチロール粉末でも、十分有効であることがわかった (Table I, Experiment 2)。

各種食物繊維の成長回復効果と、それらの摂取により供給された SV 総量との関係は、直線回帰式よりも対数回帰式に従っていた (Fig. 1)。これは、生理効果にはプラトーに達するレベルがあることを考えれば当然かもしれない。したがって、成長回復効果が平衡に達するときの飼料中 SV 量は、毒性阻止効果のための SV 必要量とみることできる。また、未知飼料でもその SV と、試料中の添加レベルがわかれば生理効果の強さをある程度予測できる可能性がある。

最も、相対 SV 値が等しくても一致した生理効果が得られなかった試料もいくつか見られた。たとえば 3.5% GDF-5 と 5% セルロース粉末は、ほぼ等しい相対 SV 値を有するにもかかわらず、生理効果は等価ではなく (Table I, Experiment 3)、前者の効果が大きかった。同様に、3.5% GDF-3 と 1.5% ホロセルロースも、相対 SV 値を等しくしたにもかかわらず、生理効果は前者のほうが大きかった。こうした相違は、有塚ら⁽¹⁰⁾の食物繊維の物性に関する観察事実と関係しているのかもしれない。

有塚らは、食物繊維試料にプロテアーゼやリパーゼを作用させると SV 値が大幅に増加することを見出した。したがって、本研究で用いた GDF はまだタンパク質や脂質を含んだ粗製の試料なので、これらが消化管腔内を移動する際には、消化酵素の作用をうけて物性が変化する可能性がある。つまり、相対 SV 値の等しい試料間で等価の効果が得られなかったのは、消化管腔内 (*in vivo*) では両試料間の SV が必ずしも一致していなかったためかもしれない。実際、各食物繊維を酵素処理する

と SV 値が増し, この *in vitro* SV 値の増加に伴って, 処理前のそれよりも生理効果 (アマランス毒性阻止効果) が高くなるという結果を得ている⁽¹⁰⁾.

要 旨

食物繊維は, アマランス (食用赤色 2 号) の 4 ないし 5% 添加によるラットの成長抑制をほぼ完全に阻止するが, ここでは食物繊維の水中沈定体積 (Settling volume in water, ml/g dry sample, 以下 SV) と, 毒性阻止効果に及ぼす粒度の影響を調べた. また, 相対 SV (食物繊維固有の SV 値×食物繊維の添加レベル) の等しい飼料間で生理効果の等価性についても検討した. 被験試料には, ゴボウから調製した粒度の異なる 4 種試料 (GDF) の他, 発泡スチロール粉末 (SV=9.5), 市販セルロース粉末 (SV=5.0) も比較に用いた. GDF は, 粒度の低下に伴って SV 値が小さくなり, これにつれて成長回復効果も弱くなった. しかし, 添加レベルを調節して GDF の相対 SV 値を, 無効であったセルロース粉末のそれと等しくした場合でも, GDF の効果は消失しなかった. また, ホロセルロースは高い SV 値を有していたが, 相対 SV 値を GDF のそれとそろえた場合に, 後者ほどの効果は見られなかった. 今回, 発泡スチロール粉末でも有効であることもわかった. 以上の結果から非水溶性食物繊維については, 消化管腔内を“一定容積”を保ちながら移動することが, この種の効果の発現に重要な意義があるものと思われた. また, 管腔内での容積形成には, *in vitro* では現れない食物繊維の質的な差も影響していることが示唆された.

超低温粉碎装置 (リンレックスミル LX-0 型, ホソカワミクロン KK) によるゴボウ食物繊維の微粉末飼料 (GDF-5) は, 株式会社ニチレイ研究所の伊東 克所長, 山田耕二前所長の御好意により調製して頂いた. ここに厚くお礼申し上げます.

- (1) B. H. Ershoff and E. W. Thurston: *J. Nutr.*, **104**, 937 (1974).
- (2) 永井鞆江, 今村裕一, 海老原清, 桐山修八: 栄養と食糧, **31**, 161 (1978).
- (3) H. Takeda and S. Kiriyaama: *J. Nutr.*, **109**, 388 (1979).
- (4) 芝本武夫 (代表): 「林産化学実験書 (第 3 版)」産業図書, 1965, p.103.
- (5) 武田秀敏, 桐山修八分担: 「食物繊維の物理化学的性質」, 食物繊維, 印南 敏・桐山修八編, 第一出版, 1982, p.57.
- (6) 武田秀敏, 海老原清, 林 芳文, 桐山修八: 農化, **53**, 291 (1979).
- (7) 武田秀敏, 海老原清, 桐山修八: 農化, **55**, 125 (1981).
- (8) 柴田寛三: 「生物統計学序説」, 創文社, 1974, p.64.
- (9) W. O. Kirwan, A. N. Smith, A. A. McConnell, W. D. Mitchell and M. A. Eastwood: *Br. Med. J.*, **4**, 187 (1974).
- (10) 有塚 勉, 武田秀敏, 桐山修八: 第 44 回日本栄養・食糧学会総会講演要旨集, 1990, p.52.
- (11) B. H. Ershoff and E. W. Thurston: “Effect of diet on amaranth (FD & C Red No. 2) toxicity in the rat,” *J. Nutr.*, **104**, 937 (1974).
- (12) 永井鞆江, 今村裕一, 海老原清, 桐山修八: 「各種野菜残渣およびコンニャクマンナンによる食用赤色 2 号の毒性阻止効果ならびに塩混合組成の影響」, 栄養と食糧, **31**, 161 (1978).
- (13) H. Takeda and S. Kiriyaama: “Correlation between the physical properties of dietary fibers and their protective activity against amaranth toxicity in rats,” *J. Nutr.*, **109**, 388 (1979).
- (14) 武田秀敏, 海老原清, 林 芳文, 桐山修八: 「食用赤色 2 号あるいはアミノ酸過剰毒性に対する各種食物センイ (dietary fibers) の影響」, 農化, **53**, 291 (1979).
- (15) 川端俊治: 「新訂 加工食品と食品衛生」新思潮社, 1984.
- (16) 桐山修八: 「食餌性有害物質の毒性阻止作用」, 食物繊維, 印南 敏・桐山修八編, 第一出版, 1982, p.193.