米糠由来の食物繊維の性質と機能

芦田優子, 斉藤義幸, 川戸章嗣, 今安 聡

(月桂冠株式会社総合研究所)

平成 4 年 1 月 16 日 受 理

Physical and Chemical Properties of Dietary Fiber Prepared from Rice Bran

Yuko ASHIDA, Yoshiyuki SAITO, Akitsugu KAWATO, and Satoshi IMAYASU
Research Institute, Gekkeikan Sake Co., Ltd., Shimotobakoyanagi-cho 24,
Fushimi-ku, Kyoto 612

Rice dietary fiber was prepared from defatted rice bran by treatment with protease, and its physical and chemical properties were investigated. Its water adsorption capacity, oil adsorption capacity, and settling volume in water was 10.89 g, 8.21 g, and 13.0 ml, respectively, per gram of fiber. The fibers adsorbed agricultural chemicals, malathion and fenitrothion. In these properties, rice fiber was superior to cellulose and fibers from corn bran and wheat bran.

Characteristics of the binding of minerals to neutral detergent fibers (NDF) from the three cereals investigated were studied. Calcium bound to each kind of NDF at about 2 mg per gram of NDF, but more iron (6.03 mg per gram of NDF) bound to the NDF of rice bran than to the other two NDFs tested. The iron bound to the NDF of rice bran was not readily released by conditions normally used in cooking, but it was released under simulated gastrointestinal conditions. The iron bound to rice fiber had no effect on the properties such as the water adsorption capacity of the fiber.

(Received January 16, 1992)

緒 言

近年, 大腸癌, 糖尿病等の疾病が増加するのに伴い, 食物繊維摂取量との関係が研究され⁽¹⁾, 食物繊維にはこれらの疾病を予防する効果があることがわかってきた。そこで, 大豆や小麦, トウモロコシ, 澱粉など種々の原料から抽出したり, また合成した食物繊維が販売され, それらの繊維の性質について研究がなされている^(2,3)。米糠には不溶性の食物繊維が多く含まれているにもかかわらず, 繊維素材としてはこれまであまり注目されていなかった。それは, 抽出効率があまりよくないことや, ミネラルと結合して不溶化するフィチン含量が高いためと考えられる。しかし, 米糠由来の食物繊維は, 有害物質の吸着力に優れていたり⁽⁴⁾, コレステロール上昇抑制作用を有するといった報告⁽⁵⁾がされており, 優れた生理活性が期待できる。著者らは, 官能的に抵抗なく多くの食物繊維を摂取するために, 米糠より米油を抽出した後

の脱脂糠を原料として食物繊維を抽出したところ, フィチン含量の少ない食物繊維を効率よく抽出することができた。そこで, この食物繊維 (rice fiber, RF) の食品への利用を目的とし, 吸水性, 膨潤性, 有害物質の吸着能について検討した。また, 最近食物繊維とともに, 鉄やカルシウムの摂取不足も問題になっている。米糠にはミネラルが豊富に含まれているが精製すればミネラルも取り除かれてしまう。そこで, 食物繊維とミネラルを同時に摂取できるように食物繊維に鉄およびカルシウムを吸着させ, その吸着や溶出挙動について検討したので報告する。

実 験 方 法

1. 食物繊維試料と調製法 RF は, 以下の方法で調製した。米油製造に伴って派生する脱脂糠に, 0.02% プロテアーゼ溶液 (細菌由来プロテアーゼ 150 units/mg, アマノ製) を 5 倍量加え 40°C にて 18 時間酵素分

解した。磨砕器（ワーリングブレンダー 7011 S 型ダイナミックス製）で磨砕し 150 メッシュのふるい上で水洗した後、脱水して、55°C の温風で乾燥させた。10 kg の脱脂糠を処理して、3.3 kg の RF を得た。そのほかの原料の食物繊維は、市販品を用いた。セルロースは、ダイエタリーファイバー PC 200（ファイザー製）、小麦フスマ由来の食物繊維は、小麦ファイバー SF（日東製粉製）、トウモロコシ外皮由来の食物繊維は、日食セルファー #200（日本食品加工製）を使用した。また、NDF 標品は各食物繊維より Van Soest の neutral detergent fiber (NDF) 定量法⁽⁶⁾に準じて調製した。フィチン酸含量の異なる繊維は、小麦フスマ由来の繊維の場合は小麦ファイバー SF をそのまま使用したもの、0.02 N 塩酸に 1.5 時間浸漬したものおよび NDF 標品を用いた。フィチン酸含量は、おのおの 3.83, 0.93, 0.007% であった。米糠由来の繊維の場合は脱脂糠に 0.02% プロテアーゼ溶液（細菌由来プロテアーゼ 150 units/mg, アマノ製）を加えて 1 時間、4 時間、10 時間酵素分解した後磨砕したもの、および NDF 標品を用いた。フィチン酸含量は、おのおの 2.9, 1.7, 0.4, 0.007% であった。

2. RF の成分分析および電子顕微鏡による観察

食物繊維含量は Van Soest 法⁽⁶⁾による NDF 含量で表した。粗蛋白質は、ケルダール法にて測定した。澱粉量は、0.02% グルコamilラーゼ溶液（長瀬産業製、 1×10^4 GUN/g）で、糖の分解を行い自動グルコース分析器（東洋紡績製）でグルコース量を測定し、澱粉量として算出した。フィチン酸含量は試料中の総リン含量から、無機リン含量を差し引いて算出した。総リンは試料を硝酸-過塩素酸にて湿式分解し、無機リンは蒸留水を加えて磨砕抽出した後、おのおのリン含量を、モリブデンブルー法⁽⁷⁾にて測定した。

組織の観察は、試料を粉体のまま試料台に両面テープで固定して金を蒸着させ、走査型電子顕微鏡（日立製作所製 S-450 型）を用いて行った。

3. 吸水率・吸油率の測定 試料 1 g に、純水 20 ml を加えよく混合して 25°C で 10 分間放置後遠心分離（700×g, 10 分）を行った。上清を除き、沈殿の重量を測定した。沈殿を 105°C 180 分乾燥した後、乾燥重量を測定し、沈殿の重量と乾燥重量の差から試料 1 g に吸着された水の重量を求めて、この値を吸水率とした。吸油率は、吸水率測定における純水の代わりにサラダ油を使用した。

4. 膨潤性（水中沈定体積）の測定 試料 1 g をメスシリンダーにとり、純水 30 ml を加えよく攪拌して気泡を除いた後 25°C で 10 分静置し試料が水中でしめる容積を測定した。

5. 農業吸着能 試料 1 g に、マラチオンおよびフェニトロチオン 1 ppm 水溶液 100 ml を加え 37°C で 30 分間吸着させた後、遠心分離して上清を得た。上清中のマラチオンおよびフェニトロチオン含量の測定法は、上水試験法のガスクロマトグラフ法⁽⁸⁾を一部改変して用いた。すなわち、上清 50 ml に食塩 2.5 g を加え、n-ヘキサン 20 ml で 2 回抽出、ヘキサン層を水 10 ml で 2 回洗浄した。無水硫酸ナトリウムで脱水後、溶媒を留去してアセトン 5 ml に溶解した。2% シリコン QF-1 カラムを用い、FPD 検出器でガスクロマトグラフィー分析を行った。試料に吸着した農薬の割合をもって吸着能とした。

6. 食物繊維の鉄およびカルシウムの吸着能 硫酸第一鉄、乳酸カルシウムを用いて、鉄およびカルシウム濃度が 20~150 ppm の溶液を調製した。試料 1 g に各溶液を 100 ml 加え 25°C で 2 時間振とう吸着させた後、上清に残存するミネラルを測定し、試料 1 g 当たりに吸着した鉄およびカルシウム量を算出した。鉄およびカルシウムの測定はすべて原子吸光法にて行った。

7. 食物繊維に吸着した鉄の溶出 鉄吸着試料 1 g に溶出液 100 ml を加え種々の条件で溶出を行い、溶出液中の鉄含量を測定して吸着量に対する溶出量の割合を求めた。フィチン酸の影響を調べる実験では、200 ppm の鉄溶液に 3 時間浸漬して、鉄を吸着させた種々のフィチン酸含量の繊維に、Møller らの実験⁽⁹⁾で用いられた消化液を加え、37°C で 2.5 時間振とう溶出した。消化液組成は、ペプシン 0.03%, 塩化ナトリウム 0.2%, チオシアネートナトリウム 0.3 mM であり、塩酸で pH を 1.74 とした。調理による鉄の損失を調べる実験では、37°C 純水中 3 時間振とう、または沸騰水中 0.5 時間、25°C の 0.01 M 酢酸溶液に 0.5 時間浸漬して溶出させた。また、RF に関しては次のような実験も行った。鉄吸着繊維に 2 倍量の小麦粉を混合し、水を加えて団子状にしたものをゆでる、蒸す、油で炒める、揚げる調理を行い、硫酸-硝酸による湿式分解を行った後、調理をしないものを対照として鉄含量を測定した。

8. 食物繊維吸着鉄の生体内類似条件下での溶出 鉄を吸着させた試料 1 g に 0.1 N 塩酸を 20 ml 加え振とう

Table I. Components of Defatted Rice Bran and Its Fiber (RF) Prepared by Protease Digestion (% of dry matter)

	Defatted rice bran	RF
NDF	32.0	81.7
Crude protein	17.8	14.8
Starch	34.2	1.4
Phytic acid	9.50	0.26

うしながら 37°C で 2 時間放置した。水酸化ナトリウム溶液で中和し 1 M リン酸緩衝液 (pH 6.8) 2 ml を加え 37°C で 1 時間振とうする。さらに 37°C で振とうしながら 1 時間ごとに 0.1 M リン酸緩衝液 (pH 6.8) で 2 倍, 10 倍, 50 倍と希釈していき, 溶液中の鉄含量を測定し試料より遊離した鉄量を算出した。

実験結果

1. RF の成分分析

脱脂糠および抽出操作の結果得られた食物繊維 (RF) の成分を Table I に示す。脱脂糠中の NDF 含量は 32 % であったが, 得られた繊維では 82% と約 2.5 倍に増加した。タンパク質含量はプロテアーゼによる消化やブレンダーによる磨砕でも, あまり減少しなかった。これは, タンパク質が細胞壁に強固に結合しているためと考えられる。フィチン酸含量は, 脱脂糠では 9.5% と高いが, RF では, 0.26% と非常に低くすることができた。この成分組成を示す食物繊維を RF とし, 以下の実験で

用いた。

2. 走査型電子顕微鏡による観察

脱脂糠が, 食物繊維抽出操作で, どのように変化したか調べるために電子顕微鏡で観察した結果を Fig. 1 に示した。脱脂糠では澱粉などが細胞壁内にぎっしり詰まっていたが, RF では細胞壁だけがきれいに残り不溶性繊維特有のハニカム構造が観察された。

3. 米およびその他の食物繊維の物理化学的性質の比較

吸水率, 吸油率, 膨潤性, 農薬吸着能についての測定結果は Table II に示した。RF の吸水率, 吸油率, 膨潤性は, いずれも原料の脱脂糠の 3 倍以上になり, 他の原料の食物繊維と比較しても優れていた。有害物質の吸着能を調べるために, 殺虫剤としてよく用いられる有機リン系の農薬の吸着能を測定したところ, フェニトロチオンの吸着能は 91.4% と非常に高く, マラチオンでも 59.6% と優れた吸着能を示した。

4. 鉄の吸着および溶出に及ぼすフィチン酸の影響

食物繊維とミネラルを同時に摂取できるように, 鉄やカルシウムを食物繊維に吸着させた。しかし食物繊維にフィチン酸が含まれるとミネラルと結合して不溶化させる可能性が考えられる。そこで食物繊維に含有されるフィチン酸が, 吸着させた鉄の溶出をどの程度阻害するかについて, フィチン酸含量の異なる繊維を作製して調べた結果を Fig. 2 に示した。RF ではフィチン酸が 3% 存在すると鉄の溶出率は 50% 以下に減少したが, 0.5%

Fig. 1. Scanning Electron Photomicrograph of Defatted Rice Bran and Its Fiber Prepared by Treatment with Protease. $\times 500$

(1) defatted rice bran. (2) rice fiber (RF).

Table II. Adsorption Capacity of Water, Oil and Agricultural Chemicals and Settling Volume in Water of Various Dietary Fibers

Sample	NDF (%)	Phytic acid (%)	Water adsorption capacity (g/g)	Oil adsorption capacity (g/g)	Settling volume in water (ml/g)	Binding of chemicals	
						Fenitrothion (%)	Malathion (%)
Defatted rice bran	32.0	9.52	3.21	2.62	4.0	75.3	49.2
RF	81.7	0.26	10.89	8.21	13.0	91.4	59.6
Wheat bran fiber ^a	78.9	4.01	5.53	2.94	7.0	78.7	46.9
Corn bran fiber ^b	85.1	0.06	3.78	1.82	4.0	51.7	17.0
Cellulose ^c	99.0	0.12	4.43	2.82	6.0	2.6	2.6

^a Wheat fiber SF (Nitto Flour Milling Co.), ^b Nisshoku cellfer #200 (Nihon Shokuhin Kako Co.),^c Dietary fiber PC 200 (Pfizer Co.).

Fig. 2. Effect of Phytic Acid Contents in Dietary Fiber on Release of Iron from the Iron Bound Fiber. Iron-bound dietary fibers containing various contents of phytic acid were incubated for 2.5 hr with Møller's digestive solution (0.03% of pepsin, 0.2% of NaCl and 0.3 mM of sodium thiocyanate, pH 1.74). Proportion of released iron was calculated as a percentage of iron to adsorbed iron. ●, rice bran fiber; ○, wheat bran fiber.

以下に下げるとほとんど影響を及ぼさなかった。本実験で用いた RF は、フィチン酸含量が 0.26% であり、フィチン酸による鉄の不溶化は認められなかった。しかし、市販の食物繊維にはフィチン酸含量が高いものがあり、食物繊維へのミネラル吸着量を測定する場合にも影響を及ぼすと考えられる。また、各試料の食物繊維含量も異なるので以下の実験からは、各食物繊維から NDF 標品を作製し、測定試料とした。

Table III. Amount of Released Iron from Iron Binding NDF by Various Treatments.

Fiber source	Bound iron (mg/g)	Released iron		
		37°C water ^b (%)	Boiling water ^c (%)	Acetic acid ^d (%)
Rice NDF ^a	6.83	0.7	3.4	11.7
Wheat NDF ^a	5.50	1.5	5.3	11.3
Corn NDF ^a	2.00	79.5	11.0	19.0

^a Rice, wheat and corn NDF was made from RF, wheat bran fiber and corn bran fiber by the method of Van Soest. ^b Incubation in distilled water at 37°C for 3 hr. ^c Boiling in distilled water for 30 min. ^d Incubation in 0.01 M acetic acid solution at 25°C for 30 min.

5. NDF 標品に吸着した鉄の溶出

吸着させた鉄が、調理によってどの程度減少するか調べた結果を Table III に示した。37°C の水に 3 時間浸漬した場合、トウモロコシ外皮繊維の NDF 標品ではかなりの量が溶出したが、RF・小麦フスマ繊維の NDF 標品では、ほとんど溶出しなかった。煮沸した場合および二杯酢を想定した酢酸溶液に浸漬した場合でもあまり溶出しなかった。また、RF を小麦粉と混合し団子にして、ゆでる、蒸す、炒める、揚げるなどの調理を行ったが、鉄の溶出は 20% 以下であった。これらの結果より、吸着させた鉄の調理過程における損失は少ないことが判明した。

6. NDF 標品のミネラル吸着量

鉄およびカルシウム溶液の濃度を変えて、NDF 標品を浸漬し、その吸着量を測定した。RF より調製した NDF 標品についての結果は Fig. 3 および Fig. 4 に示した。カルシウムの場合は、浸漬する溶液の濃度にかか

Fig. 3. Effect of the Calcium Concentration on the Calcium Binding to Rice NDF. The NDF of RF was incubated at 25 °C for 2 hr with various concentrations of calcium solution.

Fig. 4. Effect of the Iron Concentration on the Iron Binding to Rice NDF. The NDF of RF was incubated at 25°C for 2hr with various concentrations of iron solution.

わらず吸着量は一定で、NDF 標品 1g 当たり約 2mg だった。また、NDF 標品の原料の違いによる吸着量の差もなかった。鉄の場合は、浸漬する溶液の鉄濃度の増加に伴い吸着量が増加し、また、NDF 標品の原料の違いによって吸着量に差がみられた。浸漬するミネラル溶液の pH はとくに調整をしなかったので、鉄溶液で、4.1~4.4、カルシウム溶液で 5.5~5.8 だった。平衡に達したときの pH は鉄溶液に RF を浸漬したときでは、鉄濃度が 50 ppm 以下で 0.8 上昇し、50 ppm 以上では 0.3 上昇した。小麦フスマ繊維の NDF も同様であったが、トウモロコシ外皮繊維の NDF では、濃度が薄い溶

Fig. 5. Scatchard Plots of the Binding of Iron by the NDFs from Rice, Wheat and Corn Fiber. ●, rice NDF; ○, wheat NDF; □, corn NDF.

液での pH 上昇が大きかった。カルシウム溶液に浸漬した場合には、pH の変化はなかった。

7. NDF 標品の鉄吸着量の解析

実験結果 6 より、鉄の吸着量は遊離の鉄との平衡関係によって定まると推測できるので、解離定数、最大結合量を求めるために、実験結果 6 で得られた鉄の吸着量をスカッチャードの方法⁽¹⁰⁾に従って再プロットした。横軸に各濃度における鉄の吸着量、縦軸に遊離の鉄量に対する吸着鉄量をプロットすると、傾きの逆数が解離定数、横軸との切片から最大結合量が求まる。Fig. 5 に示すように RF や小麦フスマ繊維の NDF 標品ではグラフは 3 つの部分からなっており、それぞれ異なった結合によるものと思われる。すなわち鉄との結合が、非常に親和性の強い結合、弱い親和性の結合、非特異的な結合の 3 種類あると考えられる。しかしトウモロコシ外皮繊維の NDF 標品の場合はこれらと異なり、1 種類の結合しかみられなかった。スカッチャードプロットにより求められた解離定数、最大結合量をまとめて Table IV に示した。最大結合量は、RF の NDF 標品 1g 当たり親和性の強い結合で 3.29 mg、親和性の弱い結合で 6.03 mg と 4 種類の繊維のなかでは最も大きい値を示した。また、解離定数は RF の NDF 標品が最も大きく、結合した鉄を遊離しやすいことが判明した。

8. ミネラルを吸着させた RF の物理化学的性質

鉄やカルシウムを吸着させた RF の NDF 標品の吸水率、膨潤性、農薬吸着能を測定した結果を Table V に示した。鉄やカルシウムを吸着させてもこれらの性質

Table IV. Kinetic Parameters of Binding of Iron by Dietary Fiber

Fiber	Dissociation constant ($\times 10^{-4}M$)		Total binding (mg/g fiber)	
	H ^c	L ^d	H ^c	L ^d
Rice NDF ^a	0.21	2.20	3.29	6.03
Wheat NDF ^a	0.14	1.18	3.29	5.27
Corn NDF ^a		1.92		2.52
Cellulose ^b		0.17		0.20

^a See footnote a in Table III. ^b See footnote c in Table II. ^c High affinity binding. ^d Low affinity binding.

はほとんど変わらず、食物繊維としての機能は十分に発揮できるものと考えられる。

9. 吸着鉄の生体内類似の条件での溶出

RF の NDF 標品に吸着させた鉄が体内でどのような条件になると溶出するかを推測するために、pH および液量関係に注目して *in vitro* の実験を行った。結果を Fig. 6 に示した。体内では、pH が強酸性から弱アルカリ性へと変化する。吸着した鉄は強酸性では 100% 遊離したが、中性状態にするとほとんどが再吸着された。また摂取された食物繊維は、体内を移動するにつれ、摂取した水分や胃液、胆汁などの分泌により小腸では、およそ 50 倍に希釈されるといわれている⁽¹¹⁾。0.1 M リン酸緩衝液 (pH 6.8) で 2, 10, 50 倍と希釈していくと、再吸着されていた鉄は徐々に遊離し始め、最終的には吸着鉄の 60% が遊離の状態が存在した。

考 察

食物繊維は起源によって構成成分や構造に著しい違いがある。そのため吸水性や膨潤性にも違いが生じ、体内で果たす生理的效果も異なると考えられる。そこでまず食物繊維の吸水率や膨潤性を測定したところ、RF は他の穀類由来の食物繊維と比較し、吸水率、吸油率、膨潤

Fig. 6. Effect of pH and Volume of Dilution Buffer on Release of Iron from Iron Bound NDF. Iron binding rice NDF was incubated in 20 ml of 0.1 N HCl (pH 1.0) for 2 hr at 37°C. After neutralization with NaOH, 2 ml of 1 M phosphate buffer (pH 6.8) was added the reaction mixture and incubated for 1 hr at 37°C. Then it was diluted with 2-, 10-, or 50-fold volume of 0.01 M phosphate buffer (pH 6.8). After further incubation for 1 hr at 37°C, iron concentration of elution buffer was measured. ■, percentage of released iron; ○, buffer volume.

性がいずれも2倍以上と高い値を示した。吸水性や膨潤性が高いと腸管内容物の容積が増加して、消化管の働き

の活発化や排便の促進などの生理効果が期待できる。有害物質の吸着能については、常盤ら⁽²⁾が *in vitro* で種々の化学物質、発ガン物質について測定し、米糠由来の食物繊維がかなり高い吸着能を有することを報告している。本実験では有機リン系農薬のフェントロチオン、マラチオンについて測定したが強い吸着能を示した。こ

Table V. Effect of Mineral Binding on the Characteristics of RF

Bound mineral by RF	Amount of bound mineral (mg/g)	Water adsorption capacity (g/g)	Settling volume in water (ml/g)	Binding of chemicals	
				Fenitrothion (%)	Malathion (%)
Non-binding	—	8.12	11.5	88.6	50.9
Ca	1.73	9.75	12.5	87.9	49.1
Fe ²⁺	4.88	7.22	10.5	88.8	48.9
Fe ³⁺	5.58	7.37	10.5	87.9	48.0

これらのことは、米糠由来の食物繊維が人体に有害な物質の作用を強く抑制する可能性を示している。

近年は食生活が豊かになったが、その反面食物繊維の摂取量が少なくなった。またカルシウムや鉄などのミネラルの摂取不足も問題になっている。糠やフスマには、ミネラルが豊富に含まれているが、食物繊維を効率よくまた官能的にも抵抗なく摂取するために食物繊維成分を精製すればミネラルも取り除かれてしまう。そこで食物繊維とミネラルを同時に摂取できるように各食物繊維から調製した NDF 標品に鉄やカルシウムを吸着させた。カルシウムの吸着量は、どの NDF 標品でもカルシウム濃度にかかわらず、1g 当たり最大 2mg 吸着した。鉄の場合は、RF の NDF 標品が、トウモロコシ外皮繊維の NDF 標品やセルロースより多くの鉄を吸着することができた。鉄の吸着機構については、Fernandez らが⁽¹²⁾、小麦フスマの食物繊維構成成分の鉄吸着能を測定し、リグニンが最も強い吸着能を示したと報告している。また、Stephen ら⁽¹³⁾はリグニンには、鉄との結合点が 2カ所あり鉄の吸着量も多いが、セルロースは鉄との親和性が弱く鉄の吸着量は少ないと報告している。本実験結果やこれらの報告、さらに米糠や小麦フスマ繊維の NDF 標品はトウモロコシ外皮繊維の NDF 標品やセルロースよりもリグニンを多く含有していることなどを考えると、鉄の吸着にはリグニンが主として関与していると推測される。また、繊維の粒子を細かくして吸着量の変化を調べてみたが粒子の大きさは、吸着量に大きな影響を及ぼさなかった。

これまで、食物繊維はミネラルを吸着してしまいミネラルの吸収阻害を起こすといわれていたが、吸着された鉄の溶出には、フィチン酸含量が影響を及ぼした。フィチン酸含量が高いと、強酸性状態でも吸着させた鉄の溶出率が低下した。フィチン酸含量が低い場合には、強酸性状態ではほとんどの鉄が溶出したが中性状態になると再吸着された。この現象は他の食物繊維でもみられる⁽¹⁴⁾。しかしながら、フィチン酸含有量がわずかな RF の NDF 標品では、溶出液量を増やすことにより、吸着させた鉄の 60% を溶出させることができた。体内では溶出した鉄が小腸で吸収されるのに伴い繊維に吸着されている鉄もさらに溶出し利用できると推測される。実際、佐伯ら⁽¹⁵⁾は、ラットを用いた実験で、鉄を小麦フスマと同時または吸着させて摂取したほうが、鉄を単独で摂取するより吸収効率がよかったと報告している。また、体

内のミネラルが不足しているときは食物繊維が保有するミネラルを利用することができるということも報告⁽¹⁶⁾されている。また、RF は鉄やカルシウムを吸着している、吸水性、膨潤性、有機リン系農薬の吸着能はほとんど変わらず、繊維機能を十分に発揮することができた。そのほかコレステロール上昇抑制効果があるという報告⁽⁶⁾もあり種々の生理活性が期待でき、さらに研究を進めたい。

要 約

(1) 米糠由来の食物繊維 (RF) の物理化学的性質について検討したところ、他の穀類から抽出した食物繊維と比較して、吸水性、膨潤性、有機リン系農薬吸着能に優れていた。

(2) RF は、鉄やカルシウムを多く吸着することができるが、解離定数が大きいために吸着した鉄やカルシウムを放しやすい性質を持っている。

(3) 吸着させた鉄は、通常の調理条件では溶出しなが、胃の中を想定した強酸状態ではすべて遊離する。しかし中性状態になると再び吸着されるが、リン酸緩衝液 (pH 6.8) で 50 倍希釈すると吸着鉄の 60% が遊離した。

(4) RF に鉄やカルシウムを吸着させても、吸水性、膨潤性、有機リン系農薬吸着能はほとんど変わらなかった。

- (1) D. P. Burkitt: *Cancer*, 28, 3—13 (1971).
- (2) 正田孝雄: 食品と科学, 31, 104—109 (1989).
- (3) 竹内政保: 食品と科学, 31, 117—119 (1989).
- (4) 世良鶴之, 森田邦正, 堀川和美, 常盤 寛, 若林敬二, 大西克成: 1988 年度日本環境変異原学会講演要旨集, 1988, p. 45.
- (5) 綾野雄幸, 太田富貴雄, 渡辺幸雄, 三田浩三: 栄養と食糧, 33, 283—291 (1980).
- (6) P. J. Van Soest: *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 50, 50—55 (1967).
- (7) O. H. Lowry and J. A. Lopez: *J. Biol. Chem.*, 162, 421—428 (1946).
- (8) 上水試験法: 厚生省環境衛生局 水道環境部監修, 日本水道協会, 1978, pp. 462—464.
- (9) M. E. Møller, R. Dahl, and O. C. Bøckman: *Food Chem. Toxicol.*, 26, 841—845 (1988).
- (10) G. Scatchard: *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 51, 660—692 (1949).
- (11) 満田久輝: 栄養化学, いずみ書房, 1974, pp. 280—281.
- (12) R. Fernandez and S. F. Phillips: *Am. J.*

- Clin. Nutr.*, **35**, 100—106 (1982).
- (13) P. R. Stephen and C. M. Fergus : *J. Food Sci.*, **52**, 1414—1419 (1987).
- (14) S. A. Thompson : *J. Food Sci.*, **44**, 752—754 (1979).
- (15) 佐伯 茂, 柴田 禎子, 桐山修八 : 1990 年度日本農芸化学会大会講演要旨集, 1990, p. 279.
- (16) 桐山修八 : 食品の加工と栄養科学, 日本農芸化学会編, 朝倉書店, 1986, pp. 103—105.
-