

# バオバブ(*Adansonia digitata*)フルーツパルプの水溶性食物繊維の糖組成およびラットを用いた耐糖能の評価

誌名	日本食品保蔵科学会誌
ISSN	13441213
著者名	米澤,加代 谷岡,由梨 石田,裕 島田,剛志 古庄,律
発行元	日本食品保蔵科学会
巻/号	41巻6号
掲載ページ	p. 247-252
発行年月	2015年11月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# バオバブ (*Adansonia digitata*) フルーツパルプの水溶性食物繊維の糖組成およびラットを用いた耐糖能の評価

米澤加代<sup>\*1</sup>・谷岡由梨<sup>\*1</sup>・石田 裕<sup>\*1</sup>  
島田剛志<sup>\*2</sup>・古庄 律<sup>\*1§</sup>

\*1 東京農業大学短期大学部栄養学科

\*2 (株)エコロジーヘルスラボ

## Sugar Composition of Water-soluble Dietary Fiber Prepared from Baobab (*Adansonia digitata*) Fruit Pulp, and Evaluation of Glucose Tolerance in Rats

YONEZAWA Kayo<sup>\*1</sup>, TANIOKA Yuri<sup>\*1</sup>, ISHIDA Hiroshi<sup>\*1</sup>,  
SHIMADA Tsuyoshi<sup>\*2</sup> and FURUSHO Tadasu<sup>\*1§</sup>

\*1 Department of Nutrition, Junior College of Tokyo University of Agriculture,  
1-1-1, Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502

\*2 Ecology Health Labo Inc, 1-3-8 Nakamura-kita, Nerima-ku Tokyo 176-0023

In this study, soluble dietary fiber (SDF) prepared from baobab (*Adansonia digitata*) fruit pulp (BFP) was found to be composed of 82.9% acidic and 10.1% neutral sugar. When the methoxylated content of BFP-SDF was assayed, the proportion of methoxylated galacturonic acid was found to be 14.1%. The effect of BFP-SDF on the regulation of blood glucose level was examined *in vitro* and *in vivo*. BFP-SDF significantly reduced both glucose diffusion and permeation rates in cultured Caco-2 cells. In oral glucose-tolerance tests conducted on Sprague-Dawley rats, compared to control rats administered 40% glucose solution, rats administered 40% glucose solution supplemented with 5% or 10% BFP-SDF showed significantly decreased postprandial blood glucose levels at 90 min and 120 min after administration. These results suggest that inclusion of BFP-SDF in the diet has a hypoglycemic effect in mammals, mainly due to a decrease in the diffusion of ingested glucose in the intestine.

(Received Jul. 30, 2015; Accepted Sep. 17, 2015)

**Key words**: Baobab (*Adansonia digitata*), soluble dietary fiber, sugar composition, hypoglycemic effect, blood glucose

バオバブフルーツ, 水溶性食物繊維, 糖組成, 血糖抑制効果, 血糖値

バオバブ (*Adansonia digitata*) は、アフリカを中心にオーストラリアなど亜熱帯から熱帯の乾燥したサバンナに自生する巨木で樹齢は数百年から数千年といわれている<sup>1)</sup>。樹齢が100年を越える頃から開花・結実し、1本に20~500個の果実ができる。果実は大きなものでは2kgにも達し、現地では完熟、乾燥した果実のパルプ部分を粉末化したものをバオバブフルーツパルプ (BFP) としてそのままあるいは水やミルクに溶かして飲食されている。果実以外にも種子、根や葉、樹皮に至るまで現地では広く生活に利用されている。

BFPは、ビタミンやミネラルなどが豊富で非常に栄養価が高い<sup>2)</sup>だけでなく、食物繊維 (DF) を約40%含み、そのうち水溶性食物繊維 (SDF) の割合は約30%と他の果物と比べ水溶性食物繊維含有量が非常に多いことが特徴である。EUでは2008年にNOVEL FOOD (新規食品) として認定されており、日本においても近年BFPの機能性が注目されスーパーフルーツの一つとして取り上げられている。私たちは、高コレステロール添加した食餌中のセルロース相当量をBFPに含まれるDFに置換した餌をラットに与えると糞中へのコレステロール排泄量

\*1 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1

§ Corresponding author, E-mail: tfurusho@nodai.ac.jp

\*2 〒176-0023 東京都練馬区中村北1-3-8

が上昇すると同時に、血清および肝臓中総コレステロールが低下することを見出している<sup>3)</sup>。食物繊維は、小腸アミラーゼなどの消化酵素による分解を受けないため直接大腸まで到達する。そこで、一部は腸内細菌による発酵によって短鎖脂肪酸が生成され、このうちプロピオン酸は肝臓におけるコレステロール合成を阻害することが報告されておりコレステロール代謝に重要であることが示唆されている<sup>4)</sup>。また、食物繊維の摂取により胆汁酸排泄量が増加し、生体内のコレステロールプールを減少させ、血漿中のコレステロール濃度の低下にも関与している可能性が示唆されている<sup>4),5)</sup>。これらのことから、私たちが見出したBFPを添加した高コレステロール食を摂取したラットの血清および肝臓中総コレステロールの低下と糞中コレステロール排泄量の増加は、BFPのSDFの効果であることが示唆された。

そこで今回は、BFP-SDFの構成糖の特性を明らかにするとともに、糖質代謝に及ぼすBFP-SDFの効果を検討することを目的として、グルコース拡散阻害試験、Caco-2細胞を用いたグルコース能動移送透過阻害試験およびラットを用いたグルコース負荷試験を実施した。

## 実験方法

### 1. 実験試料および水溶性食物繊維画分の調製方法

実験試料には、エコロジーヘルスラボ(株)において輸入したセネガル産BFPを使用した。BFPの成分組成をTable 1に示した。分析値はエコロジーヘルスラボ(株)が民間に成分分析を委託して得られた値を使用した。食物繊維(DF)の定量とSDF粗抽出物(BFP-SDF)の抽出は、既報<sup>6)</sup>に準じて行った。ピーカーにBFPと、その10倍量の純水を加え、ウォーターバスにて80℃で加温しながら60分攪拌後、5,000rpmで40分間遠心分離を行い上清と沈殿物に分けた。上清を分取後、沈殿物に対して同様の操作を2回繰り返した。得られた上清をすべて合わせ、全容量の4倍量のエタノールを加えて静かに攪拌した後、60分間静置してエタノール不溶な物質を沈殿

させた。次いで、200meshのナイロン布で沈殿物を濾別し、得られた濾別物を再度純水に溶解後、4倍容のエタノールを加えてエタノール不溶物質を沈殿させた。同様の操作を2回繰り返して得られた濾別物を純水に溶解後、透析用セルロースチューブ(日本メディカルサイエンス製)に移し、10倍量の純水で数時間毎に水を交換しながら3回透析後、チューブ内液を凍結乾燥し、これをBFP-SDFとした。なお、バオバブフルーツより得られたBFP-SDFの回収率は約21%であった。

### 2. 測定方法

(1) BFP-SDFの成分組成および糖組成 水分、灰分は五訂日本食品標準成分表の試験法<sup>7)</sup>に従った。BFP-SDFの酸性糖の分析はm-ヒドロキシジフェニル法<sup>8)</sup>で、中性糖の分析はアンスロン硫酸法<sup>9)</sup>で行った。メタノールの分析はJEROMEらの方法<sup>10)</sup>に従った。

また、測定した酸性糖(ガラクトロン酸として)量とメタノール量を以下の計算式に当てはめてBFP-SDF中の酸性糖のメトキシル化度を算出した。

メトキシル化度(%)

$$= \text{メタノール (mol)} / \text{ガラクトロン酸 (mol)} \times 100$$

(2) BFP-SDF水溶液の粘度 BFP-SDFの粘度測定は振動型粘度計SV10型(株エー・アンド・デイ製)を使用し、測定は20℃、振動子駆動周波数は30Hzで行った。なお機器の校正は純水およびJISの標準粘度校正溶液(日本グリース製JS2000)を用いた。

### (3) グルコース拡散阻害に及ぼすBFP-SDFの効果

グルコース拡散阻害試験は海老原らの方法<sup>11)</sup>に従った。すなわち、マイクロファイバーフィルター VCWP 04700Nitrocellulose (Millipore製)で仕切られた3室(a, b, c)からなる拡散速度測定装置を用いて行った。装置はあらかじめ37℃に保温した恒温槽に静置し、a室に2%グルコース溶液、b室(中央)にBFP-SDF溶液c室に蒸留水をそれぞれ満たした。3種の溶液はあらかじめ37℃で保温しておき同時に注入し、各室内にそれぞれの溶液を完全に満たしたときを測定開始時間とした。なおc室にはあらかじめ攪拌子(長径15mm太さ5mmの楕円型)を入れておき、測定開始時に作動(1,200rpm)させた。一定時間後、c室に移動するグルコース量を酵素法(Glucose C II-Test Wako, 和光純薬製)により測定した。

(4) Caco-2細胞を用いたグルコース能動移送透過阻害試験 グルコースの培養細胞能動移送試験にはCaco-2細胞を用いた。すなわち、理化学研究所より分与されたCaco-2細胞を培養液(MEM+20%FBS)の入った細胞培養フラスコに播種し、37℃、5%CO<sub>2</sub>気相下で前培養後、この細胞を12ウェル用BDバイオコートセルカルチャーインサートプレート(ファルコン)に播種した<sup>6),12)</sup>。コンフレントになるまで培養したCaco-2細胞を滅菌リン酸緩衝液(PBS)で洗浄した後、試験区のインサートプレート(IP)上に0.5%および1.0%BFP-SDF

Table 1 Composition of baobab fruit pulp (g/100g dry weight)

Component	Baobab fruit pulp
Moisture	8.8
Crude protein	1.6
Crude fat	1.0
Carbohydrate	84.6
Ash	4.0
Dietary fiber*	
Soluble dietary fiber	30.6
Insoluble dietary fiber	11.0

\*Dietary fiber was determined by a modification of the enzymatic-gravimetric method of Prosky *et al.*: *J. AOAC Int.*, 77 (3), 690~694 (1994)

を含む0.5%グルコース/PBSを1mlずつ添加した。また、対照区のウェルには0.5%グルコース/PBSを1ml添加した。コンパニオンプレート (CP) 側にはPBSを1.5ml入れ、5%CO<sub>2</sub>気相下で37℃、2時間放置した。放置後、CP上のPBSを回収し、透過したグルコースを酵素法 (Glucose CII Test Wako, 和光純薬製) で測定した。なおグルコース能動移送透過率は対照区 (PBS) の測定平均値を100%として算出した。

(5) グルコース負荷試験におけるBFP-SDFが血糖値の推移に及ぼす影響 ラットを用いたグルコース負荷試験<sup>6)</sup>における血糖値の推移に及ぼすBFP-SDFの投与の影響に関する実験は、日本SLC(株)より購入したSD系雄性ラット7週齢 (体重約220g) 8匹を用いた。固形飼料 (MF:オリエンタル酵母工業(株), 東京) で飼育したラットを12時間絶食させ、対照実験として40%グルコース溶液2.5ml (グルコースとして1g負荷) をstomach tubeにて経口投与した。血糖値の測定は投与前 (0分)、投与後30分、60分、90分、120分に尾静脈より採血し、メディセーフミニGR-102 (テルモ(株), 東京) を用いて行った。次いで、動物の個体による感受性の違いに由来する誤差を低減させるため、対照実験に用いた同一のラットを試料や投与によるストレスの影響を考慮して3日間の間隔をあけて本実験に使用した。同条件で絶食させたラットに、1%、5%、10%のBFP-SDFを含む40%グルコース溶液2.5mlを同様に経口投与して血糖値の推移を観察した。また、動物を用いた実験は東京農業大学実験動物委員会の定める「動物の飼育および保管等に関する基準」に従って実施した。

(6) 統計処理 各実験結果は平均値±標準誤差 (mean±SE) で示した。有意差検定は、統計ソフト‘Statcel 3’を用いてBonferroni/Dunnの多重比較検定を行い、 $p < 0.01$ あるいは $p < 0.05$ で統計的に有意とした。

## 実験結果

### 1. BFP-SDFの成分組成および糖組成

BFP-SDFの一般成分および糖組成をTable 2に示した。BFP-SDFには、中性糖が10.1%、ウロン酸 (ガラクトuron酸として) が82.9%含まれており、BFP-SDFはウロン酸を主成分とする糖組成を示した。また、メトキシ化ガラクトuron酸は14.1%であった。

Table 2 General and sugar composition of SDF prepared from baobab fruit pulp

Component	BFP-SDF (%)
Moisture	8.3
Acidic sugar	82.9
Neutral sugar	10.1
Methoxylated galacturonic acid	14.1
Ash	8.6

### 2. BFP-SDF水溶液の粘度

BFPより抽出したBFP-SDF水溶液の粘度の変化をFig. 1に示した。純水の粘度を1.0mPa・sとした場合、1%では1.5mPa・s、2%では2.5mPa・s、5%では10.3mPa・s、10%で769mPa・sであった。

### 3. グルコース拡散阻害に及ぼすBFP-SDFの効果

7mmの水相 (コントロール) またはBFP-SDF溶液相を挟んだ拡散装置を用い、グルコース拡散阻害試験を行った。その結果、実験開始20分以降、グルコース溶液から反対側チャンバーに向けて、コントロールはグルコース拡散が顕著に進行し、120分経過後には100mg/dlに達した。一方、2% BFP-SDF溶液相を挟むと、緩やかに拡散が進行し、120分経過後も20mg/dlに留まり、コントロールの約20%にまで拡散は阻害されていた。さらに、4% BFP-SDF溶液相を用い同様に実施したが、グルコース拡散阻害は2% BFP-SDF溶液と同程度であった (Fig. 2)。

### 4. Caco-2細胞を用いたグルコース能動移送透過阻害試験

BFP-SDFをグルコース吸着フィルターと仮定し接触するCaco-2細胞をバイオフィルターとして用いグルコ

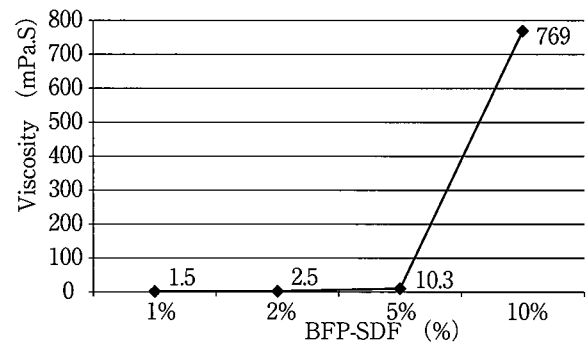


Fig. 1 Relationship between BFP-SDF concentration and BFP viscosity

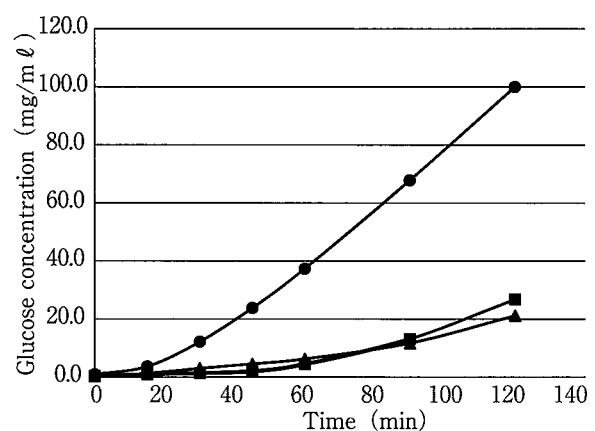


Fig. 2 Glucose diffusion rate across a 7-mm layer of BFP-SDF solution

● Control ; ▲ 2% BFP-SDF ; ■ 4% BFP-SDF

ース透過性について検討した (Fig. 3)。コントロールのグルコース移送透過率を100%としたとき、0.5% BFP-SDFのグルコース移送透過率は43.4%であり、コントロールと比べ顕著に低下していた ( $P < 0.01$ )。また、1.0% BFP-SDFの透過率は42.9%であり、0.5% BFP-SDFと同程度であった。

### 5. グルコース負荷試験におけるBFP-SDFが血糖値の推移に及ぼす影響

SD系ラットにBFP-SDFを5.0%あるいは10%含む40%グルコース溶液2.5mlをstomach tubeにより投与し、投与後30分毎の血糖値を測定した (Fig. 4)。5.0%BFP-SDF投与群では、投与開始から90分まで有意差はないものの、グルコース溶液のみを投与した対照群に比べ、血糖値の上昇が抑えられる傾向を示した。一方、10.0%BFP-SDF投与群では、投与開始から60分まで、5.0%BFP-SDF投与群と同様の傾向を示したが、投与後90分で対照群に比べて有意に血糖値が低下 ( $P < 0.05$ ) していた。さらに、投与後120分において、5.0%投与群では

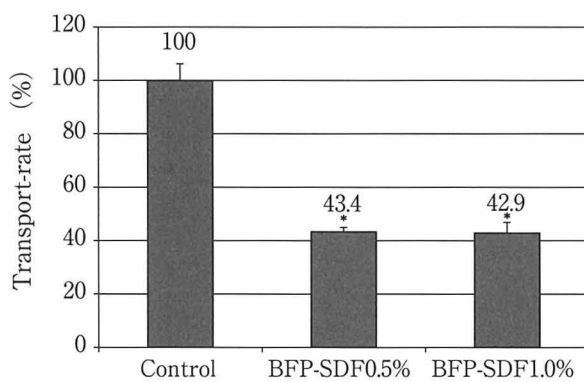


Fig. 3 Glucose transport-rate across Caco-2 cells after addition of 0.5% or 1.0% BFP-SDF

\*Significantly different from the control ( $p < 0.01$ )

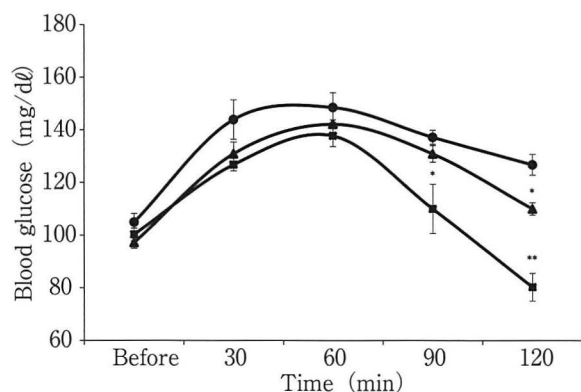


Fig. 4 Postprandial blood glucose levels after administration of a single dose of BFP-SDF preparation in rats

Values represent mean  $\pm$  SE ( $n = 8$ )

Asterisks indicate significant difference from the control experiment at the each corresponding time point: \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ .

● Control; ▲ 5% BFP-SDF; ■ 10% BFP-SDF

110.0  $\pm$  2.4 mg/dl ( $P < 0.05$ ), 10.0%投与群では、80.3  $\pm$  5.3 mg/dl ( $P < 0.01$ ) であり、対照群の126.6  $\pm$  4.0 mg/dl と比べ血糖値の顕著な低下がみられた。

## 考 察

筆者らは、先にBFP-SDFに豊富に含まれるSDFに着目し、体重増加と血清中総コレステロール濃度抑制効果について検討し、高コレステロール負荷食を与えたラットを用いて、BFP-SDF摂取による体重増加の抑制、および血清、肝臓中コレステロール濃度の有意な抑制と糞中へのコレステロール排泄量の上昇を認めている。このことから、BFP-SDFは高コレステロール血症予防のための機能性食品として利用可能であることを明らかとしている<sup>3)</sup>。今回はBFP-SDFの機能性についてさらに追究することを目的として、BFP-SDFの成分組成、特に糖組成、および糖代謝に及ぼす影響について検討を行った。

BFP-SDFには、中性糖が10.1%、ウロン酸 (ガラクトツロン酸として) が82.9%含まれており、BFP-SDFの主成分はペクチンであると推定された。また、メタノール量の測定結果をもとにメトキシル化度を算出した結果は14.1%であった。一般にメトキシル化ガラクトツロン酸が42.9%以上の場合には高メトキシル (HM) ペクチン、それ以下であれば低メトキシル (LM) ペクチンであること定義されている<sup>13)</sup>ことから、今回の実験によりBFP-SDFのペクチンはLMペクチンであると示唆された。

次にグルコース拡散阻害試験を行ったところ、BFP-SDF濃度が2%においてグルコースの拡散阻害率は120分後で約21.2%であり、BFP-SDFのグルコース拡散阻害作用を確認した。本試験方法は、ニトロセルロース膜を用い物理的作用のみを介しグルコースの拡散を観察したものであるが、生体内において吸水してゾル化したBFP-SDFがグルコースの拡散を抑制することを予想させる結果と考えられる。さらに、小腸管内を想定した培養細胞 (Caco-2細胞) をバイオフィルターとして用いた透過移行阻害試験においてはBFP-SDF濃度0.5%において約43%の透過移行阻害がみられ、より明確に生体内でのBFP-SDFによるグルコースの吸収阻害を推察する結果が示された。これらの *in vitro* における結果をもとに、BFP-SDFが実際の動物における糖質代謝に及ぼす影響についてラットを用いてグルコース負荷試験を行った。ペクチンについては糖質代謝や脂質代謝を改善する効果があるという報告が数多くなされている<sup>14)~17)</sup>。今回の結果は、グルコース溶液のみを投与した対照実験に比べ、5.0%および10%BFP-SDFを同時に投与した場合、投与30分後において有意な差はないものの血糖上昇抑制傾向がみられた。SDFの血糖値に及ぼす効果の一つとして、食後の急激な血糖値の上昇を抑制することがあげられる。これは、水分を吸収してゾル化したSDFが高い粘性をもつことで胃から小腸への内容物の通過時間が遅延する結果と考えられている。例えば、ウチワサボテン葉

から抽出したSDFは2%水溶液で約3,000mPa・sの高粘性を示し、投与後30分での血糖値の有意な上昇抑制効果を示すことを私たちは報告している<sup>19)</sup>。一方、BFP-SDFの場合は、純水に対する相対粘度が1%で1.5倍、5%で10.3倍、10%で769倍であることから、BFP-SDF溶液は低濃度において粘性が低いといえる。このことから、本実験においては5%BFP-SDFを含む40%グルコース溶液を投与した場合は、溶液の粘性が比較的低いために胃から小腸への通過時間が短く、このため小腸に短時間で到達したゾルの表層近くのグルコースは吸収が投与初期の段階で進行し、血糖値が上昇したと考えられる。

しかし、投与90分後以降は10%BFP-SDF群が対照群に比べて有意に低下 ( $P < 0.05$ ) した。また、120分後ではさらに顕著な差 ( $P < 0.01$ ) が認められ、その差は40mg/dl以上であった。一方、5%BFP-SDF群においても120分後では対照群に比べて有意に低下 ( $P < 0.05$ ) した。これらの結果はFig. 4に示したように、BFP-SDFはグルコース投与後90分以降の血糖値を速やかに低下させることが特長であることを示しているものと考えられる。すなわち、ゾルの中心に存在するグルコースについては、拡散阻害試験やCaco-2細胞を用いた透過移行阻害試験の結果が示すようにグルコースの吸収が抑制されることから、血糖値の低下が速やかに起きたのではないかと推察される。本報では投与後の血中インスリン濃度の推移は測定していないが、既報<sup>19)~22)</sup>と同様、食後血糖値の短時間での正常化はインスリンの分泌応答の制御を介して、膵臓の負担軽減に関与するという点で意味があると考えられた。これら一連のBFP-SDFの糖質代謝に及ぼす実験結果は、BFP-SDFが食後血糖値のコントロールに有益に関与する物質である可能性を示唆するものとする。その一方で、BFP-SDFはラットを用いたグルコース負荷試験において、グルコース投与後60分までの血糖値上昇抑制には効果が低く、また90分以降での血糖値の低下作用が顕著にみられるものの10%のBFP-SDFを投与することが必要であり、実際に食品としてBFPを摂取することを考えると困難であることが課題となる。しかしながら、糖組成の分析から明らかになったように、BFP-SDFの主成分はLMペクチンであると推察されることから、低濃度のBFP-SDFであってもCaイオンを添加することで架橋構造を形成させ、ゾルの粘度を上昇させることが可能であると考えられる。BFP-SDF溶液の粘度に及ぼすCaイオン添加の効果と、それを用いた血糖値上昇抑制作用については、次の研究で明らかにしたいと考えている。

日本や欧米先進諸国でみられる生活習慣病の抑制においてDF摂取の一層の増加が望まれている。その一環としてBFPの利用は大いに期待されるが、今後はさらに機能性加工食品としての利用方法についても知見を広げることが必要であろう。

## 要 約

バオバブ (*Adansonia digitata*) フルーツパルプ (BFP) の成分特性、ならびに機能性成分であるDF、ことにSDFの糖代謝に及ぼす影響について検討した。

BFP-SDFは酸性糖が82.9%で中性糖が10.1%であった。また、メトキシル化度が14.1%であったことから、BFP-SDF中の主成分はLMペクチンであること推察された。

BFP-SDFを用いた*in vitro*におけるグルコース拡散阻害実験においてグルコースの拡散が阻害されることを認めた。また、Caco-2細胞を用いた試験により透過吸収阻害も起こりうることを明らかにした。また、BFP-SDF粗標品を5.0%および10%含む40%グルコース溶液2.5mlをラットに単回経口投与した場合、対照グルコース溶液投与のみのものに比べて、投与後90分以降での血糖値が有意に低下することを認めた。その作用機序として小腸内での拡散および吸収の阻害により血糖値の急激な上昇が抑制されることが推察された。以上のことからバオバブフルーツは食後血糖値をコントロールするための有用な食材であることが考えられた。

## 文 献

- 1) 吉田 繁 (写真), 蟹江節子 (文): 地球遺産 最後の巨樹 (講談社, 東京) (2002)
- 2) BERRY, R. E.: Tropical fruits and vegetables as potential protein sources, *FOOD TECHNOL-CHICAGO*, **35**, 45~49 (1981)
- 3) 米澤加代・野口有希・谷岡由梨・石田 裕・島田剛志・古庄 律: バオバブフルーツ (*Adansonia digitata*) 粉末摂取は高コレステロール負荷食を与えたラットの体重増加と血清コレステロール濃度の上昇を抑制する, *日食保蔵誌*, **40**, 21~24 (2014)
- 4) 日本食物繊維学会監修: 食物繊維—基礎と応用—第3版 (第一出版, 東京), pp.136~141 (2008)
- 5) LEVRAT-VERNY, M. A., BEHR, S., MUSTAD, V., RÉMÉSY, C. and DEMIGNÉ, C.: Low levels of viscous hydrocolloids lower plasma cholesterol in rats primarily by impairing cholesterol absorption, *J Nutr.*, **130**, 243~248 (2000)
- 6) 石田 裕・古庄 律・鈴野弘子・山本祐司・印南敏・田所忠弘: サツマイモ葉はラットの血糖上昇を抑制する, *日本食生活学会誌*, **15**, 111~117 (2004)
- 7) 五訂日本食品標準分析表, 科学技術庁資源調査会
- 8) NELLY, B. and GUSTAV, A. h. : New Method for quantitative determination of uronic acid, *Anal. Biochem.*, **54**, 484~489 (1973)
- 9) 菅原龍幸・前川昭男監修: 新食品分析ハンドブック (建帛社, 東京), p.108 (2000)
- 10) KLAVONS, J. A. and BENNETT, R. D.: Determination

- of Methanol Using Alcohol Oxidase and Its Application to Methyl Ester Content of Pectins, *J. Agric. Food Chem.*, **34**, 597~599 (1986)
- 11) EBIHARA, K., MASUHARA, R. and KIRIYAMA, S.: Major determination of plasma glucose-flattening activity of a water-soluble dietary fiber, effects of konjak mannan on gastric emptying and intraluminal glucose-diffusion, *Nutr. Repo. Internal.*, **23**, 1145~1156 (1981)
- 12) KONISHI, Y. and SHIMIZU, M.: Transepithelial transport of ferulic acid by monocarboxylic acid transporter in Caco-2 cell monolayers, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **67**, 856~862 (2003)
- 13) 日本食物繊維学会監修：食物繊維—基礎と応用—第3版（第一出版，東京），p.45 (2008)
- 14) SCHWARTZ, SE., LEVINE, GD.: Effects of dietary fiber on intestinal glucoseabsorption and glucosetolerance in rats, *Gastroenterology*, **79**, 833~836 (1980)
- 15) FÅK, F., JAKOBSDOTTIR, G., KULCINSKAJA, E., MARUNGRUANG, N., MATZOURIDOU, C., NILSSON, U., STÅLBRAND, H. and NYMAN, M.: The physico-chemical properties of dietary fibre determine metabolic responses, short-chain Fatty Acid profiles and gut microbiota composition in rats fed low- and high-fat diets, *PLoS One*, **10** (5) (2015)
- 16) SILVA, D. C., FREITAS, A. L., PESSOA, C. D., PAULA, R. C., MESQUITA, J. X., LEAL, L. K., BRITO, G. A., GONÇALVES, D. O. and VIANA, G. S.: Pectin from *Passiflora edulis* shows anti-inflammatory action as well as hypoglycemic and hypotriglyceridemic properties in diabetic rats, *J Med Food*, **14**, 1118~1126 (2011)
- 17) SÁNCHEZ, D., MUGUERZA, B., MOULAY, L., HERNÁNDEZ, R., MIGUEL, M. and ALEIXANDRE, A.: Highly methoxylated pectin improves insulin resistance and other cardiometabolic risk factors in Zucker fatty rats, *J. Agric Food Chem.*, **56**, 3574~3581 (2008)
- 18) 古庄 律・石田 裕・鈴野弘子・斉藤守史・三成由美・徳井教孝・印南 敏：ウチワサボテン葉から抽出した水溶性食物繊維画分は2型糖尿病ラットの食後血糖値上昇を抑制する，日本食物繊維学会，**11**，15~22 (2007)
- 19) INNAMI, S., ISHIDA, H., NAKAMURA, K., KONDO, M., TABATA, K., KOGUCHI, T., SHIMIZU, J. and FURUSHO, T.: Jew's Mellow Leaves (*Corchorus olitorius*) Suppress Elevation of Postprandial Blood Glucose Levels in Rats and Humans, *Int. J. Vitami. Nutr. Res.*, **75**, 39~46 (2005)
- 20) EBIHARA, K., MASUHARA, R., KIRIYAMA, S. and MANABE, M.: Correlation between viscosity and plasma glucose and insulin-flattening activities of pectins from vegetables and fruits in rats, *Nutr. Repo. internal.*, **23**, 985~992 (1980)
- 21) JENKINS, D. J. A., LEEDS, A. R., GASSULL, M. A., COCNET, B. and ALBERTI, K. G. M. M.: Decrease in postprandial insulin and glucose concentrations by Guar and Pectin, *Annals of internal med.*, **86**, 20~23 (1977)
- 22) 藤原啓子・松岡 瑛：低粘性水溶性食物繊維（難消化性デキストリン）の耐糖能改善効果，栄養学雑誌，**53**，361~368 (1995)  
(平成27年7月30日受付，平成27年9月17日受理)