サツマイモ (*Ipomoea batatas* Poiret) 葉はラットの 血糖上昇を抑制する

石田 裕*・古庄 律*・鈴野弘子*・山本祐司**・印南 敏**・田所忠弘**

(*東京農業大学短期大学部栄養学科・**東京農業大学生物応用科学部)

Sweet potato (*Ipomoea batatas* Poiret) leaves suppress an elevation of blood glucose in rats

Hiroshi Ishida*, Tadasu Furusyo*, Hiroko Suzuno*, Yuuji Yamamoto**,
Satoshi Innami**, Tadahiro Tadokoro**

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

**Faculty of Applied Bioscience, Tokyo University of Agriculture, 1-1-1, Sakuragaoka, Setagaya-ku,
Tokyo, 156-8502

*〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1

**〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1

The paper was planned to investigate the effect of dietary fiber in sweet potato leaves (SPL) on modulation of blood glucose metabolism in rats. First, diet containing 5% freeze-dried SPL powder was given to the male GK rats aged 6 wks old by meal feeding. After 6 weeks after feeding started, blood glucose and insulin levels in the 5% SPL diet group were significantly reduced compared with those of the control diet group. Effectiveness of SPL on modulation of glucose metabolism in the GK rats might be supported by a significant reduction of blood cholesterol, especially LDL-cholesterol.

A soluble dietary fiber (SDF) was extracted from the SPL powder. This substance was found to show high viscosity and to be mainly composed of xylose (34.7%) and uronic acid (38.8% as galacturonic acid) by sugar composition analysis.

An elevation of postprandial blood glucose level in rats given 5.0ml of 20% glucose solution containing 1% SPL-SDF orally was significantly suppressed as compared with that in the control rats given 20% glucose solution only.

The diffusion rate of glucose and the permeation rate of glucose in the cultured Caco-2 cells were both significantly reduced by the addition of appropriate amounts of SPL-SDF comparing to the control, respectively.

These results suggest that the main effective substance of SPL for suppressing blood glucose elevation is a kind of mucilage SDF.

The mechanism by which may be largely attributable to delayed transport from the stomach and inhibition of diffusion and absorption in the small intestine by viscous SDF.

1. 緒 論

食料の有効利用という観点から、いわゆる廃棄部の利用性を再考することは今日的な課題である。サツマイモ (*Ipomoea batatas* Poiret) は世界的にみると収穫量では

五指に入る主要な農作物¹⁾であり、通常は塊根部の利用を目的として作られる。しかし、葉や葉柄、茎も同時に生産され、東南アジアではこの地上部(葉と葉柄)を日常的に食用とする地域もみられる。

我々は、すでにこれらの部分について栄養成分の測定

とその有用性について報告²⁾し、そのなかで葉にはタンパク質が無水物換算で29.5%と他の葉菜類と比較して多く含まれ、アミノ酸スコアもすぐれておりタンパク質資源としても有用であることを報告した。また、葉にはミネラル成分としてカルシウムと鉄の含有が高く、ビタミン類も多く含まれ、特にカロテン、ビタミンB₂、ビタミンC (V.C)、およびトコフェロール (V.E) はこの傾向が顕著であった。カロテン、V.C、V.E はいずれも近年、生体内における抗酸化活性物質として注目されており^{3)~5)}、栄養機能の有効利用という観点からもサツマイモ葉 (Sweet Potato Leaves=SPL) の摂取は有用と考えられた。

また、今日の日本や欧米諸国の一般的な食生活では比較的摂取量が少なく生活習慣病との関連からその重要性が指摘されている食物繊維含有量は、無水物換算で総食物繊維量 (Total Dietary Fiber=TDF) が45.9%、そのうち水溶性食物繊維 (Solubled Dietary Fiber=SDF) が6.8%含まれていることを認めた²⁾。しかし、SPL の食物繊維 (Dietary Fiber=DF) の生理機能についてはほとんど明らかにされていない。著者らは、先に Sprague Dawley (SD) 系ラットを用いてコレステロール代謝に及ぼす SPL 凍結乾燥粉末投与の影響を報告した。その結果、コレステロール非負荷条件下では血清コレステロール濃度には影響しないが、肝臓総コレステロール量を有意に低下させることを認めた⁶⁾。この場合、SPL 中に含まれるコレステロール低下に有効な主たる物質として、TDF の約1/6~1/7を占める SDF の関与を推測した。一方、粘性のある多くの SDF は血清や肝臓のコレステロール濃度を低下させる^{6)~10)}のみならず、食後血糖値とインスリン濃度の上昇を抑制する^{11)~15)}ことが知られている。さらに SDF の多い食事は食後血糖値の上昇抑制を示すことや、あるいはグリセミックインデックスの低いことが認められている¹⁶⁾。そこで本報では、SPL に含まれる DF の機能性を明らかにするために、特に SDF に焦点を当て、血糖上昇抑制作用に関連する、いくつかの実験を試み興味ある知見を得たので報告する。

2. 実験方法

1) 自然発症糖尿病モデル GK ラット (GK ラット) に対する SPL 粉末連続投与試験

(1) 試料 本学圃場で栽培 (5月下旬植え付け、9月下旬から10月初めに採取) した、毛茸およびえぐみの少ないサツマイモ (品種: 黄金千貫) の葉を、凍結乾燥し粉末化 (60メッシュ篩過物) したものをを用いた。

(2) 動物 SPL 粉末投与による糖代謝に及ぼす影響を検討するために GK ラット雄、6週齢 (体重約150g) を東京実験動物株式会社より購入し用いた。GK ラットは後藤、柿崎らによりインスリン非依存糖尿病のモデルとして開発されたもので肥満は認められず血糖値は幼若時より高値を示すが4週齢以降は200mg/dl前後で推移

Table 1 Composition of the experimental diets (%)

Ingredients	Control	SPL ¹
Casein	20	20
Corn starch	65	65
Cellulose powder	5	—
Soybean oil	5	5
DL-Methionine	0.3	0.3
Choline chloride	0.2	0.2
AIN-76 ^{TM} Mineral mixture ¹	1	1
AIN-76 ^{TM} Vitamin mixture ¹	3.5	3.5
SPL powder ²	—	5
Total	100	100

¹AIN-76: *J. Nutr.* **107**,1340-1348 (1977)

²Freeze-dried sweet potato leaf powder

する性状を示すものである。

(3) GK ラットに対する SPL 粉末連続投与試験

GK ラットを2群に分け、一群を6匹とし一方の SPL 群には Table 1 に示すとおり SPL 粉末を5%含む飼料を与え、Control 群にはセルロース粉末5%を含む飼料を与えた。投与法は、この両群に対し1日15gの飼料をミールフィーディングで6週間連続投与とした。なお1週間ごとに飼料投与直前に尾静脈から採血した血液についてメディセーフ (テルモ株式会社) で血糖値を測定した。

また、6週間後の12時間断食後に心臓採血により屠殺し、この血液を遠心分離 (2,500rpm, 15分) して調製した血清について、グルコース濃度、インスリン濃度、総コレステロール (TC) 濃度、HDL コレステロール (HDL-C) 濃度およびトリグリセライド (TG) 濃度を測定した。なお、グルコースは酵素法 (Glucose B-Test Wako, 和光純薬工業株式会社、大阪: 以下和光純薬製)、インスリンはラット用インスリン測定用キット (グラザイム insulin-EIA TEST, 和光純薬製) を用い、TC、HDL-C はコレステロール測定用キット (コレステロール E ワコー, HDL コレステロール E ワコー, 和光純薬製)、TG 濃度の測定には TG 測定用キット (TG-E-テストワコー, 和光純薬製) を用いて測定した。また LDL コレステロールについては、TC 値、HDL-C 値と TG 値をもとに算出 ($LDL-C = TC - HDL-C - 0.2 \times TG$) した。

これらの動物を用いた実験は「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。

2) SD 系ラットを用いた SPL-SDF の単回投与による食後血糖値の上昇抑制試験

(1) サツマイモ葉水溶性食物繊維粗標品 (SPL-SDF) の調製 前報¹⁷⁾に準じて、凍結乾燥サツマイモ葉粉末に20倍量の加温した純水 (70~80℃) を加え、水浴上で温度を保持しながら30分間攪拌後、5,000rpm, 20分遠心分離を行い、上清と沈殿物を得た。上清を分取後、沈殿物に対し同様の操作を2回繰り返す、得られた上清を

すべて合わせて放冷した。次いで全容量の4倍量のエタノールを加え、静かに攪拌し、1時間以上放置し、200メッシュのナイロン布で濾別した。得られた濾別物は再度純水に溶解後、4倍量のエタノールを加え、以下、同様の操作を2回繰り返した。得られた濾別物は純水で溶解後、透析用セルロースチューブ (VISKASE SALES CORP 製, 三光純薬株式会社輸入販売, 東京) に移し、10倍量の純水で12時間ごとに水を交換しながら3回透析し、チューブ内液を凍結乾燥した。この操作における SPL-SDF の収率は約6%であった。

(2) 動物 グルコース単回投与後の血糖値の上昇抑制に関する実験には SD 系雄ラット 8 週齢 (体重約250g) を東京実験動物株式会社より購入し用いた。

(3) SPL-SDF の粘度および成分組成の測定 粘度については SPL-SDF の0.010%, 0.025%, 0.050%および0.100%溶液を調製し、毛細管粘度計 (キャノン-フェンスケ No.100) を用いて、20℃の恒温槽中で測定し、相対粘度を算出した。SPL-SDF の一般成分分析およびカルシウムは五訂日本食品標準成分表に示された方法¹⁸⁾に従った。また、ポリフェノール類はクロロゲン酸を標準として測定を行った¹⁹⁾。中性糖組成については、SPL-SDF 10mg を採取し、6 N 硫酸で加水分解後、アルジトールアセチル化し、ガスクロマトグラフィー (Shimazu GC14B-FID, Kyoto Japan) で測定した²⁰⁾。内部標準物質は 2-deoxy-d-glucose を用いた。また酸性糖は m-ヒドロキシジフェニル法²¹⁾により測定した。

(4) グルコース単回投与後の血糖値の測定 実験は購入後、固型飼料 (MF: オリエンタル酵母工業株式会社) で飼育した SD 系10週齢雄ラット 6 匹を一昼夜絶食させ、まず対照として20%グルコース溶液のみを stomach tube にて5.0ml 単回投与した。測定は投与前 (0 分)、投与後15分、30分、60分、90分、120分に尾静脈より採血し、血糖値を小型血糖値測定器グルテスト (株式会社三和化学研究所, 名古屋) で行った。その後、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 6 匹を本実験に再度使用した。なお使用前に第一回目実験開始後24時間で給餌を止め、その後一昼夜絶食させた。次いでこの調整したラットに SPL-SDF 1% を含む20%グルコース溶液5.0ml を stomach tube で単回投与した。採血は対照実験と同様の時間間隔で尾静脈より行い、血糖値を測定した。

3) グルコースの拡散阻害試験

海老原ら²²⁾の方法に従った。すなわち、マイクロファイバーフィルター (Millipore VCWP04700 Nitrocellulose) 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 SDF 溶液、c 室に蒸留水をそれぞれ満たした。3種の溶液をあらかじめ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を入れておき、測定開始時に作動 (1,200rpm/min.) 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 B-Test Wako, 和光純薬製) により測定した。測定は3回行い、その平均値を求めた。

4) Caco-2 細胞を用いたグルコース透過阻害試験

Caco-2 細胞 (理化学研究所より分与) を培養液 (MEM+10%FBS) の入った細胞培養フラスコに接種し、37℃, 5%炭酸ガス気相下で前培養後、この細胞を BD バイオコートセルカルチャーインサート 6 ウェル用 (ファルコン) に接種した²³⁾。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、このプレート上に0.2%試料溶液と1%グルコース溶液 2 ml/ずつを合わせたものを添加し、下部に PBS を入れたコンパニオンプレート (CP) を付し、5%CO₂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 C-II Test Wako, 和光純薬製) で測定した。各試料のグルコース移送率は対照の測定平均値を100%として算出した。

5) 統計学的処理

動物を用いた実験および細胞を用いた実験における有意差検定 ($p < 0.05$ または $p < 0.01$) は *t* 検定法で行った。

3. 結 果

1) GK ラットの血糖値と血清インスリン濃度に及ぼす SPL 粉末連続投与の影響

投与期間中 (6 週間) の2群間の体重増加の変化を測定した結果、Fig. 1 に示すとおりほとんど差は認められなかった。また、同じ摂食状況下における血糖値の比較

Fig. 1 Changes in body weight of rats fed with 5% SPL diet
Data represent average values (n=6)

Fig. 2 Effect of SPL administration on blood glucose in the GK rats

Values represent means $\pm$ SE (n=6)
 —●— Control diet   —▲— 5% SPL diet

では Fig. 2 に示すとおり SPL 混合飼料投与群と対照群の空腹時血糖値の平均値の比較では有意な差は認められないものの、SPL-SDF 投与群の血糖値は上昇抑制傾向が示された。また 6 週目に心臓採血により屠殺後、遠心分離し、その血清について血糖値およびインスリン濃度の測定を行った。その結果、Fig. 3 に示すとおり、グルコース濃度は対照群が 290 ± 11.0 mg/dl, SPL 投与群が 254 ± 8.0 mg/dl, インスリン濃度は対照群が 25.6 ± 9.8 μ U/ml, SPL 投与群が 13.3 ± 5.4 μ U/ml であり、SPL 投与群と対照群の間にそれぞれ有意 ($p < 0.05$) な差が認められ、SPL 投与群は明らかに低値を示した。また糖質代謝と関連して、血中脂質も測定した結果、Fig. 4 に示すとおり、血清中の TC と LDLC が有意 ($p < 0.05$) に低値を示したが、HDLc と TG には差が認められなかった。

2) ラットにおける SPL-SDF 単回投与後の血糖値の変化と SPL-SDF の性状

SPL-SDF を 1% 含む 20% グルコース溶液 5 ml をラットに stomach tube により投与し、投与後血糖値の変化

Fig. 4 Effect of SPL administration on the serum cholesterol and triglyceride levels in the GK rats

Values represent means $\pm$ SE (n=6)
 *Significantly different from the control diet group ($p < 0.05$)
 □ Control diet   ■ 5% SPL diet

Fig. 5 Postprandial blood glucose responses by a single dose of SPL-SDF preparation

Values represent means $\pm$ SE (n=6)
 Asterisks indicate significant difference from the control experiment at the each corresponding time
 (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$).

—●— Control   —▲— SPL-SDF

Fig. 3 Effect of SPL administration on the glucose and insulin levels in the GK rats

Values represent means $\pm$ SE (n=6)
 *Significantly different from the control diet group ($p < 0.05$)
 □ Control diet   ■ 5% SPL diet

を測定した。その結果 Fig. 5 に示すとおり、対照としてのグルコース溶液のみの投与に比べ、SPL-SDF を添加し投与した本実験では、投与後15分、30分で血糖値は有意 ($p < 0.01$) に低値を示し、15分後では対照が $169 \pm 4 \text{ mg/dl}$ と上昇するのにに対し本実験では $115 \pm 5 \text{ mg/dl}$ 、30分後ではそれぞれ $188 \pm 3 \text{ mg/dl}$ 、 $140 \pm 5 \text{ mg/dl}$ と血糖値の上昇が抑制された。また本実験では120分後に血糖値が 120 mg/dl へ低下したが、対照は 140 mg/dl であり、SPL-SDF 投与により食後血糖値の上昇抑制効果が表れることが明らかとなった。このことから血糖値上昇抑制に関与すると考えられる SPL-SDF について、相対粘度、成分、糖組成を測定した。

その結果サツマイモ葉より抽出した SPL-SDF の相対粘度は、0.010% 溶液では $1.269 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 、0.025% では $1.644 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 、0.050% では $2.369 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 、0.100% では $4.433 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ であった。また SPL-SDF の成分組成は無水物換算で炭水化物82.4%、タンパク質6.7%、灰分6.4%、ポリフェノール類 (クロロゲン酸として) 4.5% であり、ペクチンなどウロン酸の持つ、酸の残基を架橋すると考えられている二価のカルシウムについては $1,300 \text{ mg/100g}$ の含有がみられた。さらに、この SPL-SDF を構成する中性糖組成をガスクロマトグラフィーで測定した結果、グルコース3.73%、ガラクトース0.76%、マンノース0.13%、ラムノース2.66%、アラビノース1.18%、キシロース34.7% であり、ウロン酸 (ガラクトッロン酸として) の含有量は38.8% であった。

3) *In vitro* における SPL-SDF による糖拡散阻害

Fig. 6 に示すとおり、経時的に拡散量は増加するが、実験開始120分後ににおけるグルコースの拡散阻害率は水を0%とした場合0.5% SPL-SDF 溶液においては $96.1 \pm 1.8\%$ ($n = 3$) とほぼ完全に拡散が阻害された。また0.25% 溶液では若干拡散阻害効果は弱まるが、 $67.8 \pm 2.1\%$ と依然として高い拡散阻害効果を示すことを認めた。

Fig.6 Glucose diffusion-rate across a 7mm water-layer or the layer of aqueous SPL-SDF solutions
—●—Control —■—0.25% SPL-SDF —▲—0.50% SPL-SDF

4) Caco-2 細胞を用いたグルコース移送透過率

SPL-SDF を拡散阻害ゾルと仮定し、グルコースを能動移送するCaco-2 細胞を用いグルコース移送透過性について検討した結果を Fig. 7 に示した。溶液中濃度として SPL-SDF 0.1% 溶液を使用したときの移送透過性は対照の1%グルコース溶液のみを用いた CP 側 PBS 中グルコース濃度 $1.034 \pm 0.122 \text{ mmol/ml}$ に対して $0.550 \pm 0.011 \text{ mmol/ml}$ と低く、移送透過性に有意な差 ($p < 0.01$) がみられた。なお、移送透過率は対象を100%としたとき53.2%であった。

Fig.7 Glucose transport-rate across a Caco-2 cell
Values represent means $\pm$ SD ($n = 6$)

* Significantly different from the control group ($p < 0.05$)

4. 考 察

SPL に含まれる DF の血糖調節作用に及ぼす影響を明らかにするために GK ラットを用いて、ミールフィーディングにより SPL 含有飼料の経口投与実験を行った。SPL 含有飼料の6週間にわたる投与実験の結果、対照群と比較して、尾静脈採血法では、ラットの血糖値上昇抑制傾向がみられ、6週目の心臓採血により得た血中成分の測定では、血清グルコースと血清インスリン濃度に有意な低下が認められた。インスリンの分泌応答は、一般的にグルコースなどの栄養物が体内に取り込まれている状態のときに高まることが知られている。しかし GK ラットを用いた本実験では対照群に比べ SPL 投与群の血清インスリン濃度は低下していることからインスリンの節約効果が発生したと考えられる。こうした現象は膵臓への負荷を軽減するという意味でも有効なことと思われる。

また、同時に測定した脂質代謝に関する項目では血清中総コレステロール値が対照と比較して $30 \sim 40 \text{ mg/dl}$ 低下しており、LDL コレステロールもほぼ同量低下している。しかし、HDL コレステロールとトリグリセライドレベルは差が認められない。このことから、総コレ

ステロール値の差は LDL コレステロールの低下に由来するものと考えられる。血清コレステロールと SDF の関係については一般的に次のように考えられている。すなわち、肝臓で作られたコレステロールおよびその関連物質は胆汁酸として腸管へ放出されるが腸肝循環により回腸から再吸収される。しかし、このとき食餌中に SDF が含まれていると再吸収されにくく、胆汁酸や脂質は SDF に吸着、あるいは包み込まれ、排泄されることになり、その結果として、コレステロールの腸肝循環量が低減し、血中コレステロールが低下すると考えられる。このように SDF の連続的供給によりエネルギー供与物質として、糖のみならず脂質の吸収も抑えることで、総体として血糖値および血中総および LDL コレステロール値の低下がみられたものと考えられる。

SPL には既報²⁾に示したように DF が多く含まれるが、SDF の割合も比較的多い。多くの SDF は血糖上昇抑制作用や血中コレステロール濃度低下作用を示すことが知られている^{6)~10)}。上記の GK ラットに SPL 粉末投与により認められた血糖値や血清インスリン濃度の低下および血清コレステロールの低下には SDF が関与している可能性が大きいと推察された。

そこで、その可能性を有する物質の性状を明らかにするために SPL-SDF の諸成分を調べたところ、この物質は、タンパク質 6.8%、灰分 6.4% を含む粗標品であったが、これが糖タンパク質に相当するか否かは現在のところ明らかではない。しかしこの SPL-SDF の糖組成としては酸性糖として、ウロン酸が主成分であり、中性糖はキシロースを主にラムノースとグルコースを構成糖とする一種の酸性多糖であることが推測された。

ついで、この SPL-SDF を 1% 含む 20% グルコース溶液 5.0ml の経口投与実験では、対照の 20% グルコース 5.0ml のみの投与に比べて、投与後 15 分、30 分における食後血糖値上昇に有意な抑制がみられた。この結果は SPL-SDF のラットへの単回投与に基づくものであり、これは海老原ら^{12), 22)}により報告されている、粘性を有する SDF と糖の混合溶液の単回投与による一過性の血糖値の応答と同様であると考えられる。またヒトの場合、食物繊維摂取時におけるグルコース応答とインスリン応答は必ずしも同じ傾向を示さない場合があることを古くは Jenkins ら¹³⁾が、最近では藤原ら²⁴⁾が報告している。

これらについては被験者の健康状態や日常の食事内容、被験物質の種類・性状や投与形態の違いなども考えられるが、一つは同時に摂取した糖質の胃から十二指腸への移行の遅延が考えられる。すなわち、水溶性食物繊維が吸水、膨潤、ゾル化することにより、胃内容物の移行を遅延させる効果であり、もう一つは小腸における糖質の消化吸収の阻害である。この場合、SDF が溶解してゾル化することにより、胃や小腸において食餌内容物中の糖質の拡散が抑制されるため、小腸粘膜上皮からの吸収も阻害される¹³⁾という考え方である。いずれの場合も一

般的に同じ成分であれば濃度が高いもの、あるいは成分が異なる場合は粘性が高い SDF ほど血糖上昇抑制効果が大きい傾向が見られる。ただし、ペクチンなど pH の変化により粘性が変わる性質を持つ多糖²⁵⁾は消化管内における状態の変化も予想され、実際にはこれらの機構が複合して SDF による血糖上昇抑制作用が発現するものと考えられる。

本動物実験で SPL-SDF の単回投与により食後血糖値の上昇抑制が示されたことから、さらにその現象を明確にするために、SPL から抽出した SDF を用い、海老原²²⁾らの方法に従い、*in vitro*におけるグルコース拡散阻害実験を行った。その結果、SPL-SDF 濃度 0% のときの拡散率を 100% とすると、0.25% の場合、グルコースの拡散透過率は 120 分後で 32.4%、0.5% 溶液では 4.1% の結果を得て、SPL-SDF が糖の拡散阻害作用に強く影響することを確認した。なお対照として純水を中間層にいた場合の経過時間とグルコース拡散量については海老原²²⁾の結果とほぼ一致した。さらに腸管内を想定した培養細胞 (Caco-2 細胞) を用いたグルコースの能動移送透過試験においても移送、透過、吸収に阻害が認められた。これらの実験から、SPL 中の血糖上昇抑制に関わる、主な有効物質は SPL-SDF であると推測された。

これら一連の実験結果から、SPL 投与により認められた血糖上昇抑制作用の機序としては、含まれる SDF による糖質の胃から十二指腸への輸送遅延と、糖の拡散阻害による消化吸収阻害があげられ、追従しておこる小腸粘膜上皮におけるグルコースの透過吸収抑制により、インスリン応答も軽減されるなどの現象が現れたものと推測された。

5. 要 旨

サツマイモ葉 (SPL) に含まれる食物繊維のラットにおける血糖上昇抑制作用について検討した。自然発症糖尿病モデル GK 雄ラットに対して、SPL 粉末の連続投与により血糖値の上昇が抑えられるばかりでなく、血中インスリン濃度も低下することから、血糖値そのものの一過的な制御だけでなく生体応答への負荷を軽減させる可能性が見いだされた。また同時に、血中総コレステロールおよび LDL コレステロール濃度の有意な低下など脂質代謝にも改善が認められた。

次に、SPL 中に含まれる血糖上昇抑制に有効な物質を探すために、SPL 粉末から SDF 標品を抽出しその性状を調べた。得られた SDF 標品は高い粘性を示し、構成糖の分析により、主な成分はキシロース (34.7%)、ウロン酸 (ガラクトuron 酸として 38.8%) であった。

SPL-SDF を 1% 含む 20% グルコース溶液 5.0ml を SD 系ラットに単回経口投与した場合、投与後 15 分、30 分の血糖値の上昇が、対照のグルコース溶液のみの投与に比べて、有意に抑制されることを明らかにした。

さらに *in vitro* におけるグルコース拡散阻害実験にお

いて0.5% SPL-SDF 溶液はグルコースの拡散を著しく阻害すること、並びに Caco-2 細胞を用いたグルコース移送透過試験においてもグルコースの移送を有意に阻害することが認められた。

以上の結果から、サツマイモ葉の血糖上昇抑制作用の主たる有効成分は水溶性食物繊維であり、成分分析の結果から、酸性多糖と推測された。その作用機序として、SPL-SDF が胃からの輸送遅延ならびに小腸内での拡散および吸収の阻害に大きく関わっていると推測された。

文 献

- 1) FAO. (1997) Regional Offer for Asia and The Pacific, Food and Agriculture
- 2) ISHIDA, H., SUZUNO, H., SUGIYAMA, N., INNAMI, S., TADOKORO, T., and MAEKAWA, A.: Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* Poir), *Food Chem.*, **68**, 359~367 (2000)
- 3) PETO, R., DOLL, R., BUCKLEY, J.D. and SPORN M. B.: Can dietary beta-carotene materially reduce human cancer rates?, *Nature*, **290**, 201~208 (1981)
- 4) MURAKOSI, M., NISINO, H., SATOMI, Y., TAKAYASU, J., HASEGAWA, T., TOKUDA, H., IWASIMA, A., OKUZUMI, J., OKABE, H., KITANO, H. and IWASAKI, R.: Potent preventive action of α -carotene against carcinogenesis: Spontaneous liver carcinogenesis and promoting stage of lung and skin carcinogenesis in mice are suppressed more effectively by α -carotene than by β -carotene., *Cancer Res.*, **52**, 6583~6587 (1992)
- 5) BALZ, F.: Ascorbic acid protects lipids in human plasma and low density lipoprotein against oxidative damage., *Am. J. Clin. Nutr.*, **54**, 1113S~1118S (1991)
- 6) INNAMI, S., TABATA, K., SHIMIZU J., KUSUNOKI, K., ISHIDA, H., MATSUGUMA, M., WADA, M., SUGIYAMA, N. and KONDO, M.: Dried green leaf powder of Jew's mallow (*Corchorus*), persimmon (*Diospyros kaki*) and sweet potato (*Ipomoea batatas* Poir) lower hepatic cholesterol concentration and increase fecal bile acid excretion in rats fed a cholesterol-free diet., *Plant Foods for Human Nutr.* **52**, 55~65 (1998)
- 7) ANCEL, K., FRANCISCO, G. and JOSEPH, T.A.: Fiber and Pectin in the diet and serum cholesterol concentration in man., *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **106**, 555~558 (1961)
- 8) 綾野雄幸・太田富貴雄・渡辺幸雄・三田浩三: 白ネズミにおける脱脂米ヌカのいわゆる Dietary fiber のコレステロール上昇抑制作用, *栄養と食糧*, **33**, 283~291 (1980)
- 9) 辻 啓介・大島寿美子・松崎悦子・中村敦子・印南 敏・手塚朋通・鈴木慎次郎: 多糖類とコレステロール代謝 (第1報), *栄養学雑誌*, **26**, 113~122 (1968).
- 10) 辻 啓介, 大島寿美子, 辻 悦子, 鈴木慎次郎, 印南 敏, 中村敦子, 平山昌子, 手塚朋通: 多糖類とコレステロール代謝 (第2報), *栄養学雑誌*, **26**, 152~158, (1968)
- 11) EBIHARA, K. and KIRIYAMA, S.: Comparative effects of water-soluble and water-insoluble dietary fibers on various parameters relating to glucose tolerance in rats, *Nutr. Repo. Internal.*, **26**, 193~201 (1982)
- 12) 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. int.*, **23**, 985~992 (1980)
- 13) 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)
- 14) 土井邦紘・松浦省明・河原 啓・馬場茂明・西川和典: 食物繊維の糖尿病治療への応用 (第4報), *糖尿病*, **25**, 197~203 (1982)
- 15) 池上幸江・土橋文江・中村カホル・印南 敏: ラットにおける実験的糖尿病発症に対する大麦の効果, *栄養誌*, **44**, 447~454 (1991)
- 16) 佐々木敏: 糖尿病における血糖コントロールおよび糖尿病・循環器疾患発症予防における glycemic index の有効性 (厚生省), *糖尿病とその合併症の治療・予防についての最適ストラテジーの探索とそのデータベース化* (平成13年), 9~13 (2002)
- 17) INNAMI, S., ISHIDA, H., NAKAMURA, K., KONDO, M., TABATA, K., KOGUCHI, K. and SHIMIZU, J.: Jew's mallow leaves (*Corchorus olitorius*) suppresses an elevation of postprandial blood glucose level in rats and humans., 投稿中
- 18) 五訂日本食品標準成分表, 科学技術庁資源調査会
- 19) AOAC (1984). Official method of Analysis, 14th edn. 187~188 Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- 20) ANTHONY, B.B., PHILIP, J. H., ROBERT, J. H. and BRUCE, A. S.: A simple and rapid preparation of alditol acetates for monosaccharide analysis, *Carbohydrate Res.*, **113**, 291~299 (1983)
- 21) NELLY, B. and GUSTAV, A.h.: New Method for quantitative determination of uronic acid, *Anal.Biochem.*, **54**, 484~489 (1973)
- 22) 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)
- 23) DARWIN, A. M. T. : Use of the 3-day BIOCOAT HTS Caco-2 Assay System for Compound Permeability Measurements (Technical Bull. p418, Becton Dickinson)
- 24) 藤原啓子・松岡 英: 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)
- 25) 川端晶子: ペクチン, *調理科学*, **15**, 71~79 (1982)