

報文

白甘藷の栄養機能性食品としての可能性の検索

宮崎由子¹、日山智華子¹、中田知子²

¹京都女子大学家政学部食物栄養学科(605-8501 京都市東山区今熊野北日吉町 35)

²兵庫医科大学病院臨床栄養部 (663-8501 西宮市武庫川町 1-1)

著者連絡先 E-mail:miyazaki@kyoto-wu.ac.jp

(受取日:2009年7月15日、受理日:2009年7月22日)

要旨;2型糖尿病の一次・二次予防対策として、抗糖尿病作用と免疫賦活作用を併せ持つ白甘藷 (*Ipomoea batatas* L.)に着目し、摂取し易い栄養機能性食品(白甘藷シャーベット・白甘藷ポタージュ)としての可能性を検討した。健常者6名と糖尿病患者3名計9名を対象に、白甘藷シャーベット(0.7単位)をデザートとして摂取させ、介入食群(食事+白甘藷シャーベット)と対照食群(食事のみ)の血糖値の変化を比較検討した。さらに、白甘藷ポタージュ(1単位)を含む糖尿病食群(DM食5.8単位)と対照食群(CN食4.8単位)、プラセボ食群(サツマイモポタージュ食5.8単位)を摂取させ、3群間の血糖値の変化を比較検討した。また、合併症である動脈硬化への影響を考慮して、血圧脈波検査値(動脈血管壁の硬さを表す値:PWVと下肢動脈閉塞の指標:ABIの測定)と生化学検査値を調べ、動脈硬化の予防への影響を検証した。その結果、(1)白甘藷シャーベット;2型糖尿病患者において、対照食群では食後3時間値の血糖値が空腹時の1.5倍の血糖値を示したのに対して、介入食群(食事+白甘藷シャーベット)を摂取した場合は、食後30分・1時間値をピークに3時間値で、ほぼ空腹時血糖値に戻ることが認められた。(2)白甘藷ポタージュ;2型糖尿病患者および健常者両者において、対照食群やプラセボ食群に比べ、DM食群では、食後1時間値の血糖値が、急激な血糖上昇は抑えられ、食後3時間値の血糖値の抑制が顕著に認められた。(3)動脈硬化予防への可能性;白甘藷群において、動脈血管壁の硬さを表す値(PWV)が健常者では7.6%、脂質異常症患者では14.6%減少し、血管壁の硬さを軽減することが認められた。さらに、白甘藷は、脂質異常症(および糖尿病予備軍)

患者の血清中性脂肪値およびヘモグロビン A1c 値を減少させた。この結果により、白甘藷は、血管壁の硬さを改善する可能性を秘めていることが分かった。

キーワード：白甘藷、2型糖尿病、栄養機能食品、血糖値 動脈硬化予防

1. はじめに

糖尿病は年々増加傾向を示し、生活習慣病の代表的な疾病となっている。WHOの報告によると、糖尿病患者数は1995年～2025年の30年間に先進国では5100万人～7200万人へと1.41倍、発展途上国では8400万人～2億2800万人へと2.7倍の増加を推測している[1]。

日本における糖尿病患者数は、2007年の国民健康栄養調査報告によると890万人、予備軍を含めれば2210万人にも達し[2]、2002年度より1.36倍、10年前(1997年)と比較すると1.61倍にも増加し、WHOの予測どおりの経過をたどっている。成人(20歳以上)の5人に1人が糖尿病患者および糖尿病と疑われる潜在患者であり、糖尿病の一次予防および二次予防の積極的な対策が必要である[3]。

「糖尿病とは、膵臓から分泌されるインスリンの作用不足による慢性の高血糖症とそれにもなう代謝異常」と定義されているが、わが国の糖尿病の95%を占める2型糖尿病は、肥満、遺伝的な要因、食習慣、運動不足、ストレス過剰などが原因で生じる、インスリンの相対的な分泌不足とインスリン感受性の低下で生じるものであり[4-7]、この低下因子を解明するために、インスリンシグナル伝達系の研究が展開されている。直接的な改善方法として、インスリンシグナル伝達系を増強する薬剤や食材の提供が抵抗性の改善に有効なことから、筆者らは食材面から改善す

る方策を検討している。

これまでに、健康食材の中から民間療法薬として糖尿病に用いられてきた白甘藷(*Ipomea batatas L.*)に着目し、糖尿病動物及びヒトに対する臨床実験の有用性と安全性について既に報告してきた[8-20]。概略を簡単に述べると、白甘藷中に含まれる成分、糖ペプチドの錠菓を2型糖尿病患者に対してヒト臨床実験を行って、①空腹時血糖降下作用、②血糖コントロール効果、③75g OGTT値降下作用、④中性脂肪・総コレステロール値降下作用、⑤インスリン分泌促進作用、⑥ヒト白血球に対する免疫賦活作用、⑦チロシンキナーゼを活性化、⑧合併症の阻止、⑨インスリン抵抗性改善効果薬のような副作用がないといった効果があることを報告している。また、白甘藷の塊根部(生芋全体)においても、抗糖尿病活性の効果を確認している。ヒト臨床実験では、日本とオーストリアで実施し、日本の臨床実験において、2型糖尿病患者32名(男16名と女16名)を対象にして、白甘藷の皮の部分粉末化した錠菓(2g/個)を4g/day 8週間投与し、血糖値降下作用を示すことを報告した[11, 15]。一方、オーストリアのウィーン大学の第3内科における臨床実験では、2型糖尿病患者男性18名を対象に、4g/day 6週間摂取群およびプラセボコントロール群の臨床実験を試みた。その結果、4g/day 6週間以上の摂取で効果が現れ、血糖値・トリグリセリド・

総コレステロール値などが有意に減少し、且つ副作用を示さないことが確認され、4 g/day 8週間以上で、糖化ヘモグロビン (HbA1c) も有意に減少した[12-14]。

さらに、糖尿病の合併症である感染症・動脈硬化症・神経障害などは、細胞性免疫の応答が低下する細胞障害によって引き起こされることはよく知られている[21-23]。

筆者らは、これらの実験事実から白甘藷由来抗糖尿病活性成分の免疫活性への影響を検討し、ヒト白血球 (好中球・単球) に対する食食作用・食胞融合能の影響を報告した[16, 17, 20]。その結果、白甘藷由来抗糖尿病活性成分は、食食活性および食胞融合能を著しく促進し、免疫性の改善と向上に役立っていることを報告した。さらに、合併症への関与という観点から、白甘藷由来抗糖尿病活性成分の活性酸素産生を検討し、生体に優しい、糖尿病の主要な合併症である動脈硬化症等をも予防し得る健康食材であることを報告し、その免疫賦活性成分は糖ペプチドであることも明確にした[18-19]。

以上の報告から、白甘藷由来抗糖尿病成分は、糖尿病動物およびヒト臨床実験で、血糖降下作用とインスリン分泌促進作用を併せもつことを示した。この事実は、白甘藷由来抗糖尿病成分がインスリン感受性を刺激する因子を活性化し、インスリン抵抗性を改善に寄与していることを示している。

現在、白甘藷は皮層部分のみが錠剤化され利用されているが、白甘藷の糖ペプチドは表層部のみならず、塊根部全体に存在しているので[8]、イモの塊根部全体を利用し、イモ特有の旨みを生かした抗糖尿病用の栄養機能性食品を計画した。方針として、①錠剤ではなく、白甘藷そのものの素材を生かした食品として摂取できること、②長時間にわたり、

食べやすい大きさ・量であること、③活性成分が糖ペプチドであるため、高温・長時間加熱することなく調理できること、④輸送・配送が容易にできること、といった4項目を考慮し、夏・冬でも患者が抵抗なく摂取できる白甘藷シャーベットおよび白甘藷ポタージュを提案し、栄養機能食品としての可能性を検討した。

2. 実験方法

2. 1. 実験材料

白甘藷 (*Ipomea batatas Lamerck var batatas Makino*) は、古くから南米で、さまざまな病気に対する民間療法薬として利用されてきた。形状はサツマイモと類似し、皮や身は淡白色で、イモの特有の味ではあるが、甘みがサツマイモより少ないのが特徴である。臨床実験で、白甘藷活性成分 4g/day 8週間 (8g/day 4週間) 連続投与で効果を示すことが報告されているので[11-16]、抗糖尿病活性を示す生白甘藷を1日に30g (活性成分 8g/day の約4倍量) のイモを摂取することを目的に栄養機能食品を検討した。

白甘藷は、両端を切り落とし、洗浄した白甘藷を2 cm幅の輪切りにして蒸し、蒸す温度と糖度の関係を検討した。その結果、生白甘藷の糖度の平均値は2%であり、60°C・20分蒸した白甘藷の糖度の平均値は13.3%、100°C・20分の糖度の平均値は27.7%であった。しかし、白甘藷活性成分は糖ペプチドであるため、通常の蒸す操作温度では活性成分が壊されてしまう[7]ので、白甘藷の糖ペプチドが保持されること、及び糊化温度(60-62°C)を考慮して、内部温度が60°Cになるように20分間蒸し器で加熱調理した。その後、1cm角のさいの目状に切り、各メニューに使用した。しかし、60°C・20分の蒸し操作では、

糖度 13.3%と低く甘味不足となり、通常の調理方法では摂取し難いので、摂取し易くするための調理方法を検討した。

2. 2. 白甘藷シャーベット

糖尿病治療食では、お菓子類などが制限されるため、シャーベットをデザートとして提案した。白甘藷を 60°C・20 分蒸し器で加熱調理した後、1cm 角のさいの目状に切り、白甘藷材料を全てミキサーに入れて滑らかなペースト状になるまで混合した。レシピとして、白甘藷(下準備済み 33.4 g)・レモン汁 (6.6ml) ・りんごジュース(8.8ml) ・水 (7.4ml) ・低甘味料(パルスweet 2.0g) ・難消化性デキストリン (5.4g) などの食材を少量ずつミキサーに混ぜながら加え、最後に無糖練乳(11.4g)を加えて、ペースト状に混ぜ容器に 75 g ずつ流し入れ、冷凍庫内に一晚凍結させた。凍結することによって約 5g 重量が増量するので、最終は白甘藷シャーベット 80 g に調製した。糖吸収を穏やかにする働きがある難消化性デキストリンを添加し、味の変化及び、血糖値上昇の抑制の効果を考え [23-24]、白甘藷にデキストリンを添加した場合と添加しない場合を比較した(Fig.1)。

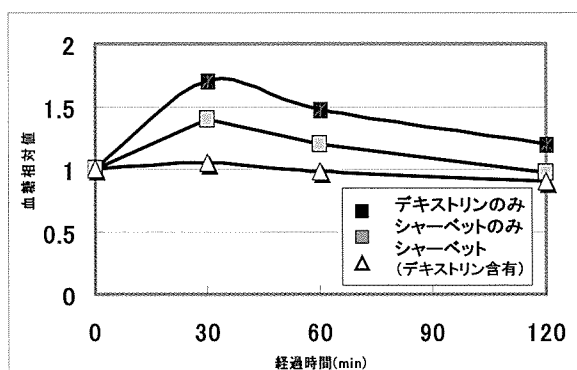
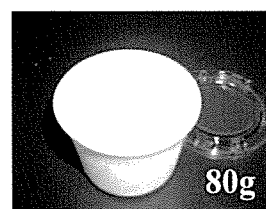


Fig. 1 白甘藷シャーベットにおけるデキストリン添加に伴う血糖値の相対値

デキストリンのみ場合と白甘藷シャーベットのみでは摂取後 30 分値の血糖値が急激

に上昇するが、デキストリンと白甘藷の両方が加わると相乗効果をもたらし、急激な血糖上昇が抑えられた。そこで、デキストリン添加シャーベットを採用した。栄養価は、エネルギー53.6kcal、タンパク質 1.2g、脂質 1.0g、糖質 9.4g、食物繊維 5.5g であった。



2. 3. 白甘藷シャーベットの介入方法

介入実験については、当大学内の倫理委員会の承認を得て実施した。白甘藷シャーベットを摂取することによる血糖値曲線の変化を観察し、白甘藷シャーベットの介入効果を検討した。被験者は健常者 6 名・2 型糖尿病患者 3 名(50 歳代男性 2 名、70 歳代女性 1 名)とした。介入時期は平成 18 年 10 月に実施した。被験者 9 名に 1 日目、各人個々に通常昼食として食べている食事(対照食)を摂取してもらい、食後 30 分・1 時間・2 時間・3 時間後の血糖値を測定した。対照食の食事は秤量法により摂取量を測定して栄養価を計算した。2 日目に対照食(1 日目と同じ食事)を摂取した上に、デザートとして白甘藷シャーベットを追加摂取してもらい、食後の血糖値を測定した。

血糖値の測定は、まず空腹時血糖値を測定し、介入食(食事+白甘藷シャーベット)を摂取後、食後 30 分・1 時間・2 時間・3 時間後の血糖値を測定した。血糖計はメディセーフリーダー GR-101 (テルモ株)を使用した。対照食群(食事のみ)の場合と介入食群(食事+白甘藷シャーベット)の場合の血糖値上昇を比較検討した。

2. 4. 白甘藷ポターージュ

糖尿病患者向けの食品としてのポターージュスープを作成し、糖尿病食品交換表の1単位(80kcal)の食事を設定した。白甘藷ポターージュは、白甘藷の糊化温度を考慮して、白甘藷の内部温度が62℃以上にならないように加熱して調理した。また糖尿病患者が、白甘藷ポターージュを食事の中に取り入れ易いように検討した。

白甘藷ポターージュの調理方法は、フライパンに無塩バター(1g)を溶かし、たまねぎ(15g)を弱火で半透明になるまで炒める。2.1.で作成した白甘藷(50g)と炒めた玉ねぎとコンソメスープ(80ml)とこしょう(少々)を加え、ミキサーで約1.5分間粉碎し低脂肪牛乳(25cc)と植物性生クリーム(2.5cc)と無糖練乳(5cc)を加え、15秒間ミキサーでさらに混合して作成した(180g) [25-26]。栄養価は、エネルギー78kcal、タンパク質2.3g、脂質2.7g、食物繊維1.3g、食塩0.7gとした。さらに、白甘藷ポターージュと比較検討をするためにサツマイモを用いてプラセボポターージュを調製し、プラセボ食として使用した。



2. 5. 白甘藷ポターージュを含む糖尿病食による介入方法

調査介入は当大学内の倫理委員会の承認を得て実施した。対象者は、20歳代の健常者6名、また2型糖尿病患者2名(80歳代女性・50歳代男性)を被験者とした。介入時期は、平成19年6月~9月に実施した。

(1) 白甘藷ポターージュを含むメニュー

白甘藷ポターージュを含む糖尿病食のメニ

ューを提案した(Table 1)。被験者全員に同一の白甘藷ポターージュを含む糖尿病食を摂取してもらい、血糖値曲線の変化を観察し、白甘藷ポターージュの血糖値への影響を検討した。

まず、1日目にパン、オムレツ、温野菜の対照食(CN食)を摂取してもらい、2日目に、白甘藷ポターージュを含む糖尿病食(DM食)を摂取してもらった。また同条件で、3日目にサツマイモポターージュによる糖尿病食であるプラセボ食(PR食)の摂取介入を行い、3種類(DM食群・CN食群・PR食群)の血糖値上昇を比較検討した(Table 2)。血糖値は、空腹時、食後から30分、1時間、2時間、3時間後に計5回測定した。いずれも、介入前の食事摂取の影響を残さないために、1日目から3日目までの3日間は、実験介入3時間前から介入実験が終わるまで、介入食と水以外は口にしないことを条件とした。

Table 1 白甘藷ポターージュ



主食・・・ロールパン、食パン
 主菜・・・スペイン風オムレツ
 副菜・・・温野菜(アスパラガス・ブロッコリ・カリフラワー・トマト)
 汁物・・・白甘藷ポターージュ

(栄養価)5.8単位、エネルギー443kcal、タンパク質19.3g、脂質17.6g、食物繊維6.8g、食塩相当量2.9g

- ロールパンと食パン
- ロールパン30g(約1個)・食パン・・・6枚切食パン30g(約1/2枚)
- スペイン風オムレツ 《材料1人分》

卵・・・1個(52g) なす・・・10g
 ロースハム・・・8g 食塩・・・0.1g
 玉ねぎ・・・25g こしょう・・・少々
 生しいたけ・・・20g オリーブ油・・・小1(4g)
 青ピーマン・・・15g ケチャップ・・・10g
 赤ピーマン・・・15g

Table 2 DM食群と対照食群とプラセボ食群

	メニュー		
糖尿病DM食	ロールパン+食パン	スペイン風オムレツ	白甘藷ポターージュ
対照CN食	ロールパン+食パン	スペイン風オムレツ	—
プラセボPR食	ロールパン+食パン	スペイン風オムレツ	さつまいもポターージュ

2.6. 動脈硬化予防効果についての検討

2型糖尿病では、高血糖状態が続くと糖化たんぱく質の生成により、活性酸素を産生し、その産生された活性酸素が過剰になると酸化LDLを生じ、糖尿病の合併症である動脈硬化症を引き起こすことは良く知られている。そこで、この白甘藷が糖尿病の合併症である動脈硬化を予防できるかどうかを検討した。

(1) 脈波伝播速度(PWV)および下肢動脈閉塞の指標(ABI)の測定

コーリンメディカルテクノロジー(株)製の血圧脈波検査装置 Form を使用し、脈波伝播速度 (Pulse Wave Velocity : PWV) および下肢動脈閉塞の指標 (ABI) を測定し、簡便な動脈硬化検査を行った。

PWV とは、脳・心臓血管系に疾患に深く関係する動脈血管壁の硬さを評価する指標であり、動脈が硬いほど心臓から押し出された血液により生じた拍動 (脈波) の伝わり方が速くなるという原理を応用し、2ポイント間の拍動 (脈波) が伝わる速さを測定して、血管壁の硬さを測定する。また baPWV とは、上腕から足関節間の脈波伝播速度のことで、数値が高くなるほど血管壁が硬くなっており、脳・心臓血管系疾患を発症するリスクが高くなることを指標としている。ただし、下肢動脈が狭窄している場合は、baPWV の数値は低くなる。評価基準は、平均値から標準偏差値を超えていると、動脈硬化が進んでいることとなる。

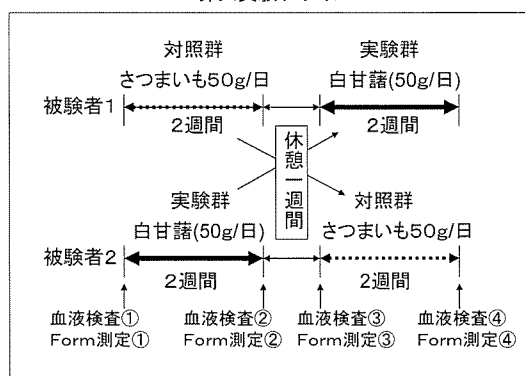
さらに、ABI とは、アテローム性動脈硬化による下肢動脈の狭窄・閉塞を評価する指標であり、四肢の血圧を同時に測定し、 $ABI = (\text{足関節収縮期血圧}) \div (\text{上腕収縮期血圧})$ の式で求め、足の血管の詰まりを結果とする。これにより、下肢動脈の狭窄・閉塞が評価でき、下記のような評価基準に従って、動脈硬化検査を行った。

評価基準	
$0.9 < ABI < 1.3$	正常
$ABI \leq 0.9$	動脈閉塞の疑いがある
$ABI \leq 0.8$	動脈閉塞の可能性が高い
$0.5 < ABI \leq 0.8$	動脈閉塞が1ヶ所はある
$ABI \geq 1.3$	動脈が石灰化している

(2) 実験方法

最初に、健常者(若年者 14 名、中高年者 12 名)の血管壁の硬さ (baPWV) と足の血管の詰まり具合 (ABI) の評価を行った。その後、介入実験を承諾した被験者を選択した。脂質異常症の傾向が認められる 50 代患者と健常者 20 代の 2 名を対象に、Table3 に示した介入実験デザインに従って実施した。ふかした白甘藷を 1 日 50g、2 週間続けて摂取後、血管壁の硬さ (baPWV) と足の血管の詰まり具合 (ABI) を血圧脈波検査装置 Form で測定し、動脈硬化の度合いを摂取前後で比較検討した。第 1 摂取期間と第 2 摂取期間の間に 1 週間の休憩期間を設けて比較検討した。対照群としてのサツマイモを 1 日 50g、2 週間続けて摂取させ、同様の測定を行い、白甘藷との違いを比較検討した。白甘藷 30g で効果を示すと考えられるが、個体差を考慮して増量して 50g に設定した。なお、同時に脂質異常症に関する生化学検査データの調査を血液研究所に委託して実施した。生化学検査データとして、血清総コレステロール、中性脂肪、LDL コレステロール、HDL コレステロール値を検討した。

Table 3 介入実験デザイン



3. 結果と考察

3.1. 白甘藷シャーベットの血糖値変化

対照食群(食事のみ)の場合と介入食群(食事+白甘藷シャーベット)の場合の血糖曲線を Fig.2AB に示した。健常者において、対照食群の場合(Fig.2B)では食後1時間の血糖値にピークを示したが、白甘藷シャーベットを一緒に摂取すると、食後30分値をピークに、その後は顕著な減少傾向を示した。2型糖尿病患者においては、対照食群の場合の食後1時間値の血糖値が、空腹時血糖の約2倍の血糖上昇を示し、3時間値でも空腹時の1.2倍

の血糖値を示した。しかし、白甘藷シャーベットを一緒に摂取した場合の介入食群では、食後30分および1時間値のピーク時に急激な血糖上昇が抑制され、3時間値において、ほぼ空腹時血糖に戻ることが認められた(Fig.2A)。対照食群と介入食群の食後1時間後の血糖値変化を Fig.3 に示したが、糖尿病患者(DM1・DM2)において、顕著に血糖値の減少効果が認められた。糖尿病患者(DM3)では、血糖上昇が抑制され、健常者と同様の血糖曲線を示した。

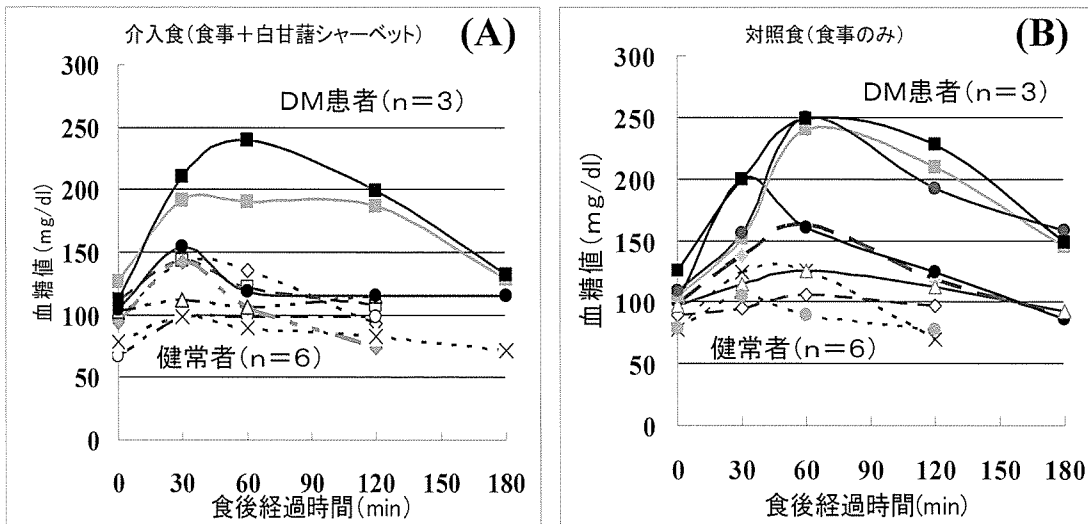


Fig. 2 白甘藷シャーベットにおける血糖値曲線

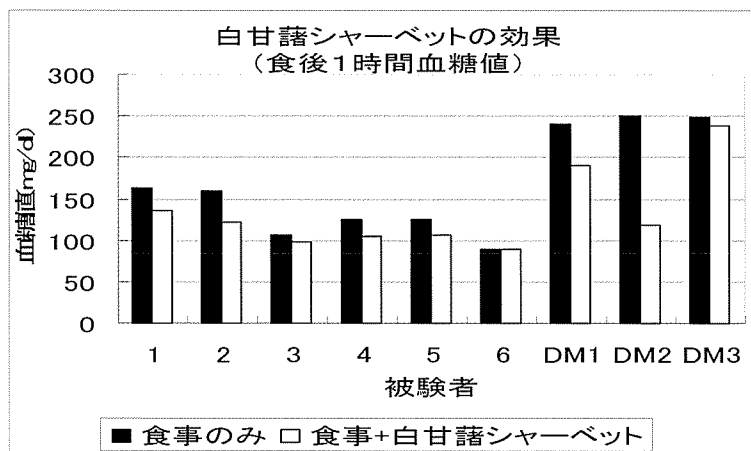


Fig. 3 白甘藷シャーベットにおける食後1時間血糖値

血糖値曲線のパターンには、個人差が認められたが、白甘藷シャーベットを摂取することによって急激な血糖上昇は抑えられ、デザートとして摂取すれば、症状を改善する相乗効果を示すことがわかった。

3. 2. 白甘藷ポタージュにおける被験者の血糖値上昇の比較検討

白甘藷を糖尿病治療食としての有効性を検討した。糖尿病患者2名(59歳男性、81歳女性)と健常者6名を対象に、白甘藷ポタージュ

を含む糖尿病食 (DM 食群) を摂取させ、血糖値を空腹時、食後から30分、1時間、2時間、3時間後に継続的に測定し、血糖値の変化を Fig.4A に示した。さらに、対照食 (CN 食群)の血糖値曲線を Fig. 4 B に示し、サツマイモポタージュによるプラセボ食(PR 食群)を Fig.4C に示し、3群(DM 食群・CN 食群・PR 食群)の血糖値を比較検討した。プラセボ食群(PR 食)の血糖値を比較するために、空腹時血糖値を100とした相対値で表示した(Fig. 5)。

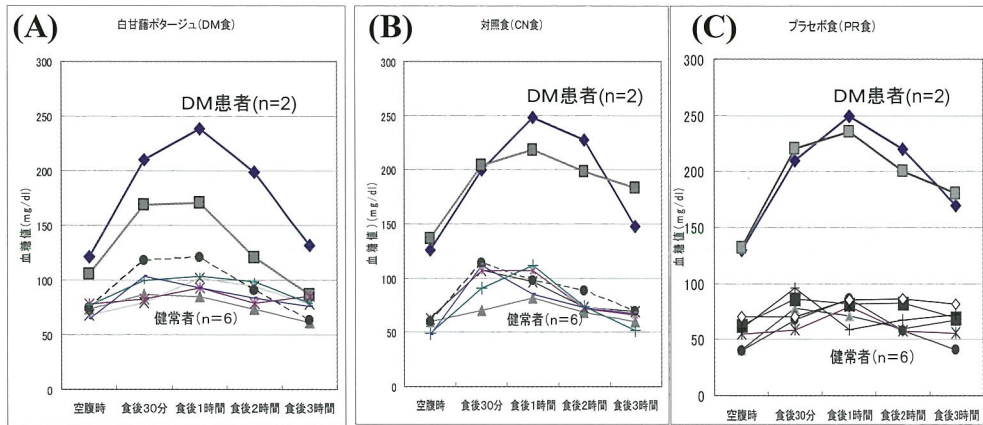


Fig. 4 白甘藷ポタージュによる血糖値曲線 (A)DM食群(白甘藷ポタージュ食)(B)対照食群(CN食)(C)プラセボ食群(PR食)

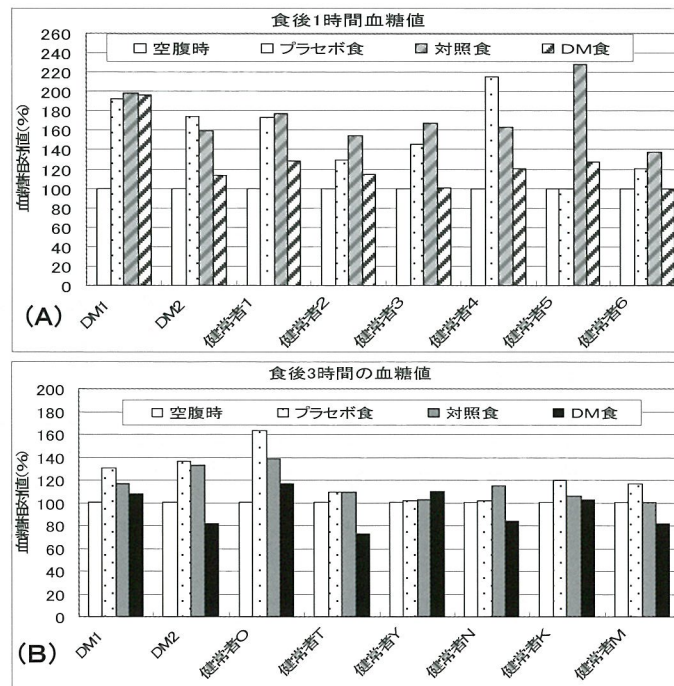


Fig. 5 白甘藷ポタージュによる血糖相対値(A;食後1時間値、B;食後3時間値)

Fig 4に示したように、2型糖尿病患者群は、対照食群 (CN 食) に比べ、白甘藷ポタージュの DM 食を摂取することによって急激な血糖上昇が抑制され、食後 2 時間値および 3 時間値でも血糖値を抑制することがわかった。また、CN 食群や PR 食群 (糖尿病食 + サツマイモポタージュ) よりも、DM 食群の方が、顕著に血糖値降下傾向を示した。

健常者においては、DM 食群の場合、食後 30 分～1 時間血糖値 (ピーク時) が空腹時血糖値に比べて 1.5 倍以上に上昇し、その後、血糖降下作用を示し、食後 3 時間値は、元の空腹時血糖値に戻ることが確認できた。さらに、被験者における CN 食群と DM 食群と PR 食群の各 3 グループ間において、母平均の差の検定 (t 検定) を行った結果、CN 食群と DM 食群において、食後 1 時間及び 3 時

間後の血糖値の変化に有意差が認められた ($p < 0.05$)。そこで、3 グループごとの 1 時間および 3 時間後の血糖値について空腹時を 100 とした相対値で表して比較した (Fig. 5)。その結果、糖尿病患者および健常者の両者において、対照食群やプラセボ食群に比べ、顕著に血糖値は抑制されることが判明した。

3.4. 動脈硬化検査の結果

脈波伝播速度 (Pulse Wave Velocity : PWV) および下肢動脈閉塞の指標 (ABI) を測定し、簡便な動脈硬化検査を行った結果を Table. 4 に示した。ABI および PWV 値は、2 回測定 (1 回目の測定し、その後 5 分以上安静にして 2 回目の測定) した結果を平均値で表した。

Table 4 被験者における脈波伝播速度値の結果 (中高年者・若年者)

被験者	年齢	身長cm	体重kg	BMI	血圧mmHg		心拍数/分	動脈の硬さ 年齢	baPWV		ABI	
					収縮期	拡張期			右	左	右	左
1	40	165	55	20.2	102	66	65	硬め	1398	1301	1.07	1.01
2	41	163	60	22.6	122	69	62	A	1164	1195	1.18	1.19
3	44	150	44	19.6	111	70	86	やや硬め	1078	1276	1.03	1.02
4	50	161	46.5	17.9	121	76	59	硬め	1395	1419	1.11	1.11
5	52	160	55	21.5	107	70	69	A	1268	1267	0.96	1.18
6	54	160	49.5	19.3	119	66	129	A	1230	1235	0.96	1.07
7	58	150	53	23.5	124	84	70	A	1358	1367	1.15	1.09
8	60	166	57	20.7	110	71	55	A	1389	1349	1.26	1.23
9	61	157	47.5	19.3	108	55	52	やや硬め	1537	1519	1.30	1.29
10	62	154	68.5	28.9	139	82	91	硬め	1696	1788	1.06	1.09
11	63	165	56	20.6	110	56	67	A	1129	1201	1.08	1.08
12	69	160	53	20.7	142	80	59	やや硬め	1727	1760	1.07	1.09
13	22	157	48	19.5	98	57	53	A	929	1002	1.00	1.07
14	22	156	51	21	100	61	76	A	1048	1085	1.00	0.99
15	22	163	61	23	111	62	65	A	930	980	1.16	1.09
16	22	165	55	20.2	96	55	56	A	840	943	1.31	1.25
17	21	150	39	17.3	86	47	46	A	880	855	1.17	1.12
18	24	159	47.5	18.8	106	56	67	A	1093	1144	1.06	1.07
19	21	161	52	20.1	99	56	67	A	1014	944	1.29	1.12
20	21	155	55	22.9	94	47	55	A	862	892	1.17	1.17
21	20	167	62	22.2	101	55	73	A	984	930	1.14	1.14
22	20	161	53	20.4	105	63	78	A	789	774	1.25	0.88
23	20	152	40	17.3	81	53	62	A	848	860	1.13	1.07
24	22	160	54	21.1	118	64	98	A	1053	1022	1.03	0.98
25	21	163	46	17.3	98	52	73	A	1021	922	1.09	1.04
26	22	158	65	26	103	63	62	A	1025	1069	1.06	1.05

まず、若年者(20-22歳)14名および中高年者(40歳代~70歳未満)12名のデータをまとめ、若年者と中高年者のデータを比較検討した(Fig.6)。

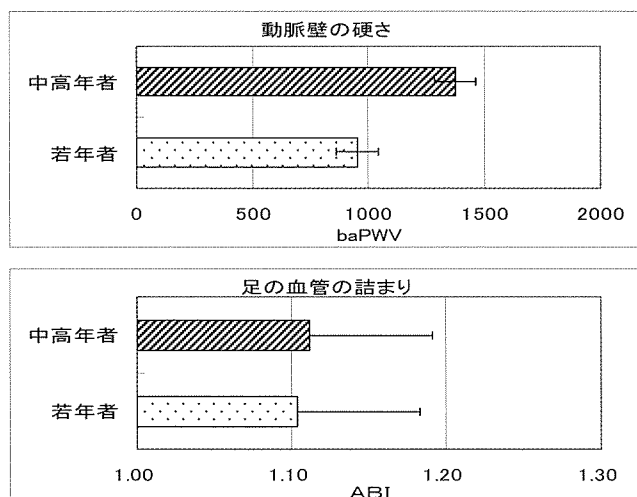


Fig. 6 中高年と若年者の動脈壁の硬さと血管の詰まり

中高年者と若年者を比較すると動脈壁の硬さに、かなりの差が見られ、中高年になるほど動脈壁が硬くなっていることが認められた。ABIは下肢動脈の閉塞を評価する値であるが、被験者全員が正常値(0.9<ABI<1.3)であり、若年者と中高年者との測定値には有意差は認められなかった。

Fig6に示したように、若年者に比べ、中高年者の動脈壁は柔軟性に欠ける結果であったので、白甘藷の摂取と動脈壁の柔軟さの関係を検討した。実験を事前に承諾してもらった糖尿病予備軍であり脂質異常症者の中高年者1名と若年者(健常者)1名を選び、サツマイモをプラセボ群として、白甘藷を摂取する介入実験を実施し、その結果をTable5に示した。また、介入前後で比較し、さらにプラセボ群と比較した相対値をFig.7に示した。

Table 5 健常者と脂質異常症患者の測定結果

対象者	健常者				糖尿病予備軍・脂質異常症			
	22歳		56歳		56歳		56歳	
年齢	22歳		56歳		56歳		56歳	
身長	154cm		150cm		150cm		150cm	
体重	52kg		50kg		50kg		50kg	
BMI	21.9		22.2		22.2		22.2	
介入実験	さつまいも		白甘藷		さつまいも		白甘藷	
	介入前	介入後	介入前	介入後	介入前	介入後	介入前	介入後
収縮期血圧	99	99	105	102	111	107	116	112
拡張期血圧	55	53	59	56	76	70	72	76
心拍数	61	64	74	66	70	68	74	68
中性脂肪 (mg/dl)	60	67	70	76	156	143	186	142
総コレステロール (mg/dl)	131	142	151	159	205	236	226	226
HDLコレステロール (mg/dl)	42	45	56	48	51	59	59	56
LDLコレステロール (mg/dl)	73	80	82	98	117	145	131	129
動脈硬化指数	2.1	2.2	1.7	2.3	3.0	3.0	2.8	3.0
HbA1c(%)	4.7	4.7	4.7	4.7	5.2	5.2	5.1	4.8
空腹時血糖値 (mg/dl)	93	87	90	81	102	109	97	86
baPWV (右)	918	936	1031	941	1233	1161	1377	1175
	(左)	930	942	1016	950	1217	1174	1407
ABI (右)	1.18	1.15	1.06	1.04	1.16	1.19	1.19	1.17
	(左)	1.15	1.12	1.04	1.07	1.11	1.23	1.14

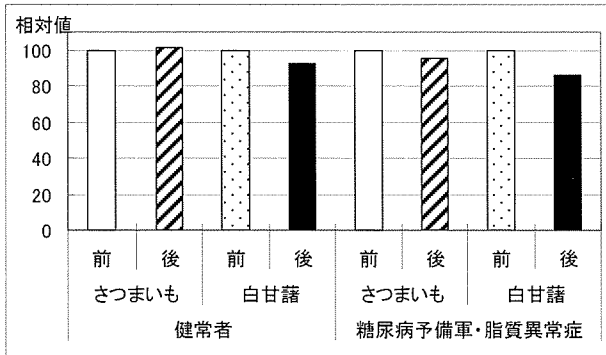


Fig. 7 介入前後における動脈壁の硬さ(baPWV)の相対値

介入実験では、健康者、脂質異常症患者（および糖尿病予備軍）ともに、血管の硬さを表すbaPWVの値が低くなった。健康者92.4%、脂質異常者85.4%となり、健康者では7.6%、脂質異常者では14.6%減少し、脂質異常症患者では約2倍の減少効果が認められ、白甘藷を摂取する方が、より高い効果が認められ、血管の柔軟さが改善できる可能性を得た。

一方、足の血管の詰まり具合を示すABIでは、変化は認められなかった。この数値が0.9以下になると、下肢の動脈硬化の疑いが出てくるが、白甘藷の摂取後、健康者、脂質異常症患者間で変化は無かった。今回の白甘藷の摂食介入実験では、動脈壁の柔軟さ改善する可能性は得られたが、下肢血管の詰まり具合を解消するまでには至らなかった。

血液生化学検査では、脂質異常症患者群は、白甘藷シャーベット摂取で中性脂肪値が186mg/dlから142mg/dlと大幅な減少するとともに血糖値およびHbA1c値も改善された。白甘藷が糖尿病の合併症である動脈硬化予防の可能性の実験を検討した結果、中性脂肪値が減少して、動脈壁の柔軟さを改善する可能性が認められた。しかし、サツマイモの効果は認められなかった。さらに、白甘藷は、脂質異常症患者（糖尿病予備軍）の血清中性脂肪値およびヘモグロビンA1c値を減少さ

せた。この結果により、白甘藷は、血管壁の硬さを改善する可能性を秘めていることが分かった。しかし、被験者が少ないので被験者数を増やして検証を行う必要がある。

我々は、この論文において、2型糖尿病の予防対策として、白甘藷が栄養機能食品としての可能性を示唆することを報告しようとするものである。白甘藷シャーベットでは2型糖尿病患者において、食事と共にデザートとして摂取した場合、摂取後3時間値で、ほぼ空腹時血糖値に戻ることが認められた(Fig. 2)。通常、糖尿病患者ではデザートを摂取することが少ないため、デザートとして使用して、症状の改善に効果を示すことが明確となり、相乗効果が示唆され、栄養機能食品として抵抗なく摂取できることを検証した。

さらに、白甘藷ポタージュのDM食群では、2型糖尿病患者および健康者両者において、対照食群やプラセボ食群に比べ、食後1時間後の血糖値上昇が抑えられ、3時間後でも血糖値の抑制が顕著に認められた。また、白甘藷摂取群は、動脈血管壁の柔軟さを表す値(PWV)が健康者では7.6%、脂質異常症患者では14.6%改善されることが検証された。

以上の結果、新たに創案した白甘藷シャーベットおよび白甘藷ポタージュは、栄養機能性食品として、糖尿病の予防・症状改善に寄与できることが示唆された。しかし、今回の実験では、糖尿病被験対象者がわずか2～3名であったので、今後は、被験者数を増加するとともに、実施期間を4～8週間に摂取期間延長し、さらに食事記録を詳細に調査することを計画している。

文献

1. World Diabetes: A Newsletter from the World Health Organization. Geneva, September(1995),
- 2.健康・栄養情報研究会編;厚生労働省 平成19年国民健康・栄養調査報告 (2009), 第一出版、東京
- 3.厚生科学審議会地域保健健康増進栄養部会:「健康日本21」中間評価報告書 (2007)
4. Zykova S.N., Jenssen T.G., Berdal M., Otsen R., Myklebust R. and Seljelid R.: Altered cytokine and Nitric oxide secretion in vitro by macrophage from diabetic type 2-like *ab/ab* mice. *Diabetes*, 49,1451-1458 (2000)
5. Josefsen K., Nielsen H., Lorentzen S., Damsbo P. and Buschard K., Circulating monocytes are activated in newly diagnosed type 1 diabetes mellitus patients. *Clin. Exp. Immunol.*, 98, 489-493 (1994)
6. Desfatts A.C., Serri O. and Renier G., Normalization of plasma lipid peroxides, monocyte adhesion, and tumor necrosis factor-production in NIDDM patients after gliclazide treatment. *Diabetes Care*, 21, 487-493(1998).
- 7.Giacco R., Parillo M., Rivellese A.A., lasorella G., Giacco A., Episcopo L. D. and Riccardi G.. Long-term dietary treatment with increased amounts of fiber-rich low-glycemic index natural foods improves blood glucose control and reduces the number of hypoglycemic events in type 1 diabetic patients. *Diabetes Care*, 23, 1461-1466(2000).
8. Kusano S., Abe H. and Okada A., Study of antidiabetic activity of white skinned sweet potato (*Ipomea batatas L.*); Comparison of normal and streptozotocin induced diabetic rats and hereditary diabetic mice. *Nippon Nogeikagaku kaishi* 72, 1045-1052(1998)
9. Kusano S. and Abe H. Antidiabetic activity of white skinned sweet potato (*Ipomea batatas L.*) in obese Zucker fatty rats. *Biol. Pharm. Bull.*, 23, 23-26(2000)
10. Kusano S., Abe H. and Tamura H., Isolation of antidiabetic components from White-skinned sweet potato (*Ipomea batatas L.*), *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 65, 109-114(2001)
11. Kajimoto O., Yamamoto T., Kajimoto Y., Takahashi R., Tamura H., Aki O., Kusano S. and Okada A., Long-term administration of white skinned sweet potato-contraining food for drug-free individuals with NIDDM. *Healthy nutritional food research* 2, 1-12 (1999)
12. Pacini G. and Ludvik B., Action of caiapo on glucose tolerance in type-2 diabetic subjects. The 60th Annual Meeting of the American Diabetes Association, 467(2000)
13. Ludvik B. Mahdjoobian K., Waldhaeusl W., Hofer A., Prager R., Willer A. K. and Pacini G., The effect of *Ipomea batatas* (Caiapo) on glucose metabolism and serum cholesterol in patients with Type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 25, 239-240(2002).
14. Ludvik B., Neuffer B. and Pacini G., Efficacy of *Ipomea batatas* (Caiapo) on diabetes control in type-2 diabetic

- subjects treated with diet. *Metabolism*, 52, 875-880(2003)
- 15.久保明、安芸修躬:自然の恵み カイアポイもで糖尿病に打ち勝つ, pp.116-132 (1997), ビジネス出版
- 16.宮崎由子:カイアポイモで糖尿病を克服する本, pp.64-79(2004) きこ書房
- 17.Miyazaki Y, Doi H, Kusano S and Aki Y., Stimulatory effect of antidiabetic ingredients from *Ipomoea batatas* on phagocytosis, phagosome-lysosome fusion and intracellular signal-transduction system by human neutrophils. *Japanese biochemical Society* 75, 872(2003)
- 18.Doi H and Miyazaki Y., Detection of neutrophils activating component in a white skinned sweet potato (*Ipomoea batatas*). Annual Report of Institute for Biosciences Mukogawa Womens University 8, 85~92(2003)
- 19.Doi H and Miyazaki Y., Detection of neutrophils activating component from sweet potato. International Workshop on *Ipomoea batatas* in diabetes care Osaka, JAPAN(2003)
- 20.Miyazaki Y, Kusano S, Doi H and Aki Y., Immune response of antidiabetic ingredients from white-skinned sweet potato (*Ipomoea batatas*), *Nutrition* 21, 358~362(2005)
- 21.Hill H.R., Augustine N.H., Rallison M.L. and Santos J.I., Defective monocytes chemotactic response in diabetes mellitus. *Clin. Immunol.*, 3, 70-77(1983)
- 22.Katz S., Klein B., Elian I., Fishman P. and D'AldeTTi M., Phagocytotic activity of monocytes from diabetic patients. *Diabetes Care*, 6, 479-482(1983)
23. Geisler C., Almdal T., Bennedsen J., Rhodes J.M. and Kolendorf K., Monocyte function in diabetes mellitus. *Acta Path.Microbial. Immunol. Scand Sect C.* 90, 33-37(1982)
- 24.藤井正満、高岸和子:腎不全の食事アドバイス, pp.102(2003) 大阪厚生年金病院資料
- 25.大野佳美、富安郁子、和辻敏子:調理学, pp.53-60(1995) 理工学社
- 26.玉川和子、口羽章子、松下ツイ子:臨床栄養学実習書第9版, pp.76-81(2003), pp.175-188(2005) 医歯薬出版、東京

責任編集者:土井 裕司

The possibility of nutritional functional foods using white sweet potato

Yoshiko Miyazaki^{1*}, Chikako Hiyama¹, Tomoko Nakata²

¹*Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Human Economics, Kyoto Women's University, 35 Kitahiyoshi-cho, Imakumano, Higashiyama-ku, Kyoto, 605-8501, Japan,*

²*Department of Clinical Nutrition, Hyogo College of Medicine Hospital 1-1 Mukogawa-cho, Nishinomiya, 663-8501, Japan*

ABSTRACTS

The antidiabetic action of white sweet potato (*Ipomoea batatas* L.; Caiapo), a functional, easily ingested food, was investigated in order to determine its possible role in the prevention of type 2 diabetes. Subjects comprised six healthy persons and three type 2 diabetes patients. First, the effects of a white sweet potato sherbet on blood glucose levels were examined by dividing subjects into two groups: a control ingestion group, in which subjects ate a normal lunch; and an intervention ingestion group, in which subjects ate white sweet potato sherbet (Caiapo sherbet; 0.7 units, 56 kcal) as a dessert after the control meal. Three hours after eating, blood glucose levels were compared between healthy subjects and subjects with diabetes in the two groups.

The blood glucose level 3 hours after eating in subjects with type 2 diabetes in the control ingestion group was about 1.5 times the fasting blood glucose level. However, in the intervention ingestion group, blood glucose level in both healthy subjects and subjects with diabetes 3 hours after eating was approximately equal to the fasting blood glucose level.

Next, the effects of a white sweet potato potage on blood glucose levels were investigated in three groups: a diabetic diet group (DM; total of 5.8 units), in which subjects ate a meal including white sweet potato potage (Caiapo potage; 1 unit, 80 kcal); a control group (CN; 4.8 units); and a placebo group (PR), in which subjects ate regular sweet potato potage (1 unit) in addition to the control meal (4.8 units). Three hours after eating, blood glucose levels were compared between healthy subjects and subjects with diabetes in the three groups.

The investigation of the white sweet potato potage revealed that, in the DM group, the rise in blood glucose level 1 hour after eating in both subjects with type 2 diabetes and

healthy subjects was lower than that in the CN and PR groups. Three hours after eating, blood glucose level in subjects with diabetes in the DM group was approximately equal to the fasting blood glucose level.

Blood-pressure pulse wave data (PWV; index of the hardness of artery walls) and blood biochemical values were then investigated in order to consider the influence of white sweet potato ingestion on arteriosclerosis, which is one complication of diabetes. Subjects ate steamed white sweet potato (Caiapo; 50 g/day) continuously for 2 weeks, after which PWV and ankle-brachial index (ABI) values were measured using a single-blind method. After a 1-week break, subjects then ate steamed sweet potato (50 g/day) for 2 more weeks and PWV and ABI measurements were again performed. Before and after each 2-week trial, blood biochemical tests were carried out in order to determine serum triglyceride and hemoglobin A_{1c} values.

In healthy subjects, PWV values after 2 weeks of continuous white sweet potato (Caiapo) ingestion decreased by 7.6% compared to the start of the intervention; in subjects with type 2 diabetes, PWV values decreased by 14.1% compared to the start of the intervention. In contrast, the regular sweet potato had no effect on PWV values in healthy subjects or in subjects with diabetes.

In addition, in subjects with type 2 diabetes, white sweet potato ingestion decreased serum triglyceride and hemoglobin A_{1c} values.

These results suggest that white sweet potato ingestion may have antidiabetic and antiarteriosclerotic effects.

Key words: White sweet potato, Type 2 diabetes, Nutritional functional foods, Blood glucose level, Arteriosclerosis prevention

