

パラチノースに関する新たな知見

檜村 淳, 永井幸枝, 清水健夫, 江橋 正
(新三井製糖株式会社 茅ヶ崎研究所)

New Findings of Palatinose Function

Jun KASHIMURA, Yukie NAGAI, Takeo SHIMIZU, Tadashi EBASHI
(Chigasaki Laboratory, Shin Mitsui Sugar Co., Ltd.)
1-2-14 Honson, Chigasaki-shi, Kanagawa 253-0042

パラチノースは「虫歯にならない糖」^{(1),(2)}として、販売開始からすでに10数年が経過している。その間に、虫歯コンセプトという意味では、糖アルコールなどの競合品が多数市場に出てきており、これらの糖とパラチノースとの差別化が難しくなってきた。そこで我々はパラチノースについて、素材としてのポテンシャルをもう一度見直すことにし、パラチノースの特性について様々な角度から検討した。

そこで、パラチノースは血糖値上昇が穏やかな点^{(3),(4)}に着目し、この特性に起因する新しい機能を模索した。その結果、パラチノースにいくつかの新しい機能を見出したので報告する。

実験方法

1 集中力持続効果

(1) 単純計算能力に及ぼす影響

1) 試験法：パラチノースによる集中力持続効果を評価するために、内田クレペリンテスト⁽⁵⁾を実施した。内田クレペリンテストとは、本来、適性検査や性格検査などに用いられる検査であるが、試験が単純でかつ能力を定量的に評価できるので、本試験を集中力持続効果の評価方法として採用した。内田クレペリンテストは、一列に並んだ一桁の整数があり、この隣り合う数字の和を計算し、隣り合う数字の間の下側にその和の下一桁の数字を記入する作業を、左から順番に1分間できるだけ多く記入して行き、これを1回の試験で15回、15分間続けて行うものである。本試験では、1分間当たりの平均正解数の変動で集中力を評価した。

2) 対象：健康なボランティア14名(男11名, 女3名 平均年齢40.2才)を年齢順にパラチノース群と蔗糖群の2

群に振り分けた。パラチノース群は男6名, 女1名の構成, 蔗糖群は男5名, 女2名で構成した。被験者の平均年齢は2群間に差はほとんどなかった。被験者には試験開始前の12時間は、水以外の飲食物を摂取しないように指導した。

3) 摂取サンプル：摂取するサンプルは、蔗糖群では蔗糖40g入りの飲料200mlとした。一方、パラチノース群の飲料には、蔗糖群の飲料と甘味度が同じになるように、パラチノース40gにアスパルテーム0.06gとアセスルファムカリウム0.06g加えた飲料200mlとした。

4) 試験スケジュール：被験者には摂取前(0分)として早朝空腹の状態の内田クレペリンテストを15分間実施した。次に前述3)のそれぞれの飲料を5分以内に摂取させ、摂取90分後に2回目、150分後に3回目のテストを実施した。

(2) 系列記憶能力に及ぼす影響

1) 系列記憶テスト：パラチノースによる集中力持続効果を評価するために、内田クレペリンテスト以外にも系列記憶テストを実施した。系列記憶テストとは、被験者に異なる5桁の数字を2秒間ずつ、連続して5回記憶させ、これを1セットとして、連続して5セットの試験を行った。回答は1セットが終了した時点でセットごとに行った。その数字の順番と、数字が合っていた場合に正解とし、5セットで25点満点とした。5セットで総正解数の増減で集中力を評価した。

2) 対象：健康なボランティア14名(男11名, 女3名 平均年齢37.1才)を年齢順にパラチノース群と蔗糖群の2群に振り分けた。パラチノース群は男6名, 女1名で蔗糖群は男5名, 女2名の構成で、平均年齢はほぼ同じであった。

3) その他の試験条件：摂取サンプル及び試験スケジュー

ルは、基本的に前述(1)の単純計算能力に関する試験と同じとした。

(3) 最小有効摂取量に関する試験

集中力持続効果に関して、パラチノースの最小有効摂取量を内田クレペリンテストを用いて検討した。基本的な試験方法は前述(1)の計算能力に関する試験と同じとした。対象は健康なボランティア14名(男10名, 女4名 平均年齢32.8才)を年齢順にパラチノース5g摂取群とパラチノース10g摂取群の2群に振り分けた。パラチノース5g摂取群は男4名, 女3名の構成, パラチノース10g摂取群は男6名, 女1名の構成で平均年齢はほぼ同じとした。摂取サンプルは, パラチノース5g摂取群が, パラチノース5g+アスパルテーム0.018g+アセスルファムカリウム0.018g飲料^{*}, 一方, パラチノース10g摂取群は, パラチノース10g+アスパルテーム0.012g+アセスルファムカリウム0.012g飲料^{*}とした。

(4) 統計処理

集中力持続効果に関する統計処理方法は, すべて「対応のないt検定」を用いて行った。

2 リラックス効果

(1) パラチノースのリラックス効果

1) リラックス度の測定: パラチノースのリラックス効果は, 脳波計を用いて α 波を測定することにより検討した。脳波の測定は, 脳波計5500(NEC三栄株式会社製)を用いた。脳波測定部位は国際脳波学会標準法(10-20法)に基づく19部分位とし, 両耳朶を基準電極とした。脳波の解析にはATALAS for Windows(キッセイコムテック株式会社製)を用いた。測定した脳波データは, リラックスした状態の指標となる α 波(α -1波)について, 電位マッピングを用いてトポグラフ化した。次いでトポグラフの全面積に対する α -1波放出部面積の占有率を求め, 全トポグラフで平均化し, 平均 α -1波放出率として表した。

被験者ごとに初期値(飲料摂取前の平均 α -1波放出率の数値)を1.0とし, 作業負荷後の平均 α -1波放出率を算出し比較に用いた。

2) 対象: 被験者は健康なボランティア12名(男11名, 女1名 平均年齢23.8才)とした。また被験者には試験開始前の12時間は, 水以外の飲食物を取らないように指導した。

3) 摂取サンプル: 摂取するサンプルは, 蔗糖群が蔗糖40g飲料^{*}, パラチノース群には, 蔗糖群の飲料と甘味度

が同じになるように, パラチノース40g+アスパルテーム0.05g+アセスルファムカリウム0.05g飲料^{*}とした。それぞれの摂取サンプルには「A」と「B」とのみ表示し, 被験者には, どちらの飲料かわからないようにした。

4) 試験スケジュール: 被験者を2群に振り分け, 最初の試験では前述3)の「A」または「B」のサンプルをそれぞれの群に摂取させた。次の試験では, それぞれ逆のものを摂取させた。被験者には摂取前(0分)として早朝空腹の状態で, 安静閉眼時の脳波を5分間測定した。次に前述の「A」または「B」のそれぞれの飲料を5分以内に摂取させた。被験者は飲料摂取後, 安静にして通常の生活をしてもらい, さらに130分後に, 約20分間ワープロ作業を行わせることで負荷をかけた後, ただちに安静閉眼時の脳波を5分間測定した。

(2) パラチノースとテアニンの効果

テアニンは, お茶などに含まれる成分であるが, α 波の放出を増強させる効果があることが知られている⁽⁶⁾。そこでパラチノースとテアニンの組み合わせによる効果を検討した。試験方法は, 基本的に前述(1)のパラチノースのリラックス効果と同様であるが, 被験者は10名(男8名, 女2名 平均年齢24.0才)とした。また, 摂取サンプルは, パラチノース群に対しては, パラチノース17.1gに水を加えて380gに調製した飲料, パラチノース+テアニン群に対しては, パラチノース17.1g+テアニン100mgに水を加えて380gに調製した飲料とした。脳波の測定は, 摂取前, 摂取60分後, 150分後の3回とした。また, この時の試験ではワープロ作業による負荷はかけなかった。

(3) 最小有効摂取量

パラチノースによるリラックス効果に関する最小有効摂取量を検討するため, パラチノース5g+アスパルテーム0.018g+アセスルファムカリウム0.018g飲料^{*}を被験者9名(男8名, 女1名 平均年齢21.8才)に摂取させた。試験方法は基本的に前述(1)のパラチノースのリラックス効果の試験と同じとした。

(4) 統計処理

リラックス効果に関するデータの統計処理方法は, すべて「対応のあるt検定」を用いて行った。

3 血糖値抑制効果

(1) 蔗糖に対する血糖値抑制効果

1) 対象: 被験者は健康なボランティア5名(男4名, 女1名 平均年齢35.8才)とした。一連の試験を同一被験者で行った。また, 被験者5名についても同様とした。

* 水を加えて全体として190gに調製したもの

被験者には試験開始前の12時間は、水以外の飲食物を取らないように指導した。

2) 摂取サンプル：摂取サンプルは、蔗糖50g飲料^{*}、蔗糖25g飲料^{*}、蔗糖25g+パラチノース25g飲料^{*}の3種類とした。

3) 試験スケジュール：被験者は朝、空腹の状態で血糖値を簡易測定器(キッセイ薬品工業株式会社製 フリースタイル)を用いて、初期(0分)血糖値を測定した。次に、被験者に蔗糖50gの飲料を5分以内に摂取させ、摂取後30分ごとに120分後まで血糖値を測定した。また、蔗糖25g+パラチノース25g飲料及び蔗糖25g飲料についても同様な方法で、同一の被験者に対して、それぞれ別の日に試験した。

(2) グルコースに対する血糖値抑制効果

前述(1)の蔗糖に対する血糖値抑制効果試験と同じ被験者を用い、同様の試験方法で、グルコースに対する血糖値抑制効果を検討した。摂取サンプルは、グルコース25g飲料^{*}と、グルコース25g+パラチノース25g飲料^{*}の2種類とした。さらにパラチノースの添加割合とその抑制効果の関係を明らかにするため、パラチノースとグルコースの総量を50gに固定して、その比率を変えて検討した。すなわち、摂取サンプルはグルコース35g+パラチノース15g飲料^{*}、グルコース42.5g+パラチノース7.5g飲料^{*}とした。

(3) 統計処理

血糖値抑制効果に関する統計処理方法は、すべて「対応のあるt検定」を用いて行った。

結 果

1 集中力持続効果

(1) 単純計算能力に及ぼす影響

パラチノース摂取がヒトの単純計算能力に及ぼす影響をFig. 1に示した。蔗糖摂取群及びパラチノース摂取群ともに摂取後90分の時点では、初期値に対して有意に計算能力が上昇した。摂取150分後では、蔗糖摂取の場合には、90分後の時点よりも明らかに低下し、初期値に対して有意な差はなくなった。一方、パラチノース摂取では、摂取150分後でも、90分後の値よりも若干低下したが、依然初期値に対して有意に高かった。

(2) 系列記憶能力に及ぼす影響

系列記憶テストの結果は、単純計算能力の結果とよく似た結果であった(Fig. 2)。すなわち摂取90分後までは、蔗糖摂取群、パラチノース摂取群ともに有意に正解数の

ポイントが上昇したが、150分後では蔗糖摂取群の値は90分後より低下したが、パラチノース摂取群はやや上昇した。

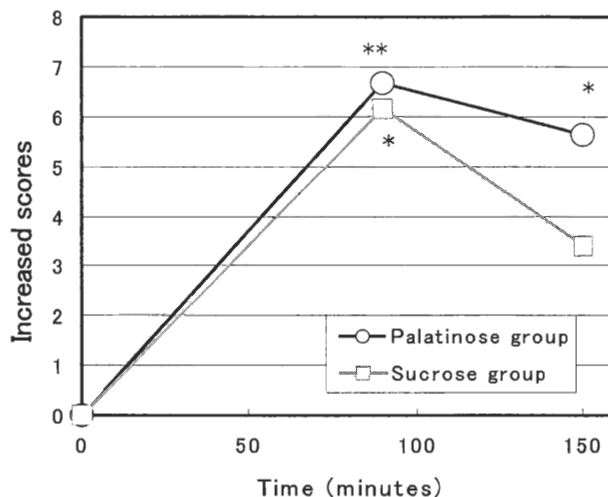


Fig. 1 Effect of palatinose on simple calculation ability in humans

*:Significant difference at $p<0.05$ level compared with baseline.

** :Significant difference at $p<0.01$ level compared with baseline.

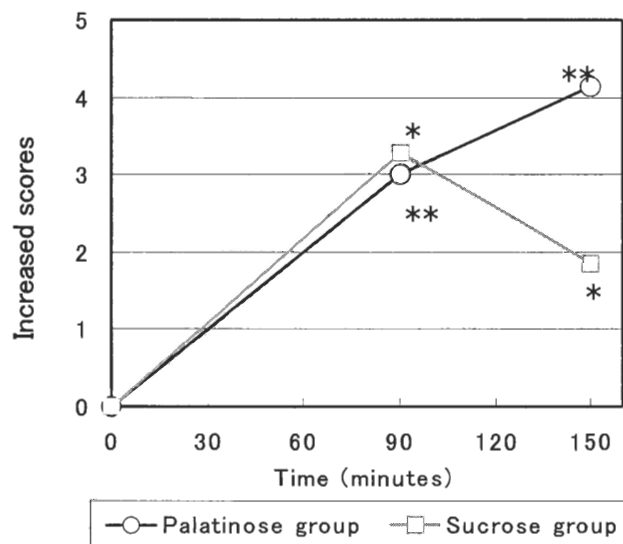


Fig. 2 Effect of palatinose on faculty to memorize figures in humans

*:Significant difference at $p<0.05$ level compared with baseline.

** :Significant difference at $p<0.01$ level compared with baseline.

(3) 最小有効摂取量に関する試験

パラチノースが蔗糖同様に、集中力を向上させ、さらにその効果が蔗糖よりも長い時間持続することは、前述(1), (2)の実験で明らかになった。パラチノースによる集中力持続効果が、どれくらいの摂取量で有効なのかについてはFig. 3に示した。パラチノースの摂取量5gと10gと比較すると、10gの方が、90分後、150分後ともに値が高く、有意水準も高かった。しかしながら、5g摂取でも90分、150分ともに初期値と比べて有意に高い値であったことから、5g摂取でも有効であることが明らかになった。

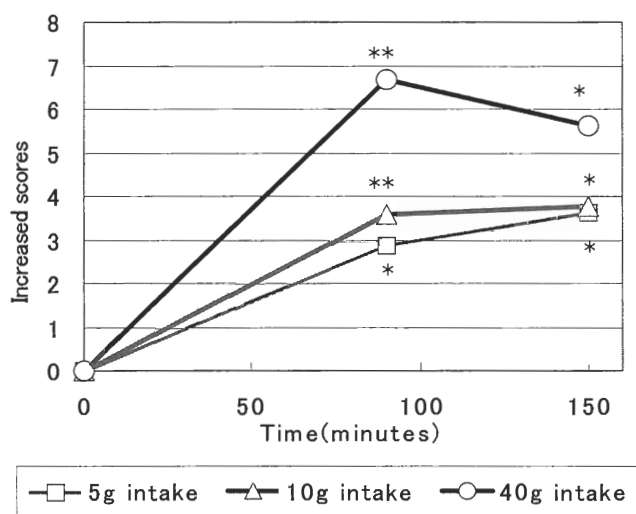


Fig. 3 Minimum effective dose of palatinose to elevate simple calculation ability in humans

*: Significant difference at $p < 0.05$ level compared with baseline.

**: Significant difference at $p < 0.01$ level compared with baseline.

2 リラックス効果

(1) パラチノースによるリラックス効果

パラチノースを40g摂取した場合、 α -1波の放出を表すトポグラフの変化は、明らかであった。一般に α -1波は頭頂よりも後の後頭部の方から出やすいとされているが、パラチノース摂取により、単に放出強度が上がっただけでなく、頭全体から放出されるようになった。パラチノースの摂取による平均 α -1波放出率への影響をFig. 4に示した。

すなわち、パラチノース摂取(40g)は、蔗糖摂取(40g)よりも摂取150分後の時点では明らかに平均 α -1波の放出率が高く、初期値に対して有意差($p < 0.01$)が認められた。

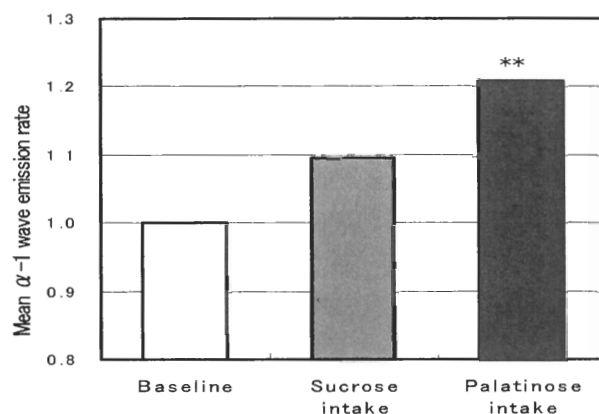


Fig. 4 Effect of palatinose on mean α -1 wave emission rate in humans

**: Significant difference at $p < 0.01$ level compared with baseline.

(2) パラチノースとテアニンの効果

パラチノース(17.1g)とパラチノース(17.1g)+テアニン(100mg)による平均 α -1波放出率に及ぼす影響をFig. 5に示した。パラチノース摂取(17.1g)及びパラチノース(17.1g)+テアニン(100mg)摂取ともに60分、150分後とも、平均 α -1放出率が初期値に対して有意($p < 0.05$)に上昇した。パラチノース単独摂取よりもパラチノース+テアニン摂取の方が、60分後、150分後ともに高かった。また、パラチノース単独摂取の場合、60分後よりも、150分後の値の方がやや高かった。一方、パラチノース+テアニン摂取の場合、60分後の値の方が、150分後の値よりも高かった。

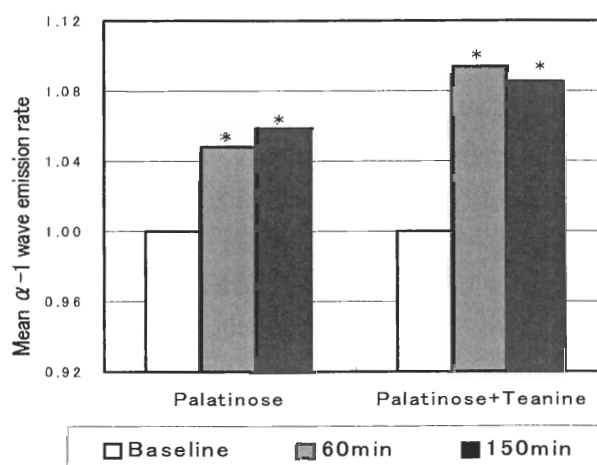


Fig. 5 Comparison of mean α -1 wave emission rate after palatinose ingestion and palatinose + teanine ingestion.

*: Significant difference at $p < 0.05$ level compared with baseline.

(3) 最小有効摂取量

リラックス効果について、パラチノースの摂取量が5gの場合の結果をFig. 6に示した。集中力持続に関して、有効摂取量は5g以上と推察されたが、リラックス効果でも5gで有意な効果が認められた。

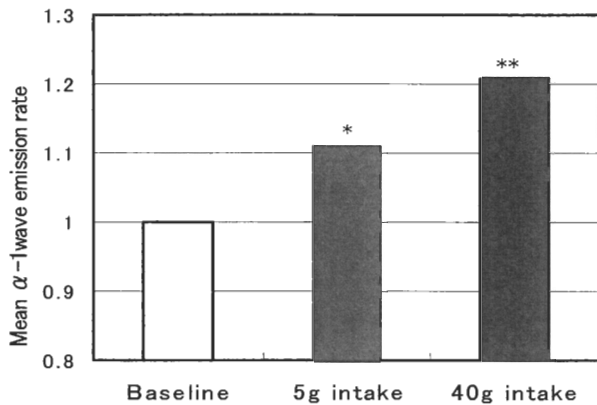


Fig. 6 Minimum effective dose of palatinose to increase mean α -1 wave emission rate

*: Significant difference at $p < 0.05$ level compared with baseline.

**: Significant difference at $p < 0.01$ level compared with baseline.

3 血糖値抑制効果

(1) 蔗糖に対する血糖値抑制効果

パラチノース25gと蔗糖50gを同時に摂取した場合の血糖値曲線下面積(AUC)は、蔗糖50gを摂取した場合は当然として、蔗糖25gを単独で摂取した場合よりも明らかに小さくなった(Fig. 7)。これはパラチノースが蔗糖

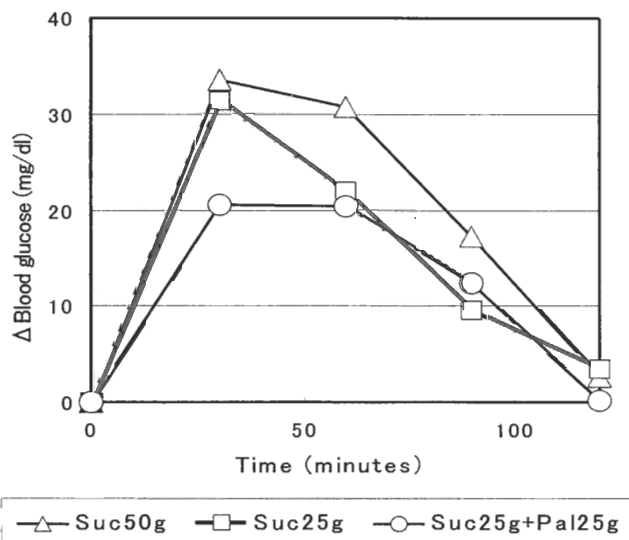


Fig. 7 Effect of palatinose intake on increases of blood glucose induced by sucrose intake in humans.

の血糖値上昇を抑制することを示している。

(2) グルコースに対する血糖値抑制効果

蔗糖に対するパラチノースの血糖値抑制効果が確認されたので、続いてグルコースについても試験した。その結果、パラチノースはグルコースに対しても血糖値抑制効果があることが明らかになった(Fig. 8)。また、グルコースとパラチノースの割合を変えて、グリセミックインデックス(GI)⁽⁷⁾に換算して表したグラフは、Fig. 9のようになった。グルコースに対してパラチノースの添加割合が50%のとき、GI値はパラチノース100%のGI値とほとんど変わらないレベルに抑制されることが明らかになった。

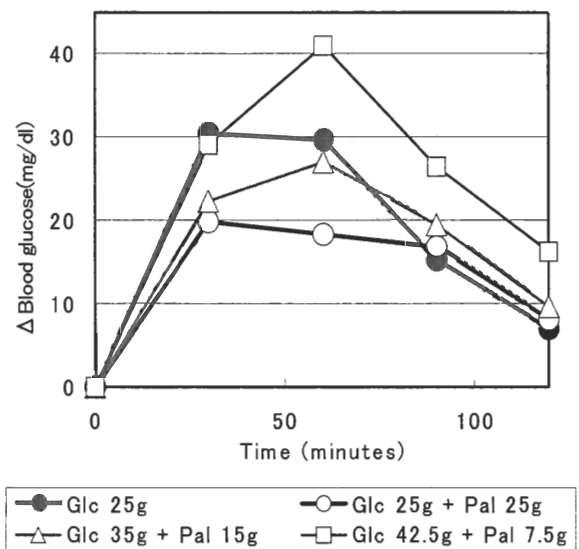


Fig. 8 Effect of palatinose intake on increases of blood glucose induced by glucose intake in humans

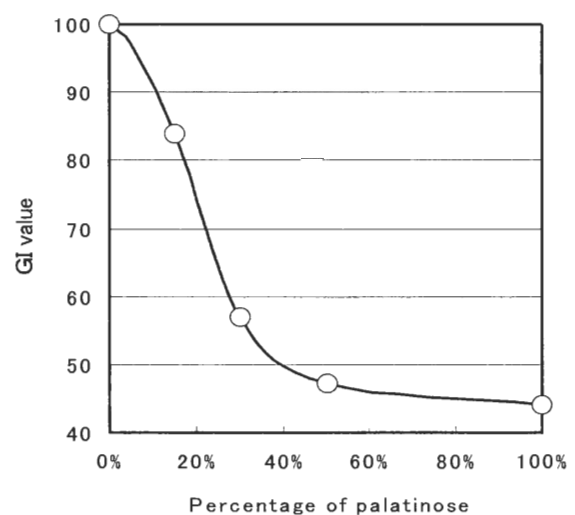


Fig. 9 Relationship between the percentage of palatinose to total and GI values

考 察

1 集中力持続効果

他の器官とは異なり、脳のエネルギー要求量はほとんど例外なく有酸素的なグルコースの分解によって満たされている。脳のエネルギー要求はずば抜けて大きい。脳の重量は体重の2%にすぎないのに対して、安静時の脳のエネルギー消費量は、身体全体の約20%にもなるのである。その一方、脳のエネルギー貯蔵は、極端に少なく、基礎代謝レベルでの消費率でも、脳に存在するグルコースは10~15分程度で消費されてしまうのである⁽⁸⁾。したがって、脳は血液からのグルコースの断続的供給に依存しているのである。一方、最近のポジトロン放射断層撮影法(PET scan)による研究で、例えば特別な認識作業をさせると大脳の中でその認識作業の情報処理を盛んに行う部位にグルコースが集まることが明らかになった^{(9), (10)}。また、Partridgeは、グルコースの需要が非常に高い時、脳の代謝が活発な部分が局部的に低糖状態になる傾向がある⁽¹¹⁾と推察した。また血糖の供給は難易度の高いStoopテスト⁽¹²⁾や、素早く選択させる選択反応時間テスト⁽¹³⁾やボルテルス迷路⁽¹⁴⁾などの成績に影響することがわかっている。これらの結果は、より難易度の高い作業や作業時間が長い場合の作業の後半期が血糖値により影響しやすいことがわかる。

一方、パラチノースはゆっくり消化吸収されるので、血糖値の上昇が穏やかであり、蔗糖やグルコースなどと比べると、長い時間血液にグルコースを供給する。本試験で確認されたパラチノースの集中力持続効果のメカニズムは不明であるが、少なくともパラチノースの血糖値特性に起因するものであると考えられる。

2 リラックス効果

「集中力」と「リラックス」は、全く逆の状態であると考えられているが、脳の状態としては、「よく集中できる状態」というのは、作業をやめると「よくリラックスできる状態」になることを意味していると考えられている。実際グルコース摂取が、脳の覚醒状態や注意力の指標となる α 波の増加を誘発することが報告されている⁽¹⁵⁾。したがって、パラチノースのリラックス効果についても、集中力持続効果と同様にパラチノースの血糖値特性に起因するものと考えられる。

テアニン摂取が、 α 波の放出を促進することが明らかになり、実際に商品に使われ市場に出回っている。テア

ニンは脳の情報伝達物質であるセロトニンを増加させることが報告されている。その効果は、摂取後30分から現れ2時間程度持続するといわれている⁽⁶⁾。本試験のデータでも、パラチノースは、摂取後90分よりも150分の方が平均 α 波の放出率の値が高いのに対して、パラチノース+テアニンでは150分よりも90分の値の方が高かった。これは、リラックス効果に関してテアニンよりもパラチノースの方が持続性があるという可能性を示している。

3 血糖値の抑制効果

パラチノースを摂取した場合、その血糖値がゆっくり上昇し、ゆっくり下降してゆくことは、以前から報告されていた^{(3), (4)}。パラチノースは小腸のイソマルターゼで加水分解⁽¹⁶⁾され、その消化吸收速度は蔗糖の約1/5程度⁽¹⁷⁾とされている。このイソマルターゼはスクラーゼ・イソマルターゼ複合体のとして小腸粘膜上に存在するが、精製した酵素を使った試験で、パラチノースは蔗糖の分解を抑制しないことが確認されている⁽¹⁶⁾。本試験の結果では、パラチノースと一緒に蔗糖を摂取すると、蔗糖に対する血糖値の抑制効果が認められ、かつグルコースに対しても認められる。このことから、パラチノースの蔗糖、グルコースに対する血糖値の抑制効果は、酵素的な阻害ではないものと推察される。パラチノースがなぜ蔗糖やグルコースの血糖値上昇を抑制するのかは、現在のところ明らかではない。今後、パラチノースの血糖値抑制効果について検討する必要がある。

要 約

パラチノース、「虫歯にならない糖」として長い間販売されてきたが、最近になって、いくつかの有用な機能があることが見出された。それは、基本的にパラチノースを摂取した場合に現れる血糖値の上昇特性に由来する機能である。

最初に「集中力持続効果」で、グルコースや蔗糖を摂取すると、計算能力や記憶力が上昇することは知られているが、パラチノースも同様な効果があり、しかも蔗糖やグルコースに比べ、これらの効果がより長い時間(150分以上)持続することが明らかになった。

次に「リラックス効果」であるが、蔗糖を摂取しても、リラックスした状態を示す脳波である α 波の平均放出率がやや上昇したが、パラチノースは、有意に上昇することが判明した。「集中力持続効果」と「リラックス効果」についてはパラチノースの摂取量が5gでも有意な効果

が認められた。またパラチノースは、それ自体が低GIであるだけでなく、蔗糖やグルコースと同時に摂取した場合、これらの糖の血糖値の上昇を抑える働きがあること、また、この抑制効果はパラチノースに用量依存することが新たに判明した。

(本報文は2003年5月15日 第101回精糖技術研究会年次大会で発表)

-
- (1) T. OOSHIMA, A. IZUMITANI, S. SOBUE and S. HAMADA : *Infect. Immun.*, 39, 43~49(1983)
 - (2) 泉谷 明 : 小児歯科学雑誌, 23, 678~694(1985)
 - (3) K. KAWAI et al : *Horm. metabol. Res.* 32, 933~936(1985)
 - (4) K. KAWAI et al : *Horm. metabol. Res.*, 21, 338~340(1989)
 - (5) リクルーティング・セミナー編 : 内田クレペリン検査完全理解マニュアル, p.10~11(土屋書店)(1998)
 - (6) 小林加奈理, 他 : 農化, 72, 153~157(1998)

- (7) W.M.S THOMAS and D.M.S. JENKINS : *Am J Clin Nutr.* 43, 167~172(1986)
 - (8) 中川八郎 : 脳の栄養, p. 6~7 (共立出版)(1988)
 - (9) M.I. POSNER, S.E. PETERSEN, P.T. FOX and M.E. RAICHLE : *Science*, 240, 1627~1631(1988)
 - (10) M. REIVICH and A. ALAVI : *Advances Metab-disord.*, 10, 135~176(1983)
 - (11) W.M. PARTRIDGE : *Nutr. Rev.*, 44, 15~25(1986)
 - (12) D. BENTON, D. S. OWENS and P.Y. PARKER : *Neuropsychologia*, 32, 595~607(1994)
 - (13) D.S. OWENS and D. BENTON : *Neuropsychobiol.* 30, 106~113(1994)
 - (14) R.T. DONOHOE and D. BENTON : *Psychopharmacol.* 145, 378~385 (1999)
 - (15) 中川八郎 : 脳の栄養, p.34~35(共立出版)(1988)
 - (16) 合田敏尚, 細谷憲政 : 栄食誌, 36, 169~173(1983)
 - (17) Y. TSUJI, K. YAMADA, N. HOSOYA and S. MORIUCHI : *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 32, 93~100(1986)
-

Summary

We investigated new functions of palatinose, and obtained some interesting results, which are represented here.

Mental Concentration : Palatinose as well as sucrose elevated simple calculation ability and faculty to memorize figures in humans. However, the effects induced by palatinose were sustained longer than those induced by sucrose. The minimum effective dose of palatinose was estimated as 5 g.

Relaxing effect : Palatinose also elevated the mean α -1 wave emission rate on relaxation. When palatinose and teanine, which is known to elevate α wave release, were ingested at the same time, the mean α -1 wave emission rate was higher than that when only palatinose was ingested. The minimum effective dose of palatinose was also estimated as 5 g.

Control of blood glucose induced by sucrose or glucose : When 25 g of sucrose plus 25 g of palatinose was ingested, the area under the blood glucose curve (AUC) was smaller than that when only 25 g of sucrose was ingested. Furthermore, palatinose decreased the AUC when glucose was ingested. The effect was dependent on the dose of palatinose.