スチジン 4.25 nmol に対して, τ -Meh を 33, 67, 133, 265, 531 pmol, 1.06, 2.31, 4.25, 5.30, 8.50 nmol をそれぞれ添加し, L-ヒスチジンとの分離と τ -Meh の検量線について検討した。いずれの場合も L-ヒスチジンとは十分分離しており, ピーク高より求めた τ -Meh の検量線は, 33 pmol から 8.5 nmol の範囲にわたって直線性を示した (Fig. 1)。Fig. 2 に示すように τ -Meh の保持時間は, 溶出液中のアセトニトリルの割合に大きく依存しており, リン酸緩衝液の濃度, pH にはあまり影響されなかった。したがって τ -Meh の保持時間を一定にするには, アセトニトリルの割合をよく維持することが重要である。Fig. 2 に見られるように, N α -メチルヒスチジン, アンゼリンなどは, 加熱処理中に非ケイ光性の物質になるため, τ -Meh の分離を妨害しない。Fig. 3 にヒトおよびラットの尿, Fig. 4 にヒトおよびラットの血漿のクロマトグラムを示した。ラット血漿

250 μ l を用いて分析し, 110.5 pmol の τ -Meh を検出定量することができた (Fig. 4)。本法は単一溶出液を用いるため, カラムの再生が不要で, 分析終了後, ただちに次の試料を注入することができる。また, ケイ光誘導体化した試料は, 室温で 48 時間以上安定であった。

文 献

- 1) Young, V.R. and Munro, H.N.: *Fed. Proc.*, **37**, 2291 (1978)
- 2) Nishizawa, N., Shimbo, M., Hareyama, S. and Funabiki, R.: *Br. J. Nutr.*, **37**, 345 (1977)
- 3) Wassner, S.J., Schlitzer, J.L. and Li, J.B.: *Anal. Biochem.*, **104**, 284 (1980)
- 4) Nakamura, H. and Pisano, J.J.: *Arch. Biochem. Biophys.*, **177**, 334 (1976)

(昭和 57 年 10 月 13 日受理)

グルコマンナン, プルランならびにセルロースの血糖上昇抑制効果の比較

奥 恒 行, 藤田 温 彦, 細 谷 憲 政
東京大学医学部保健学科保健栄養学教室

Effect of Glucomannan, Pullulan and Cellulose on Blood Glucose Levels in Glucose Tolerance Test

Tsuneyuki OKU, Haruhiko FUJITA,
Norimasa HOSOYA

Department of Nutrition, School of Health
Science, Faculty of Medicine, the
University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) **36**, 301~303 (1983) Eight healthy subjects (average age 27.5 years old) were orally administered 200 ml of the control solution (containing 50 g of glucose) or the test solutions (containing 50 g of glucose and 5 g of glucomannan or cellulose), and compared with the suppressive effect on the enhancement of blood glucose level.

Glucomannan delayed the intestinal absorption of glucose and could significantly suppress the maximal level of blood glucose, but cellulose could not. Addition of pullulan of 5 or 10 g to glucose solution also did not show the suppressive effect on blood glucose level

(Received February 1, 1983)

難消化性多糖類, いわゆる食物繊維は食事後の血糖上昇を抑制し, 糖尿病の症状の改善や発生の予防をすることが明らかにされてきた^{1)~3)}。この難消化性多糖類による血糖上昇抑制作用は, それがもっている物理化学的性質, とくに水溶性と不水溶性によって効果の異なることが示唆されている^{4)~6)}。本研究では, 水溶性難消化性多糖類としてグルコマンナンならびに微生物産生多糖類であるプルランを用い, また不水溶性多糖類としてセルロースを用いて, 糖負荷試験を行ない, 血糖上昇におよぼすこれらの難消化性多糖類の影響を観察してみた。

実 験 方 法

1. 被 験 者

通常の生活をしている健康人 8 名 (男性 6 名, 女性 2 名) を被験者とした。被験者はすべて標準体重を維持したもので, 年齢は 20 歳代 6 名, 30 歳代 2 名である。被験者には試験前日夕食後から 12~14 時間絶食させ, 水またはお茶の飲用のみを許可した。

第 1 回目の試験では, 被験者のコントロール値を得るため難消化性多糖類を含まないブドウ糖液を飲ませた。難消化性多糖類の負荷試験の順位は無作為に決定した。おのおの負荷試験の間隔は 4~10 日間であった。

2. 試験糖質液の調製

ブドウ糖 50 g をイオン交換水に溶かして 200 ml とし, これをコントロールとした。難消化性多糖類の効果を観察する場合には, ブドウ糖 50 g を含む水溶液 200 ml に難消化多糖類 5 g を添加し, 均一に混和した。試験糖液は飲みやすくするため冷蔵庫に 14~16 時間冷蔵した。

グルコマンナンはコンニャクイモから精製した高純度

のもの(清水化学工業製, 三原市)を, プルランは分子量約 49,000 のものを, またセルロースは木材から得られた重合度約 220 のものを用いた。

3. 採血ならびに血糖値測定

試験糖液 200 ml を摂取後, 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 分間に, ヘパリン処理した注射器を用いて, 肘正中皮静脈から採血した。採血後, ただちに血液を再留水で 20 倍に希釈し, この 0.1 ml に 0.06 N 水酸化バリウム溶液 1.0 ml を加え, ただちに硫酸亜鉛溶液(硫酸亜鉛を水に溶かして 100 ml にしたもの) 1.0 ml を加えた⁷⁾。これらの操作は採血後 5 分間以内に行なった。3,000 rpm で 10 分間遠心し得てられた上清について, グルコースオキシダーゼ法⁸⁾を用いて, ブドウ糖量を測定した。

実験結果ならびに考察

個々の被験者の耐糖能を知るために, まずブドウ糖 50 g を健康な被験者 11 名に摂取させ, 血糖曲線を作成した。その結果, 摂取後 30 分間に最高血糖値を示すもの 8 名と, 60 分間後に最高血糖値を示すもの 3 名が観察された。それゆえ, 難消化性多糖類の添加による血糖上昇抑制作用を観察する場合には, 摂取後 30 分間に最高血糖値を示す被験者 8 名を用いた。

難消化性多糖類による耐糖能の改善効果は, ブドウ糖と難消化性多糖類をあらかじめ水に混和しておくほうが

顕著にあらわれるといわれている⁹⁾。それゆえ, 本研究においては, 摂取させる 15~20 時間前に水溶液を調製した。ブドウ糖 50 g にグルコマンナン 5 g を添加した水溶液を摂取させたところ, 投与後 30 分間の血糖値はコントロール値よりも有意に低下したが, 60, 90, 120 分間の血糖値はいずれもコントロール値に比べて有意に高かった (Fig. 1(A))。すなわち, グルコマンナンをブドウ糖と同時摂取すると, 最高血糖値は低下するが, 血糖値の減衰はブドウ糖単独摂取に比べて遅延することが観察された。一方, セルロース 5 g をブドウ糖 50 g とともに摂取させたところ, 摂取後 30 分間の最高血糖値はコントロール値と有意な差を示さず, またその後の血糖値の変化もブドウ糖単独摂取の場合と差異がなかった (Fig. 1(B))。すなわち, セルロースは血糖上昇抑制効果をもたないことが確認された。

プルランは *Aureobasidium pullulans* によって合成される菌体外産多糖類で, 水溶液は粘稠である。また, プルランは消化管酵素では分解されにくく, ラットに長期間投与するとグルコマンナンと同様に体重増加が抑制され, 盲腸, 結腸が肥大する¹⁰⁾。それゆえ, 難消化性多糖類の一種であると考えられている。そこで, プルラン 5 g とブドウ糖 50 g を混和した水溶液を摂取させ, 血糖上昇抑制効果を観察してみた。しかしながら, プルラン 5 g を添加しても血糖値には有意な変化が認められな

Fig. 1. Effect of glucomannan and cellulose on blood glucose level in glucose tolerance test.

Eight healthy subjects (6 men and 2 women, average age 27.5 years old) were orally administered 200 ml of the control solution or the test solutions. The order of dose solutions was actually randomized. The control solution contained 50 g of glucose in 200 ml of distilled water, and the test solution contained 50 g of glucose and 5 g of glucomannan or cellulose. Those solutions were prepared 15-20 hours before the administration and stored in a refrigerator. Blood glucose levels represents as Mean $\pm$ SEM in 8 subjects after the test.

Fig. 2. Effect of pullulan on blood glucose level in glucose tolerance test.

A healthy subject (normal body weight, 39 years old) was orally administered 200 ml of the control solution or the test solutions. The control solution contained 50 g of glucose in 200 ml of distilled water, and the test solution contained 50 g of glucose and 5 or 10 g of pullulan. These solutions were prepared 15-20 hours before the administration and stored in a refrigerator.

かった。さらに、プルランを 10 g に増加しても、血糖上昇を抑制する効果は観察されなかった (Fig. 2)。それゆえ、プルランは粘稠性を有した水溶性難消化性多糖類であるが、血糖上昇抑制効果はもっていないものと思われる。

Jenkins らは水溶性難消化性多糖類であるグァーガムあるいはベクチンを食事に添加して、健康人に食べさせたところ、血糖上昇が抑制されるとともに、血中インスリン濃度もそれに並行して低下したという¹⁾。一方、Horwitz らは高セルロースパンを食べさせても、耐糖能は改善されなかったという⁴⁾。本研究においては、水溶性難消化性多糖類であるグルコマンナンは耐糖能の改善効果を示し、セルロースは効果を示さなかった。これらの結果は、Jenkins らや Horwitz らの結果とよく一致している。

難消化性多糖類による耐糖能の改善効果は、それがもっている粘性に密接な関連のあることが指摘されてい

る⁶⁾¹¹⁾。粘性が高いと、ブドウ糖の胃から小腸への移行を遅らせるとともに、腸管内におけるブドウ糖の拡散を抑制するので、ブドウ糖の吸収は徐々に行なわれると考えられている。しかしながら、グルコマンナンほど粘稠ではないが、かなりの粘稠性をもっているプルランには、血糖上昇抑制効果は観察されなかった。プルランを経口摂取した場合、ヒトにおいては部分分解されて、粘稠度が低下し、その結果耐糖能の改善がみられなかったのかもしれない。あるいは、グルコマンナンとプルランでは構造が異なるために、消化管ホルモンの分泌などに差異が生じたためかもしれない。

結 語

健康人 8 名に、ブドウ糖 50 g とともにグルコマンナン、セルロースあるいはプルラン 5~10 g を摂取させ、血糖上昇抑制効果を観察した。その結果、グルコマンナンは血糖上昇を抑制したが、セルロースならびにプルランには血糖上昇抑制効果は観察されなかった。

文 献

- 1) Jenkins, D.J.A., Lees, A.R., Gassull, M.A., Cochet, B. and Alberti, G.M.M.: *Ann. Intern. Med.*, **80**, 20 (1977)
- 2) Miranda, P.M. and Horwitz, D.L.: *Am. Intern. Med.*, **88**, 482 (1978)
- 3) Munoz, J.M., Sandstead, H.H., Jacob, R.A., Rock, S., Logan, G.M., Jr. and Klevay, L.M.: *Am. J. Clin. Nutr.*, **30**, 635 (1977)
- 4) Horwitz, D.L., Schoeller, D.A., Niu, H.C., Schneider, J.F. and Klein, P.D.: *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**, 953 (1979)
- 5) Schwartz, S.E. and Levine, G.D.: *Gastroenterology*, **79**, 833 (1980)
- 6) Ebihara, K. and Kiriya, S.: *Nutr. Rep. Int.*, **26**, 193 (1982)
- 7) Somogyi, M.: *J. Biol. Chem.*, **160**, 69 (1945)
- 8) Dahlqvist, A.: *Anal. Biochem.*, **7**, 18 (1964)
- 9) 岩崎良文, 内野治人: 医学のあゆみ, **113**, 164 (1980)
- 10) 奥 恒行, 山田和彦, 細谷憲政: 栄養と食糧, **32**, 235 (1979)
- 11) Johnson, I.T. and Gee, J.M.: *Abstr. Nutr. Soc.*, **52A** (1980)

(昭和 58 年 2 月 1 日受理)