

〈原著〉

マルチトールを使用した野菜ガレットの食後血糖値上昇抑制効果

三田村 理恵子 (藤女子大学 人間生活学部 食物栄養学科・藤女子大学大学院 人間生活学研究科 食物栄養学専攻)

難消化性糖質は、消化性のブドウ糖や砂糖とは異なった生理作用を持っており、生活習慣病の予防に深く関わっていることが、次第に明らかにされている。我々は、難消化性糖質のひとつである、マルチトールを使用した和菓子や洋菓子の食後血糖値上昇を抑制する効果を報告している。本研究では、マルチトールを使用した野菜ガレットを作成し、マルチトールによる食後血糖値上昇抑制効果の再現性を検証するために、持続血糖モニター機器を用いて調査を実施した。対象は、空腹時血糖値が正常な若年女性8名とした。2種類の検査食であるマルチトール入り野菜のガレットと砂糖入り野菜のガレットを摂取し、摂取前および摂取開始から30分、60分、90分、120分後の間質液中のグルコース濃度を測定した。食後30分の血糖上昇値は、マルチトール入り野菜のガレットで、砂糖入り野菜のガレットと比較して、有意に低値であった。また食後90分の血糖上昇値も、マルチトール入り野菜ガレットで低値になる傾向が認められた。さらに、血糖値上昇曲線下面積は、マルチトール入り野菜のガレットで有意に小さかった。以上の結果より、マルチトールを使用した野菜のガレットは、マルチトール入り和菓子や洋菓子と同様に、食後血糖値上昇抑制作用が認められた。

キーワード：野菜のガレット、マルチトール、食後血糖値

1. はじめに

近年、消化管で吸収されずに生理作用を発揮する食品成分として、難消化性糖質が注目されている¹⁾。難消化性糖質には、消化性のスクロースやグルコースとは異なった特殊な生理作用、すなわち、エネルギー摂取軽減効果やインスリン分泌節約効果、腸内環境改善効果、う蝕軽減効果等を有することが報告されている²⁾⁻⁴⁾。また、難消化性糖質は消化・吸収がされ難いため、食事による血糖値の上昇を穏やかにすることができ、血糖値の変動が少ない⁴⁾。食事を食べた後に引き起こされる血糖応答を示す指標として、それぞれの食品に与えられた血糖化指数を Glycemic Index (GI)⁵⁾と呼ぶが、難消化性糖質を含む食品では、GI値が低くインスリンの分泌も低下し、生活習慣病の予防にも有用であると考えられる⁶⁾⁻⁸⁾。その難消化性糖質のひとつである糖アルコールは、甘味料として日本で用いられている。主要な糖アルコールは、エリスリトール、キシリトール、ソルビトール、マルチトール、マンニトールである。この中でもマルチトールは、砂糖の

80%程度の甘味度を有し、キシリトールやエリスリトールのような冷涼感はなく、糖アルコールの中で甘味の質が最も砂糖に似ている⁹⁾⁻¹¹⁾ため、食品業界や糖尿病の臨床現場などにおいて、広く使用されている。

我々はこれまでに、マルチトールを使用した和菓子と洋菓子の、食後血糖値上昇抑制効果を報告している^{12),13)}。これらの先行研究では、糖質50gを含む包装米飯を摂取した際の血糖応答を基準として、2種類の菓子(マルチトールを使用した菓子と砂糖を使用した菓子)を比較しており、基準食の糖質50gと合わせるために、それぞれの菓子類の摂取量はおよそ2.5食分となり、通常より倍以上多い量を摂取した調査であった。そこで本研究では、マルチトールを甘味料として配合した野菜のガレットを用いて、1食分の摂取量で食後血糖値の変動を観察し、先行研究より少ない量のマルチトールでも、血糖値変動に影響を及ぼすかどうか、調査を行った。また血糖値測定は、採血による負担がない持続血糖モニター機器を用いて実施した。

2. 研究の方法

(1) 被験者

本研究の参加にあたり、参加希望者へ本研究の目的、方法、参加する際の確認事項、個人情報の保護、成果の公表、任意の参加と途中で同意撤回が可能であること、調査に協力しないことで不利益が生じないことなどについて、書面と口頭で説明をした後、同意書を配布した。本人の自由意思による文書同意が得られた、健康な若年女性 8 名を被験者とした。なお、日本 GI 研究会の血糖値測定プロトコル¹⁴⁾に基づき、Body Mass Index (BMI) は 30.0 kg/m² 以下、過去 1 年間の検査で耐糖能異常がないこと、降圧剤など薬剤の服用がないことを条件とした。

(2) 検査食の概要

本研究で用いた野菜のガレットは、野菜パウダー（じゃがいも）、バター、アーモンドプードル、小麦粉、おからパウダーなどを原材料とし、1 個あたりのエネルギーは 263 kcal、栄養価はタンパク質 4 g、脂質 19 g、糖質 23 g とした。甘味料としてマルチトールもしくは砂糖を 8 g 配合した（以下マルチトール入り野菜のガレット、砂糖入り野菜のガレットとする）。これらのガレットは、海の町の洋菓子店ガトーフレールに製造を依頼した。



写真 1 野菜のガレット

(3) 試験スケジュールおよび内容

試験は日本 GI 研究会の血糖値測定プロトコル¹⁴⁾を参考にして実施し、試験デザインは、無作為化単盲検クロスオーバー試験とした。試験スケジュールを図 1 に示した。被験者を無作為に 2 つのグループに分け、甘味料の種類を知らせずに野菜のガレットを摂取させた。野菜のガレットは 1 日 1 個の摂取として、マルチトール入りと砂糖入りの試験日の間にウォッシュアウト期間は設けなかった。測定は、持続血糖モニター機器 (FreeStyle リブレ：アボットジャパン株式会社) を用いて行った。FreeStyle リブレはリーダーとセンサーで構成されており、使い捨てアプリケーションを用いて上腕後方にセンサーを装着し、装着 60 分後より最長 14 日間連続で、間質液のグルコースを測定できる¹⁵⁾。野菜のガレット摂取前にセンサーをリーダーでスキャンして、間質液のグルコース濃度を測定し、その値が 70 mg/dl 以上 110 mg/dl 以内であれば測定可能とし、間食として水 150 ml とともに摂取させた。野菜のガレットは 10 分以内に摂取することを条件とし、摂取後は測定終了まで絶飲食、静かな立ち仕事や座位にて過ごすように依頼した。摂取開始時から 30 分 (2 回目)、60 分 (3 回目)、90 分 (4 回目)、120 分 (5 回目) で間質液のグルコース濃度をスキャンして記録をさせた。

(4) 統計処理

食後の経時的な血糖値から空腹時血糖値 (0 分値) を差し引いた値を、血糖上昇値 (Δ 血糖値) とした。血糖値上昇曲線下面積 (Area under the curve : AUC) は、日本 GI 研究会の血糖値測定プロトコル¹⁴⁾に従って求めた。統計処理は、IBM SPSS Statistics 23 (日本アイ・ビー・エム株式会社) を使用し、食後血糖値変化と血糖値上昇曲線下面積のデータは、Wilcoxon の符号付き順位検定を行った。有意水準は両側検定で 5 % 未満とした。

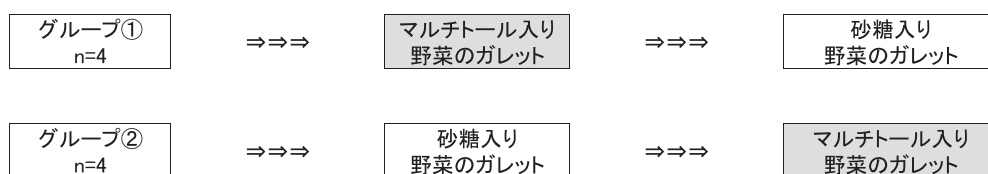


図 1 試験スケジュール

被験者 (n=8) を無作為に 2 群に分けた。
単盲検クロスオーバー試験とした。

3. 結果

(1) 被験者背景

本研究の被験者8名を解析対象者とした。解析対象者の身体的特徴は、年齢 21 ± 0.5 歳、BMI 19.6 ± 1.1 kg/m^2 、空腹時血糖値 94.3 ± 9.6 mg/dl (いずれも平均値 \pm 標準偏差) であった。各個人の空腹時血糖値は、すべての試験日において 126 mg/dl 未満であり、糖尿病の基準に該当する者はいなかった。

(2) 血糖値上昇曲線

マルチトール入りと砂糖入り野菜のガレットを摂取した後の、血糖値変化を図2に示した。摂取後の Δ 血糖値では、砂糖入り野菜のガレットでは食後30分値でピークに達し、食後90分値までほとんど変化が見

られず高いままであった。一方、マルチトール入り野菜のガレットは、食後60分値で Δ 血糖値のピークに達し、砂糖入り野菜のガレットの血糖値変化とは異なった。特に摂取後30分における血糖上昇値は、砂糖入り野菜のガレットと比較して、マルチトール入り野菜のガレットで有意に低かった ($p=0.028$)。また、摂取後90分における血糖上昇値も、砂糖入り野菜のガレットと比較してマルチトール入り野菜のガレットで低値になる傾向が認められた ($p=0.058$)。

(3) 血糖値上昇曲線下面積

血糖値上昇曲線下面積を図3に示した。マルチトール入り野菜のガレットは、砂糖入り野菜のガレットよりも、血糖値上昇曲線下面積が有意に小さかった ($p=0.049$)。

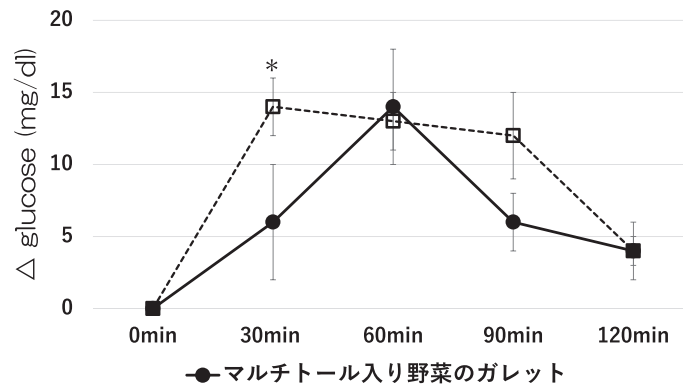


図2 食後の Δ 血糖値変化

平均値 \pm 標準誤差 (n=8)

Wilcoxon 検定

* 30分の時点においてマルチトール入り野菜のガレットの血糖上昇値は、砂糖入り野菜のガレットの血糖上昇値よりも有意に低かった ($p=0.028$)。

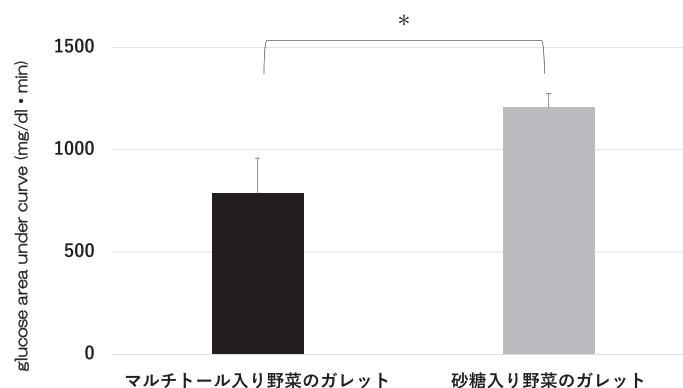


図3 野菜のガレット摂取時の血糖値上昇曲線下面積

平均値 \pm 標準誤差 (n=8)

Wilcoxon 検定

* マルチトール入り野菜のガレットの血糖値上昇曲線下面積は、砂糖入り野菜のガレットの血糖値上昇曲線下面積よりも有意に小さかった ($p=0.049$)。

4. 考察

本研究では、健常な若年女性を被験者として、マルチトールを配合した野菜のガレットに食後の血糖値上昇を抑制する効果があるかを、持続血糖モニター機器を用いて調査した。その結果、砂糖入り野菜のガレットと比較して、食後 30 分での血糖上昇値は、マルチトール入り野菜のガレットで有意に低かった。また血糖値上昇曲線下面積も、マルチトール入り野菜のガレットで有意に小さかった。これらの結果は、マルチトール入り野菜のガレットでは、砂糖入りと比較して小腸から吸収されるグルコースの量が少なかったことを示している。砂糖は経口摂取後、消化酵素による分解を受けてグルコースを遊離するが、マルチトールは、消化酵素による分解を受けることなく大腸へ到達し、腸内細菌によって発酵を受けて代謝される⁴⁾。砂糖入り野菜のガレットでは、小腸より吸収されたグルコースが多く、血糖値の上昇が大きくなったと考えられる。一方で、マルチトール入り野菜のガレットでは、砂糖に比べてグルコースの吸収が少なくなるため、血糖値の上昇を穏やかにすることができ、血糖値の変動が小さかったと思われる。野菜のガレットで使用している糖質はマルチトールの他、小麦粉や野菜のパウダーなどにも含まれており、マルチトールの使用量は 8g である。砂糖入り野菜のガレットは、8g のマルチトールを同量の砂糖に置き換えただけであるため、観察された食後の血糖値変動には、マルチトールが関与していると考えられる。以上の結果より、マルチトールによる血糖値上昇抑制作用は、1 食分の菓子でも確認された。

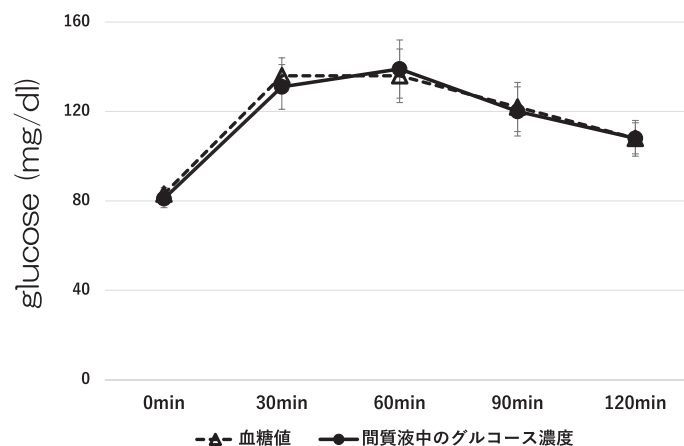
本研究で用いた持続血糖モニター機器は、間質液中

のグルコース濃度を測定しており、血糖値の測定とは方法が異なる。間質液中のグルコース濃度は、食事や運動など急激に血糖値が変化している際には、正確に血糖値を反映していない場合があると報告されている¹⁵⁾。そこで、先行研究^{12),13)} で使用したニプロフリースタイル・フリーダムライト（ニプロ株式会社）と、本研究で使用した FreeStyle リブレ（アボットジャパン株式会社）を用いて、血糖値と間質液中のグルコース濃度の比較も行った（資料 1）。空腹時から食後 120 分まで、同時に 2 つの機器で血糖値変動を測定したが、血液と間質液中のグルコース濃度に差は認められなかった。この結果より、持続血糖モニター機器を用いて、間質液中のグルコース濃度を測定する方法でも、先行研究と同様に、食後血糖値上昇に及ぼすマルチトールの影響を評価することが可能であると考えられる。

本研究の限界として、研究被験者の人数が少ないこと、日本 GI 研究会の血糖値測定プロトコル¹⁴⁾ 通りの測定方法ではなかったことが挙げられる。本研究では、8 人という少人数での調査であったため、当該プロトコル¹⁴⁾ にあるように、10 名以上のグループで測定を実施し、評価することが望ましい。また本研究では、野菜のガレットを間食として摂取させ血糖値変動を調査したが、先行研究との比較や GI 値の算出を行う際には、当該プロトコル¹⁴⁾ に従い測定前日 21 時以降は水以外絶食とすること、測定当日は午前中に実施することなど、試験スケジュールを設定する必要がある。

5. まとめ

マルチトールを配合した野菜のガレットを用い、食



資料 1 血液と間質液中のグルコース濃度の比較
 平均値±標準誤差 (n=8)
 Wilcoxon 検定 どの時間帯においても有意な差は認められなかった。

後の血糖値変化を測定した結果、砂糖の代替としてマルチトールを配合した場合、食後の血糖値上昇を穏やかにすることが示された。これまでに報告したマルチトールを使用した菓子類およそ2.5食分摂取した際の、食後血糖値上昇の抑制効果^{12),13)}と同様の結果であり、マルチトールによる血糖値上昇抑制作用は、1食分の菓子でも確認された。食後の高血糖を改善することは、糖尿病や肥満などの生活習慣病の発症を減少させると報告⁶⁾⁻⁸⁾されているため、マルチトールを配合した菓子は、生活習慣病の一次予防に役立つ可能性があると思われる。

謝辞

本研究の実施に際しマルチトールをご提供いただきました、株式会社H+Bライフサイエンス様、マルチトール入りと砂糖入り野菜のガレットをご提供いただきました、海の町の洋菓子店ガトーフレール様に深謝いたします。また本試験にご参加いただきました、食生活学研究室に所属の皆様に、心よりお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 原博：消化管の中で生理作用を発揮する食品成分に関する研究, 日本栄養・食糧学会誌, 64(6), pp 367-376, 2011.
- 2) 特定非営利活動法人日本食品機能研究会：食品の機能性・学術報告, オリゴ糖に関する資料 <http://www.jafra.gr.jp/origo.html> (2015年12月取得)
- 3) 早川幸男・他：良くわかる食品新素材, 食品化学新聞社, pp 133, 2010.
- 4) 奥恒行・他：健康・栄養科学シリーズ基礎栄養学(改訂第5版), 南江堂, pp 140-143, 2015.
- 5) Jenkins D J. et al.: Glycemic index of food, a physiological basis for carbohydrate exchange, Am. J. Clin. Nutr., 34, pp 362-366, 1981.
- 6) 細谷県政：臨床栄養のための Glycemic Index — 食後の血糖値上昇抑制への効果と活用 —, 第一出版, pp 7-8, 90-91, 99-101, 2011.
- 7) Dong J Y. et al.: Dietary glycemic index and glycemic load in relation to the risk of type 2 diabetes: a meta-analysis of prospective cohort studies, Br. J. Nutr., 106, pp 1649-1654, 2011.
- 8) de Munter J S. et al.: Whole grain, bran, and germ intake and intake and risk of type 2 diabetes: a prospective cohort study and systematic review, PLoS. Med., 4, pp 261, 2007.
- 9) 橋本仁・他：シリーズ〈食品の科学〉砂糖の科学, 朝倉書店, pp 221, 2006.
- 10) 伊藤汎・他：光琳選書⑦ 食品と甘味料, 光琳, pp 224-226, 2008.
- 11) 鴨井正樹：マルチトールの代謝について, 栄養学雑誌, 30(4), pp 153-158, 1972.
- 12) 昆綾美・他：糖アルコールを使用した和菓子の食後血糖値上昇抑制効果, 藤女子大学 QOL 研究所紀要, 10(1), pp 147-151, 2015.
- 13) 阿部夏実・他：糖アルコールを使用した洋菓子の食後血糖値上昇抑制効果, 藤女子大学 QOL 研究所紀要, 11(1), pp 87-92, 2016.
- 14) 日本 Glycemic index 研究会：プロトコール(統一手法), <http://www.gikenkyukai.com/protocol.html> (2014年2月取得)
- 15) 秦幸吉：食事内容が血糖値変動に及ぼす影響—持続血糖モニター機器 FreeStyle libre を用いた検討—, 島根医学, 38(2), pp 28-34, 2018.

Effects of Vegetable Galette Made by Using Maltitol Instead of Sugar on Postprandial Glucose Elevation

Rieko MITAMURA

(Department of Food Science and Human Nutrition, Faculty of Human Life Sciences, and Division of Food Science and Human Nutrition, Graduate School of Human Life Sciences, Fuji Women's University)