

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

阿部 夏実 (藤女子大学 人間生活学部 食物栄養学科)

魚住 真弥 (藤女子大学 人間生活学部 食物栄養学科)

藤田 沙織 (藤女子大学 人間生活学部 食物栄養学科)

水落 名菜 (藤女子大学 人間生活学部 食物栄養学科)

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（芋羊羹）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洋菓子を作成し、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、血糖値の測定を実施した。対象は、空腹時血糖値が正常な、女子大学生7名とした。糖質50g分の基準食と、2種類の検査食であるマルチトール入り洋菓子と砂糖入り洋菓子のそれぞれを摂取し、摂取前および摂取開始から15分、30分、45分、60分、90分、120分後の血糖値を測定した。なお、検査食の摂取は、まず全被験者に基準食を与え、基準値を得たのち、対象者を無作為に2群に分け、クロスオーバー比較試験法により、マルチトール検査食と砂糖検査食を、各2回ずつ摂取させた。血糖曲線下面積より Glycemic index (GI) を算出し、Kolmogorov-Smirnov 検定で正規性を調べた後、一元配置分散分析を行い、Bonferroni 法により多重比較を行った。基準食のGIを100%とした場合、マルチトール検査食では73.3%、砂糖検査食で86.9%であり、基準食と比較して、マルチトール検査食ではGIが有意に低下した ($p=0.013$)。基準食と砂糖検査食間では、有意な差は認められなかった。また、マルチトール検査食と砂糖検査食間では、有意な差は認められなかったものの、マルチトール検査食のGIが低下する傾向が認められた ($p=0.082$)。以上の結果より、マルチトールを使用した洋菓子でも、和菓子（芋羊羹）と同様に、食後血糖上昇抑制作用が認められた。

キーワード：洋菓子、マルチトール、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、グルコースやフルクトースなどの単糖が数個結合したオリゴ糖や、糖の還元基（アルデヒド基、カルボニル基）が水素添加されてアルコール基になった糖アルコール等があり、それら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・吸収されないため、低 Glycemic index (GI) 食であり、生活習慣病である糖尿病や、メタボリックシンドロームの発症予防にも有用である⁵⁾⁻⁷⁾。GIとは、1981年にカナダの Jenkins らが提唱した概念であり⁸⁾、その食品を食べた後に引き起こされる、血糖値上昇の程度に従って、それぞれの食品に与えられた「血糖化指数」である。精白米や砂糖などの高GI食は、急激な血糖値上昇を引き起こす

ため、糖尿病移行を早め、動脈硬化などの生活習慣病の発症リスクを高める⁹⁾。一方、低 GI 食は、食物繊維を含むものが多いため、満腹感を上昇させ、空腹感を認識する時間も延長させ、食物摂取量が減少することも報告されており⁹⁾、摂取する糖質の量のみではなく質を考慮することが、糖尿病や肥満の一次予防として、重要である。

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^{10),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。マルチトールは、消化吸収されにくいいため、血糖値の上昇が少なく、グルコースを代謝するために必要なインスリンの分泌をほとんど刺激しない¹²⁾。このことから、マルチトールは糖尿病患者の代替甘味料として利用されている。これまでの研究で、マルチトールを使用した羊茅糖は、食後の血糖値上昇を抑制することが示された¹³⁾。本研究では、マルチトールを使用した洋菓子を作成し、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確認するために、血糖値の測定を実施したので報告する。

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、個人情報保護の公表、任意の参加と途中での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、健常な女子大学生 7 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ール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

本研究で用いた洋菓子は、糖質が 50 g になるように調整した野菜入り焼きドーナツとし、西洋かぼちゃ(北海道産) 40 g、薄力粉 40 g、アーモンドプードル 4 g、ベーキングパウダー 1 g、鶏卵 10 g、水 15 ml、マルチトールと砂糖を各々 14 g 配合した(以下マルチトール

洋菓子、砂糖洋菓子とする)。マルチトールは、株式会社 H+B ライフサイエンスのものを使用した。

(3) 試験スケジュールおよび内容

日本 GI 研究会の血糖値測定プロトコール¹⁴⁾に基づき実施した。基準食には、包装米飯 150 g(サトウのごはん：佐藤食品工業株式会社、糖質 50 g) の同一ロットを用いた。試験前夜は過激な運動、暴飲暴食、多量の飲酒、夜更かしを控え、午後 8 時以降は絶食とし、試験前日、試験前、試験中に体調が悪くなった場合は、試験を延期または中止とした。当日の朝は絶食とし、午前 9 時頃に左右いずれかの小指球をアルコール消毒し、よく乾かした後、穿刺器具を用いて約 0.3 μ l を採血し、自己血糖測定器で空腹時血糖(1 回目)の測定を行った。測定は、自己血糖測定器(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)、穿刺器具(LS ランセット 28 G：ニプロ株式会社)、血糖ニプロ FS 血糖センサーライト(ニプロ株式会社)を用いた。空腹時血糖が 70 から 110 mg/dl 以内であれば測定可能とした。基準食は、水 150 ml とともに、一口 30 回程度咀嚼させ、10 分以内に摂取することを条件とし、摂取後は試験終了まで絶食とした。摂取開始時から 15 分(2 回目)、30 分(3 回目)、45 分(4 回目)、60 分(5 回目)、90 分(6 回目)、120 分(7 回目)の測定を行い、測定中は、静かな立ち仕事や座位の仕事程度とした。基準食は、少なくとも 2 回摂取させ、血糖曲線下面積の平均値を算出し、基準値としたが、2 回の血糖曲線下面積の差が 25% を超える場合は、3 回目を摂取させ、その中より 25% 以内の値を平均し基準値とした。検査食は、対象者を無作為的に 2 群に分け、マルチトール洋菓子と砂糖洋菓子をクロスオーバー法により各 2 回ずつ摂取させ、基準食と同様に血糖の測定を行い、血糖曲線下面積の平均値を算出した。基準食の血糖曲線下面積を 100% として、各検査食の GI 値を算出し、評価を行った。

(4) 統計処理

統計処理は、IBM SPSS Statistics 21 for Windows を使用し、血糖値のデータは、Kolmogorov-Smirnov 検定で正規性を調べた後、二元配置分散分析を行い、Bonferroni 法により多重比較を行った。GI については、Kolmogorov-Smirnov 検定で正規性を調べた後、一元配置分散分析を行い、Bonferroni 法により多重比較を行った。なお、有意水準は両側検定で 5% とした。

(5) 倫理的配慮

本試験は、藤女子大学倫理審査委員会の承認(2015

年11月10日付)を得て実施した。

3. 結果および考察

本研究の被験者7名の身体的特徴は、年齢 21.9 ± 0.3 歳、BMI 20.5 ± 1.3 kg/m² (平均値±標準偏差)であり、空腹時血糖値も基準値以内であったため、全員を解析対象者とした。

基準食、マルチトール洋菓子、砂糖洋菓子をそれぞれ摂取した後の、血糖値変化を図1に示す。三種類の試験食と7点の血糖値測定時間を因子として、二元配置分散分析を行った結果、試験食と時間による交互作用が確認された ($p=0.017$)。多重比較を行った結果、摂取後90分における血糖値は、基準食と比較して、マルチトール洋菓子で有意に低下した ($p=0.020$)。砂糖洋菓子では、基準食との差は認められなかった ($p=0.115$)。また、摂取後120分における血糖値も、基準食と比較して、マルチトール洋菓子と砂糖洋菓子で有意に低下した ($p=0.005$ 、 $p=0.002$)。試験食摂取後の血糖値では、どの試験食も食後30分から45分にかけて、ピークに達しており、食後血糖値の変化には大きな違いは見られなかったが、基準食では、摂取後30分から45分にかけて血糖値が上昇していた。マルチトール洋菓子では、摂取後30分と45分の血糖値はほぼ同値であり、この15分間での血糖値の増加は見られず、その後の下降速度は、基準食と比較して急激であった。多くの先行研究では、難消化性糖質による食後血糖値

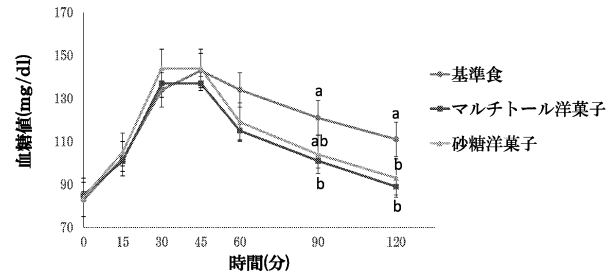


図1 同一糖質含有量である3種の食品摂取後の血糖反応推移

平均値±標準誤差 (n=7)、二元配置分散分析 $p=0.017$ Bonferroni法 異なる記号で有意差あり

上昇抑制作用の機序として、消化・吸収速度の遅延を挙げている¹⁵⁻¹⁸⁾。基準食で用いた米飯は、不溶性の食物繊維を0.3 g/100 g含むが、本研究で用いた試験食は、どちらも材料の70%が小麦粉であり、小麦粉(薄力粉)では、水溶性食物繊維1.2 g/100 g、不溶性食物繊維1.3 g/100 gを含む。この食物繊維量の違いが、全体の血糖曲線に影響を及ぼしていると考えられるが、摂取後30分の血糖値はどの群でも変化が認められず、血糖値のピーク時間も同じであったことから、難消化性糖質による消化・吸収速度の遅延による作用機序とは、考えにくい。一方、ピーク後の高血糖から、空腹時血糖に戻る速度の違いが、顕著に示された。本研究では、作用機序まで調べることができなかったため、今後は作用機序の検討も考慮した実験を行うことが望ましい。

表1から3に、それぞれの試験食摂取による血糖値

表1 空腹時及び基準食摂取後の血糖値 (mg/dl)、血糖曲線下面積、GI

ID	性別	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	BMI(kg/m ²)	摂取後(分)							面積(mg/dl・120分)	GI(%)
						0	15	30	45	60	90	120		
1	女	21	153	50	21.3	80	102	129	131	107	112	99	3128.0	100.0
2	女	22	162	58	22.1	74	95	138	149	150	146	119	4951.0	100.0
3	女	22	146	40	18.8	91	106	142	153	136	119	107	4231.0	100.0
4	女	22	160	52	20.3	92	102	145	163	149	105	96	3311.5	100.0
5	女	22	159	56	22.2	79	102	140	138	127	127	120	5274.0	100.0
6	女	22	160	51	19.9	80	103	125	126	114	105	124	4890.5	100.0
7	女	22	155	45	18.7	87	102	119	140	157	131	112	4816.5	100.0
	平均値	21.9	156.4	50.3	20.5	83.0	102.0	134.0	143.0	134.0	121.0	111.0	4371.8	100.0
	標準偏差	0.3	5.2	5.7	1.3	6.3	3.1	9.0	12.0	17.7	13.9	10.0	784.4	0.0

表2 空腹時及びマルチトール検査食摂取後の血糖値 (mg/dl)、血糖曲線下面積、GI

ID	性別	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	BMI(kg/m ²)	摂取後(分)							面積(mg/dl・120分)	GI(%)
						0	15	30	45	60	90	120		
1	女	21	153	50	21.3	89	98	156	148	110	95	92	2691.5	90.1
2	女	22	162	58	22.1	86	98	128	128	118	109	90	2977.8	60.1
3	女	22	146	40	18.8	85	105	127	120	109	108	80	2675.0	63.2
4	女	22	160	52	20.3	86	99	167	148	116	91	82	3537.0	98.6
5	女	22	159	56	22.2	79	108	137	138	114	98	89	3602.0	68.3
6	女	22	160	51	19.9	89	95	127	141	123	105	92	2746.0	56.1
7	女	22	155	45	18.7	79	103	121	139	120	104	101	3691.5	76.6
	平均値	21.9	156.4	50.3	20.5	84.7	100.9	137.6	137.4	115.7	101.4	89.4	3131.5	73.3
	標準偏差	0.3	5.2	5.7	1.3	3.9	4.6	16.0	9.5	4.7	6.3	6.5	426.6	14.8

表3 空腹時及び砂糖検査食摂取後の血糖値 (mg/dl)、血糖曲線下面積、GI

ID	性別	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	BMI(kg/m ²)	摂取後(分)							面積(mg/dl・120分)	GI(%)
						0	15	30	45	60	90	120		
1	女	21	153	50	21.3	90	109	142	150	133	97	82	3264.5	109.3
2	女	22	162	58	22.1	80	101	124	141	121	115	95	3959.0	80.0
3	女	22	146	40	18.8	77	102	137	137	101	96	89	3450.5	81.6
4	女	22	160	52	20.3	85	116	179	161	115	101	90	4243.0	118.3
5	女	22	159	56	22.2	83	109	137	145	128	102	95	3866.5	73.3
6	女	22	160	51	19.9	90	102	142	143	126	119	114	3938.5	80.5
7	女	22	155	45	18.7	84	98	150	135	109	101	88	3154.0	65.5
	平均値	21.9	156.4	50.3	20.5	84.1	105.3	144.4	144.6	119.0	104.4	93.3	3696.6	86.9
	標準偏差	0.3	5.2	5.7	1.3	4.5	5.8	15.9	8.1	10.5	8.3	9.4	377.3	17.9

と、血糖曲線下面積を示した。この血糖曲線下面積をもとに、基準食のGIを100%と算出し、それぞれのGIを求めた結果、マルチトール洋菓子では73.3%、砂糖洋菓子で86.9%であった。三種類の試験食を因子として、一元配置分散分析を行ったところ、試験食の種類による影響が認められ($p=0.003$)、多重比較の結果、基準食と比較してマルチトール洋菓子のGIが有意に低下した($p=0.013$)。基準食と砂糖洋菓子のGIには、有意な差は認められなかった($p=0.373$)。また、マルチトール洋菓子と砂糖洋菓子のGIにも、有意な差は認められなかったが、マルチトール検査食のGIが減少する傾向が認められた($p=0.082$)。砂糖洋菓子のGIが、基準食のGIより低下する傾向にあった要因としては、先にも述べたとおり、主材料となる糖質の種類が異なっただけでなく、米飯と比べて、パンやパスタなどの小麦粉製品は低GIであると言われていた¹⁹⁾。本研究で使用した砂糖洋菓子は、材料の70%が小麦粉であったため、基準食よりおよそ13%低いGIになったと考えられる。マルチトール洋菓子と砂糖洋菓子は、14gのマルチトールもしくは、砂糖を使用していることのみ異なる。その他に違いはないため、砂糖洋菓子より、GIが低下する傾向であったのは、このマルチトールによるものと推察される。以上の結果より、マルチトールを使用した洋菓子でも、先行研究¹³⁾で行った芋羊羹と同様に、基準食と比較すると、食後血糖上昇抑制作用が認められ、マルチトールによる血糖値上昇抑制作用の再現性が確認された。

本研究で用いた洋菓子は、それぞれ糖質が50gになるように調整した野菜入り焼きドーナツ2.5食分を用いており、1食分の摂取では、さらなる血糖値の上昇抑制効果があると考えられるので、今後、実生活での洋菓子摂取による血糖値の変化を調べると、糖尿病患者の方も安心して利用できる商品になると思われる。

4. まとめ

糖質が50gになるように調整した洋菓子(野菜入り

焼きドーナツ)を用い、食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使用した洋菓子は、食後の血糖値上昇を抑制することが示された。この結果は、これまでに報告したマルチトールを使用した和菓子による、食後血糖値上昇の抑制効果¹³⁾と一致したことから、マルチトールによる血糖値上昇抑制作用の再現性が確認された。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⁵⁾⁻⁷⁾されているため、マルチトールを使用した洋菓子は、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に深謝いたします。また本試験にご参加いただきました皆様に、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4版)，南江堂，pp 138-140，2012.
- 5) 細谷憲政：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.
- 6) 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, pp261, 2007.
- 7) Dong J Y. et al.: Dietary glycaemic index and glycaemic load in relation to the risk of type 2

- diabetes: a meta-analysis of prospective cohort studies, *Br. J. Nutr.*, 106, pp1649-1654, 2011.
- 8) Jenkins D J. et al.: Glycemic index of food, a physiological basis for carbohydrate exchange, *Am. J. Clin. Nutr.*, 34, pp362-366, 1981.
 - 9) 細谷憲政・他：新しい糖尿病の食事・栄養療法, チーム医療, pp 106-107, 2002.
 - 10) 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.
 - 11) 伊藤汎・他：光琳選書⑦ 食品と甘味料, 光琳, pp 224-226, 2008.
 - 12) 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.
 - 13) 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.
 - 14) 日本 Glycemic index 研究会：プロトコール (統一手法), <http://www.gikenkyukai.com/proto-col.html> (2014 年 2 月取得)
 - 15) 笹岡歩・他：大麦粉含有ホットケーキの摂取による食後の血糖応答に及ぼす影響, 栄養学雑誌, 73(6), pp 253-258, 2015.
 - 16) 神谷智康・他：大麦若葉末含有粉末飲料の食後血糖値上昇抑制効果, 応用薬理, 85(1/2), pp 1-6, 2013.
 - 17) 林範子・他：還元難消化性デキストリンの食後血糖値に及ぼす影響, 日本栄養・食糧学会誌, 59(5), pp 247-253, 2006.
 - 18) 藤原恵子・他：食後血糖上昇を穏やかにするパラチノース配合アイスの作用について—ラット, 健康成人および 1 型糖尿病患者への作用—, 日本病態栄養学会誌, 9(3), pp 283-288, 2006.
 - 19) 奥村仙示・他：「日本食」に食卓を科学的に評価する①食後高血糖を抑制する食事, プラクティス, 31(1), pp 31-34, 2014.

Effects of Western-style Cake Using Maltitole Instead of Sugar on Postprandial Glucose Elevation

Natumi ABE

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

Maya UOZUMI

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

Saori FUJITA

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

Nana MIZUOTI

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

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 Science, Fuji Women's University)