

## 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

昆 綾 美 (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)

我が国では、食の欧米化により糖尿病や肥満などの生活習慣病が増加しており、大きな健康問題となっている。生活習慣病の発症要因として、高 Glycemic Index (GI) 食が挙げられ、低 GI 食はそれらの発症を減少させると報告されている。そこで本研究では、生活習慣病の一次予防に貢献することを目的として、糖アルコールのひとつであるマルチトールを使用した和菓子を開発し、血糖値測定による評価を行った。食後血糖値を測定した結果、マルチトール和菓子は基準食、砂糖和菓子よりも血糖上昇の程度が小さく、摂取開始後 120 分における血糖値が低値であった。さらに、基準食の GI を 100% として、各検査食の GI を算出した結果、マルチトール和菓子では 79%、砂糖和菓子では 103% であり、3 群間で有意な差が認められた。以上の結果から、砂糖の代替としてマルチトールを使用した和菓子は、食後の血糖値上昇を抑制することが示された。

**キーワード：**和菓子、マルチトール、血糖値

### 1. はじめに

近年、日本人の食生活は、従来の米を中心に魚介類、野菜、海藻、果物などが組み合わされた伝統的な日本型食生活から、小麦、肉類、油脂類、調味嗜好品の増加などによる多様化のなかで、欧米型へと移行している<sup>1,2)</sup>。このような食の欧米化により、肥満や糖尿病などの生活習慣病の増加が大きな健康問題となっている<sup>3)</sup>。平成 24 年国民健康・栄養調査によると、糖尿病患者数（糖尿病が強く疑われる者）は約 950 万人、その予備軍（糖尿病の可能性を否定できない者）と合わせると約 2,050 万人であると推計されており、国民の 5 人に 1 人が該当する<sup>4)</sup>。また、20 歳以上の肥満者 (BMI $\geq$ 25) の割合は男性 29.1%、女性 19.4% であり、特に男性では 40 歳代が 36.6% と高率であった<sup>4)</sup>。生活習慣病は我が国における死因別死亡割合の約 6 割を占め、また国民医療費の約 3 割を占めており<sup>5)</sup>、生活習慣病のさらなる増加と、これによる医療経済の圧迫を防ぐことが、緊急の課題となっている。

生活習慣病のなかでも、糖尿病、肥満の発症には高 Glycemic Index (GI) 食が関与していることが、明らかになっている<sup>6)</sup>。GI とは、1981 年にカナダの Jenkins

らが提唱した概念であり<sup>7)</sup>、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。低 GI 食は糖尿病、肥満の発症を減少させる<sup>8,9)</sup>と報告されており、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、消化性のブドウ糖や砂糖とは異なった生理作用をもっており、生活習慣病予防に深く関わっていることが、次第に明らかになってきた。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<sup>10,11)</sup> 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<sup>12)</sup>。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。そこで本研究では、マルチトールを使用した和菓

子の開発を試み、その有効性を評価する方法として、血糖値の測定を行ったので報告をする。

## 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 10 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に基づき、BMI は  $30.0 \text{ kg/m}^2$  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) 和菓子の概要

本研究で用いた和菓子は、糖質が 50 g になるように調整した芋羊羹とし、さつまいも（紅あずま）130 g、粉寒天 2.6 g、水 91 ml にマルチトール 13 g、もしくは砂糖 13 g を各々配合した（以下マルチトール和菓子、砂糖和菓子とする）。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ルに基づき実施した。基準食には、包装米飯 147 g（サトウのごはん、新潟産コシヒカリ 100%：サトウ食品、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  $0.3 \mu\text{l}$  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  $110 \text{ mg/dl}$  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。ただし、3 回測定を行っても、血糖曲線下面積の差が 25% 以内でない者は、5 回まで摂取させ、25% 以内であった 2 つ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、マルチトール和菓子と砂糖和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、Microsoft Excel 2010 を用い、対応のある 3 つ以上の代表値の差の検定（Friedman 検定）を行い、有意水準は両側検定で 5% とした。

### (5) 倫理的配慮

本試験は、藤女子大学人間生活学部研究倫理審査委員会の承認（2014 年 4 月 23 日付）を得て実施した。

## 3. 結果および考察

糖質が 50 g になるように調整した芋羊羹を用い、摂取後の血糖値変化を検討した結果、マルチトール和菓子は基準食、砂糖和菓子よりも血糖値上昇が穏やかであった（図 1、表 1-3）。

さらに、基準食の血糖曲線下面積を 100% として、各検査食の GI 値を算出した結果、マルチトール和菓子では 79%、砂糖和菓子では 103% であり、3 群間で有意な差が認められた（図 2）。マルチトール和菓子の GI 値は、基準食よりおよそ 20% 低下したが、砂糖和菓子の GI 値は、基準食とほぼ同程度であった。GI 値に影響を及ぼすものとして、食物繊維が考えられるが、砂糖和菓子では GI 値に変化がみられなかったことから、マルチトール和菓子の血糖値上昇抑制作用は、マルチトールによるものだと考えられる。今後は、インスリン濃度の経時的な変化も測定し、マルチトールによる血糖値上昇抑制作用のメカニズムを検討することが望ましいと思われる。

マルチトール負荷による血糖値上昇抑制効果を検討した研究では、多くの場合、糖の単体負荷で行われているが、本研究ではマルチトールを使用した和菓子を摂取し、糖質が同量である基準食や砂糖を使用した和

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

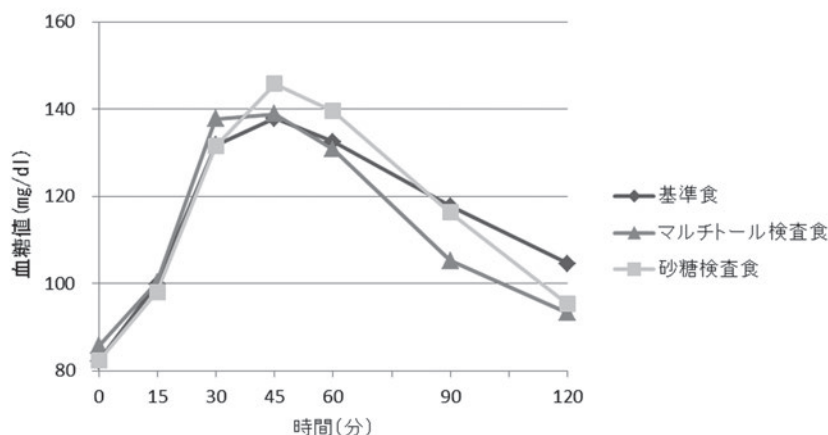


図1 血糖曲線

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 <sup>2</sup> )	摂取後(分)						面積 (mg/dl・120分)	GI (%)	
						0	15	30	45	60	90			120
1	女	22	169	52	18.2	94	105	143	130	128	114	100	2895.0	100.0
2	女	21	162	43	16.4	82	90	132	134	127	124	99	4177.5	100.0
3	女	22	153	45	19.2	77	79	135	154	149	116	97	5145.0	100.0
4	女	22	159	54	21.4	80	124	146	115	113	96	94	3607.5	100.0
5	女	22	158	54	21.6	76	98	110	111	91	104	107	3007.5	100.0
6	女	22	150	55	24.4	77	84	114	128	147	135	130	5535.0	100.0
7	女	21	173	63	21.0	89	118	119	153	151	122	102	4425.0	100.0
8	女	22	160	53	20.7	84	98	134	150	141	115	109	4537.5	100.0
9	女	22	153	44	18.8	88	117	157	161	142	110	101	4635.0	100.0
10	女	25	160	40	15.6	75	86	127	142	136	141	106	5767.5	100.0
平均		22.1	159.7	50.3	19.7	82	100	132	138	133	118	105	4373.3	100.0
標準偏差		1.1	6.5	6.4	2.4	6.4	15.7	14.7	17.0	18.7	13.5	10.1	981.1	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 <sup>2</sup> )	摂取後(分)						面積 (mg/dl・120分)	GI (%)	
						0	15	30	45	60	90			120
1	女	22	169	52	18.2	88	102	134	129	116	103	91	2640.0	91.2
2	女	21	162	43	16.4	87	96	137	140	102	102	91	2527.5	60.5
3	女	22	153	45	19.2	75	87	150	174	182	124	91	6907.5	134.3
4	女	22	159	54	21.4	89	118	154	142	125	91	91	3105.0	86.1
5	女	22	158	54	21.6	86	85	107	100	98	81	94	808.9	26.9
6	女	22	150	55	24.4	83	88	134	129	142	134	117	4897.5	88.5
7	女	21	173	63	21.0	88	114	132	147	147	112	75	3856.5	87.2
8	女	22	160	53	20.7	97	95	153	152	138	118	95	3176.2	70.0
9	女	22	153	44	18.8	83	112	143	138	124	88	100	3487.5	75.2
10	女	25	160	40	15.6	81	106	133	137	134	99	88	3832.5	66.4
平均		22.1	159.7	50.3	19.7	86	100	138	139	131	105	93	3523.9	78.6
標準偏差		1.1	6.5	6.4	2.4	5.7	11.9	13.7	18.5	23.7	16.8	10.5	1567.9	27.0

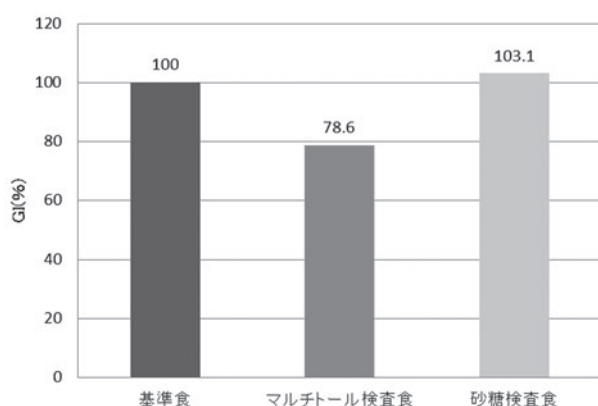
菓子との比較を行った。各検査食は、糖質が50gになるように調整した芋羊羹2.6食分を用いており、1食分の摂取では、さらなる血糖値の上昇抑制効果があると考えられるので、今後、実生活での和菓子摂取による血糖値の変化を調べると、糖尿病患者の方も安心して利用できる商品になると思われる。

#### 4. まとめ

糖質が50gになるように調整した和菓子(芋羊羹)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芋羊羹は、食後の血糖値上昇を抑制することが示された。低GI食は、食後

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 <sup>2</sup> )	摂取後(分)						面積 (mg/dl・120分)	GI (%)	
						0	15	30	45	60	90			120
1	女	22	169	52	18.2	80	104	123	136	124	119	104	4365.0	150.8
2	女	21	162	43	16.4	78	78	115	134	129	96	87	3217.5	77.0
3	女	22	153	45	19.2	71	78	129	163	163	143	91	6885.0	133.8
4	女	22	159	54	21.4	83	121	163	149	136	92	79	4181.1	115.9
5	女	22	158	54	21.6	83	104	124	115	105	103	90	2610.0	86.8
6	女	22	150	55	24.4	74	88	126	146	131	144	130	6292.5	113.7
7	女	21	173	63	21.0	92	113	150	165	167	104	76	4224.9	95.5
8	女	22	160	53	20.7	93	97	139	173	158	124	83	4229.4	93.2
9	女	22	153	44	18.8	86	101	106	130	146	126	107	4050.0	87.4
10	女	25	160	40	15.6	83	97	140	147	136	112	106	4432.5	76.9
平均		22.1	159.7	50.3	19.7	82	98	132	146	140	116	95	4448.8	103.1
標準偏差		1.1	6.5	6.4	2.4	7.0	13.9	16.8	17.8	19.2	18.2	16.5	1272.3	24.8



n=10、Friedman 検定、3群間で有意差あり (p<0.01)

図2 Glycemic Index

の高血糖を改善し、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されているため、マルチトールを使用した芋羊羹は、生活習慣病の一次予防に有用であると思われる。

## 5. 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。またご協力いただきました藤女子大学人間生活学部の大学生である菅原美里氏、久野一枝氏、矢萩美咲氏、山神綾花氏、山下結氏ならびに本試験に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) 田中平三・他：健康・栄養科学シリーズ 社会・環境と健康，南江堂，pp 134，2010.

- 2) 沖増哲：ウエルネス 公衆栄養学第7版，医歯薬出版，pp 92，2007.
- 3) 吉池信男：Body Mass Indexに基づく肥満の程度と糖尿病，高血圧，高脂血症の危険因子との関連—他施設共同研究による疫学検討—，肥満研究6(1)，pp 4-17，2000.
- 4) 厚生労働省：平成24年国民健康・栄養調査，2014.
- 5) 厚生労働省：健康日本21（第2次）の推進に関する参考資料，2014  
([http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21\\_02.pdf](http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_02.pdf))
- 6) 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.
- 7) Jenkins D J. et al.: Glycemic index of food, a physiological basis for carbohydrate exchange, Am. J. Clin. Nutr., 34, pp362-366, 1981.
- 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, pp261, 2007.
- 9) 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.
- 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.

## Effects of Japanese Sweets Using Maltitole Instead of Sugar on Postprandial Glucose Elevation

Ayami KON

(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)

