

閾値測定と官能評価を用いたミラクルフルーツの甘味誘導効果

Sweetness-Inducing Effects of the Miracle Fruit Using Thresholds
and Sensory Evaluation.

小林 三智子
Michiko KOBAYASHI
別所 恵理菜
Erina BESSHO

小條 絵美
Emi KOJO
松田 愛梨
Airi MATSUDA

齊田 美咲
Misaki SAITA

Abstract

The miracle fruit causes sour foods subsequently consumed to taste sweet. The miracle fruit contains an active glycoprotein molecule, with some trailing carbohydrate chains, called miraculin.

In this paper, we investigated whether the miracle fruit has the effect of taste modifying to five basic tastes. We evaluated gustatory sensitivities in young females while assessing taste threshold. Gustatory thresholds were measured by electrogustometry and by the sensory evaluation before and after freeze-dry miracle fruit treatment. One region of the tongue was stimulated: the left or right region 2 cm away from the tip of the tongue, where fungiform papillae were situated. Electrogustometry showed no differences in electrical gustatory thresholds after the miracle fruit treatment in fungiform papillae. Consequently, this result suggested that the miracle fruit treatment does not influence the electrical gustatory thresholds.

The sensory evaluation using a scoring method showed significant differences after the miracle fruit treatment in the sour and salty tastes. Furthermore, we investigated the thresholds of these two tastes by using three point discrimination. Concerning the salty and sour tastes in whole mouth gustatory test, the detection and recognition thresholds increased significantly after the miracle fruit treatment ($p < 0.01$), but those thresholds of other taste substances showed no change after the miracle fruit treatment.

十文字学園女子大学人間生活学部食物栄養学科

Department of Food and Nutrition, Faculty of Human Life, Jumonji University

キーワード：ミラクルフルーツ、閾値、官能評価、甘味誘導物質、酸味

Key Words : miracle fruit, threshold, sensory evaluation, sweet taste inducer, sour taste

緒 言

ミラクルフルーツは、西アフリカ原産の植物で、オリーブ大の赤い実である。実をしばらく口に含み、その後酸味のあるものを味わうと非常に甘くなるという効果がある。これは、ミラクルフルーツに含まれる糖タンパク質ミラクリンによる効果である。この糖タンパク質ミラクリンは、タンパク質部分と糖鎖部分からなり、舌に吸着するのは、タンパク質部分である。甘味を誘導しているのは、糖鎖部分で、アラビノースやキシロースからなる¹⁾。

ミラクリンは酸が存在すると、味細胞膜の構造を変化させ、ミラクリンの活性中心が味覚受容サイトと結合できるようになり、甘味を誘導すると考えられている。このように甘味を誘導する物質は甘味誘導物質と呼ばれ、新しい低カロリー甘味料としても注目されている¹⁾。アフリカ西海岸の住民は酸味を帯びたトウモロコシパンや酸っぱいヤシ酒などを甘くするためにこれらを飲食する前にこの実を食べるといわれている²⁾。

ミラクリンの単離は1968年にInglettら³⁾によって始められ、Kuriharaら⁴⁾ およびBrouwerら⁵⁾によって成功した。その後、多くの研究が重ねられ^{6~9)}、ミラクリンは酸っぱいものを甘く感じさせるが、甘味、苦味、塩味を持つ物質の味には影響を与えず、また、これらの閾値にも変化を与えないとの報告もある²⁾。

本研究では、ミラクルフルーツの甘味誘導効果は酸味以外にもみられるかを検討した。さらに甘味誘導効果のある酸については、その種類によって効果に差が見られるか、また、身近な食品に応用した場合、砂糖無添加でも甘みを感じおいしく食べられるかを検討することを目的とした。閾値測定と官能評価を用い、両面からミラクルフルーツの甘味誘導効果を検討した。

方 法

1. 対象者

パネルは本学食物栄養学科の学生20名とし、2011年5月～2012年7月にかけて測定を行った。パネルには、非喫煙者であること、口腔内にはう歯や口内炎による痛みのないこと、食後2時間以上経過していることを確認した上で検査を行った。本研究は十文字学園女子大学研究倫理委員会で承認された後、ヘルシンキ宣言の精神に則りパネルにこの研究の目的や意義を文章で提示した上で、口頭による説明を行い、同意書に署名する形でインフォームド・コンセントを得た。

2. 刺激部位

図1に電気味覚計による刺激部位を示した。刺激部位は舌尖より2cmの茸状乳頭領域の左舌縁とした。電気味覚閾値について、鼓索神経が支配する舌尖部位は舌因神経の支配する舌縁後方部位よりも味覚感受性が高いことが示されているため、茸状乳頭のみを測定した。また、味覚閾値は舌の左右差は無いということを確認している¹⁰⁾。したがって、測定をより簡素化するために、茸状乳頭左側の電気味覚閾値のみを測定した。

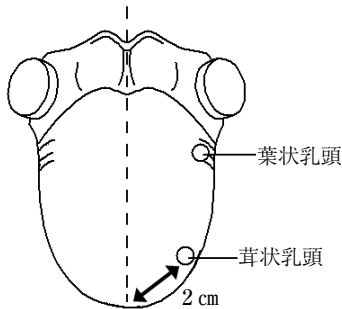


図1 電気味覚計による刺激部位

電気味覚計 (TR-06model, リオン株式会社) による刺激部位を示す。舌尖から 2 cm 離れた茸状乳頭左側を刺激し、電気味覚閾値を求めた。電気刺激はステンレス製の電極 (直径 5 mm) を用い、電気刺激は 0.5 秒である。

表1 5 基本味の呈味物質

味の種類	呈味物質
甘味	Sucrose
塩味	NaCl
酸味	DL-Tartanic acid
苦味	Caffein
うま味	MSG

3. 試料

5 基本味の溶液は表 1 に示したように、甘味 (Sucrose)、塩味 (NaCl)、酸味 (DL-Tartanic acid)、苦味 (Caffeine) およびうま味 (MSG) とした。試薬はいずれも和光純薬 (特級) を使用した。また、水は超純水 (MILLIPORE 純水装置 (Direct-Q)) である電気比抵抗 18.2 MΩ のものを使用した。

酸の種類によるミラクルフルーツの効果の測定では、1.32 mM の酒石酸をコントロールとし、アスコルビン酸、リンゴ酸およびクエン酸を用いた。

食品でのミラクルフルーツの効果測定では、20% レモン汁 (ストレート果汁 100% (光食品株式会社)、10% 穀物酢 (株式会社 ミツカン)、無糖プレーンヨーグルト (雪印メグミルク株式会社、ナチュレ恵 megumi) を使用した。

測定には、フリーズドライのミラクルフルーツを使用した。これは、ミラクリンの精製品は口に含んだ際に不快感があり、また、すぐに吸湿してしまい保存が難しかったことと、生のミラクルフルーツは長期保存が難しく使用できなかったからである。フリーズドライのミラクルフルーツは、(有)ワールドアグリエンタープライズのものを使用した。以後ミラクルフルーツとする。パネルには、超純水で口をすすいだ後、3 分間ミラクルフルーツを口に含み、舌全体で転がしてもらった。これを、以後ミラクルフルーツ刺激とする。

4. 測定方法

(1) 電気味覚計による閾値の測定

測定には電気味覚計 (リオン社製 TR-06) を用い、閾値は極限法を用いて求めた¹¹⁾。初めにパネルを所定の位置に座らせて、電極用パッドの不関電極を頸部に静かにはさんだ。次に、電極の接触部をパネルの舌の測定部に密着させ、20 dB の電流を流し、電気味覚とはどのようなものであるかを分からせた。その後、-6 dB から 4 dB 毎にパネルが最初に感知するまで刺激電流を上昇させた。感知したら、最初に分かった dB より 2 dB 毎に下げて感知できるかどうかを調べ、感知できた最低の刺激電流で 2 回目の刺激を与え、2 回続けて感知した値を閾値とした。

(2) 全口腔法による官能評価

訓練したパネル¹²⁾は超純水で口腔内を洗浄後、各溶液20 mlを10秒間口に含み、吐き出させた。次の試料に移るときには、口腔内を超純水ですすいだ。

①味強度

各溶液の味強度の変化を検討するため7段階採点法を用いた。同濃度の溶液をミラクルフルーツ刺激前後でそれぞれ提示し、刺激前の溶液の味の強さを基準(0)とし、それに対し刺激後の溶液の味の強度がどのように変化したかを-3(かなり弱く感じる)~+3(かなり強く感じる)の7段階から選び評価した。

②閾値

酸味および塩味について、上昇系列3点識別法を用いて、ミラクルフルーツ刺激前後の検知閾値および認知閾値を求めた。各味3回測定の実験値から、検知閾値および認知閾値を求めた。

③酸の種類による比較

1.32 mMの酒石酸をコントロールとし、これと主観的に等価のミラクルフルーツ刺激による甘味を感じる酸濃度を求めた。アスコルビン酸(2.75~6.84 mM)、リンゴ酸(0.98~2.44 mM)およびクエン酸(0.75~1.89 mM)の公比1.2で増加させた6段階の溶液のそれぞれと、酒石酸溶液とを対にしてミラクルフルーツ刺激後の甘味の強い方を選択させる2点識別法を行った。溶液はそれぞれ20 ml、10秒間口に含み吐き出させた。甘味が強いと答えた人数の割合を算出し、各々の酸のミラクルフルーツの刺激による甘味が強いと答えた人数の割合が50%になるところの酸の濃度を、プロビット分析で求めた¹³⁾。

④食品中におけるミラクルフルーツの効果

20%レモン汁、10%穀物酢および無糖ヨーグルト20 gで5段階採点法を行った。質問項目は①酸味について②甘味について③好ましさについてとした。ミラクルフルーツ刺激前の味の強さを0として、刺激後の味の強さがどのように変化したか、-2(弱い)~+2(強い)の5段階から選び評価させた。別の日に行った3回の評価平均値から、ミラクルフルーツ刺激前後の評定の有意差を求めた。

5. 解析方法

統計処理はIBM SPSS Statics 18(日本アイ・ビー・エム株式会社)を用い、ミラクルフルーツ刺激前後の2群の検定を行い、ならびにプロビット分析による閾値を求めた。

結果および考察

1. 電気味覚閾値

ミラクルフルーツ刺激前後の電気味覚閾値(平均値±SD)は、刺激前が -2.15 ± 3.25 dB、刺激後が 0.41 ± 4.59 dBであった。ミラクルフルーツ刺激後に電気味覚閾値は上昇したが、有意差はみられなかった。また、刺激前後で味質に変化はみられなかった。したがって、ミラクルフルーツが電気味覚閾値に影響を与えるか否かは、本実験では明確にはできなかった。今後は、茸状乳頭に加えて葉状乳頭の測定をするなど測定条件を改善した検討が必要である。

2. 全口腔法による5基本味の評点変化

表2に5基本味溶液の採点法による評点の変化(平均値±SD)を示した。酸味および塩味では、ミラクルフルーツ刺激前後で評点の有意な低下(各味の強さを弱く感じたことを指す)が認められた(p<0.05)。甘味、苦味およびうま味では、評点の変化はあったが、有意差は認められなかった。

ミラクルフルーツに含まれるミラクリンには酸味を甘味に感じさせる効果があることが知られている。本研究の結果は、酸味はミラクルフルーツ刺激により、有意に味強度が弱くなることが認められた。また、先行研究では、酸味以外の塩味、甘味、苦味およびうま味に対してミラクリンは影響を与えず、閾値の変化も認められないという報告がある²⁾。しかし、本実験の結果では酸味以外にも、塩味ではミラクルフルーツ刺激後に塩味を弱く感じる事が認められた。ミラクルフルーツは塩味の感じ方に対しても何らかの影響を及ぼすことが分かった。

酸味に関しては、ミラクルフルーツ刺激によりその味を甘く感じるため、ミラクルフルーツの食品への利用が期待できる。さらに、糖分の摂取制限のある糖尿病の患者には、酢の物や和え物に砂糖を用いない調理や、砂糖を使わなくてもレモンジュースを美味しく飲めるなど、臨床的に応用できるのではないかと考えられる。

3. 検知閾値と認知閾値の変化

7点採点法においてミラクルフルーツの甘味誘導効果が有意にみられた酸味と塩味に関して、検知閾値および認知閾値を求めた。表3に酸味および塩味の検知閾値および認知閾値の平均値を示した。酸味および塩味ともにミラクルフルーツ刺激後に検知閾値および認知閾値の有意な上昇がみられた。

したがって、ミラクルフルーツ刺激は酸味および塩味の閾値を上昇させ、味を感じさせにくくすることが認められた。しかし、甘味誘導効果については、パネルから「酸味は甘く感じられたが塩味は味の変化が感じられなかった」という回答が得られ、塩味からは甘味誘導効果を確認することができなかった。塩味においては、ミラクルフルーツが酸味を誘導する機構とは別の機構が影響していると考えられるため、今後さらなる検討が必要である。また、ミラクルフルーツ自体には多少の甘味があり、その甘味によって相殺効果が起こった可能性も否定できない。そのため、例えばミラクルフルーツと同濃度の甘味を用いた測定を行うなど、相殺効果の影響についてもさらに検討する必要があると考えられる。

表2 ミラクルフルーツ刺激後の評点の変化

味の種類	評点の変化	刺激前後の検定
甘味	-0.25±0.17	
塩味	-0.48±0.15	*
酸味	-1.25±0.21	*
苦味	0.37±0.23	
うま味	-0.21±0.14	

ミラクルフルーツ刺激前の味強度を0とする7段階採点法平均値±SD, n=20, *P<0.05

表3 酸味および塩味の検知閾値、認知閾値

呈味	検知閾値(mM)		認知閾値(mM)	
	刺激前	刺激後	刺激前	刺激後
酸味	6.44×10 ⁻² └ ** ┘	1.58×10 ⁻¹	1.23×10 ⁻¹ └ ** ┘	2.95×10 ⁻¹
塩味	3.28 └ ** ┘	5.12	6.15 └ ** ┘	9.17

刺激：ミラクルフルーツ刺激, n=20, **p<0.01

4. 酸によるミラクルフルーツの効果の違い

酸味は、食品中の酸が解離して存在している水素イオン H^+ によって感じる味である。また、酸は種類によってもそれぞれ独特の風味がある¹⁴⁾。本実験では、ミラクルフルーツ刺激後、どの酸が最も効果を得やすいかを比較・検討した。酸

味の官能評価では、野菜や果物に含まれる4種類の酸を使用した。酒石酸をコントロールとし、アスコルビン酸、リンゴ酸およびクエン酸を用いた。

酒石酸以外の酸を甘いと選んだ回答率を用いてプロビット分析を行った。表4に1.32 mM酒石酸と主観的に同程度の甘味を感じる濃度を示した。

酸味の比較について、計算上1.32 mMの酒石酸と等価の濃度は、それぞれアスコルビン酸は3.96 mM、リンゴ酸は1.41 mM、クエン酸は1.89 mMであった。各酸の酒石酸に対する等価値の比較を表4に示した。しかし、酒石酸と主観的に同程度の甘味を感じる濃度は、それぞれ計算上の値より低くなった。クエン酸は最も低い酸濃度で効果が得られたため、ミラクルフルーツの甘味誘導効果を最も受けやすいと考えられる。この点については、クエン酸を多く含むレモンや梅干しで検討中である。

5. 食品へのミラクルフルーツの甘味誘導の効果

ミラクルフルーツ刺激後の評点平均の結果を表5に示した。レモン汁、穀物酢およびヨーグルト全て危険率1%で有意に酸味が低下した。また、レモン汁およびヨーグルトにおいて危険率1%で有意に甘味が上昇した。しかし、穀物酢では甘味が上昇したが、有意差は得られなかった。好ましさについては、甘味と同様にレモン汁およびヨーグルトに危険率1%で有意に好ましさが上昇した。しかし、穀物酢では好ましさが低下したが、有意差はなかった。

食品での酸味に対するミラクルフルーツ効果を検討した結果、レモン汁とヨーグルトでは砂糖無添加でも刺激後に甘味が感じられ、おいしく食べられるため食品への応用が期待できる。穀物酢については、甘味上昇効果はあったが好まれなかったのは、普段口にすることのない穀物酢のみで提示したことが影響していると考えられる。したがって、砂糖無添加の和え物にするなど食事に近い形での検討が必要である。今後はゼリーなど、より一般的な食品を使用した実験を検討していきたい。

表4 各酸の酒石酸に対する等価値の比較

酸の種類	酒石酸1.32mMとの等価 (mM)	実験結果の等価値 (mM)
アスコルビン酸	3.96	3.55
リンゴ酸	1.41	1.25
クエン酸	1.89	1.04

表5 ミラクルフルーツ刺激後の評点の平均値

食品	酸味について	甘味について	好ましさについて
20%レモン汁	-1.23±0.56**	1.48±0.70**	1.08±0.71**
10%穀物酢	-1.03±0.57**	0.50±1.34	-0.05±1.11
無糖ヨーグルト	-1.53±0.52**	1.40±0.36**	1.65±0.44**

ミラクルフルーツ刺激前の味強度を0とする5段階採点法
平均値±SD, n=20, 刺激前後の有意差検定 **p<0.01

要 旨

本学食物栄養学科の学生20名をパネルとし、電気味覚計による閾値の測定、5基本味の官能評価、酸味の官能評価および食品の官能評価により、ミラクルフルーツの甘味誘導効果を検討した。

電気味覚閾値は、ミラクルフルーツ刺激により上昇したが、有意差は認められなかった。

ミラクルフルーツ刺激が5基本味の感受性に変化を与えるか7段階採点法により検討したところ、塩味および酸味では有意に刺激後の評点が増加した。塩味と酸味についてさらに、ミラクルフルーツ刺激により閾値が変化するかを検討したところ、両味ともに、ミラクルフルーツ刺激後に閾値が有意に上昇した。

酒石酸溶液をコントロールとし、アスコルビン酸、リンゴ酸およびクエン酸を用いて、酸の違いによるミラクルフルーツの甘味誘導効果を検討した。試料として用いた3種類の酸は、すべて酒石酸よりも酸度の低い濃度で等価の甘味を感じた。また、クエン酸は3種類の中でも、最も酸度の低い濃度で等価の甘みを感じた。

食品の官能評価では、レモン果汁、穀物酢およびヨーグルトを用いて、ミラクルフルーツ刺激前後の味を比較した。酸味については、すべての食品においてミラクルフルーツ刺激後に有意に酸味が低下した。また、レモン果汁とヨーグルトでは、ミラクルフルーツ刺激後に好ましさが有意に上昇した。

文 献

- 1) 栗原良枝：化学総説 味とにおいの分子認識, 40, pp. 61~64 (1999) 学会出版センター, 東京
- 2) 加蔵直樹, 栗原堅三, 小島陽之助：化学総説 味とにおいの化学, 14, pp. 36~38 (1976) 学会出版センター, 東京
- 3) G. E. Inglett, B. Dowling, J. J. Albrecht, F. A. Hoglan : J. Agric. Food Chem., 13, 284 (1965)
- 4) K. Kurihara, L. M. Beiedler : Science, 161, 1241 (1968)
- 5) J. N. Brouwer, H. van der Wel, A. Francke, G. J. Henning : Nature, 220, 373 (1968)
- 6) E. L. Cioux, R. I. Henkin : J. Agric. Food Chem., 22, 594 (1974)
- 7) S. Theerasilp, Y. Kurihara : J. Biol. Chem., 263, 11536 (1988)
- 8) S. Theerasilp, H. Hitotsuya, S. Nakajo, K. Nakaya, Y. Nakamura and Y. Kurihara: J. Biol. Chem., 264, 6655 (1989)
- 9) H. Igeta, Y. Tamura, K. Nakaya, Y. Nakamura, Y. Kurihara: Biochim. Biophys. Acta, 1079, 303 (1991)
- 10) M. Kobayashi, Y. Okada, K. Toda : J. Jpn. Dent. Soc. Orient. Med. 26, 11-17 (2007)
- 11) 坂上雅史, 池田勝久, 加我君孝, 岸本誠司, 久保武：耳鼻咽喉科プラクティス 12. 嗅覚・味覚障害の臨床最前線, pp. 92~93, 124~125 (2003), 文光堂, 東京
- 12) 古川秀子, 上田玲子：続 おいしさを測る食品開発と官能評価, pp. 177~179 (2012) 幸書房, 東京
- 13) 小西史子, 村上知子, 香西みどり, 藤森厚, 畑江敬子：日本官能評価誌, 7 (1), 39-40 (2003)
- 14) 吉田勉：わかりやすい食べ物と健康, pp. 75 (2007), 三共出版, 東京