

味覚修飾物質ミラクリンの効果への塩化物の影響

The influence of chloride on the effect of the taste modifier Miraculin

Abstract

Miraculin, a taste-modifying protein found in miracle fruit, activates sweet taste receptors by binding to acid, is making sour taste perceived as sweet. Previous studies have shown that the degree of sweetness due to this function is reduced by NaCl solutions. In our study, in order to clarify the effect of miraculin, experiments were conducted using aqueous solutions of MgCl₂, which is the same chloride as NaCl. As a result, it was found that MgCl₂ aqueous solution reduced the sweetness caused by the miraculin effect as well as NaCl aqueous solution.

1. はじめに

ミラクリンは、西アフリカ原産の植物ミラクルフルーツの果実に含まれる味覚修飾タンパク質である。ミラクリンは酸と結合するとヒトの甘味受容体を活性化させ、酸味を甘味に感じさせる働きを持つ。このため、砂糖を使わずに甘味を感じることができ、糖尿病治療への利用が期待されている。私達は、先行研究の「塩化ナトリウム溶液で口をゆすいだ時は、蒸留水で口をゆすいだ時よりも甘味誘導効果が減少した」（松本 2006）という記述に注目し、酸味を甘味に感じさせる働きによる甘味の度合いについて、NaCl 水溶液の影響による度合の減少が再現できるのかを調査した。また、NaCl 水溶液と同じ塩化物の水溶液であるという理由から、MgCl₂ 水溶液が影響を及ぼすのかを調べるため、水・NaCl 水溶液・MgCl₂ 水溶液とを比較する対照実験を行った。

2. 原理と仮説

食べ物や飲み物を摂取すると、舌や口内に 2000~5000 個存在する味蕾中にそれぞれ 30~70 個ずつ含まれる味細胞の先端にある突起が、呈味成分のうち甘味・旨味・苦味は G タンパク質共役型受容体、酸味・塩味はイオンチャネル型受容体を通じて、受容する。その後、シナプスを介して味覚神経、脳へと刺激が伝わる。全ての味蕾に受容体が発現するので、舌や口腔内のどこでも五つの味を受容できる。ヒトは、甘味物質を hT1R2-hT1R3 という、T1R 群の分子のうち二種類のタンパク質がペアになった甘味受容体で受容している。

ミラクリンは酸性条件下でヒト甘味受容体を活性化し、酸味を甘味に変換する（図 1A）。また、あらかじめ中性条件下でミラクリンを投与したヒト甘味受容体に他の甘味物質を投与すると、投与した甘味物質の活性を強力に阻害する（図 1B）。つまり、ヒト甘味受容体分子の細胞外に露出している領域にミラクリンが結合し、これによってヒト甘味受容体が活性制御されると言える。



図1 (小泉 2011)

NaCl 水溶液が甘味誘導効果を減少させた理由について、私達は NaCl に含まれる Na^+ と Cl^- のうち、塩味物質 Na^+ ではない Cl^- に注目した。そして、 Cl^- がミラクリン又は甘味受容体の分子の露出領域に結合し、甘味受容体が活性化することを阻害したのではないかと、という仮説を立て、これを裏付けるため、食品添加物として利用できる入手しやすい塩化物として、豆腐の製造に用いられる「にがり」の主成分、 MgCl_2 を選んだ。また、NaCl と MgCl_2 では立体構造や一分子に含まれる Cl^- の数が異なる。このため、甘味誘導効果をより大きく減少させるのは、 Cl^- 数が多いことから MgCl_2 であると予測した。

3. 研究方法

・実験手順

ミラクリンとして市販のミラクルフルーツタブレット（一錠約 0.35 g/回）（図2）を用い、また、溶媒の水には市販のミネラルウォーター（pH6.3）を用いた。次ページ図3は実験の様子の写真である。

- ①実験前に口を水でゆすぐ。
- ②1～5 の 5 段階の質量パーセント濃度：
 - 0、2、4、8、16 のグラニュー糖水溶液で「甘味の強さの差」の基準を示す。
- ③口を水でゆすぐ。
- ④ミラクルフルーツタブレットを舌全体に行き渡らせ、3分おく。
- ⑤水、1%NaCl 水溶液、1%MgCl₂ 水溶液のいずれかを用い、口腔内のミラクリンを流す。この3種類の溶液の容器にはA、B、□とラベルを貼っておき、それぞれが何であるかは被験者に知らせない。
- ⑥クエン酸の1%水溶液を味わう。
- ⑦感じた甘みの強さを、②の5段階の基準に基づいて答えてもらい、記録する。
- ⑧得られたデータを表やグラフで分析する。



図2

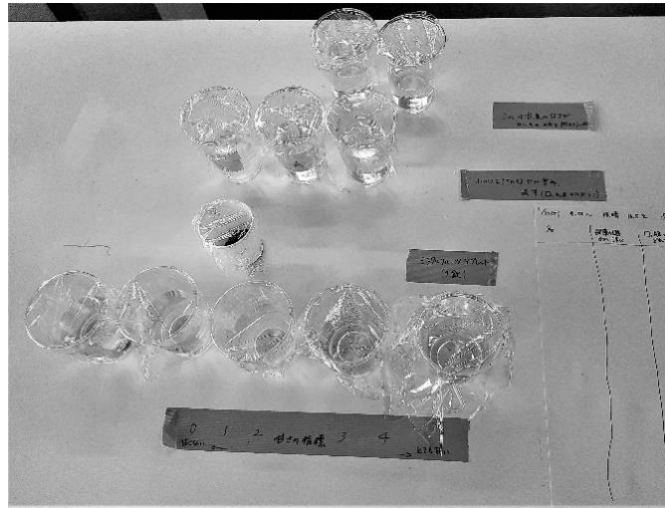


図3

4. 実験結果

MgCl₂水溶液はNaCl水溶液と同様にミラクリンの甘味誘導効果による甘味を減少させると分かった(表1)。

表1

甘味強さ 水溶液	0	1	2	3	4	計
NaCl	2	3	2	1	0	8
MgCl ₂	1	1	4	1	0	7
水	0	2	1	2	1	7
合計	3	7	7	4	1	22 [人]

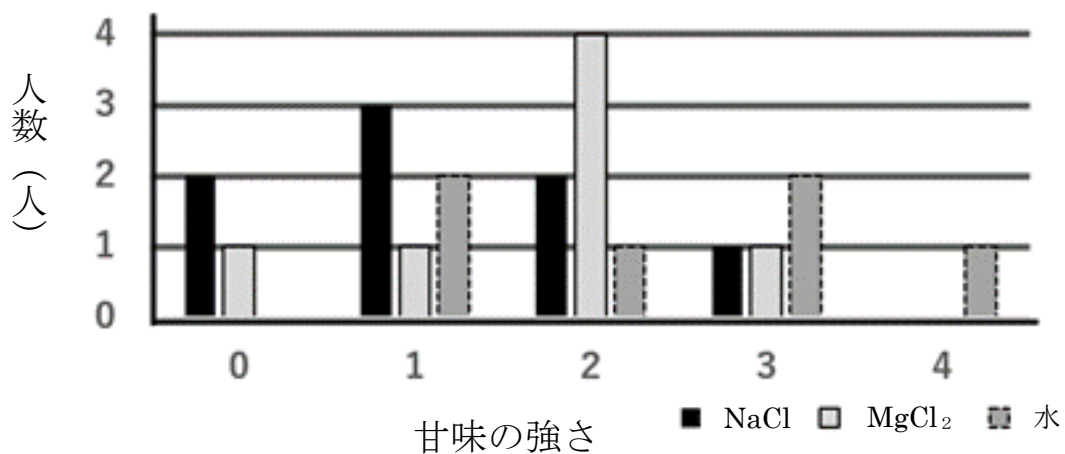


図4

5. 考察

MgCl₂水溶液で口をゆすぐときも、NaCl水溶液のときと同様に、水に比べて甘味の強さが減少した。しかし、グラフでは、わずかな人数差があり、MgCl₂水溶液よりもNaCl水溶液の方がミラクリンの効果を阻害したともとれる(図4)。

6. 課題点

実験を行うにあたって、私達は甘味の度合いを数値化するための手段として人官能評価法を採用した。しかし、この方法は集めたデータが被験者個人の味覚に依存する、という難点があるため、より信頼できるデータを得るには母数を大きくする必要があった。ミラクリンとして用いたミラクルフルーツタブレットの個数に限界があったことや、今もなお続くコロナ禍において感染防止に配慮する必要があったことが、母数の少なさや年代の偏りの原因である。

また、正確な配合比率はわからないが、成分表示から察するに、ミラクルフルーツタブレットは純粋なミラクリタンパク質ではなく、重量の約八割がトウモロコシデンプンである。先行研究では、生のミラクルフルーツをフリーズドライして粗精製ミラクリンを用意し、1 mg/ml の水溶液を用いていた。私達もタブレットを磨り潰し、水溶液にして用いようとしたが、ミラクリンは水に可溶である一方で熱に弱いため、低温の水では水溶液にならず白く濁ってしまうデンプンを同時に溶かしきることができなかった。

更に、NaCl と MgCl₂ では分子量が異なるため、今回は質量パーセント濃度を揃えたが、厳密には Na と Mg を対等に比較できなかった。加えて、当初は酸味のクエン酸水溶液の濃度も一定ごとに変化させ、酸味の度合いと感じられた甘味の度合いの関係や、関係が阻害物質によってどう変化するかを調べる予定だった。しかし、人官能評価法の被験者それぞれに食品添加物の摂取量の許容値があり、例えばクエン酸水溶液では「2%では酸味が強く、そちらに気を取られて甘味を感じられない」との意見が出たため、1%から濃度を変えることができなかった。

7. 参考文献

- 「味覚修飾タンパク質ミラクリンの甘味誘導効果について」松本真実 2006
- 「酸っぱいものを甘くするミラクリンの不思議を遺伝子レベルで解き明かす」小泉文子 2011
- 「味覚と高分子 甘味タンパク質および甘味誘導タンパク質の構造と機能」栗原良枝 1996
- 「実験動物学の食行動に基づいた呈味評価」河合崇行 2017
- 「味覚研究の最前線ー塩味受容を中心に」朝倉富子 2014