

# 塩類の塩味強度と苦味抑制効果の関係 －有機陰イオンの役割－

## The relation between the intensity of saltiness and the suppression of bitterness by various salts: role of organic anions

鈴木 裕一<sup>(1)</sup>・加賀山 あかり<sup>(2)</sup>・矢島 由佳<sup>(2)</sup>  
SUZUKI Yuichi<sup>(1)</sup>, KAGAYAMA Akari<sup>(2)</sup>, YAJIMA Yuka<sup>(2)</sup>

キーワード：塩味、苦味、味覚相互作用、官能検査、陰イオン効果

Key words : salty taste, bitter taste, interaction of taste quality, sensory test, anion effect

### 日本語要旨

#### 【目的】

塩味の強さにおける対陰イオンの影響を確認し、さらに塩味の苦味抑制効果における対陰イオンの影響を検討すること。

#### 【研究方法】

被験者8名を対象に、各種塩の水溶液の塩味、および各種塩を添加したゴーヤの塩味と苦味の官能検査を行った。

#### 【結果】

Na-glucuronate、Na<sub>2</sub>-tartrate、Na-gluconate、Na<sub>2</sub>-malate、Na-acetate、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、Na-glutamateの呈する塩味はNaClに比較して弱かった。ゴーヤに添加した時に、Na-acetateとNa-gluconateはNaClと比較して、K-gluconateはKClと比較し、それぞれ塩味は弱いにもかかわらず苦味抑制効果はほぼ同等であった。

#### 【結論】

NaClのもたらす塩味にNaのみならずClも関与することが示唆された。また、K-gluconateが、風味を増す目的でNaClの「代替え食塩」として利用できる可能性が示唆された。

(1) 仙台青葉学院短期大学 言語聴覚学科  
(980-0021 宮城県仙台市青葉区中央4-5-3)  
Department of Speech-Language-Hearing Therapy

(2) 仙台白百合女子大学 人間学部健康栄養学科  
(981-3107 宮城県仙台市泉区本町6-1)  
Department of Health and Nutrition, Faculty of Human Sciences, Sendai Shirayuri Women's College

受理日：2022年1月31日

## Abstract

The purpose of this study is to explore the role of anions on the salt-induced salty taste, and to examine the inhibition of bitterness in bitter melons by these salts. Eight participants evaluated the bitterness and saltiness of the samples. The saltiness produced by Na-glucuronate, Na<sub>2</sub>-tartrate, Na-gluconate, Na<sub>2</sub>-malate, Na-acetate, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, or Na-glutamate was significantly weaker than NaCl, suggesting the Cl plays a role in the induction of salty taste in addition to Na. When added to bitter melon, Na-acetate, Na-gluconate and K-gluconate reduced bitterness to a similar degree as NaCl but with much weaker saltiness. Thus, K-gluconate could be useful as a food additive in place of NaCl to enhance food flavor.

### 【はじめに】

塩味は、酸味、甘味、うま味、苦味とともに基本5味の一つである。それら味覚のそれぞれに対する受容体が舌の味蕾に存在する(1)。塩味は、NaCl(食塩)のみならずKClなどによっても引き起こされるので、塩味受容体はある程度の範囲の陽イオンに感受性を持っている(2-4)。さらに、対となっているClイオンを他の無機あるいは有機陰イオンに置き換えると、多くの場合塩味は弱くなる(陰イオン効果(anion effect)とも言われる)ことから、Clイオンも塩味を引き起こすのに一定の役割を果たしていると考えられている(5-7)。

NaCl(食塩)は生体に必須な栄養であり、その摂取を促すために塩味の感覚は存在する。NaClにはさらに様々な風味増強効果があり、それを利用する目的で多くの食品にNaClが添加されている(8,9)。若い人を含めて我々は一般にNaCl摂取過剰で(10)、それにより様々な生活習慣病が引き起こされている(11)。NaClと同様の風味増強効果をもつ物質は、減塩(生活習慣病予防)の目的で「代替食塩」として利用できる可能性がある。

NaClによる風味増強効果の一つに、塩味による苦味の抑制がある(8)。本研究の目的は、Na塩やK塩の塩味による苦味抑制効果に関して、特に塩味の弱い有機陰イオンの塩(上述)に注目して検討することである。そのため感応検査により、

各種のNa塩やK塩の水溶液の塩味を評価、対陰イオンによる違いによる塩味強度への影響をまず確認した。ついで苦味のあるゴーヤ(bitter melon)に各種の塩を加えた時の苦味と塩味を評価し、対陰イオンによって塩味の苦味抑制効果が異なっているか否かを検討した。

### 【研究の対象と方法】

#### 1. 被験者および倫理的配慮

実験1と実験2の2回に分けて官能検査を行った。実験1では、某女子大学の教員5名(男性71歳、女性4名(30~50歳台))および、女子学生4名(22歳)の計9名の参加者を対象として官能検査を行った。実験2では、女性教員4名および、4年生の女子学生5名の計9名の参加者に官能検査を行った(年齢平均32±14(SD)才)。研究は、仙台白百合女子大学研究倫理委員会、および仙台青葉学院短期大学研究倫理委員会の承認を得て(2016年、2017年、および2019年)実施した。被験者に、研究の目的および内容、研究への参加および途中での辞退は自由意志であること、匿名性を確保し、プライバシーの保護につとめること、得られたデータは研究以外の目的には使用しないことを書面で明記するとともに、口頭においても説明したうえで同意書を回収した。

#### 2. 測定

実験1；様々な塩類水溶液の塩味評価、およびそれらの塩類によるゴーヤ苦味抑制効果

(Cl<sup>-</sup>と有機陰イオンの比較)

1) 日時

測定は、実験1-1「様々な塩水溶液の塩味評価」と実験1-2「塩類によるゴーヤの苦味抑制効果」の2回に分けて(9月19、20日)、11:00～14:00に行った。なお飲食(水以外の)は実験の2時間前から厳禁とした。

2) 官能検査

実験1-1 様々な塩水溶液の塩味評価

本実験では、Na塩ではNa濃度を0.2 mol/lに、またNaCl以外のCl塩ではCl濃度を0.2 mol/lと統一した水溶液を、蒸留水を用いて作成した。各被験者には溶液が5 ml入った紙コップを一つの種類の溶液について2個ずつ用意した。被験者は、塩味について主観的な強度の評価を行った。評価はあらかじめ作成した評価表(図1)に基づき0～100%で記入してもらった(12)。また、塩味以外の味が感じられた場合もその味を記載してもらった。実験の手順としては、ノーズクリップ(肺機能測定用)を装着した後、紙コップに入れた試料を全部口の中に入れて舌の上に乗せ、塩味の強

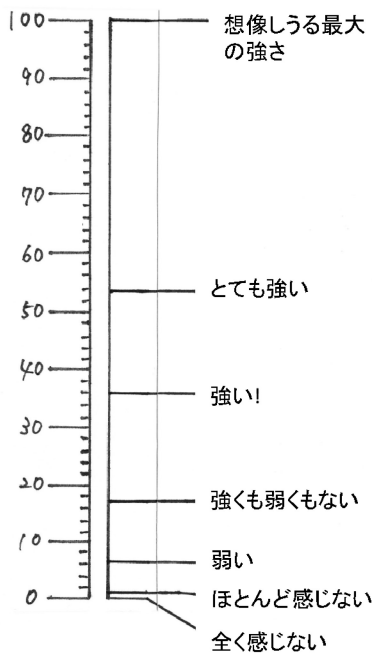


図1 味覚強度評価スケール

Greenら(1996)が用いた the labeled Magnitude Scale (LMS) をもとに作成した。

度について評価した。口の中に入れる順番は、基本的に下記の順とし、確認したいときは、残ったもう一方の紙コップの試料を利用してもらった。一方向ではなく、戻っても良いことにした。評価の際に、口に入れた直後ではなく5秒より後の味を十分味わって評価するようにした。その後、吐き出し用コップに味わった試料を吐き出し、口を蒸留水で十分にゆすぎ、次の試料に移ってもらった。測定は1-1-(1)、1-1-(2)、1-1-(3)の順で3回に分けて行った。各回の試料溶液と検査の順序は以下のようなものである。

測定1-1-(1)

NaCl ; Na-glucuronate ; Na<sub>2</sub>-tartrate ; Na-gluconate

測定1-1-(2)

NaCl ; Na<sub>2</sub>-malate ; Na-acetate ; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

測定1-1-(3)

Choline-Cl ; Na-glutamate ; NaCl ; CaCl<sub>2</sub>

実験1-2 「塩類によるゴーヤの苦味抑制効果」

本実験では、おろし金で果皮表面をすりおろしたゴーヤとそれぞれの試薬を混ぜて作った試料を用いた。加えた塩類は、Na量0.5 mmol / (g ゴーヤ)、またはCl量0.5mmol / (g ゴーヤ)になるようにした。各試料につきスプーンを2つずつ並べ、それぞれに同じ試料を5 gずつ載せたものを用意した。苦味と塩味について、それぞれ主観的な強度の評価を行った。評価はあらかじめ作成した評価表(表1)に基づき0～100%で記入してもらった。実験の手順としては、ノーズクリップ(呼吸機能検査用)を装着した後、2つのうちの一方のスプーンに乗せた試料の中身を全部口の中に入れて舌の上に乗せ、苦味と塩味の強度について評価した。口の中に入れる順番は、基本的に下記の順とし、確認したいときは、残ったもう一方のスプーンを試料を利用してもらった。1方向ではなく、戻っても良いことにした。評価の際に、口に入れた直後ではなく5秒より後の味を評価し、できるだけ咬まないで味わって評価するようにした。その後、吐き出し用コップに味わった試料を吐き出し、口を蒸留水で十分にゆすぎ、次の試料

に移ってもらった。測定は1-2-(1)、1-2-(2)、1-2-(3)の順で3回に分けて行った。各回の試料と検査の順序は以下のである。

測定1-2-(1)

ゴーヤのみ；ゴーヤ + NaCl；ゴーヤ + Na-gluconate；ゴーヤ + Na<sub>2</sub>-tartrate

測定1-2-(2)

ゴーヤのみ；ゴーヤ + NaCl；ゴーヤ + Na<sub>2</sub>-malate；ゴーヤ + Na-acetate

測定1-2-(3)

ゴーヤのみ；ゴーヤ + CaCl<sub>2</sub>；ゴーヤ + Na-glutamate

実験2；Na-Gluconate および K-gluconate のゴーヤの苦味抑制効果

ここでは、NaCl、Na-gluconate、KCl、K-gluconateを用い、塩濃度を変えて検討することにより、塩味の強さと苦味抑制効果の関係をCl塩とgluconate塩で詳細に検討することを試みた。

1) 日時

測定は1日目(11月24日実施)および2日目(12月15日実施)の異なった2回に分けて、10:00～12:00に行った。なお飲食(水以外の)は実験の2時間前から厳禁とした。

2) 測定

実験に用いた試料および評価は、実験1-2と基本的に同様の手順で行なった。ただし各スプーンに入れる試料の量は2.5gとした。またノーズクリップは使用しなかった。測定は5回に分け、2-(1)、2-(2)、2-(3)を1日目に、2-(4)、2-(5)を2日目に行った。各回の試料溶液と検査の順序は以下のである。

測定2-(1)

ゴーヤのみ；ゴーヤ + 0.2 mmol NaCl/(g ゴーヤ)；ゴーヤ + 0.5 mmol NaCl/(g ゴーヤ)；ゴーヤ + 1 mmol NaCl/(g ゴーヤ)

測定2-(2)

ゴーヤのみ；ゴーヤ + 0.2 mmol Na-gluconate/(g ゴーヤ)；ゴーヤ + 0.5 mmol Na-gluconate/(g ゴーヤ)；ゴーヤ + 1 mmol Na-glu-

conate/(g ゴーヤ)

測定2-(3)

ゴーヤのみ；ゴーヤ + 0.2 mmol KCl/(g ゴーヤ)；ゴーヤ + 0.5 mmol KCl/(g ゴーヤ)；ゴーヤ + 1 mmol KCl/(g ゴーヤ)

測定2-(4)

ゴーヤのみ；ゴーヤ + 0.2 mmol K-gluconate/(g ゴーヤ)；ゴーヤ + 0.5 mmol K-gluconate/(g ゴーヤ)；ゴーヤ + 1 mmol K-gluconate/(g ゴーヤ)

測定2-(5)

ゴーヤのみ；ゴーヤ + 0.5 mmol NaCl/(g ゴーヤ) + 0.5 mmol Na-gluconate/(g ゴーヤ)；ゴーヤ + 0.5 mmol KCl/(g ゴーヤ)

3. 試薬

NaCl(塩化ナトリウム)、Na-gluconate(グルクロン酸ナトリウム一水和物)、Na<sub>2</sub>-malate((DL-)リンゴ酸二ナトリウムn水和物)、Na-acetate(酢酸ナトリウム)、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(硫酸ナトリウム)、Choline-Cl(塩化コリン)、Na-glutamate(L(+)-グルタミン酸水素ナトリウム一水和物)、K-gluconate(グルコン酸カリウム)はWako和光純薬工業より購入した。Na<sub>2</sub>-tartrate((+)-酒石酸二ナトリウム二水和物)、CaCl<sub>2</sub>(塩化カルシウム(2水塩))、KCl(塩化カリウム)はCica関東化学株式会社より、Na-gluconate(グルコン酸ナトリウム)はTCI東京化成工業株式会社より、それぞれ購入した。ゴーヤは地域の販売店より購入した。実験1-2、実験2-1、実験2-2でそれぞれ独立に購入し、試料は実験当日に作成した。

4. 統計処理

2群間の比較には、対応のあるデータにおけるt-検定を用いた。また、3群以上の比較には対応のあるデータにおける一元配置分散分析(one-way ANOVA)、多重比較検定を用いた。事後比較はTukey法を用いた。p<0.05を有意差有りとした。検定は、Prism (Version 6.0a, GraphPAD,

USA) を用いた。

## 【結果】

### 1. 実験 1

#### 1-1 様々な塩溶液の塩味評価

様々な陰イオンと組み合わせられた Na 塩を中心に、さらに choline-Cl と CaCl<sub>2</sub> の水溶液について、それぞれの塩味の強さを比較した (図 2)。NaCl 液の呈する塩味の強度に対し、同じ濃度の Na (0.2 mol/l) を含む Na-glucuronate、Na<sub>2</sub>-tartrate、Na-gluconate、

Na<sub>2</sub>-malate、Na-acetate、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、Na-glutamate 液はいずれも塩味の強度の評価が有意に低かった。また Choline-Cl と CaCl<sub>2</sub> (両者とも Cl=0.2 mol/l) は 0.2 mol/l NaCl に比較して有意に弱いながらも、多くの被験者に弱い塩味が感じられていた。これらの結果は、Na<sup>+</sup> のみならず Cl も塩味に関与している可能性を示唆するものと考えられる。なお、今回使用した水溶液の中には塩味以外の味覚を呈する塩もあった。すなわち、Na-acetate には甘味や酸味を感じる被験者もいた。Na-glutamate に約半数の被験者がうま味を感じていた。Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> には、約半数の被験者が苦味を感じていた。Choline-Cl や CaCl<sub>2</sub> では、ほとんどの被験者が苦味も感じていた。

#### 1-2 ; 様々な塩類によるゴーヤの苦味抑制効果

すりおろしたゴーヤに、上で用いた塩類 (のいくつか) を、Na 量 0.5 mmol/(g ゴーヤ)、または Cl 量 0.5 mmol/(g ゴーヤ) だけ添加した試料を作成し、苦味 (左列) と塩味 (右列) の強さの官能評価を行った (図 3)。結果として、ゴーヤそのものには、塩味はほとんどなく塩類を添加することで塩味が増加した。ゴーヤ単独に比べ、塩類を加えることにより苦味が有意に抑制されたものは、NaCl と Na-acetate と Na-glutamate であった。また Na<sub>2</sub>-malate では、有意差はないものの抑制される傾向がみられた (p=0.08)。なお、Na<sub>2</sub>-malate、CaCl<sub>2</sub> 及び Na-glutamate 添加時の塩味は、水溶液 (図 2) の時より増強されたように見える。ゴーヤに含まれる苦味成分を含めた何らかの成分がこれらの塩味を強めたのかもしれない。あるいは、添加した量 (0.5mmol/g ゴーヤ) が水溶液の場合 (0.2mmol/gH<sub>2</sub>O) より多いためであるとも考えられる。また、CaCl<sub>2</sub> 添加では、苦味は抑制されずむしろ増強される傾向が見られた。CaCl<sub>2</sub> そのものの苦味 (上述) がゴーヤの苦味に重なったものと考えられる。

塩味の強さの程度と苦味抑制の程度との関係をさらに明らかにする目的で、上で得られた結果をもとに、塩の添加時の塩味 (横軸) と苦味 (縦軸)

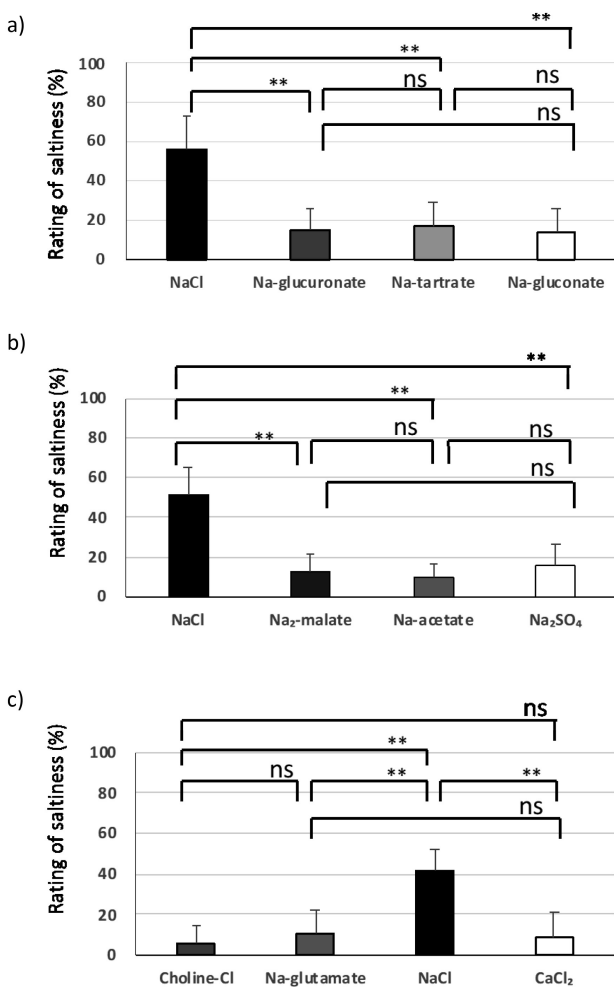


図 2 塩溶液の塩味強度

a) 実験 1-1-(1)。b) 実験 1-1-(2)。c) 実験 1-1-(3)。Na 塩は、Na 濃度が 0.2 mol/l で、Choline-Cl と CaCl<sub>2</sub> は、Cl 濃度が 0.2 mol/l である。これらの水溶液を口を含み、塩味の強度を評価した。n = 8。塩味の評価値の平均±標準偏差。相互の差を分散分析で検定し、事後検定には Turkey の多重比較検定を用いた。\*\* p<0.01。ns 有意差なし。

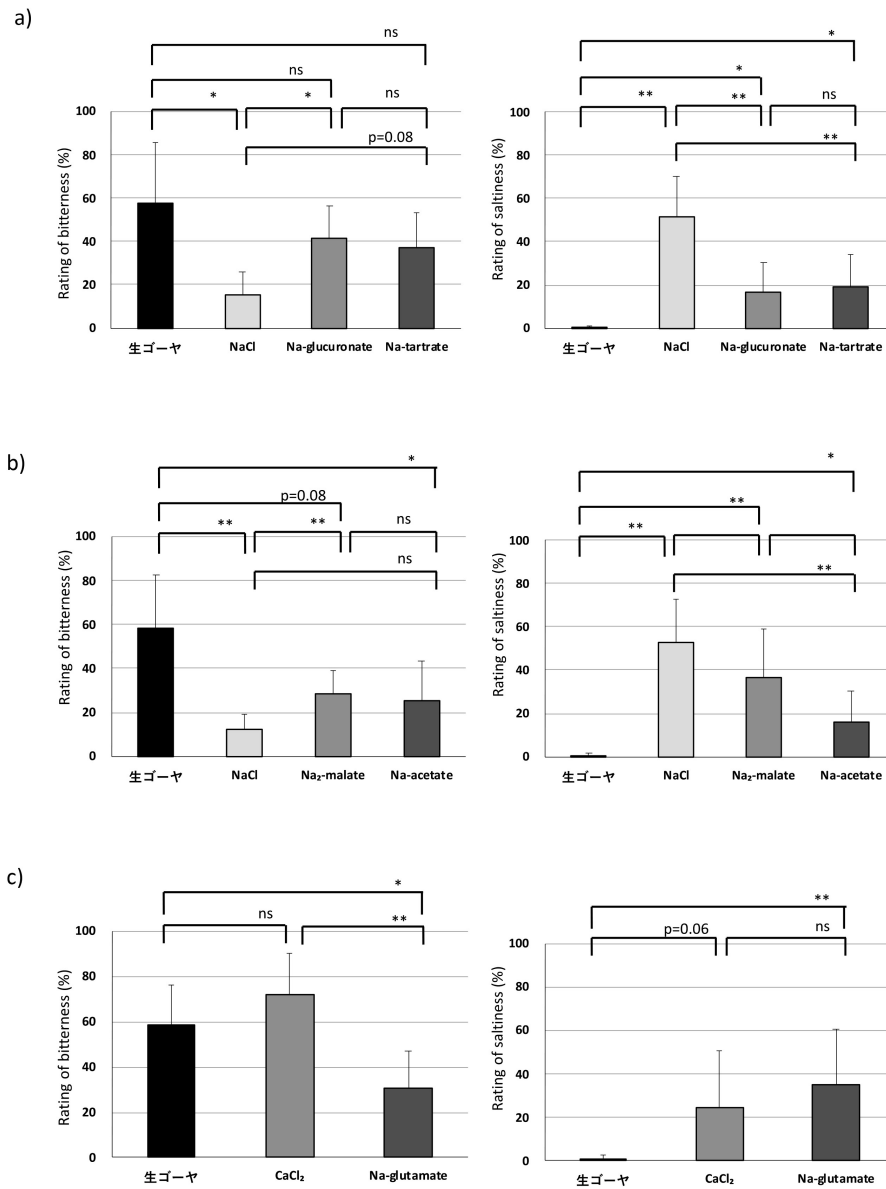


図3 様々な塩類添加によるゴーヤの苦味抑制効果

a) 実験 1-2- (1)。b) 実験 1-2- (2)。c) 実験 1-2- (3)。ゴーヤに、Na量 0.5 mmol / (g ゴーヤ)、または Cl量 0.5mmol / (g ゴーヤ) になるように添加した試料を用い、苦味 (左列) と塩味 (右列) の強さの官能評価を行った。平均±標準偏差。n=9。相互の差を分散分析で検定し、事後検定には Turkey の多重比較検定を用いた。\* 0.01<p<0.05、\*\* p<0.01。ns 有意差なし。

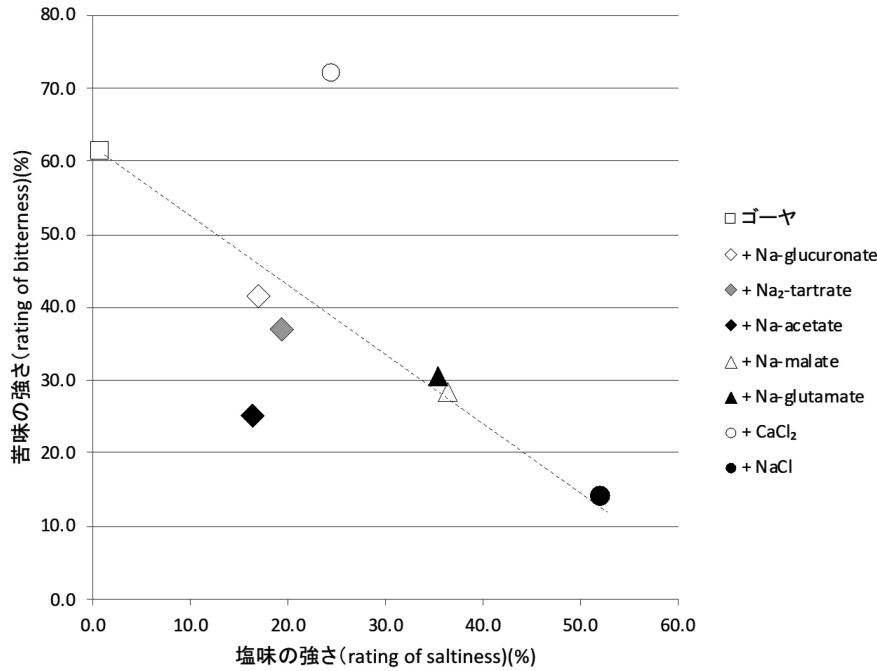


図4 ゴーヤに各塩 (0.2 mol/l) を添加した時の塩味と苦味の関係

図3の結果をもと、各試料ごとの塩味 (横軸) と苦味 (縦軸) を図に表した。  
□はゴーヤのみ。点線; NaClについては塩味の増加と苦味の低下は直線関係になる (図7参照) として予想される線を加えた。

をプロットした図 (図4) を得たところ、Na-acetate は NaCl (点線は、図7の結果を根拠に作成した NaCl の予測される線) より弱い塩味にもかかわらずほぼ同等の苦味抑制持つことが示された。

## 2. 実験2

塩味の苦味抑制における対陰イオンの影響をさらに明らかにするため、NaCl と Na-gluconate を用い、添加量を変えて検討した (図5)。0.2 mmol NaCl/(g ゴーヤ) では、苦味の抑制は見られなかったが、0.5 mmol NaCl/(g ゴーヤ) では有意差はないものの抑制傾向が見られ、1 mmol NaCl/(g ゴーヤ) では苦味は有意に抑制された。同時に評価した塩味に関しては、ゴーヤ自体に塩味はほとんどなく、NaCl 添加量が増えるにつれて塩味は増強した (図5 a)。Na-gluconate 添加では (図5 b)、苦味は 0.5 mmol Na-gluconate/(g ゴーヤ) で抑制傾向が見られ、1 mmol Na-gluco-

nate/(g ゴーヤ) で有意に抑制された。一方 Na-gluconate 添加による塩味の増加は、NaCl 添加の場合に比べて弱かった。次に、KCl と K-gluconate 添加の効果を検討した (図6)。KCl 添加は NaCl と同等の強さで塩味をもたらすもののその苦味抑制効果は弱く、1 mmol KCl/(g ゴーヤ) の高濃度で初めて抑制傾向が見られた。それに対し K-gluconate は、その添加により塩味が起こるもののその程度は KCl に比較して極めて小さいにもかかわらず 0.5 mmol/(g ゴーヤ) 以上で苦味を有意に抑制した。図5、および6の結果をもとに、NaCl、Na-gluconate、KCl、K-gluconate の各濃度における塩味と苦味の間関係を見ると (図7、図4と同様の図)、Na 塩においても K 塩においても、対となる陰イオンが Cl の場合に比較し gluconate では塩味が弱いにもかかわらず苦味の抑制効果は同等であることが明らかになった。最後に確認のため、NaCl、Na-gluconate (わずかに  $p < 0.05$  に及ばなかった (図5)) 及び KCl の3者について 0.5

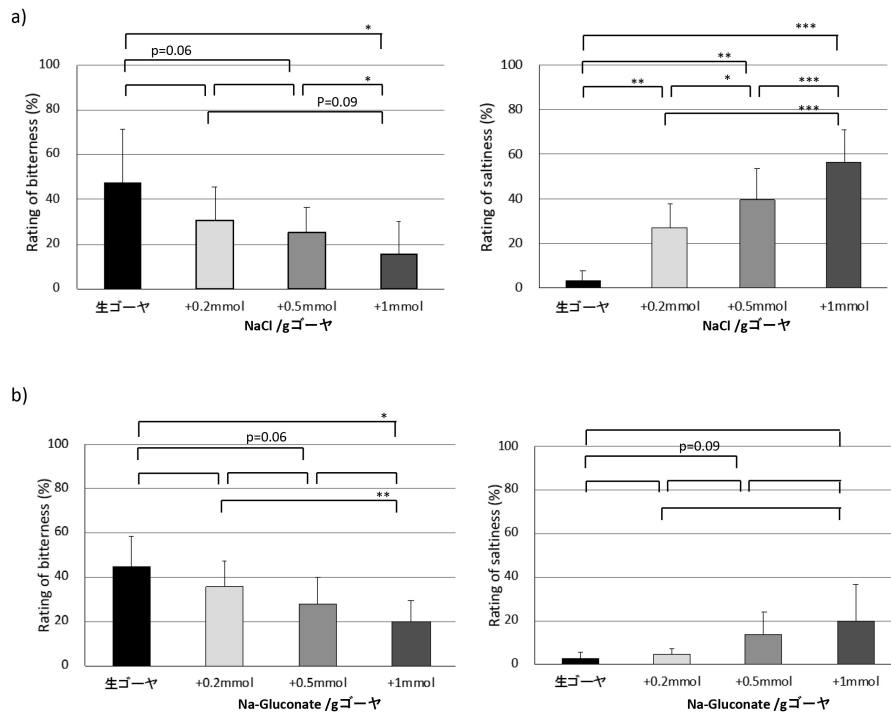


図5 ゴージャに添加したNaClとNa-gluconateの苦味抑制の比較

実験2-1と2-2。ゴージャに各量のNaClを添加した時(a)と、各量のNa-gluconateを添加した時(b)の、苦味(左列)と塩味(右列)の強度評価値。平均±標準偏差。n=8。相互の差を分散分析で検定し、事後検定にはTurkeyの多重比較検定を用いた。\* 0.01<p<0.05、\*\* p<0.01。記入のないところは有意差なし。

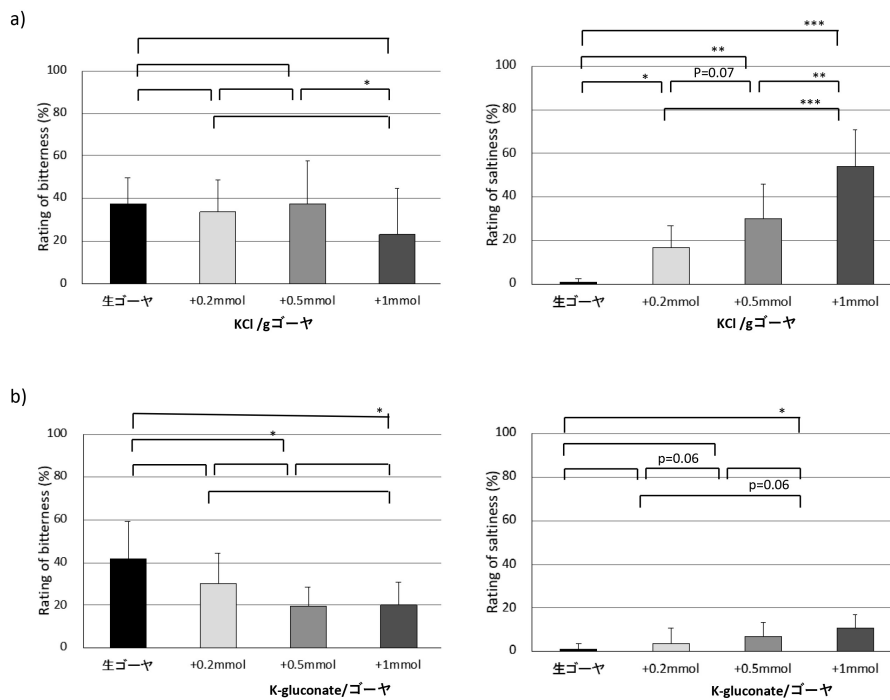


図6 ゴージャに添加したKClとNa-gluconateの苦味抑制の比較

実験2-3と2-4。ゴージャにKClを添加した時(a)と、K-gluconateを添加した時(b)の苦味(左列)と塩味(右列)の強度評価値。平均±標準偏差。n=8。相互の差を分散分析で検定し、事後検定にはTurkeyの多重比較検定を用いた。\* 0.01<p<0.05、\*\* p<0.01。記入のないところは有意差なし。



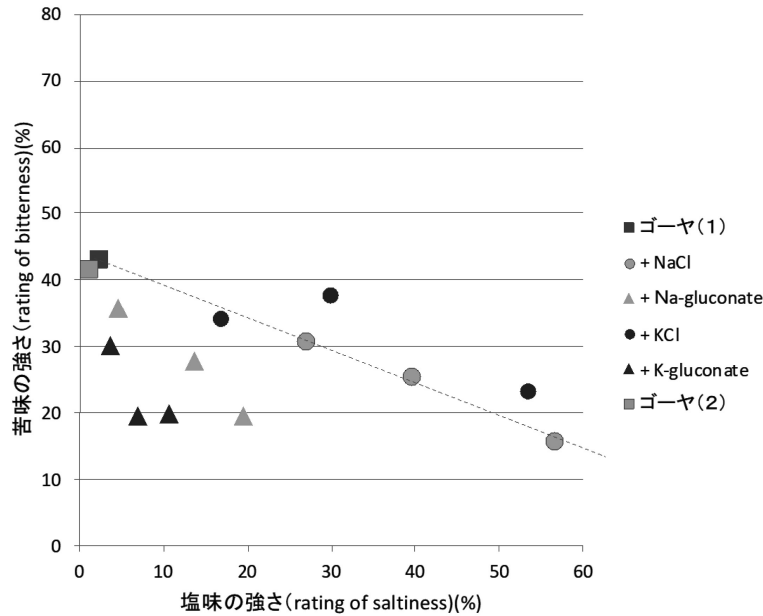


図7 ゴーヤに NaCl, Na-gluconate, KCl, K-gluconate を添加した時の塩味と苦味の関係  
 図5および図6の結果をもと、各試料ごとの塩味（横軸）と苦味（縦軸）を図に表した。  
 □はゴーヤのみ；ゴーヤ（1）は実験2-（1），2-（2），2-（3）（1日目）の時の値、ゴーヤ（2）は実験2-（5）（2日目）の時の値（それぞれ異なるロットのゴーヤを用いたがほぼ同じ程度の苦味を有していた）。従って、KClに対してはゴーヤ（2）で、その他はゴーヤ（1）が対応する。それぞれの塩の濃度は、左から右に順にgゴーヤあたり；+0.2 mmol, +0.5 mmol, +1 mmol である。点線；NaClについては塩味の増加と苦味の低下はほぼ直線関係になっているので、それに合わせて直線を描いた。

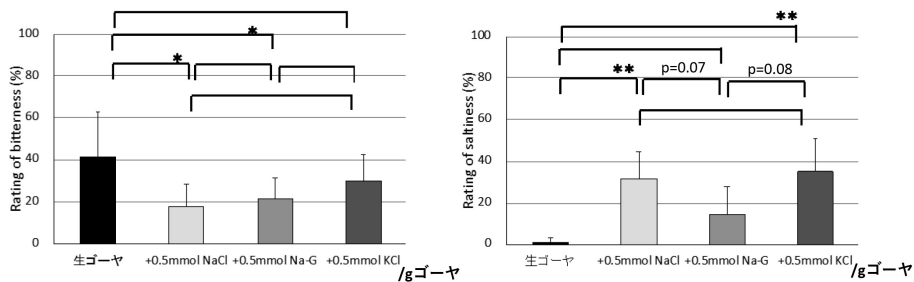


図8 等量の NaCl, Na-gluconate, KCl をゴーヤに添加した試料の塩味と苦味。  
 実験2-（5）。いずれも 0.5 mmol/（g ゴーヤ）の量を添加した。左の列は苦味、右の列は塩味の評価値の平均±標準偏差。n=8。相互の差を分散分析で検定し、事後検定には Turkey の多重比較検定を用いた。\* 0.01<p<0.05、\*\* p<0.01。記入のないところは有意差なし。

mmol/（g ゴーヤ）添加の効果を改めて測定した（図8）。NaCl, Na-gluconate で苦味は有意に抑制されたが、KClでは抑制が見られないこと、および Na-gluconate では塩味が弱いにもかかわらず NaCl や KCl と同程度の苦味抑制効果を持つこと、が確認された。

【考察】

本研究では最初に、様々な無機、あるいは有機塩を用い、それらが呈する塩味の違いを比較検討した。結果は、塩味の強さは陽イオンのみならず、陰イオンの種類によっても異なることが示され

た。このことは良く知られており“anion effect(陰イオン効果)”と呼ばれている。一般的に有機陰イオンの塩に比較しCl塩はより強い塩味を呈することが知られている(5, 6, 13)。今回の結果でも、そのことが確かめられた。味蕾の塩味受容体に関しては、マウスなどでは、上皮性Naチャンネル(ENaC)が関与していることが明らかになっている(1, 4, 14)。塩味は低濃度のNaClの対する好ましい味と高濃度のNaClの対する厭わしい味の2つで構成されていると考えられているが、ENaCは前者の受容体に関わっている(5, 14)。それに対して、厭わしい味に関わるNa受容体の実体はまだ不明である(1)。ヒトでは、NaClに対する塩味がENaCの阻害剤Amilorideでそれほど抑制されないので、上皮性Naチャンネル(ENaC)が関与は小さいかもしれない(3, 15)。このことから、人では主に厭わしい味の受容体のみが働いていて、それが低濃度のNaClでの美味しさにも関与している可能性が考えられる(4, 14)。また、陰イオン効果をもたらす機序については必ずしも明らかではないが、Clイオンが塩味の増強に何らかの形で関与している可能性が考えられている(6)。今回の結果で、Choline-ClやCaCl<sub>2</sub>が弱いながらも塩味を呈したのは、この仮説で説明できるかもしれない。最近、塩味増強に関わるClイオン受容体の有力な候補として、Clイオン選択性を有する陰イオンチャンネルのtransmembrane channel-like 4(TMC4)が報告された(7)。

本研究では2番目に、塩味の強さの異なった何種類かの塩をゴーヤに加え、塩味の強さと苦味抑制効果の関係を検討した。その結果、塩味は苦味を抑制するが、その苦味抑制の程度は、塩味の強さだけで決まるものではないことが示された。すなわち、Na-acetate、Na-gluconate、K-gluconateは、NaClやKClに比較し、ゴーヤの苦味を同等に抑制するが、塩味はずっと弱いという結果であった。様々な無機塩、有機塩を苦味物質が含まれる溶液に加えて苦味が抑制されること検討した多くの研究報告がある(8, 16-21)。しかし本研究のよ

うな実際の苦味のある食べ物での検討は少なかった(22)。また、本研究で示された、「塩による苦味抑制の程度は塩味の強さだけで決まるものではない」ことも報告されている(17)。この塩味による苦味抑制効果が、舌の味蕾レベルで起こっているのか、あるいはさらに高次の脳での認知レベルで起こっているのか、今後明らかにされなければならない。味蕾レベルと脳レベルの両者が関与している可能性も示唆されている(16)。さらに、塩による苦味抑制効果は、苦味物質により異なっていることも報告されている(17, 19, 20)。今回に実験に利用したゴーヤに含まれる主要な苦味物質は、ククルビタシン骨格を有するトリテルペノイド類である(23)。味蕾には25種類の苦味受容体が存在するが(24)、ゴーヤの苦味物質により活性化される受容体と塩味受容体との詳細な関係を今後明らかにする必要があると思われる。

NaClには様々な風味増強効果があり、それを利用する目的で多くの食品にNaCl(食塩)が添加されている(8, 9, 18, 21)。風味増強効果一つは、今回検討した塩味による苦味抑制効果である。苦味を抑制することは、食物と薬剤の両者に関連して重要であるが、例えばある種の野菜は、多くの有益な栄養を含んでいるにもかかわらず苦み物質が含まれるため食味が悪いことがある。NaCl(食塩)が添加されることにより摂取が進むことが期待される。実際苦味を強く感じるほど食塩摂取量は増えるとの知見もあり(25)、NaClの苦味抑制効果は過剰NaCl摂取に少なくても一部は関与していると思われる。NaClと同様の風味増強効果をもつ「代替食塩」が求められている。今回用いたK-gluconateはその目的で利用できる可能性があると考えられる。

## 【結論】

Na-acetateとNa-gluconateはNaClと比較して、とK-gluconateはKClと比較し、それぞれ塩味は弱いにもかかわらず苦味抑制効果はほぼ同等であった。K-gluconateはNaClの「代替食塩」として利用できるかもしれない。

## 【謝辞】

本研究は、仙台青葉学園短期大学学長裁量研究費の助成を受けました。また、本研究を進めるにあたり、仙台白百合女子大学人間学部健康栄養学科の教員および、学生には非験者としてご協力いただきました。さらに、元仙台白百合女子大学人間学部健康栄養学科4年生の高橋奈緒、渡部沙希、吉田由香里、吉田莉緒奈の諸氏には、測定およびデータのまとめにおいて絶大な協力いただきました。この場を借りて厚くお礼申し上げます。

## 【利益相反】

本論文の全ての著者において、本研究に関して開示すべき利益相反はありません。

## 【文献】

1. Taruno A, Nomura K, Kusakizako T, et al.: Taste transduction and channel synapses in taste buds. *Pfluegers Arch.* 2021 ; 473 (1) : 3-13.
2. Chandrashekar J, Kuhn C, Oka Y, et al.: The cells and peripheral representation of sodium taste in mice. *Nature.* 2010 ; 464 : 297-301.
3. Bigiani A.: Does ENaC Work as Sodium Taste Receptor in Humans?. *Nutrients.* 2020 ; 12 (4) : 1195 ; doi: 10.3390/nu12041195.
4. Liman ER: Salty Taste: From Transduction to Transmitter Release, Hold the Calcium. *Neuron* 2020 ; 106 (5) : 709-711.
5. Lewandowski BC, Sukumaran SK, Margolskee RF, et al.: Amiloride-Insensitive Salt Taste Is Mediated by Two Populations of Type III Taste Cells with Distinct Transduction Mechanisms. *J Neurosci* 2016;36 (6): 1942-53.
6. Roebber JK, Roper SD, and Chaudhari N.: The Role of the Anion in Salt (NaCl) Detection by Mouse Taste Buds. *Neurosci* 2019 ; 39 (32) : 6224-6232.
7. Kasahara Y, Narukawa M, Ishimaru Y, et al.: TMC4 is a novel chloride channel involved in high-concentration salt taste sensation. *J Physiol Sci* 2021 Aug 25 ; 71 (1) : 23. doi: 10.1186/s12576-021-00807-z
8. Liem DG, Miremadi F, and Keast RSJ: Reducing sodium in foods: the effect on flavor. *Nutrients* 2011 ; 3 (6) : 694-711.
9. 河合崇行：食品における塩味の増強効果とその評価. *醸協* 2017 ; 112 (1) : 22-28
10. 宮下ひろみ、神田あづさ、菱沼宏哉、鈴木裕一：食事摂取調査法と尿中ナトリウム排泄測定法による食塩摂取量推定の比較. *仙台白百合女子大学紀要* 2016 ; 21 : 99-104
11. 伊藤貞嘉 佐々木敏：日本人の食事摂取基準 2020年版 第一出版 東京 2020
12. Green BG, Dalton P, Cowart B, et al.: Evaluating the 'Labeled Magnitude Scale' for measuring sensations of taste and smell. *Chem Senses* 1996 ; 21 (3) : 323-34.
13. van der Klaauw NJ, and Smith DV: Taste quality profiles for fifteen organic and inorganic salts. *Physiol Behav* 1995 ; 58 (2) : 295-306.
14. Nomura K, Nakanishi M, Ishidate F, et al.: All-Electrical Ca<sup>2+</sup>-Independent Signal Transduction Mediates Attractive Sodium Taste in Taste Buds. 2020 ; 106 (5) : 816-829. e6.
15. 鈴木 裕一、加賀山 あかり、金子 友紀、鎌田 牧：ヒトにおける塩味の受容経路－NaClとKClの比較－ *仙台白百合女子大学紀要* 2014 ; 19 : 49-54
16. Kroeze JH, and Bartoshuk LM: Bitterness suppression as revealed by split-tongue taste stimulation in humans. *Physiol Behav* 1985 ; 35 (5) : 779-83.
17. Breslin PA, and Beauchamp GK: Suppression of bitterness by sodium: variation

- among bitter taste stimuli. *Chem Senses* 1995; 20 (6) : 609-23.
18. Breslin PA, and Beauchamp GK: Salt enhances flavour by suppressing bitterness. *Nature* 1997; 387 (6633) : 563.
  19. Keast RSJ, Canty TM, and Breslin PAS: The influence of sodium salts on binary mixtures of bitter-tasting compounds. *Chem Senses* 2004; 29 (5) : 431-9.
  20. Narukawa M, Tsujitani T, Ueno Y, et al.: Evaluation of the suppressive effect on bitter taste of gluconate. *Biosci Biotechnol Biochem* 2012; 76 (12) : 2282-8.
  21. Wilkie LM, and Phillips EDC: Heterogeneous binary interactions of taste primaries: perceptual outcomes, physiology, and future directions. *Neurosci Biobehav Rev* 2014; 47 : 70-86.
  22. Sharafi M, Hayes JE, and Duffy VB: Masking Vegetable Bitterness to Improve Palatability Depends on Vegetable Type and Taste Phenotype. *Chemosens Percept* 2013; 6 (1) : 8-19.
  23. 前橋 健二, 有留 芳佳, 股野 麻未, 山本 泰 : かつお節によるゴーヤの苦味軽減 日本食料科学工学会誌 2008; 55 (4) : 186-190
  24. Behrens M and Ziegler F: Structure-Function Analyses of Human Bitter Taste Receptors – Where Do We Stand? *Molecules* 2020; 25 (19) : 4423. doi:10.3390/molecules25194423
  25. Inoue H, Kuwano K, Yamakawa-Kobayashi K et al.: Perceived 6-n-Propylthiouracil (PROP) Bitterness Is Associated with Dietary Sodium Intake in Female Japanese College Students *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 2017; 63 (3) : 167-173.