

減塩食品の塩味を強める電気味覚波形が うま味に与える影響

Effect of Electrical Stimulation Waveform that Enhances Saltiness of Low-Salt Foods on Umami

鍛冶慶亘^{1*}, 佐藤愛²⁾, 宮下芳明^{1†)}

Yoshinobu KAJI, Ai SATO and Homei MIYASHITA

1) 明治大学

(〒164-8525 東京都中野区中野 4-21-1, cs212004@meiji.ac.jp*, homei@homei.com†)

2) キリンホールディングス株式会社

(〒164-0001 東京都中野区中野 4-10-2, ai_sato@kirin.co.jp)

Abstract: In a previous study by the authors, we designed an electrical stimulation waveform suitable for enhancing the saltiness of low-sodium foods. This waveform was a combination of cathodal and anodal stimulation. It was also shown that the saltiness enhancing effect of this waveform was effective in salt reduction. On the other hand, monosodium glutamate, which presents as Umami, is also a target for salt reduction. Therefore, this study investigated the effect of this waveform on the Umami presented by monosodium glutamate. The results suggested that this waveform is effective in enhancing Umami presented by monosodium glutamate.

Key Words: Electric Taste, Electrical Stimulation, Umami.

1. はじめに

電気味覚とは舌周辺への電気刺激によって味覚変化を与える技術である。その提示方法として、一極型装置が多く用いられる。一極型装置では片方の電極を口側に、他方を手や腕などの人体側に配置し、電気刺激を提示する[1]。このとき、口側の電極の極性により、陰極刺激と陽極刺激に分けられる。陰極刺激は提示した後に停止することで、塩化ナトリウムの呈する塩味やグルタミン酸ナトリウムの呈するうま味を増強できる[2]。陽極刺激は提示中に、塩化ナトリウムの呈する塩味を増強できる[3]。

一方、近年では塩化ナトリウムの摂取量を減らす取り組みである、減塩が推奨される[4]。そこで、筆者らの以前の研究[5]では、薄味の減塩食品の塩味増強に適した電気味覚波形を設計した(図1)。この波形は、陰極刺激と陽極刺激を組合せ、それらの塩味増強効果が同時に得られるよう工夫された。さらに減塩生活者を対象とした実験の結果、その効果は減塩に有効な程度得られることが示唆された。

他方、うま味を呈するグルタミン酸ナトリウムも摂取量を減らす必要がある[4]。そこで、図1の波形がうま味も増強できれば、グルタミン酸ナトリウムの摂取量を減らしつつ、おいしい食事が実現できる。よって本研究では図1の波形がうま味を増強可能か調査する。実験1では図1の波形がうま味に与える効果を定量的に調査する。実験2では減塩味噌汁のうま味に与える効果を定性的に調査する。

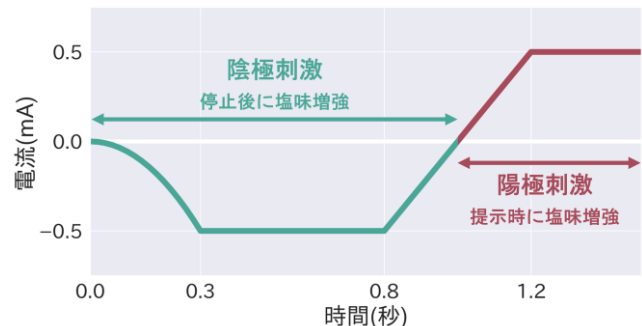


図1 減塩食品の塩味増強に適した電気味覚波形。陰極刺激を提示し停止した後、陽極刺激を提示し続ける。提示から約1.2秒後にはそれぞれの効果が同時に得られる。

2. 実験1

本実験の目的は、減塩食品の塩味を強める波形がうま味に与える影響を調査することである。そこで、本実験ではうま味を呈するグルタミン酸ナトリウム溶液を用い、図1の波形によるうま味の増強効果を定量的に調査した。

2.1 参加者

参加者は、調査会社の登録モニターに対して募集した29名(年齢20-64歳、平均年齢43.5歳)であった。実験は同室で5人同時に行い、参加者間には仕切りや十分な間隔を設けた。試験実施前には本研究の内容について十分に説明したうえで、本人の同意を文面で確認した。また、試験

中いつでも同意の撤回および試験の中止が可能であった。さらに、謝礼として 5000 円が支払われた。

2.2 機材

電気味覚の提示にはキリンホールディングス株式会社が開発した腕時計型のデバイス（図 2）を用いた。デバイスは、腕に接触する部分とケーブルを通じた箸側部分が電極となっている。またその電流回路を図 3 に示す。ストローを口につけ溶液を吸い上げた際、図 3 に示す回路の通電を検知すると、自動で電気味覚提示が開始される。その際、図 1 に示した波形が提示される。

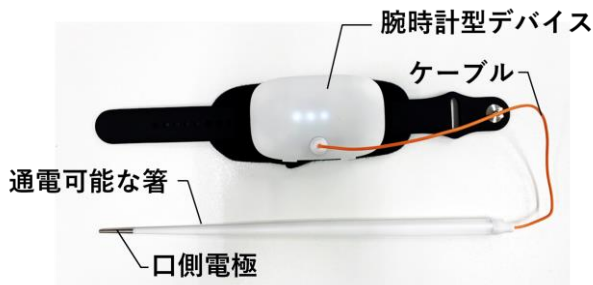


図 2 実験に用いた腕時計型デバイス。

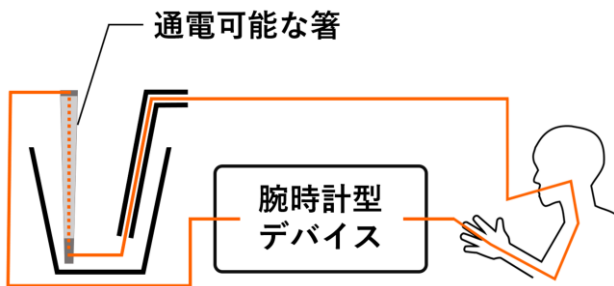


図 3 腕時計型デバイスの電流回路。

2.3 タスク

ある電気刺激条件の 0.5% グルタミン酸ナトリウム溶液を 3 秒間かけてストローで摂取した際の、うま味強度と電気刺激によるピリピリとした違和感を評価させた。うま味強度の評価には 100 mm の Visual Analog Scale (VAS) を用いた。VAS は左端をうま味なし、右端を想像しうる最大のうま味とし、体験中に最も強く感じたタイミングのうま味に近いところへ手書きで線を引かせた。また、電気刺激によるピリピリとした違和感は 5 段階で評価させた（1：無し，2：低度（気になるほどではない），3：軽度（日常で気になるが、耐えられないほどではない），4：中程度（試験であれば耐えられるが、日常では耐え難い），5：重度（耐え難い））。評価中、味は何度でも確認可能とした。

2.4 デザイン

条件は電気刺激ありと電気刺激なしの 2 通りであった。参加者は、2 条件を 1 セットとし、計 4 セット（8 試行）を行った。なお、条件は順序効果を考慮し、可能な組み合わせで等しい回数の評価を行った。

電気刺激あり条件では図 1 の波形を提示した。また電気刺激なし条件では腕時計型デバイスをつけたままの状態

で、ケーブル部（図 2）を見た目の同じ非通電のケーブルに変更して行った。ケーブルの変更は試行ごとに行った。

2.5 手順

参加者はうま味評価に関するトレーニングを行った後、タスクを実施した。トレーニングでは、電気刺激あり条件のタスクを一度行った。実験中は 2 セットに一度、3 分間の休憩をはさんだ。また、グルタミン酸ナトリウム溶液は飲み込まずに吐き出すことおよびタスクごとに水を口に含むことを指示した。

3. 実験 2

本実験の目的は、実際の減塩食品の飲食時に図 1 の波形を提示することで得られる、うま味や食品のおいしさへの影響について定性的な評価を行うことである。そこで、出汁にグルタミン酸ナトリウムを含んだ減塩味噌汁を用いた実験を行った。なお参加者と機材は実験 1 と同様である。

3.1 タスク

参加者は、コップ内の減塩味噌汁へ通電可能な箸の先端をつけつつ、味噌汁を口に 3 秒間含み、その間の電気刺激によるピリピリとした違和感を評価した。さらに飲食時のうま味やおいしさの変化について、それぞれ記述した。また、電気刺激によるピリピリとした違和感の評価方法は実験 1 と同様である。なお減塩味噌汁は、規定量の 1.5 倍に希釈した市販の味噌汁（マルコメ社製「タニタ食堂監修減塩みそ汁」の調味みそを使用）を使用した。味噌汁は紙コップに入れて提供し、紙コップへ直接口をつけて試飲するように指示した。

3.2 デザイン

条件は電気刺激ありと電気刺激なしの 2 通りであった。電気刺激やその提示方法は実験 1 と同様であった。この 2 条件を 1 セット、電気刺激なしの後に電気刺激ありの順番で行った。

3.3 手順

参加者にはインストラクションの後、実験タスクを行わせた。インストラクションの内容は以下のとおりである。まず、コップに入った味噌汁へ通電可能な箸の先端をつける。次に、コップから味噌汁を口へ含み、その状態を 3 秒程度維持する。そして、その間に最も強く感じたうま味について、回答するよう指示した。

4. 結果

4.1 実験 1

条件ごとのうま味強度の評価に関する結果を図 4 に示す。結果は参加者毎の各条件の平均値を用いて分析した。分析には IBM SPSS を用いた。まず、各条件のデータの正規性を Shapiro-Wilk の検定により調べた。このとき、両条件で帰無仮説は棄却されなかった。そこで、ノンパラメトリック検定である Wilcoxon の符号付き順位検定を行った結果、有意差が見られた ($p < 0.05$)。

また、全試行の条件ごとの違和感の評価について、図 5 に示す。電気刺激あり条件において 3：軽度（日常で気になるが、耐えられないほどではない）以下の評価は 87.3%

表 1 実験2の電気刺激あり条件でのうま味やそのおいしさの変化、および体験についての評価。

提示した味噌汁(電気刺激なし)を薄いと感じない参加者	電気刺激あり条件の方がうま味があるように感じた。 鉄っぽい感覚が強くなり飲みにくい。 うま味をあまり感じず、薄い味噌汁のように感じ、刺激が強く感じた。 うま味を感じるまでに少し時差があった。
提示した味噌汁(電気刺激なし)を薄いと感じる参加者	うま味が強くなり美味しく感じた。味噌の味もよりおいしいと思った。 まろやかに感じた。塩味も少し濃く感じた。 うま味の前に酸味を感じあまり美味しさを感じなかった。 うま味とほかの味のようなものが混ざり合ったような感じがした。 一時的により強いうま味に似た感覚を覚えたが、刺激感の印象が強く美味しさにはつながらなかった。

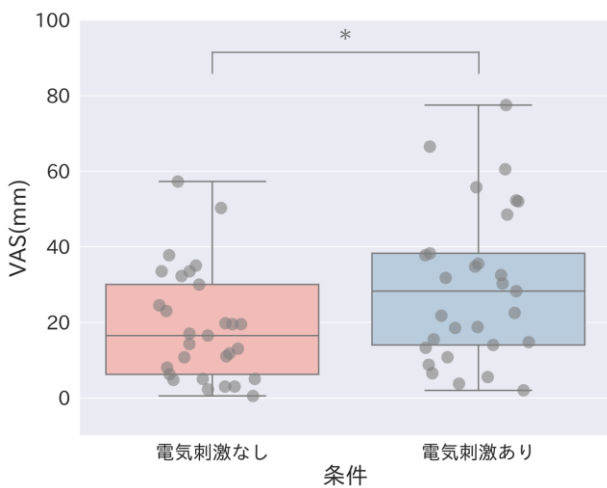


図 4 実験1におけるうま味強度の評価結果(*は $p < 0.05$ を示す)。一次元散布図は各参加者の平均値を表す。

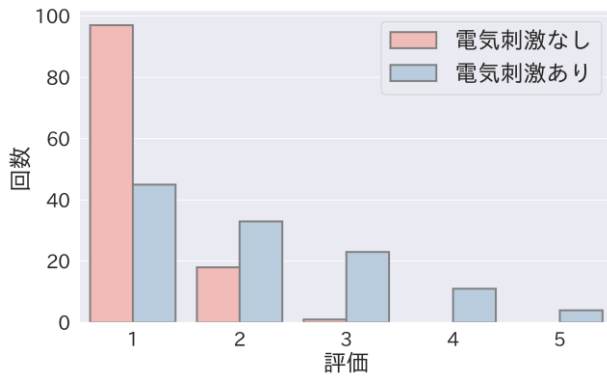


図 5 実験1における条件ごとの違和感の評価。評価の数値は、1：無し、2：低度（気になるほどではない）、3：軽度（日常で気になるが、耐えられないほどではない）、4：中程度（試験であれば耐えられるが、日常では耐え難い）、5：重度（耐え難い）をそれぞれ示す。

であった。一方、4：中程度（試験であれば耐えられるが、日常では耐えがたい）以上の評価は 12.9 %であった。また、電気刺激なし条件において 2：低度（気になるほどではない）以上の評価は 16.4 %であった。

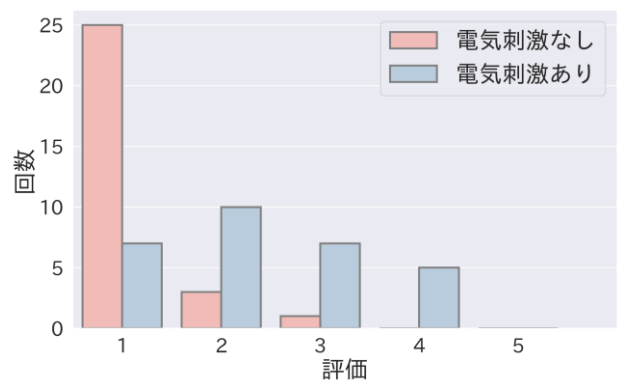


図 6 実験2における条件ごとの違和感の評価。評価の数値は、1：無し、2：低度（気になるほどではない）、3：軽度（日常で気になるが、耐えられないほどではない）、4：中程度（試験であれば耐えられるが、日常では耐え難い）、5：重度（耐え難い）をそれぞれ示す。

4.2 実験2

全試行の条件ごとの違和感の評価について、図6に示す。電気刺激あり条件において 3：軽度（日常で気になるが、耐えられないほどではない）以下の評価は 82.8 %であった。一方、4：中程度（試験であれば耐えられるが、日常では耐えがたい）以上の評価は 17.2 %であった。また、電気刺激なし条件において 2：低度（気になるほどではない）以上の評価は 13.8 %であった。

また、実験2における定性的な評価について表1に示す。ここでは電気刺激あり条件でのうま味やそのおいしさの変化に関する評価を、電気刺激なし条件での味噌汁の評価から分類した。

5. 考察

実験1におけるうま味強度の評価では、電気刺激ありおよび電気刺激なし条件間で有意差がみられた。よって、図1の波形はうま味も増強可能であることが示唆された。その理由の一つは、陰極刺激によるうま味の増強効果[2]が得られたためだろう。一方、この波形には陽極刺激も含まれている。本実験の結果でうま味増強がみられたことから、陽極刺激もうま味の増強に寄与する可能性がある。今後、

陽極刺激によるうま味の変化やそのメカニズムについては追加で検証される必要がある。

電気刺激によるピリピリとした違和感の評価では、「3：軽度（日常で気になるが耐えられないほどではない）」以下と回答した人が実験1では87.3%，実験2では82.8%みられた。よって、電気刺激によるピリピリとした違和感については8割以上の人にとって実用上問題ないレベルであった。一方、「4：中程度（試験であれば耐えられるが日常では耐え難い）」以上と回答した人が実験1では12.9%，実験2では17.2%みられた。その理由として、電気味への違和感や、電流が大きいことによって生じる刺激感などが考えられる。

表1に示した実験2の定性的な評価においても、電気刺激によりうま味を強く感じたという意見がみられた。その他、「味噌の味もよりおいしいと思った」や「まろやかに感じた」といったポジティブな意見もみられた。一方で、刺激感を強く感じる、酸味や金属味をはじめ何か他の味が混ざったように感じる、といったネガティブな意見もみられた。その理由は前段落と同様だろう。

6. 結論

本研究では、筆者らが以前の研究で設計した減塩食品の塩味増強に適した電気味覚波形が、グルタミン酸ナトリウムの呈するうま味を増強可能か調査した。実験1の定量的な調査では、図1の波形の提示によりうま味が増強する効果が見られた。よって、図1の波形を用いることで、うま味を維持しながら、グルタミン酸ナトリウムの摂取量削減

に貢献可能だろう。さらに、実験2の定性的な評価では、うま味の増強によっておいしさも向上するといった意見が見られた。一方、電気味や電気刺激によるピリピリとした刺激感に起因する、ネガティブな評価もみられた。今後は、塩味やうま味の増強効果を維持しながら、電気味や違和感を抑制できるよう、波形や装置を改良したい。

参考文献

- [1]中村裕美, 宮下芳明: 一極型電気味覚付加装置の提案と極性変化による味質変化の検討. 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.4, pp.1442-1449, 2013.
- [2]櫻井健太, 青山一真, 古川正紘, 前田太郎, 安藤英由樹: 連続矩形波陰極電流刺激による塩味および旨味の持続的増強効果. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.22, No.2, pp.149-156, 2017.
- [3]Hiromi Nakamura, Tomohiro Amemiya, Jun Rekimoto, Hideyuki Ando, and Kazuma Aoyama. Anodal Galvanic Taste Stimulation to the Chin Enhances Salty Taste of NaCl Water Solution. *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol. 33, No. 5, pp. 1128-1134, 2021.
- [4]公益社団法人日本 WHO 協会: 塩分の削減. 2020. https://japan-who.or.jp/factsheets/factsheets_type/salt-reduction/(参照 2023-2-8).
- [5]Yoshinobu Kaji, Ai Sato, Homei Miyashita: Design of Electrical Stimulation Waveform for Enhancing Saltiness and Experiment on Low-Sodium Dieters, *Frontiers in Virtual Reality*, Vol.3, pp.1-10, 2022.