

たん白質成分の渋味のマスキングに関する神経生理学的研究

駒井三千夫^{*1}・福成真由子¹・鈴木 均²・斎藤 努³

¹東北大学大学院農学研究科 ²石巻専修大学大学院理工学研究科

³不二製油(株)フードサイエンス研究所

Masking of Soyprotein-derived Astringency and Its Astringency-sensitive Neuron Profile in Chorda Tympani Nerve Fibers

Michio KOMAI¹, Mayuko FUKUNARI¹, Hitoshi SUZUKI² and Tsutomu SAITO³

¹Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University, Sendai 981-8555,

²School of Science and Engineering, Ishinomaki-Senshu University, Ishinomaki 986-8580,

³Fuji Oil Co., Ltd., Izumi-Sano 598-8540

ABSTRACT

Astringency perceived in the mouth upon ingestion of tannic acid and other substances is generally regarded as a dry, puckering sensation, which seems more closely allied to the tactile than to the gustatory sense. On the other hand, according to some studies perceptual assessments of astringency may be closely linked to bitterness in human taste, and some electrophysiological studies showed that the chorda tympani and glossopharyngeal nerves transmit the astringency signal. We attempted to find tactile sensitive nerve bundles from the lingual trigeminal nerves by applying 0.6 M tannic acid, but found instead 18 lingual trigeminal nerve bundles that did not respond to this at all. This indicates that the lingual trigeminal nerves do not respond to astringent stimuli. On the other hand, many chorda tympani nerve fibers responded to the tannic acid solution. Therefore, we analyzed the response profiles of potential astringent-sensitive neurons in the chorda tympani nerves in adult female Wistar rats. Astringent compounds, tannic acid, and acidified soy protein isolate [glycinin] were applied to the tongue of the rat. According to the cluster analysis of 80 chorda tympani nerve fibers, the responses to glycinin (3% soln, pH 3.5) that cause astringency were most closely related to the response to sour taste (0.01 M HCl, $r=0.721$) and tannic acid (0.01 M, $r=0.693$). They were less related to bitter taste (0.02 M quinine-HCl, $r=0.559$) and umami taste (0.035 M MSG, $r=0.483$), and not correlated with other basic taste stimuli. Several candidate substances that reduce astringency derived from acidified glycinin are proposed. *Soy Protein Research, Japan* **7**, 57-62, 2004.

*〒981-8555 仙台市青葉区堤通雨宮町1-1

Key words : astringency, glycinin, taste nerve, nerve fiber profile, rat

大豆たん白質成分や経口薬成分に含まれる苦味や渋味（収れん味）をマスキングすることは、食品・製薬産業界におけるかねてからの課題となっている^{1~5)}。本研究では、大豆たん白質成分の渋味の抑制作用を有する素材を、ラットの鼓索神経（味神経＝基本味を伝達）および三叉神経舌枝（刺激味など一般体性感覚を伝達）を用いた神経生理学的手法により探索しようとした。渋味の受容については神経生理学的にまだ十分に明らかにされていないので、まずこれらの神経を用いて受容機構を解明し、それを応用してこの問題を検討していくことを企図した。

方 法

ヒト官能評価試験

被験者を健常者18名として、以下の2通りで行った。
各pHでの大豆たん白質溶液の味評価 数種類のpHの大豆たん白質溶液（各々3%のグリシニンまたは β -コングリシニン溶液）を口に含んだ後に吐き出させ、その渋味を13段階で評価させた。またpH試験紙を用いて吐き出した直後の口腔内pHを測定した。
渋味のマスキング効果 3%のグリシニン溶液（pH

3.5）に、5～20%の γ -シクロデキストリンを添加した溶液を口に含んだ後に吐き出させ、その渋味を13段階で評価させた。

味覚関連神経応答実験

実験動物として成熟Wistar系雌ラットを用いた。定法通り麻酔下に各神経を露出させ、Whole nerve記録では神経束全体を、またFiber（神経線維ごとの）記録では数種類（1～5種類）の応答が取れる状態まで細かく分けた神経束を白金電極に接触させた。次に舌に味溶液を流すことにより生じた微小電位変化（インパルス放電）を増幅させ、DATテープに記録するとともにその積分値を測定した（Fig. 1）。Whole nerve記録では積分値のピークの高さより、またFiber記録ではインパルス放電数より味刺激の強さを分析した。インパルス放電数は、DATテープの記録を単一インパルス（同一神経線維）分離ソフト（石巻専修大、鈴木均教授作製）を用いて単一神経線維の応答になるように分離した後に算出した。具体的には以下の刺激による応答をみた。

渋味の感覚刺激（三叉神経舌枝 小神経束記録） 触刺激応答性の神経束を選び、グリシニン溶液（pH 3.5）、渋味物質である0.6 Mタンニン酸、冷刺激、味刺激に

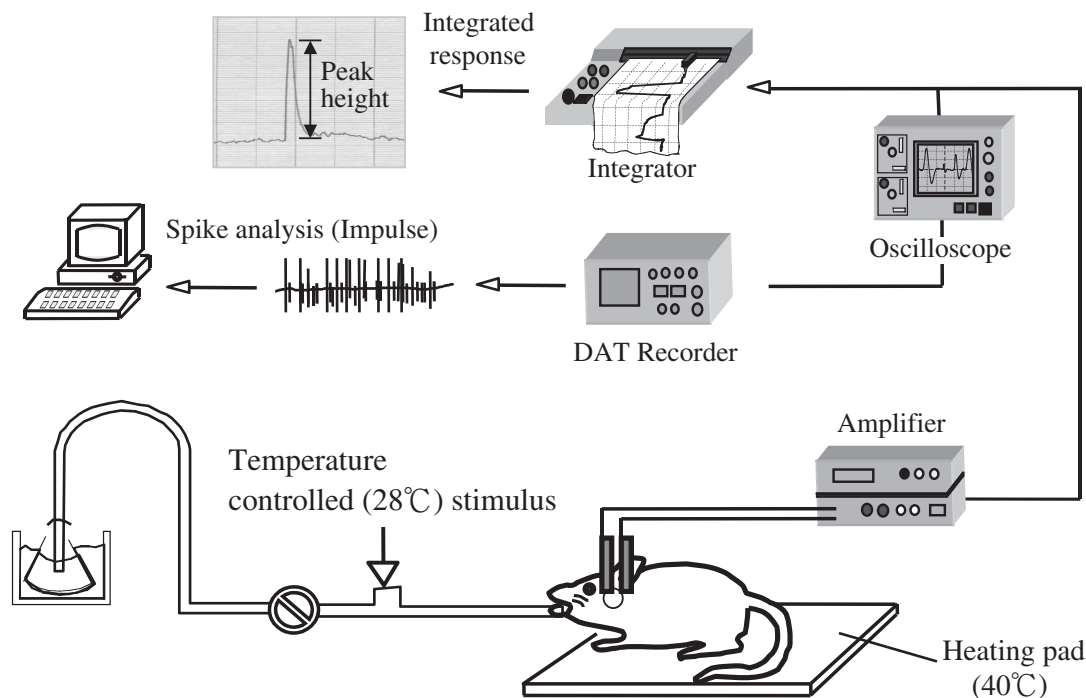


Fig. 1. Electrophysiological method for recordings from the chorda tympani and lingual trigeminal nerves.

に対する応答をみた。

各種濃度タンニン酸の応答（鼓索神経 Whole Nerve記録） 渋味標準液として、種々の濃度のタンニン酸に対する応答をみた。

渋味および基本味の応答Fiber分類（鼓索神経Fiber記録） 単一神経線維において、グリシニン溶液（pH

3.5）、0.01 M タンニン酸溶液、五基本味溶液（0.1 M NaCl（塩味）、10 mM 塩酸（酸味）、0.5 M スクロース（甘味）、10 mM 塩酸キニーネ（苦味）、35 mM グルタミン酸ナトリウム（旨味））に対する応答を調べた。

結果と考察

ヒト官能評価試験

各pHでの大豆たん白質溶液の味評価 Fig. 2に渋味評価の結果を示した。グリシニンではpH 3.5で他のpHに比べて有意に強い渋味を呈することが分かり、 β -コングリシニンにおいても、pH 5.0との間に有意性はみられなかったものの、3.5の溶液で最も渋味が強い結果となった。また、pH 3.5の2種のたん白質を比較するとグリシニンにおいてわずかに渋味が強い結果となった。これは β -コングリシニンが糖たん白質であることが影響していると考えられる。

また、渋味強度と口腔内pHの関係をFig. 3に示した。両たん白質溶液とも、pH 7.0溶液ではほとんどの被験者で口腔内pHが5.5前後であった。 β -コングリシニンにおいて最も渋味の強かったpH 3.5の溶液では、口腔内pHが5.5よりも低い被験者ほど渋味を強く感じていた。また、グリシニンにおいては、渋味の強かったpH 3.5の溶液では、口腔内pHが高い被験者（pH 5.5前後）ほど渋味を強く感じていることがわかった。これ

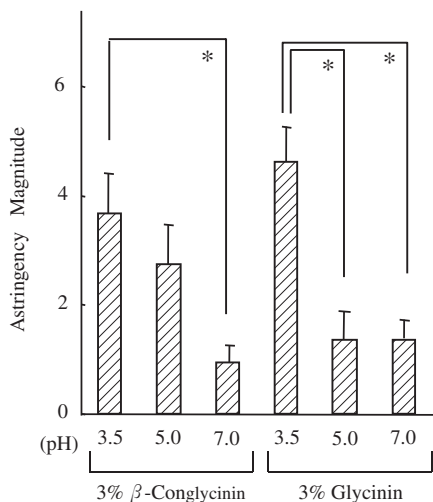


Fig. 2. Astringency magnitude of β -conglycinin and glycinin solutions in various pHs (Human evaluation test). Mean $\pm$ SE, n = 18. * P < 0.01.

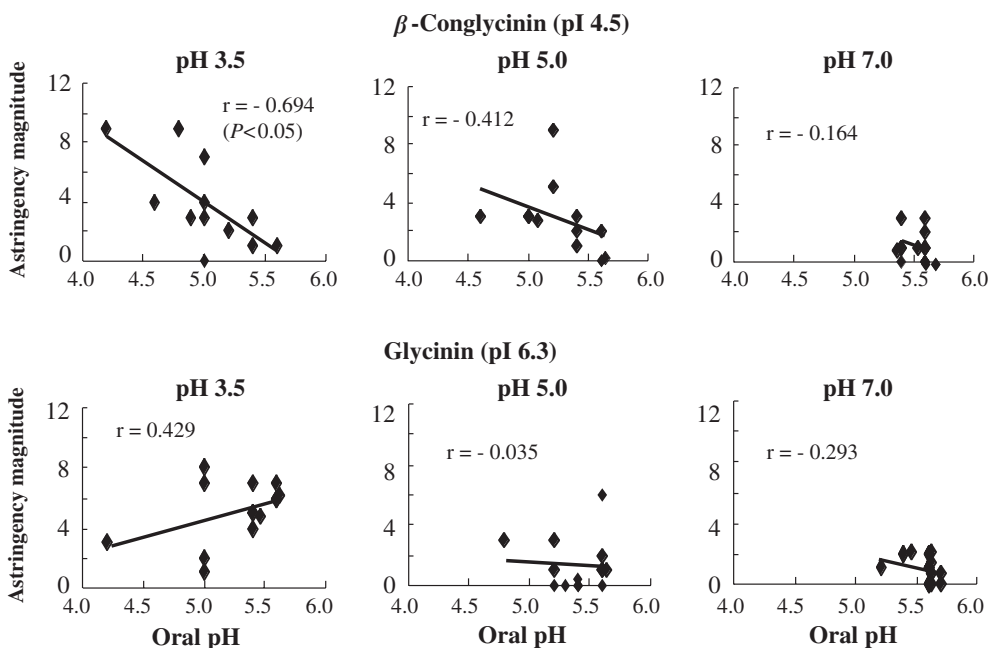


Fig. 3. Relationship between oral pH and astringency magnitude of β -conglycinin and glycinin solutions in various pHs.

らはともに各々等電点4.5および6.3付近に近づく条件下で強い渋味を感じる結果となっている。

以上のことから、これら溶液の渋味は溶解していたたん白質が口腔内で沈殿・凝集することにより生じる可能性が示唆された。

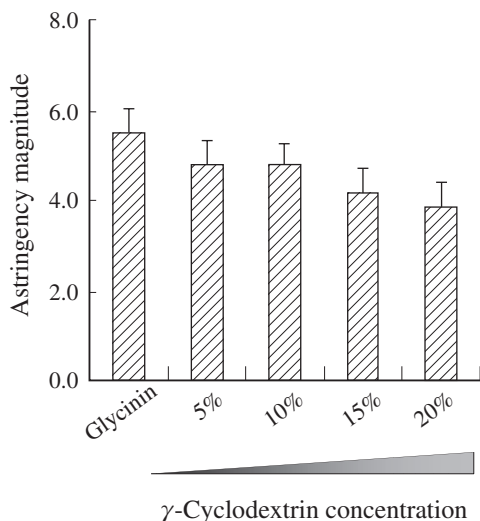


Fig. 4. Effect of γ -cyclodextrin on the astringency magnitude of acidified glycine solutions (Human evaluation test).

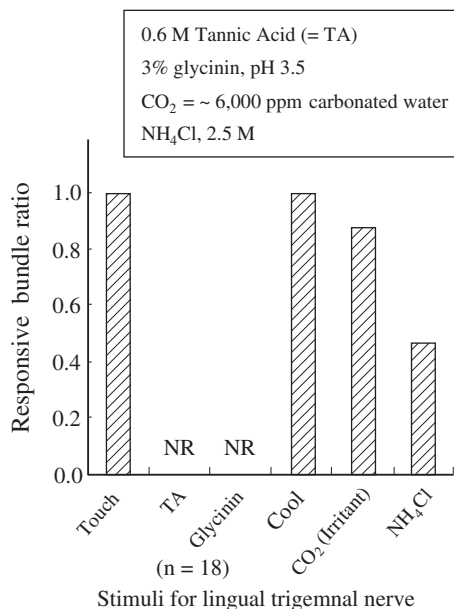


Fig. 5. The lingual trigeminal nerve bundle (~10 fibers) responses to astringent compounds. NR, no response.

渋味のマスキング効果 各溶液の渋味評価の結果をFig. 4に示した。添加するシクロデキストリンの濃度に依存して渋味強度の平均値が低下したものの、統計的に有意ではなかった。

味覚関連神経応答実験

渋味刺激に対する三叉神経舌枝小神経束 (bundle= ~10 fibers) 応答 触刺激応答性の神経束18種類のうち、各種の刺激に応答したものの割合をFig. 5に示した。渋味は食品化学的には舌粘膜の収縮による感覚刺激(皮膜形成感ともいわれる)とも考えられるが⁶⁾、触覚感受性の小神経束においてもタンニン酸、グリシニン溶液ともに全く応答は認められなかった。

各濃度のタンニン酸刺激に対する応答 (鼓索神経 Whole nerve記録) 0.1 M NaCl応答を1.00とした相対値としてFig. 6に表した。これをまとめると、タンニン酸溶液の濃度依存的な応答が得られた。

渋味応答性神経線維の分類 (鼓索神経Fiber記録)^{7, 8)} 各神経線維における味溶液への応答強度をクラスター解析した結果をFig. 7に示した。味溶液の分類では、グリシニン溶液の刺激応答とは、塩酸(酸味)およびタンニン酸の応答性神経線維とくに相関があり、これらの受容機構が類似していることが示唆された。同じ渋味溶液間で類似しているのは当然の結果といえる。しかし、酸味の塩酸については、線維ごとの応答パターンを見ると、塩酸刺激とは必ずしも一致するものではなかった(データ整理中)。このため、酸性化グリシニン溶液の酸味成分の影響が強いわけではなく、渋味独特の線維分類が出来ていると考えられた。

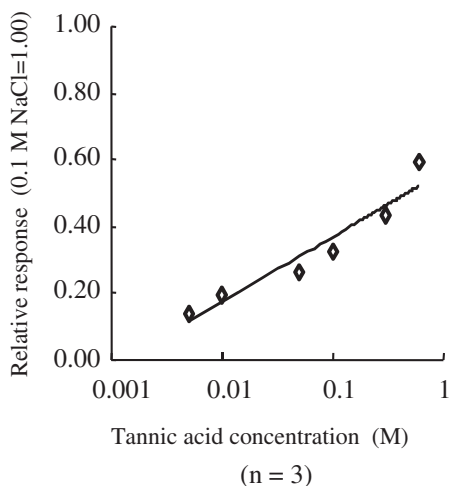


Fig. 6. The chorda tympani nerve response to various concentrations of tannic acid solution.

さらに、ここではデータは示さなかったが酸性化グリシニン溶液の渋味応答は濃度依存的であり、一定濃度以上ではその後の味応答が抑制されること（Cross-adaptation）も確認された。基本味と受容サイトが競

合する、あるいは影響し合うことが確認された。すなわち渋味は、ラットの場合触覚のような一般体性感覚刺激ではなく、基本味と密接に関係する刺激と分類された。

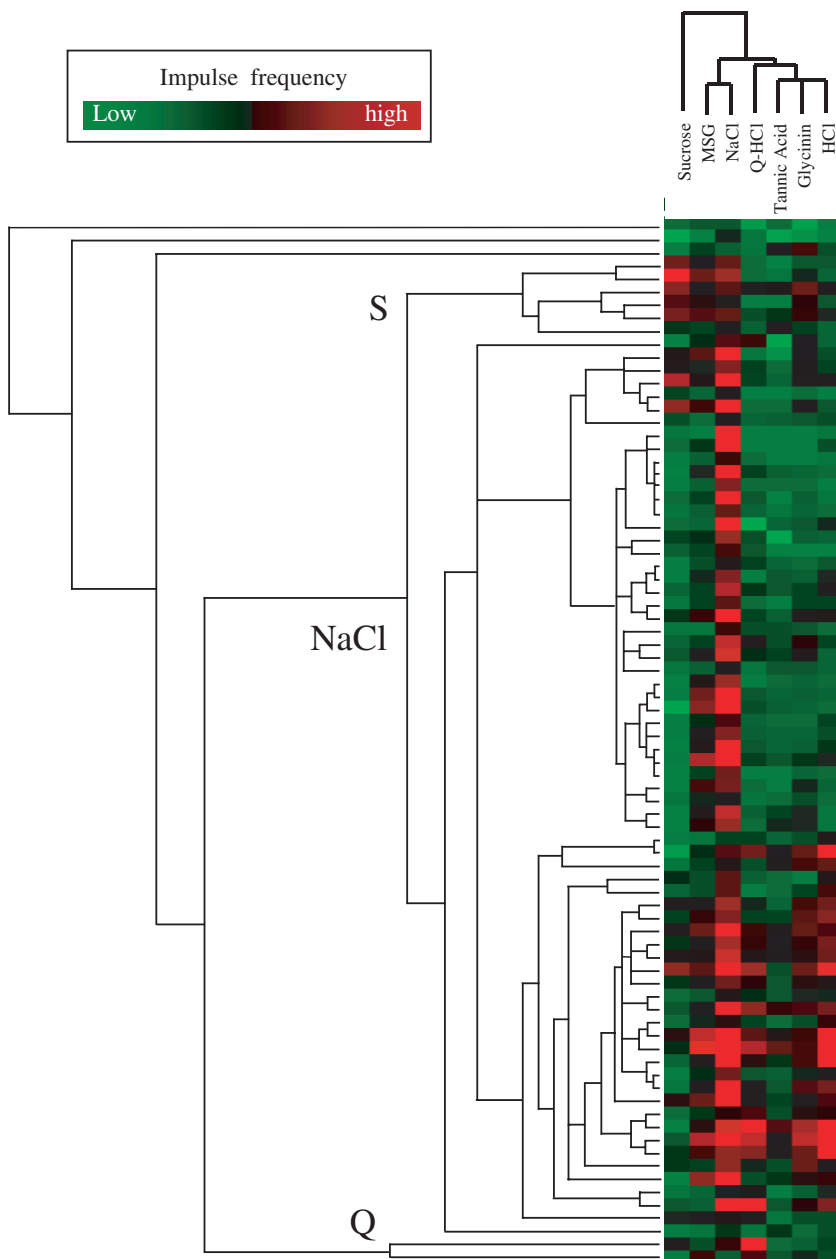


Fig. 7. Cluster analysis of the chorda tympani nerve fiber responses to astringent and other basic taste compounds.

要 約

1) ヒト官能評価より, β -コングリシニンおよびグリシニン溶液は, 低pHのものほど渋味を強く感じる事が示された. また, 酸性化大豆たん白質成分の渋味は口腔内で沈殿・凝集が起こることに起因する可能性が示された. 2) 渋味刺激によって, 一般体性感覚を受容・伝達する三叉神経舌枝では応答が検出されなかったが, 味神経である鼓索神経で応答がみられた. このことから渋味は味神経介在性刺激であることが示唆された. またその応答は濃度依存的であり, 一定濃度以上ではその後の味応答が抑制されること (Cross-adaptation) が確認された. 3) ラット鼓索神経Fiber応答の分類により, グリシニンの渋味応答は, 渋味物質であるタンニン酸の応答 ($r=0.693$) と酸味 ($r=0.721$, 塩酸) 応答と相関性のあることが示された. 4) 酸性化グリシニン溶液の渋味をマスキングする手法について検討し, 基礎的な知見を得た. 今回の検討により, 渋味を受容機構の解明と渋味マスキング法に関する検討が可能な実験系を確立することができた.

文 献

- 1) Kawamura Y, Funakoshi M, Kasahara Y and Yamamoto T (1969): A neurophysiological study on astringency taste. *Jpn J Physiol*, **19**, 851-865.
- 2) Yamashita S, Kiyohara S, Ohno M and Hara Y (1996): Specificity of glossopharyngeal nerve responses to astringent compounds in *Xenopus*. *Chem Senses*, **21**, 459-465.
- 3) Schiffman SS, Suggs MS, Sostman AL and Simon SA (1992): Chorda tympani and lingual nerve responses to astringent compounds in rodents. *Physiol Behav*, **51**, 55-63.
- 4) 大久保一良 (1983): 加工食品素材としての植物性蛋白質; タンパク質随伴成分の生理作用と呈味性からの考察. 食の科学, **74**, 43-50.
- 5) 山内文男, 大久保一良 (2003, 第8刷): 大豆の科学. 朝倉書店, 東京.
- 6) 山本 隆 (1996): 脳と味覚—おいしく味わう脳のしくみ—. 共立出版, 東京.
- 7) 佐藤昌康 (1991): 味覚の生理学. 朝倉書店.
- 8) Simon SA and Roper SD (1993): Mechanisms of taste transduction, CRC Press.