

大豆たん白質の渋味発生機構に関する電気生理学的研究

駒井三千夫^{*1}・福成真由子¹・白川 仁¹・齋藤 努²・鈴木 均³

¹東北大学大学院農学研究科

²不二製油(株)フードサイエンス研究所 ³石巻専修大学大学院理工学研究科

Neurophysiological Study on the Taste Reception of Astringency Derived from Soy Protein

Michio KOMAI¹, Mayuko FUKUNARI¹, Hitoshi SHIRAKAWA¹, Tsutomu SAITO²
and Hitoshi SUZUKI³

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

²Fuji Oil Co., Ltd Izumi-sano 598-8540

³Ishinomaki-Senshu University Ishinomaki 986-8580

ABSTRACT

Astringency perceived in the mouth upon ingestion of tannic acid and other substances are generally regarded as dry, puckering sensations, which seem more closely allied to the tactile than to the gustatory sense. On the other hand, perceptual assessments of astringency may be closely linked to bitterness in human tasting study, and most of electrophysiological studies of the experimental animals showed that the chorda tympani and glossopharyngeal nerves transmit the astringency signal. Therefore, we attempted to show the possible astringency sensitive neuron profile in the chorda tympani nerve (taste nerve) fibers in adult female SD rats. Astringent compounds (tannic acid, other typical astringent food constituents, and acidified glycinin, pH 3.5) were applied to the tongue of the rat. According to the cluster analysis of 77 (Exp. 1) or 80 chorda tympani (CT) nerve fibers (Exp. 2), the astringency-sensitive fibers (0.01 M tannic acid) were closely related to the response to sour taste, however, the responded profiles of various astringent compounds were not necessarily paralleled well with that of HCl (sour). The CT nerve fiber responses to soy isoflavon, soy saponin, whey protein, glycinin and tannic acid solution were assessed, and soy isoflavon showed no response and soy saponin responded slightly. These results suggest isoflavons or saponins that coexisted in the soyprotein isolate are not key substances for the astringent sensation, but the acidified glycinin protein itself may be responsible for the astringency formation. *Soy Protein Research, Japan* **9**,

*〒981-8555 仙台市青葉区堤通雨宮町1-1

Key words : astringency, soy protein, rats, taste nerve, glycinin

渋味とは口腔内に収縮感や張り付き感を感じる不快味であるが、飲料用に酸性化した大豆たん白質成分を摂取した際にこの不快味を呈することが確認され、このことは食品の加工上最も考慮すべき重要な課題となっている。渋味は、触覚や痛覚の一部である物理的感覚とも、基本味と同様の化学的感覚とも考えられているがその詳細は明らかでない。一般性感覚を受容・伝達する三叉神経舌枝を用いた検討もほとんどなく、味神経である鼓索神経を用いた検討も不十分である。そこで本実験では、大豆たん白質成分の不快味の原因を探索することを目的として、ラットを用いた神経生理学的手法による解析を行った。

方 法

実験動物は、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に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、Fig. 2）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調べた。

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、酸味（10 mM塩酸）および各種渋味物質（グリシニン（pH 3.5）、10 mM Tannic acid、39 mM Gallic acid、30 mM Epigallocatechin gallate）の各溶液に対する応答を調べた。

不純物による影響の検討（鼓索神経・Whole nerve記録）

渋味を呈する大豆成分であるサポニン、イソフラボンの鼓索神経応答を記録し、グリシニンとの応答性神経線維の比較を行った。

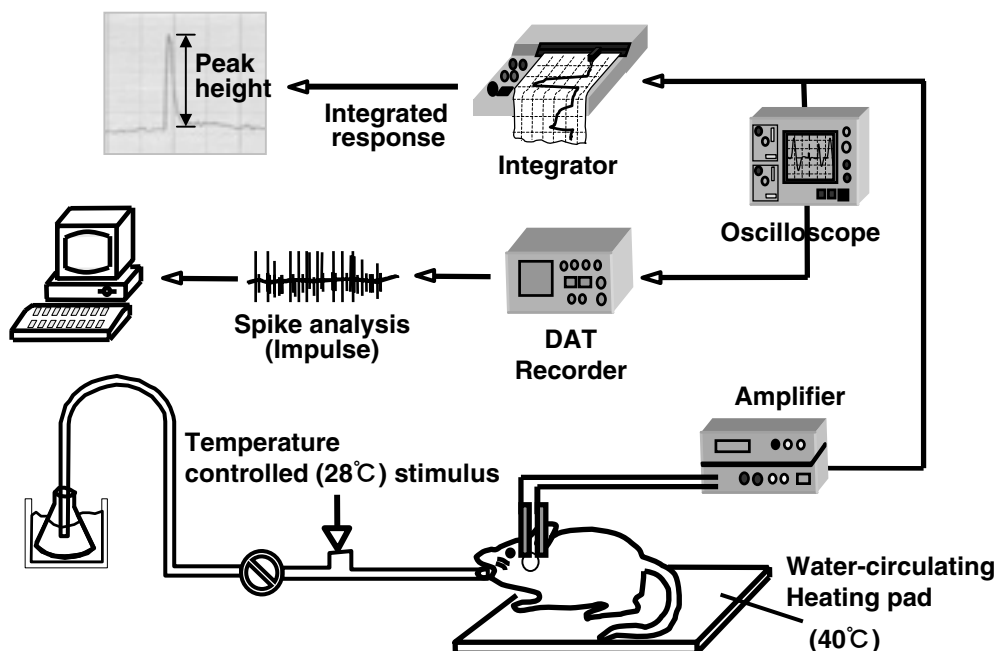


Fig. 1. Electrophysiological method for recordings from the chorda tympani (CT) and lingual trigeminal nerves of the rats.

舌咽神経応答記録

舌咽神経は、1/4が味刺激感受性、3/4が一般性感覚感受性である。このように複数の性質をもつ神経を用いて他の味溶液と比較し、舌咽神経が渋味を受容・伝達しているか否かを検討した。

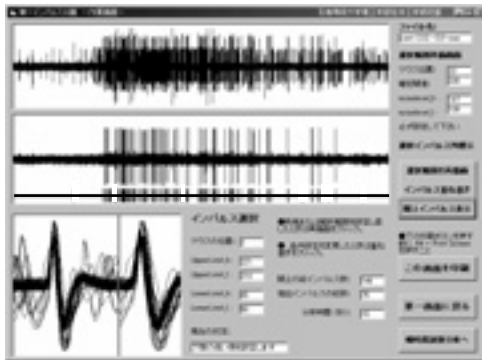


Fig. 2. A software (by Hitoshi Suzuki) for isolating a single neuron responses.

結果と考察

渋味および基本味の応答Fiber分類 (鼓索神経Fiber記録)

昨年度の報告において、渋味刺激による応答は三叉神経舌枝ではなく鼓索神経で検出されたことより渋味は味神経介在性であること、さらに渋味物質である Tannic acid, グリシニン溶液 (pH 3.5) および酸味刺激の受容には相関関係があることを報告した。そこで今回、上記の通りの各種渋味物質を用いて鼓索神経Fiber応答profileのさらに詳細な解析を行った。その結果、すべて酸性領域の溶液ではあるが渋味および酸味応答は必ずしも一致するわけではないことが確認された (Fig. 3)。pH 7.0の同濃度グリシニン溶液も同時に比較したが、グリシニン溶液においてもpH 3.5と7.0では応答パターンが異なることが示された。これらのことから、渋味特異的な応答性神経線維の存在が単一神経 (=ニューロン) レベルで明らかとなり、独自の受容・伝達機構があることが考えられた。なお、通常基本味においては刺激後すぐにインパルス放電が起こり、数秒以内にそのピークを迎える。しかし今回渋味刺激による応答を記録した中で、刺激後しばらく時間を置いた後に神経活動が活発になるFiberが認められた。その一例がFig. 4である。HClでは直ちにインパル

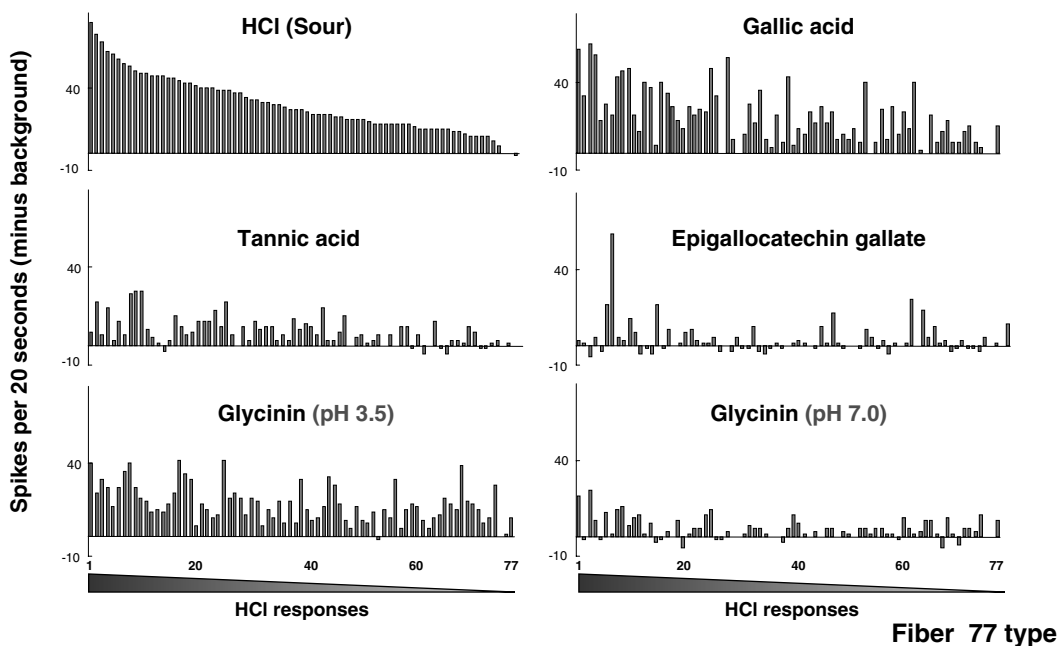


Fig. 3. Responses profiles of the CTn. fibers to astringent and sour compounds. The responses rates elicited for 20 s in the CTn. fibers 1 to 77 were represented by consecutive filled bars from left to right by order of HCl response strength. The responded profiles of various astringent compounds were not necessarily paralleled with that of HCl (sour).

ス放電が見られるのに対して、ここでは特にEGCgをはじめとして渋味物質の多くの刺激で遅れて、刺激開始2秒～10秒後付近から応答し始めていることが分かる。ヒトにおいて渋味は口腔内でじわじわと、後から強く感じてくる感覚があるが、これと同じ現象がとらえられたものと考えられる。

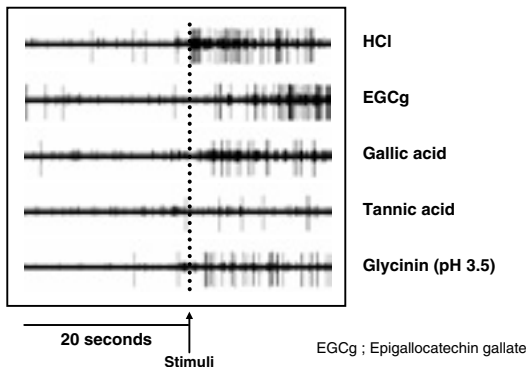


Fig. 4. Impulse records for the responses of a rat CTn. neuron to astringency and sour stimuli. The arrows indicate the approximate onsets of the responses. The response of epigallocatechin gallate showed long latency though basic taste compound (HCl) responds immediately.

不純物による影響の検討（鼓索神経・Whole nerve, Fiber記録）

酸性化グリシニン溶液の渋味発現の要因として、これまでに渋味を呈することが報告されているイソフラボンおよびサポニン等大豆含有成分が不純物として含まれていたことによる影響が考えられた。そこでま

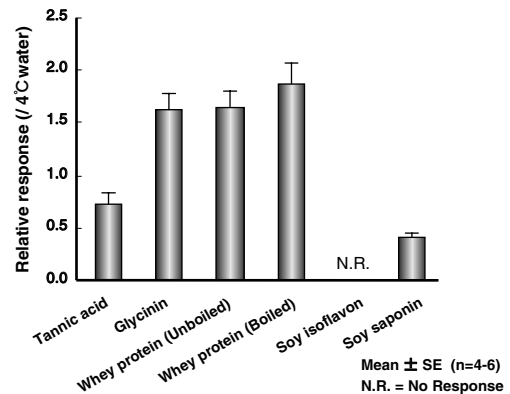


Fig. 5. The CTn. response to soy isoflavon, soy saponin, whey protein, glycinin and tannic acid solution. Soy isoflavon showed no response and soy saponin responded a little.

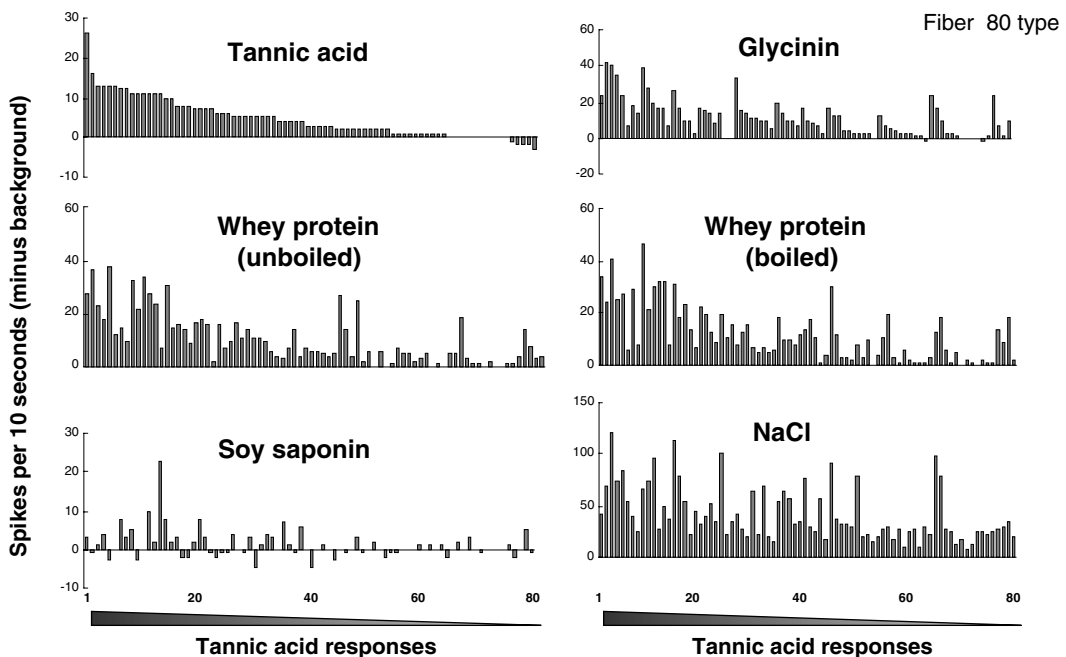


Fig. 6. Responses profiles of the CTn. fibers to astringent components. The responses rates elicited for 10 s in the CTn. fibers 1 to 80 were represented by consecutive filled bars from left to right by order of Tannic acid response strength.

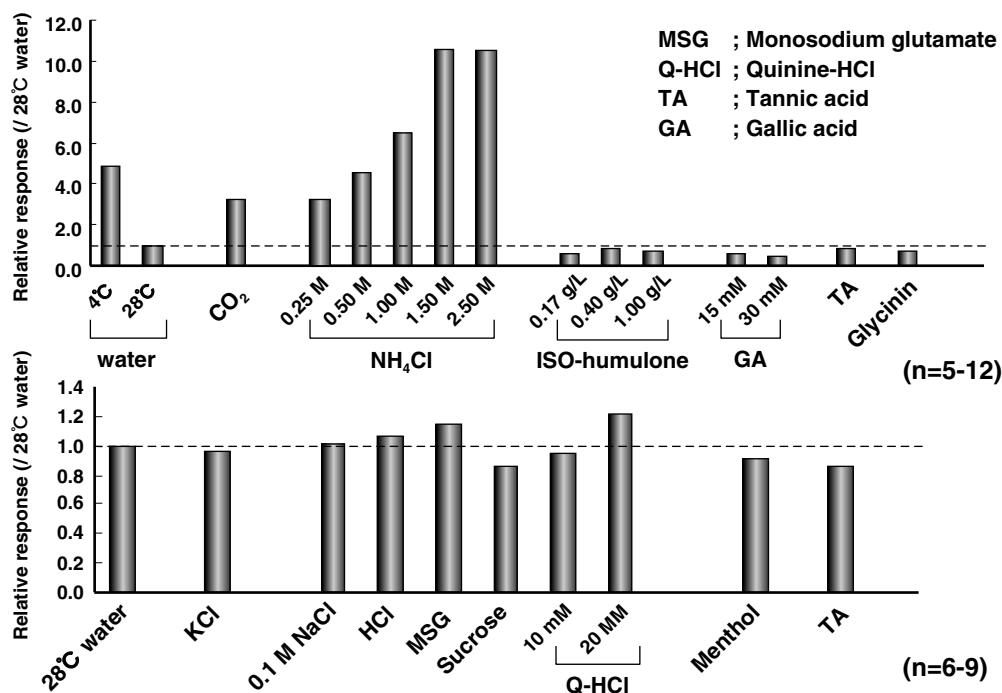


Fig. 7. The Gln. response to astringent and other taste substances.

ず、これら成分の鼓索神経Whole nerve応答を記録した。また同時に分離乳清たん白質 (pH 3.5) による応答を記録した (Fig. 5)。その結果、これまでと同様に Tannic acid, グリシニンでは応答が見られ、また乳清たん白質においても加熱・未加熱ともにグリシニンと同程度の応答が検出された。大豆含有成分については、大豆サポニンでは僅かに応答が検出されたが、大豆イソフラボンでは全く応答が認められなかった。そこで次に、応答が検出されたTannic acid, グリシニン, 乳清たん白質, および大豆サポニンの味溶液を用い、単一神経線維での解析を行った (Fig. 6)。これより、Whole nerve記録において鼓索神経応答の検出された大豆サポニンも、グリシニンとは異なる種類の神経線

維で応答していることと応答が弱いことが確認され、大豆たん白質成分の渋味はむしろグリシニンたん白質自体によるものであることが示唆された。これは、佐野・北畠らのヒトでの味覚官能評価試験の結果とほぼ一致している。

舌咽神経応答記録 (Gln.)

渋味物質である酸性化グリシニン溶液 (pH 3.5), Tannic acid, Gallic acid刺激により、顕著な応答が検出された (Fig. 7)。しかし舌温水や五基本味刺激においても同程度に応答することが確認された。渋味が舌咽神経を介しているか否かには、さらに詳細な検討が必要である。

要 約

鼓索神経線維の分類を行った結果、Tannic acidおよびグリシニン溶液 (pH 3.5) は酸味応答と相関がみられた。しかし、種々の渋味物質を用いてさらに解析したところ、これらは必ずしも酸味に反応する神経線維と強い相関性は認められなかった。これらのことから渋味独自の応答性神経線維の存在が確認され、特有の化学受容・伝達機構のあることが示唆された。大豆たん白質の渋味発生要因として、サポニン・イソフラボン等不純物による影響が考えられた。しかしこれら成分の鼓索神経応答では、検出されないか、僅かに応答がみられた場合も神経線維の応答パターンが異なることが確認され、たん白質自体が渋味を呈することが示唆された。舌咽神経において、グリシニンおよび各種渋味物質による応答が検出された。

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) Kitada Y, Mitoh Y and Hill DL (1998): Salt taste responses of the IXth nerve in Sprague-Dawley rats: lack of sensitivity to amiloride. *Physiol Behav*, **63**, 945-949.
- 3) 山内文男, 大久保一良 (2003, 第 8 刷): 大豆の科学. 朝倉書店.
- 4) 山本 隆 (1996): 脳と味覚－おいしく味わう脳のしくみ－. 共立出版.
- 5) 佐藤昌康 (1991): 味覚の生理学. 朝倉書店.
- 6) Sano H, Egashira T, Kinekawa Y and Kitabatake N (2005): Astringency of bovine milk whey protein. *J Dairy Sci*, **88**, 2312-2317.