

**GABA (γ-アミノ酪酸) の味覚への関与について
～酸味と塩味への関与～**

佐々木公子・渡部 治奈・植野 洋志

美作大学・美作大学短期大学部紀要（通巻第56号抜刷）

論 文

GABA (γ -アミノ酪酸) の味覚への関与について ～酸味と塩味への関与～

Involvement of GABA in taste sensation : interaction with acid taste and saline taste

佐々木公子・渡部 治奈^{*1}・植野 洋志^{*2}

キーワード：GABA、減塩、酸味、官能試験

1. 緒言

味覚は、甘味・苦味・うま味・酸味・塩味の基本5味に分類されている。甘味はエネルギー源の、塩味はミネラル源の、うま味はタンパク質源の、酸味は食物の腐敗の、そして、苦味は毒物を感知するシグナルとして、それぞれ生命維持に関与している。この味覚情報は、味蕾にある受容体タンパク質を介して神経系から脳へと伝達されるが、伝達機構に関しては、まだ完全に解明されているわけではない。

ヒトの舌には、4種類の乳頭（有郭乳頭・葉状乳頭・茸状乳頭・糸状乳頭）があり、糸状乳頭以外に味蕾が存在している。1つの乳頭に数百ともいわれるタマネギ型の味蕾があり、甘味・苦味・うま味・酸味・塩味（基本5味）を受容して、そのシグナルは味細胞、そして味覚神経を介して脳に伝達される。味細胞は形態学的に紡錘形のI型・II型・III型細胞と丸型のIV型細胞に分類されている¹⁾。甘味・苦味・うま味の受容体は、II型細胞に発現し、酸味と塩味の受容体はIII型細胞に発現している²⁾。味覚神経はIII型細胞と直接接続しており、II型細胞は味覚神経との接続がないため、II型細胞が受け取ったシグナルが、どのよ

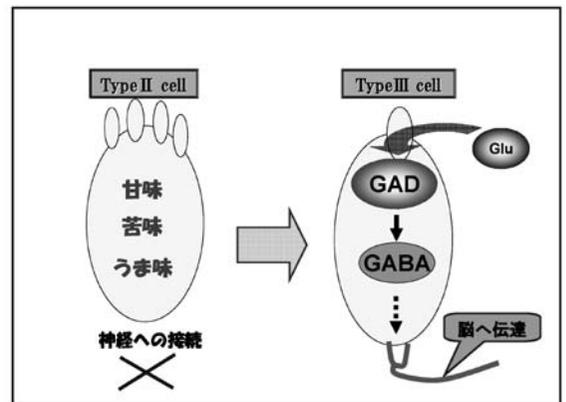


図1 Type II cell と Type III cell の脳への味覚伝達ルート

うにして味覚神経に伝達されるかはまだ完全に理解されていない（図1）。

現在、II型細胞から放出されたATPが伝達物質として味覚神経を興奮させることにより、情報を伝達するという説や、II型細胞の情報がIII型細胞を経由するという説も提唱されている^{3,4)}。

うま味物質として一般の食品に多く含まれているL-グルタミン酸は、グルタミン酸デカルボキシラーゼ（GAD）の基質である。GADによりグルタミン酸は γ -アミノ酪酸（GABA）に変換される⁵⁾。GABAはヒトの脳・神経組織・臓器などに広く存在し、近年

*1 美作大学生活科学部食物学科

*2 奈良女子大学

では消化器系組織にも存在が明らかにされている。GABAの中樞神経系での役割は、抑制性神経伝達物質である。最近では「特定保健用食品」の関与成分として指定され、血圧降下作用⁶⁾やリラクゼーション効果を強調したお茶やチョコレートなどの健康食品として商品化されている。

近年、GADがⅢ型細胞に存在し、GABA生産に関与することが示された⁷⁾。さらに、GABAはGABA_A受容体（クロライドイオンチャネル型）のリガンドであり、GABA_A受容体が味蕾に存在することが示されたことにより、味覚伝達への何らかの関与が示唆された⁸⁾。

GABAを味覚の情報伝達物質としてとらえる考え方はまだ確立していない。しかし、GABA受容体やトランスポートの存在が明らかになってきており、Ⅲ型細胞内でのGABA生産を担うGADを介した味蕾細胞内の味覚シグナル伝達機構を明らかにする必要がある。そこで、味蕾細胞内でGAD活性を改変すること、つまり、活性を阻害したり促進したりすることは、塩味や酸味の味覚情報に直接影響を与えることが考えられる。もし、そのような物質が同定できれば、Ⅱ型を介さないことよりうま味（おいしさ）を変えずに塩味や酸味を改変できる物質として利用することが可能となるのではないかと考えられる⁹⁾。

前報（美作大学・美作大学短期大学部紀要2010, Vol.55）¹⁰⁾では、ヒトの味覚検査により、塩味にGABA（0.0025%）を添加した場合、元の味をより強く感じられる傾向があり、Ⅲ型の味蕾細胞で産生されるGABAは、塩味の受容体に何らかの影響を与え、減塩効果をもたらす可能性が示唆された。

最近、酸味の受容体候補遺伝子（PKD2L1）がⅢ型細胞に発現し、酸味の受容機構が明らかになりつつある^{11,12)}。そこで、Ⅲ型細胞で合成されたGABAが酸味の伝達になんらかの影響を与えている可能性を考えた。調理分野でいわれる「味の相互作用」、たとえば塩味に酸味（塩味を強める減塩効果：ポン酢）や酸味に塩味（酸味を弱める：すし酢）はそれぞれの味質を向上させるなどの現象があり、GABAが酸味に関与す

るならば、酸を使った塩味増強（減塩効果）にGABAも何らかの影響をしている可能性も考えられる。

浜島¹³⁾は、1～2%食塩溶液に酢酸を0.01%添加すると塩味が増大し、0.1%酢酸溶液に食塩を1%添加すると酸味が増大したことを報告している。そこで、酸に対する塩の効果と塩に対する酸の効果とを、上記の溶液の濃度と組み合わせによって官能検査を実施した。

さらに、味覚神経と接続のあるⅢ型細胞で受容される酸味に対して、GABAを添加することによる酸味の強さの変化を官能検査によって検討した。次に、塩を添加した酸溶液（酢酸・クエン酸）と酸（酢酸・クエン酸）を添加した塩溶液に対して、GABAを添加することによる酸味や塩味の強さの変化を官能検査によって検討した。

2. 方法

- (1) 期間：2010年4月～11月
- (2) 対象者：美作大学食物学科の女子学生
20～42名（19歳～21歳）
- (3) 環境：各官能検査は、場所（調理実習室）・時間帯（9：00～13：00）・室温（24～23℃）など、同じ条件で行った。
- (4) 試薬の調整：試薬には市販特級品（ナカライテスク株製）を使用し、試薬の溶媒には、蒸留水を用いた。

・ NaCl	（塩味）
・ Citric Acid	（酸味）
・ Acetic Acid	（酸味）
・ γ -aminobutyric Acid	（GABA）

酸味・塩味溶液の濃度は、各官能検査で用いる濃度に調整した。また、調理で用いる酸味・塩味の濃度は、調理のデータ¹⁴⁾を参考にした。

GABA濃度は、奈良女子大学植野研究室のデータ¹⁵⁾を参考にした。

(5) 官能試験

官能試験の手順は、「おいしさを測る 食品官能検査の実際」¹⁶⁾に準じた。

各官能検査は、事前に検査の目的・方法を説明し、内容を十分に理解してもらった上で実施した。また、本試験は「美作大学 倫理審査委員会」の承認を得て行った。

I パネルの塩味・酸味の識別能力の確認

パネル（42名）を対象とし、濃度の異なる2つの溶液（塩味・酸味）を比較し、各味の強い方を判断する2点比較法を実施した。

手順

- ① コップの水で口をすすぐ。
- ② aの試料を口に含み、舌の全面に広げながら味わったら、飲み込むか吐き出す。
- ③ コップの水で口をすすぐ。
- ③ bの試料も②～③の手順で比較試験を行う。

以下の条件は、すべての官能試験に適用するものとした。すなわち、判断に迷う場合は、同じ試料を再度、味わってもよいこと。また、一人ひとり試料の順は変えてあり、試料を入れる容器には10mlの試飲用カップを使用した。

塩味と酸味の各試料の濃度については、表1に示した。

表1 試料の濃度 (pH)

	a	b
塩味 (NaCl) %	0.7 (5.0)	0.8 (5.1)
酸味 (酢酸) %	0.01 (4.0)	0.05 (3.3)

II 酸と塩の相互作用について

塩味溶液に酸を0.01%添加したものと酸味溶液に塩を1%添加したものについて、それぞれの味の強い方を判断する2点比較法を実施した。

手順は、Iの官能試験の手順に準じ、塩味溶液と酸味溶液（a・b）の各試料の内容については、表2に示した。

塩味溶液bの調製は、1%のNaCl溶液を調製し、それに対して酢酸（粉末）を0.01%添加した。試料の調製は、上記の調製法に準じた。また、試薬は粉末の状態で添加した。

表2 各溶液の2種類の試料内容 (pH)

	a	b
塩味溶液	1% NaCl (5.1)	1% NaCl + 酢酸 0.01% (3.6)
酢酸溶液	0.1% 酢酸 (3.3)	0.1% 酢酸 + NaCl 1% (3.2)

III GABAを添加することによる

元の味の強さの変化

- 1) 濃度の異なる（0.01%・0.05%）2種類の酸味（酢酸・クエン酸）溶液に、GABAを添加したものの（イ）と無添加のもの（ロ）の、味の強い方を判断する2点比較法を実施した。各試料の内容については、表3に示した。

手順

- ① コップの水で口をすすぐ。
- ② 酢酸溶液IAのイを口に含み、舌の全面に広げながら味わったら、飲み込むか吐き出す。
- ③ 次の試料に移る前に、もう一度コップの水で口をすすぐ。
- ④ 次に、酢酸溶液IAのロを口に含み、舌の全面に広げながら味わったら、飲み込むか吐き出す。
- ⑤ IB・ICについても、①～④の手順で比較試験を行う。
- ⑥ クエン酸溶液（IIA・IIB・IIC）についても、①～④の手順で比較試験を行う。

表3 各試料の内容 G : 0.0025% GABA

	試料	イ (pH)	ロ (pH)
酢酸	IA	0.01% (4.0)	0.01%+G (4.4)
	IB	0.05%+G (3.5)	0.05% (3.3)
	IC	0.01%+G (4.4)	0.05% (3.3)
クエン酸	IIA	0.01%+G (3.6)	0.01% (3.4)
	IIB	0.05% (3.0)	0.05%+G (3.0)
	IIC	0.05% (3.0)	0.01%+G (3.6)

- 2) 1% NaCl溶液に酢酸を0.01%添加した溶液と、さらにGABAを添加したものの「味の強さ」の順位を判断する順位法を実施した。

手順は、1)の官能試験の手順に準じた。塩味溶液の各試料の内容については、表4に示した。

表4 3種類の試料の内容 (pH)

塩味溶液	A	1% NaCl (5.2)
	B	1% NaCl +酢酸0.01% (3.6)
	C	1% NaCl +酢酸0.01%+G (3.9)

3) 0.1%酢酸溶液にNaClを1%添加した溶液と、さらにGABAを添加したものの「味の強さ」の順位を判断する順位法を実施した。

手順は、1)の官能試験の手順に準じた。酢酸溶液の各試料の内容については、表5に示した。

表5 3種類の試料の内容 (pH)

酢酸溶液	E	0.1%酢酸 (2.4)
	F	0.1%酢酸 + NaCl1%添加 (3.1)
	G	0.1%酢酸 + NaCl1%添加+G (3.2)

3. 結果及び考察

I パネルの塩味・酸味の識別能力の確認

パネル(42名)を対象とし、塩分濃度および酸濃度について、パネルの濃度差識別能力を確認した。結果(表6)は、2点比較法(片側検定)のための検定表¹⁷⁾より検定した。

有意水準0.1%で、塩味溶液の濃度差0.1%および酸味溶液の濃度差0.04%に関して、パネルに識別能力があると判断された。

表6 塩味と酸味の濃度差識別 n=42

試料	元の味が強いと感じた人数
0.7% NaCl	10
0.8% NaCl	32***
0.01% 酢酸	1
0.05% 酢酸	41***

***: 0.1%有意差あり

II 酸と塩の相互作用について

塩味溶液に酸を添加した試料と酸味溶液に塩を添加した試料について、それぞれの味の強さを比較し、元の味の強い方を判断する2点比較法を実施した。結果(表7)は、2点比較法(両側検定)のための検定表¹⁷⁾より検定した。

塩味溶液は、有意水準5%で1%NaClに酢酸を

0.01%添加した溶液が、元の味を強く感じたと判断できる。

酢酸溶液は、有意水準5%で0.1%酢酸にNaClを1%添加した溶液が、元の味を強く感じたと判断できる。

塩味と酸味の味の相互作用において、食塩溶液に少量の酢酸を添加した場合、塩味は強くなった。また、酢酸溶液にNaClを1%添加した場合、酸味は強くなった。

表7 各溶液に対する添加の影響 n=30

試料	元の味が強いと感じた人数
1% NaCl	9
1% NaCl+酢酸0.01%	21*
0.1% 酢酸	8
0.1% 酢酸+ NaCl 1%	22*

*: 5%有意差あり

III GABAを添加することによる

元の味の強さの変化

1) 異なる濃度の酢酸・クエン酸へのGABA添加の影響をみた。官能検査の結果(図2)より、「同じ」という回答を除き、2点比較法(両側検定)¹⁷⁾を行った。

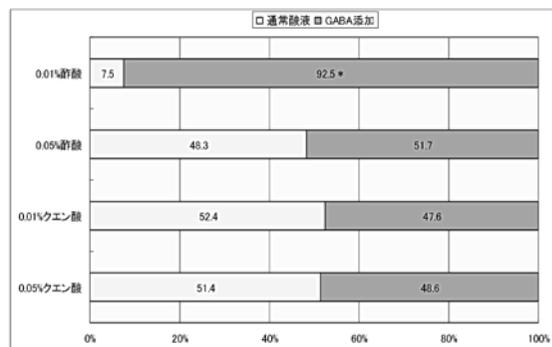


図2 GABA 添加酸溶液と無添加酸溶液の比較

*: 5%有意差あり

酢酸では、0.01%溶液のみGABAを添加することにより有意水準5%で酸味が増強された。しかし、0.05%溶液の酸味に勝るほどの酸味増強はなかった。0.05%溶液では、GABA添加の有無に有意差はみられ

なかった。0.05%酢酸は酸味が強いいため、パネルが微妙な違いを識別することができなかったと考えられる。

クエン酸では、0.01%・0.05%溶液とも味の強さに有意差はなかった。酸味の強さに関するPSE（主観的等価値）では、クエン酸の濃度は酢酸よりも高い。つまり、同じ濃度ではクエン酸は酢酸より酸味が薄く感じられるため、0.01%と0.05%溶液の差を感じ取ることが難しかったと考えられる。

また、Ⅲ型細胞（GAD67発現細胞）での味応答は、酢酸（3.4）クエン酸（2.6）の条件で刺激強度を測定した¹²⁾とあり、0.01%酢酸以外で味の強さに有意差がなかったのは、溶液のpH値が上記の論文データ値に比べて高く、濃度は閾値（0.01%）設定にしたため、低すぎたのかもしれない。

2) 酸（酢酸）を添加した塩味溶液にGABAを添加した場合の塩味の強さの変化

結果（表8）は、ケンドールの一致性の検定およびNewellとMacFarlaneによる順位法の検定表¹⁷⁾により検定した。

表8 1%塩味溶液に対する酢酸とGABA添加の影響

塩味溶液	1% NaCl	1% NaCl + 酢酸0.01%	1% NaCl + 酢酸0.01% + G
1位をつけた人	7	13	14
2位をつけた人	9	11	14
3位をつけた人	18	10	6
順位合計	76**	59	51**
W検定	有意差なし		
順位	③	②	①

** : 1%有意差あり n=34

ケンドールの一致性の検定では、有意差はみられなかった。したがって3種類の塩味溶液について、順位づけでは判断に一致性はみられなかった。

NewellとMacFarlaneによる順位法の検定では、1% NaClと1% NaCl + 酢酸 0.01% + Gの試料間に、有意水準1%で味の強さに差があった。GABAは、塩味を増強する効果があるといえる。

3) 塩を添加した酸味溶液（酢酸）にGABAを添加した場合の酸味の強さの変化

結果（表9）は、ケンドールの一致性の検定およびNewellとMacFarlaneによる順位法の検定表¹⁷⁾により検定した。

ケンドールの一致性の検定では、有意差はみられなかった。したがって3種類の酸味溶液について、順位づけでは判断に一致性はみられなかった。

NewellとMacFarlaneによる順位法の検定では、0.1%酢酸と0.1%酢酸 + NaCl 1% + Gの試料間に、有意水準1%で味の強さに差があった。GABAは、酸味を増強する効果があるといえる。

表9 0.1%酢酸溶液に対する塩味とGABA添加の影響

酢酸溶液	0.1% 酢酸	0.1% 酢酸 + NaCl 1%	0.1% 酢酸 + NaCl 1% + G
1位をつけた人	10	10	14
2位をつけた人	5	16	13
3位をつけた人	19	8	7
順位合計	72**	56	46**
W検定	有意差なし		
順位	③	②	①

** : 1%有意差あり n=34

4. 要約

2010年4月から11月までの期間に、美作大学食物学の女子学生を対象として官能検査を行い、塩味と酸味へのGABAの関与について検討した。

- (1) 塩味と酸味の味の相互作用において、塩味溶液に少量の酢酸を添加した場合、塩味は強くなった。また、酢酸溶液にNaClを1%添加した場合、酸味は強くなった。
- (2) 異なる濃度の酢酸・クエン酸へのGABA添加の影響をみた。酢酸では、0.01%溶液のみGABAを添加することにより有意水準5%で酸味が増強された。クエン酸では、0.01%・0.05%溶液とも味の強さに有意差はなかった。
- (3) 酸（酢酸）を添加した塩味溶液にGABAを添加した場合、GABAは塩味を増強する効果がある

といえる。

- (4) 塩を添加した酸味溶液（酢酸）にGABAを添加した場合、GABAは酸味を増強する効果があるといえる。

以上のことより、官能試験では、塩味と酸味には元の味を増強させる味の相互作用があり、さらにGABAを添加することで、元の味が強まる傾向があった。GABAが塩味と酸味を増強に関与するならば、シナプスを有するⅢ型細胞においても、GABAが酸味の伝達になんらかの影響を与えている可能性が示唆された。

参考文献

- 1) R.G. Murray, The ultrastructure of sensory organs. American Elsevier, 1-18, 1973.
- 2) S. Kataoka, R. Yang, Y. Ishimaru, H. Matsunami, J. Seigny, J.C. Kinnamon, and T.E. Finger, The candidate sour taste receptor, PKD2L1, is expressed by type III taste cells in the mouse. *Chem. Senses*, 33, 243-254, 2008.
- 3) Y. Ninomiya, 食の調節情報としての味覚とおいしさのシグナリング. *化学と生物*, 45, 419-25, 2007.
- 4) Y.J. Huang, Y. Maruyama, G. Dvoryanchikov, E. Pereira, N. Chaudhari, S.D. Roper, The role of pannexin 1 hemichannels in ATP release and cell-cell communication in mouse taste buds. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104, 6436-6441, 2007.
- 5) H. Ueno, GABA合成酵素グルタミン酸デカルボキシラーゼにみる隠れた機能：味覚での役割と応用. *Dojin News*, 136, 1-7, 2010.
- 6) 茅原紘, 杉浦友美, 近年のGABA生理機能研究—脳機能改善作用, 高血圧作用を中心に. *食品と開発*, 36, 4-6, 2001.
- 7) 中村友美, 柳川右千夫, 小幡邦彦, 渡辺正仁, 植野洋志, GABA is produced in taste bud. *日本味と匂学会誌*, 13, 547-550, 2006.
- 8) 中村友美, 柳川右千夫, 小幡邦彦, 渡辺正仁, 植野洋志, 味蕾細胞におけるGABA合成—グルタミン酸の供給とGABAの利用. *ビタミン*, 82, 387-394, 2008.
- 9) 中村友美, 植野洋志, グルタミン酸脱炭酸酵素 (GAD) を介した味覚シグナル伝達経路—うま味と塩味の相互作用, いわゆる“隠し味の原理”にせまる. *化学と生物*, 47, 370-372, 2009.
- 10) 佐々木公子, 岩城知津, 植野洋志, GABA (γ -アミノ酪酸) の味覚への関与について. *美作大学・美作大学短期大学部紀要*, 55, 65-70, 2010.
- 11) Y.A. Huang, Y. Maruyama, R. Stimac, S.D. Roper, Resynaptic (type III) cells in mouse taste buds sense sour (acid) taste. *J. Physiol.* 586, 2903-2912, 2008.
- 12) R. Yoshida, Y. Ninomiya, 味覚情報のコーディングにおける味細胞の役割. *日本味と匂学会誌*, 16, 117-124, 2009.
- 13) 浜島教子, 味の相互作用について (第2報) 塩から味と酸味の関係. *家政学雑誌*, 27, 255-261, 1976.
- 14) 島田淳子, 中沢文子, 畑江敬子 編, 調理の基礎と科学 調理科学講座 2. 朝倉書店, 東京, 1993.
- 15) 和田和子, 新田陽子, 植野洋志, Effect of GABA on taste sensory as judged by taste test. *家政学研究 (奈良)*, 53, 1-6, 2006.
- 16) 古川秀子, 呈味物質の定量的測定 おいしさを測る—食品官能検査の実際—. 幸書房, 東京, 1997.
- 17) 日本フードスペシャリスト協会 編, 食品の官能評価・鑑別演習. 建帛社, 2008.