

55

助成番号 0155

食物の味形成における食塩の重要性：  
アミノ酸及びうま味物質の味に対する食塩の増強効果

Kenzo Kurihara\*, Tadashi Kashiwakura\*\* and Tetsuya Mori\*\*

\* Graduate School of Environmental Sciences, Aomori University and

\*\*Department of Bioscience and Biotechnology, Faculty of Engineering, Aomori University

肉、野菜、魚介類など大部分の食物の味は、少数のアミノ酸、うま味物質、食塩の組み合わせで決定されている。本研究では、アミノ酸およびうま味物質の味が、食塩の存在によりどのように影響を受けるかを検討した。

まず、定量的なデータを得るために、ヒトの味覚器の特性と類似の特性をもつイヌ味覚器を用いて電気生理学的な手法で実験を行った。アミノ酸溶液をイヌの舌に与え、味神経応答を測定した。共存する食塩濃度を上げると、アミノ酸応答は著しく増強した。食塩濃度を100 mMにしたときには、グリシンやアラニンのようなアミノ酸の応答は3-5倍近く増強された。食塩濃度を100 mM以上にすると、増強効果は減少した。同様の実験をうま味物質（グルタミン酸とグアニル酸）についても行った。この場合も、アミノ酸の場合と同様に、100 mM食塩の共存により応答は増大し、それ以上の濃度では減少した。

つぎに、ヒトを対象に、官能テスト法によりアミノ酸の味に対する食塩の増強効果を調べた。用いたアミノ酸は、グリシン、アラニン、セリンの3種で、いずれも甘味を有するアミノ酸である。いずれのアミノ酸の甘味も食塩の共存により大きく増大した。

以上の結果は、適度な濃度の食塩が共存しないと、アミノ酸やうま味物質の味が非常に弱くなってしまふことを示している。多くの食物の味がアミノ酸とうま味物質の味で決められているので、適度な食塩は食物の味を引きだすのに不可欠であることになる。一方、胃がんや高血圧の原因の一つに、食塩の摂りすぎが挙げられている。このため、WHOでは一日の食塩摂取量を6g以下にすることを推奨している。ただし、このような極端な減塩は血圧をほとんど低下させないし、かえって死亡率を増加させるとの指摘もある。Quality of Lifeの観点から、適度な食塩を使って美味しい料理を食べることを勧めたい。



助成番号 0155

## 食物の味形成における食塩の重要性

### アミノ酸及びうま味物質に味に対する食塩の増強効果

栗原堅三 (青森大学大学院環境科学研究科)

柏倉 正 (青森大学工学部生物工学科)

森 哲哉 (青森大学工学部生物工学科)

#### ① 研究目的

肉、野菜、魚貝類など、大部分の食物の味は、少数のアミノ酸、うま味物質、食塩の組み合わせで決定されている。たとえば、カニ味は、グリシン、アラニン(アミノ酸)、グルタミン酸とイノシン酸(うま味物質)、食塩を適当な割合で混合すると再現される。この系から食塩を除くと、全体の味が弱くなり、カニ味とはほど遠い味になる。先に我々は、食塩にはアミノ酸やうま味物質の味を著しく増強する作用があり、食塩が存在しないとこれらの味は非常に弱くなってしまふことを明らかにした。すなわち、食塩はアミノ酸やうま味物質の味を引きだすのに不可欠である。

一方、胃がんや高血圧の原因の一つに、食塩の摂りすぎが挙げられている。このため、WHO では一日の食塩摂取量を6g以下にすることを推奨している。食塩をこれほど減らすと、アミノ酸やうま味物質の味が引き出せなくなり、食物は非常に不味くなる。病院の減塩食が不味いのは、このためである。食塩をこれほど減らすことには、多くの疑問が提起されている。

食塩と高血圧の関係は、1960年Dahlが指摘した。すなわち、アラスカのエスキモーのように食塩摂取量が非常に少ない人々の間には高血圧患者が少なく、日本人のような食塩を多く摂取する人々の間には高血圧を示すものが多いことを指摘した。その後、世界の多くの地域で、食塩摂取量と血圧の測定結果との関係が報告され、食塩摂取量の多い地域ほど血圧が高いことが示された。その後、食塩を多く摂取すると血圧が上昇する人(食塩感受性のある人)と血圧が上昇しない人(食塩非感受性の人)がいることが明らかにされた。人種や食塩の摂取量にもよるが、食塩摂取量を10g増やした場合、血圧の上昇する人は40%、血圧が上昇しない人が60%程度と言われている。

日本人の1日平均の食塩摂取量は、1987年に11.7gまで減少したが、最近では13gである。わが国の食塩摂取量は10g以下が目標にされている。高血圧患者には、さらに厳しい減塩が推奨されている。とくに、病院の減塩食では極端に減塩されているので、アミノ酸やうま味物質の味を引きだすことが出来ない。したがって、美味しくないのが実状である。

極端な減塩をしいることに疑問を呈する論文も多く発表されている。Aldermanらは、

男子の一日の食塩摂取量を、11.52 から 2.64 g までの 4 段階に分け、死亡率と比較した。その結果、食塩摂取量の最も少ないグループの死亡率はもっとも高く、食塩摂取量が多くなるグループの死亡率がもっとも低いことを報告している (Fig. 1)。1998 年のサイエンス誌には、Taubes が “The (Political) Science of Salt” という長文のレビューを書き、極端に減塩しても血圧は低下しないことを指摘している (Fig. 2)。

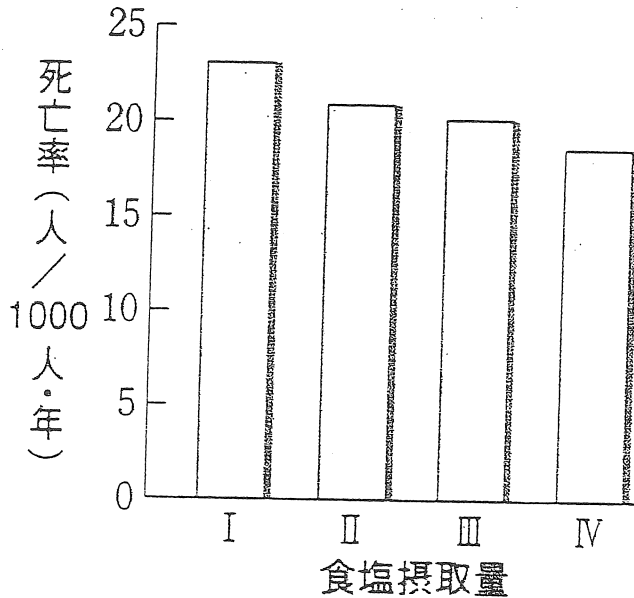


Fig.1 Mortality rates per 1000 persons-year according to quartile of daily sodium intake. Sodium intake 1<2<3<4.(M. H. Alderman, H. Cohen, S. Madhavan, Lancet, 351, 781-785 (1998))

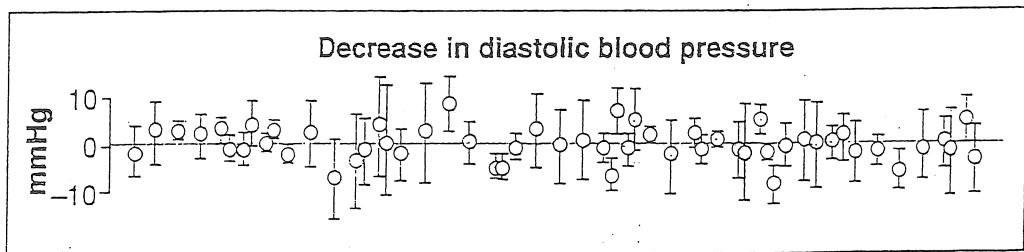


Fig. 2 In a meta-analysis of 56 clinical trials done since 1980 in people with normal blood pressure, extreme salt reduction offer little benefit. (G. Taubes, Science, 281, 898-907 (1998))

このように食塩摂取と血圧との関係が世界的に論じられ場合、極端な減塩は食物の味を著しく不味くしてしまうという我々の指摘は無視されている。このためには、食物の味形成に対する食塩の重要性をさらに系統的に研究して、より説得力のあるデータを作成する必要がある。

われわれは先に、イヌの味覚特性は、ヒトのそれとよく似ていることを報告した。そこで、本研究では、まずイヌを用いて、アミノ酸とうま味物質の味が共存塩によりどのように増強されるかを定量的に調べる。つぎに、人を対象にして、各種のアミノ酸やうま味物質の味が、共存食塩によりどのように変化するかを官能テスト法および動物実験により定量的に評価する。これにより、美味しい料理を作るために最低どの程度の食塩が必要であるかを明らかにする。これらのデータをもとに、健康を損なわずに美味しい食物を食べるには、どの程度の食塩を使えばいいかという点に関する基礎データを作成する。

## ② 研究方法

- 1, イヌの舌にアミノ酸と各種の塩を与え、味神経応答から電気信号を測定することにより、アミノ酸の味に対する塩の増強効果を定量的に解析する。
- 2, 同様にうま味物質に対する食塩の増強効果を定量的に解析する。
- 3, 各種アミノ酸にいろいろな濃度の食塩を添加し、アミノ酸の味がどのように増強されるかを官能テスト法で調べる。この方法では、コントロールとして、食塩を添加していないいろいろな濃度のアミノ酸溶液を用意する。食塩を添加したときに、食塩無添加のどの濃度のアミノ酸溶液と同じ強さの味に増強されるかを調べる。たとえば、100 mM グリシン溶液に 10 mM 食塩を添加したときに、グリシンの甘味がどの濃度 (150, 200, 300, 400 mM の中から選択) のグリシンの甘味と同等に増強されたかを被験者に選択させる。このような方法で、20種のアミノ酸について食塩の増強効果を調べる。
- 4, 食塩の陽イオンや陰イオンを変えた塩 (塩化カリウム、リン酸ナトリウムなど) を用いて、アミノ酸やうま味物質の味に対する効果を調べ、増強作用に対する陽イオンと陰イオンの役割を明らかにする。

## ③ 研究結果

### 1. イヌ味覚器におけるアミノ酸応答およびうま味応答に対する共存塩の効果

アミノ酸の濃度を固定して、食塩の濃度を変化させることにより、アミノ酸の味神経応答が共存食塩によりどのように変化するかを調べた。Fig. 3 では、まず 200 mM 食塩を舌に与え、ついで 200 mM 食塩+100 mM アラニンを与えた。200 mM 食塩+100 mM アラニンに対する味神経応答の大きさから、200 mM 食塩の応答の大きさを差し引き、200 mM 食塩が共存したときのアラニンの応答とした。刺激直後の一過性の応答 (phasic 応

答)ではなく、定常的な応答(tonic 応答)を応答の大きさとした。

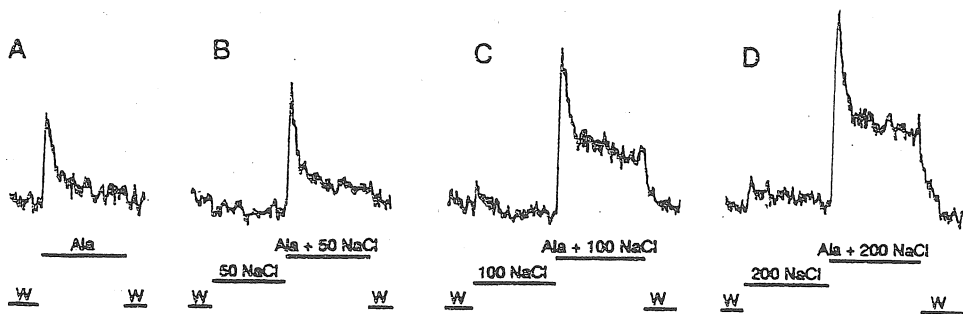


Fig. 3 The summated responses of the canine chorda tympani nerve to 100 mM alanine in the absence of salts after the tongue was adapted to deionized water. Records on the left side of B, C, and D represent the responses to 50, 100, and 200 mM NaCl, respectively, and records on the right side represent the responses to 100 mM alanine solutions containing either 50, 100, or 200 mM NaCl.

Fig. 4は、共存食塩濃度を変化させたときの100 mM グリシンと100 mM アラニンの応答の大きさを示している。アミノ酸の応答は、食塩濃度が100 mM のときに最大値を示し、それ以上の濃度では逆に減少する。

つぎに食塩(NaCl)の陰イオンを変えたときのアミノ酸増強効果を調べた。100 mM Na濃度で比較すると、増強効果の大きさは、 $\text{NaCl} > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{Na phosphate} > \text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ の順であった。

つぎに、いろいろなアミノ酸に対する食塩の増強効果を調べた。Fig. 5には、100 mM食塩が共存したときの各種アミノ酸の大きさを示している。増強の程度はアミノ酸の種類により大きく異なるが、大部分のアミノ酸の応答は大きく増強されるのが分かる。100 mMのときに最大となる。

Fig. 6とFig. 7は、うま味物質に対する食塩の効果を示している。グルタミン酸ナトリウム(MSG)(Fig. 6)とグアニル酸ナトリウム(GMP)(Fig. 7)に対する応答も、アミノ酸応答の場合と同様に、食塩濃度が100 mMのときに最大になる。

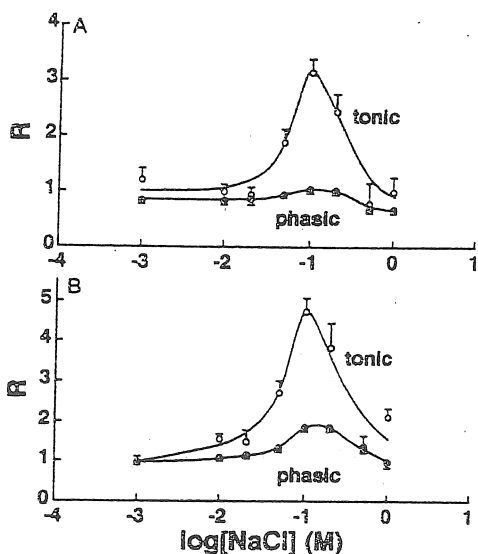


Fig. 4 The relative magnitude of the phasic and tonic components of the responses to 100 mM glycine (A) and alanine (B) as a function of NaCl concentration. Plotted response (R) was calculated relative to the magnitude of each component of the response to 100 mM glycine, or alanine alone.

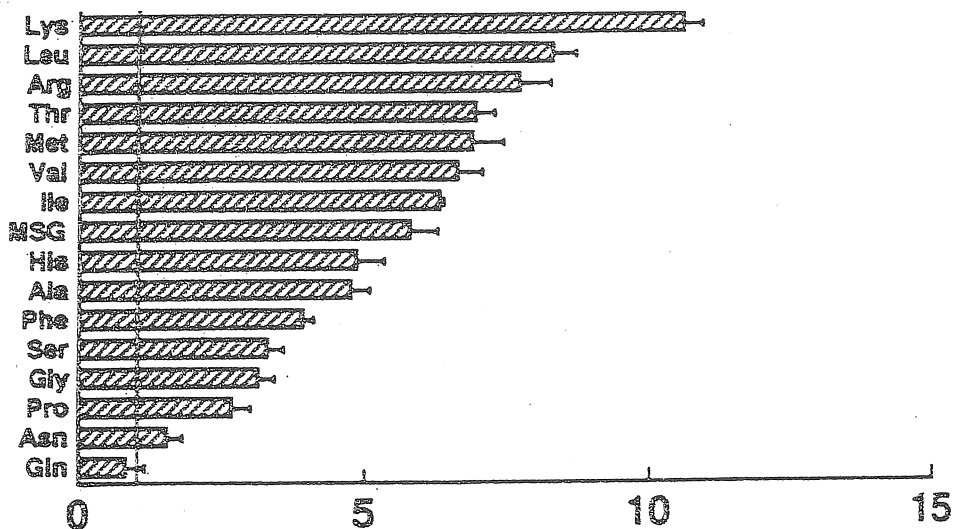


Fig. 5 Effects of 100 mM NaCl on the tonic responses evoked by various amino acids at 100 mM and monosodium glutamate (MSG) at 400 mM. The response shown was calculated relative to the magnitude of the tonic response to each stimulus alone. Solid line at 1.0 represents the magnitude of the tonic response to each amino acid in the absence of NaCl.

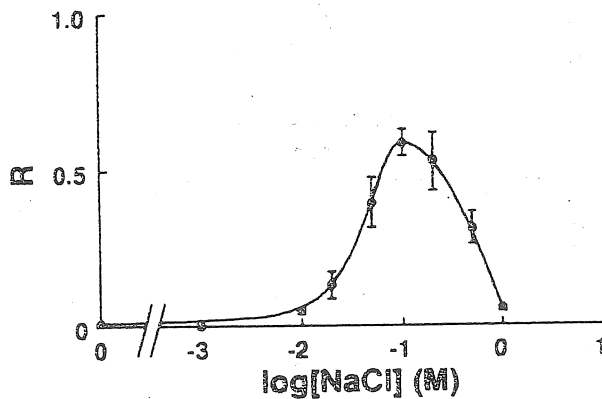


Fig. 6 The relative magnitude of the tonic response to 200 mM MSG as a function of NaCl concentration. The plotted response (R) was calculated relative to the magnitude of the response to 100 mM  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

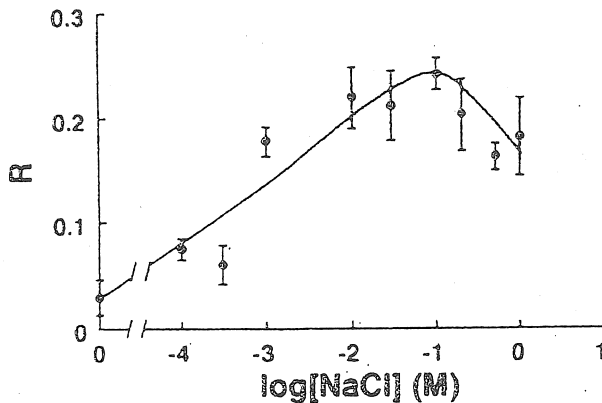


Fig. 7 The relative magnitude of the tonic response to 1 mM GMP as a function of NaCl concentration. The plotted response (R) was calculated relative to the magnitude of the response to 100 mM  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

## 2. ヒトにおけるアミノ酸の味に対する食塩の増強効果

官能テスト法により、アミノ酸の味に対する食塩の増強効果を調べた。用いたアミノ酸は、グリシン、アラニン、セリンの3種で、いずれも甘いアミノ酸である。食塩自身の塩



味がする濃度領域では、正確な判定が出来ないので、食塩濃度は 30 mM 以下とした。

Fig. 8 は、100 mM グリシン、アラニン、セリンに対する共存食塩およびリン酸ナトリ

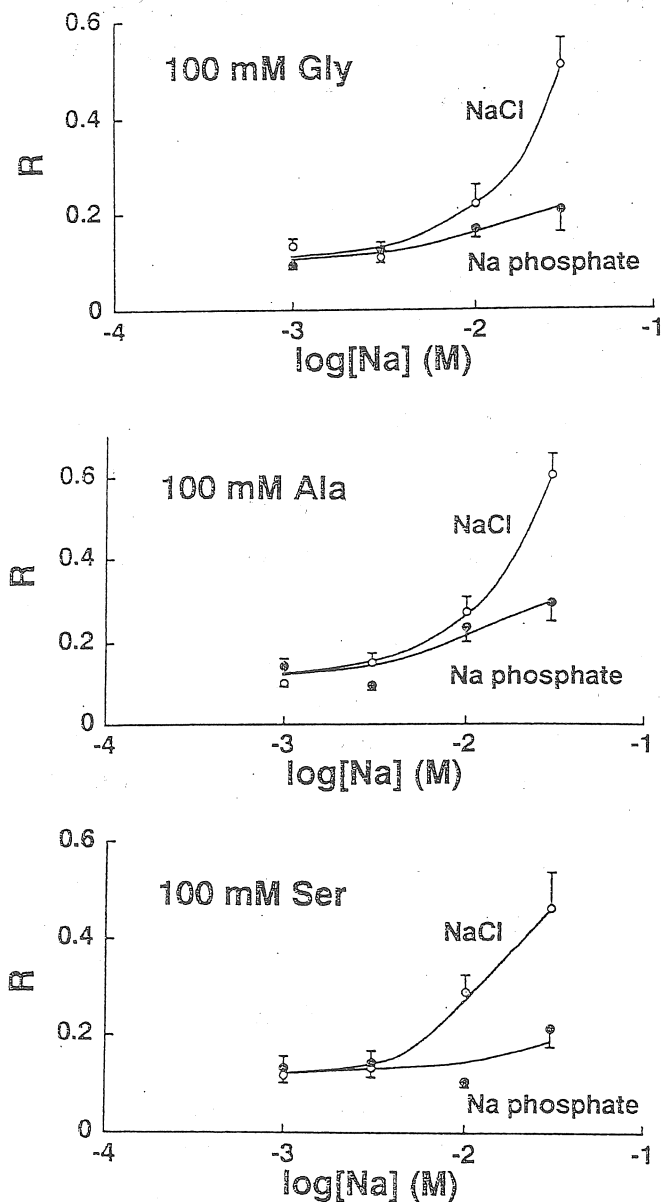


Fig. 8 Effects of NaCl and Na phosphate on sweetness of 100 mM glycine (Gly), alanine (Ala) and serine (Ser) as a function of logarithmic Na concentration evaluated by the psychophysical method.  $R$  in the ordinate represents molar concentration of standard amino acid solution containing no salt whose sweetness is equivalent to the sweetness of a test solution (an amino acid solution containing salts).

ウムの効果を示している。食塩の濃度が増加すると、各アミノ酸の甘味が大きく増強しているのがわかる。グリシンの場合は、単独では 100 mM (0.1 M) の甘味を呈するが、30 mM 食塩が共存すると、500 mM (0.5 M) のグリシンに相当する甘味が現れる。同様に、アラニンの場合は 600 mM (0.6 M) アラニンの甘味、セリンの場合は 500 mM (0.5 M) セリンの甘味が発現する。リン酸ナトリウムの場合は、食塩よりはるかに増強効果は小さい。

#### ④ 考察

イヌの場合は、電気生理学的な実験であるため、定量的なデータが得られるので、多くの実験を行った。程度の差はあるが、ほとんどのアミノ酸の味が食塩の共存によって著しく増強された。うま味物質であるグルタミン酸ナトリウムやグアニル酸ナトリウムの応答も、同様に食塩により増強された。

食塩は Na イオンと Cl イオンから構成されている。どちらのイオンが増強効果に貢献しているのだろうか。Cl イオンを他の陰イオンに変えたときには、NaCl よりも増強効果は小さかった。このことは陰イオンが増強効果に貢献していることを示している。いろいろな陽イオンの塩化物(KCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>) でも、増強効果を調べた。KCl は NaCl よりも効果は小さいが、明らかに増強効果を示した。また、CaCl<sub>2</sub> は食塩と同程度の増強効果を示したが、MgCl<sub>2</sub> は全く増強効果を示さなかった。

以上の結果は、塩の陽イオンと陰イオンの両者が増強効果に貢献していることを示している。塩の陽イオンと陰イオンが味受容膜に結合して受容膜の構造を変化させ、この結果アミノ酸やうま味物質の受容体の構造が変化してリガンドとの親和性が增大するものと思われる。

ヒトの場合には、グリシン、アラニン、セリンの3種の甘味アミノ酸を用いて実験を行った。官能テストの場合、甘味物質の場合がもっとも明確な結果が得られるためである。食塩の塩味が感じられる濃度領域では、塩味と甘味が混ざってしまうので、正確な結果が得られない恐れがある。そこで、ヒトの場合には、食塩濃度を 30 mM 以下とした。この濃度領域では食塩の塩味は感じられない。30 mM 以下の食塩でも、アミノ酸の甘味は顕著に増大した。ヒトの味覚機能がイヌのそれと同じなら、食塩濃度が 100 mM のときに最大の増強効果を示し、それ以上の濃度では逆に増強効果は減少する筈である。

100 mM 食塩水は、0.58%食塩水に相当する。血漿中の食塩濃度は 0.9% であり、海水中の食塩濃度は 2.6%である。0.58%食塩水は塩味を呈するが、かなり弱い塩味である。食塩はアミノ酸やうま味物質の味を引き出すために不可欠であるが、このために塩辛いほどの食塩を使う必要はない。食塩が濃すぎると、かえって増強効果が減少してしまう。

#### ⑤ 今後の課題

①目的のところで述べたように、WHO は一日の食塩摂取量を 5 g 以下にすることを推

奨めている。食物自身にも食塩は含まれているので、料理に食塩を使うなどということになる。これでは、アミノ酸やうま味物質の味を引きだすことが出来ないのも、美味しい料理は出来ない。①で述べたように、食塩を極端に制限してもどれだけ血圧が下がるかは疑問であるし、かえって死亡率が増加するというデータもある。適度の食塩を使って美味しい料理を食べることは、quality of life の観点からも重要である。適度の食塩を使わないと料理が美味しくないことは、多くの人は習慣的に知っている。しかしながら、このことを科学的に証明したのはわれわれが初めてである。残念ながら、多くの医師は減塩の問題を論じるときに、極端な減塩がいかに食事をまずくしているかを問題としていない。適度な食塩を用いて美味しい料理を食べることを強くアピールしたい。

⑥ 文献等

- M. H. Alderman, H. Cohen and S. Madhavan, Dietary sodium intake and mortality: the national health and nutrition examination survey (NHANES I), *Lancet*, 351, 781-785 (1998)
- G. Taubes, The (political ) science of salt, *Science*, 281, 898-907 (1998)

## Importance of Sodium Chloride on Taste of Foods

-Enhancing effects of sodium chloride on tastes of amino acids and umami substances-

Kenzo Kurihara\*, Tadashi Kashiwakura\*\* and Tetsuya Mori\*\*

\* Graduate School of Environmental Sciences, Aomori University and \*\*Department of Bioscience and Biotechnology, Faculty of Engineering, Aomori University

### Summary

The effects of salts on canine taste responses to amino acids were examined by recording the activity of the chorda tympani nerve. The responses to most amino acids examined were significantly enhanced by the presence of NaCl. The degree of the enhancement varied with species of amino acid. The degree of the enhancement also varied with species of anion of sodium salts. The responses to amino acids in the presence of NaCl reached highest value at 100 mM NaCl and a further increase of concentration decreased the responses. The responses to umami substances such as monosodium glutamate and disodium glutamate were also enhanced by NaCl.

The effects of salts on sweet taste of amino acids (glycine, alanine and serine) were examined by the psychophysical method. The sweetness of the amino acids was greatly increased with an increase of NaCl concentration. The sweetness of 100 mM amino acids in the presence of 30 mM NaCl was equivalent to that of 500-600 mM amino acids containing no salt. On the other hand, sodium phosphate little affected sweetness of the amino acids.

The results obtained were discussed in point of view of taste of foods. It was reported that taste of most foods was determined by combination of amino acids, umami substances and salts contained in foods. Elimination of NaCl from foods greatly decreases taste of amino acids and umami substances in foods and hence greatly weakens taste of foods. On the other hand, the official guidelines have recommended a daily allowance of 6 grams of NaCl because NaCl raises blood pressure. The present results suggest that the extreme reduction in salt intake greatly decreases deliciousness of foods. Is there strong evidence that the extreme reduction in salt intake bring about benefit for hypertensives? There are many reports saying that the extreme reduction in salt intake does not bring about a measurable decrease in blood pressure. In addition, it was reported that the extreme reduction of salt intake increases mortality in a general population. These results with the present our results suggest that the extreme reduction in salt intake is not necessary for quality of life.