

Monosodium Glutamate가 고양이 고색신경의 미각반응에 미치는 영향

홍혜경 · 이현덕 · 이철호 · 홍승길*

고려대학교 식품공학과, *고려대학교 의과대학 생리학교실

Effect of Monosodium Glutamate on the Taste Response of Chorda Tympani Nerve of Cat

Hae-Kyung Hong, Hyun-Duck Lee, Cherl-Ho Lee and Seung-Kil Hong*

Department of Food Technology, Korea University,

*Department of Physiology, College of Medicine, Korea University

Abstract

The nerve impulse pattern of Chorda tympani(CT) of cat was tested with Monosodium glutamate (MSG) solutions as well as some basic taste substances applied on the tongue of cat. The effect of MSG applied in the tongue prior to the stimulation of other taste substances was also investigated. The response impulse frequency of CT of cat was changed by the kind and concentration of taste substances. The response to citric acid was the highest among the tested substances, NaCl, KCl and MSG showed similar responses. When different concentrations of MSG were applied on the tongue prior to other substances, the response to NaCl increased with the maximum response at the MSG concentration of 0.02 M. The response to sucrose tended to be reduced, but the response to citric acid was distinctly suppressed by the previous MSG stimulation. These results were well consistent with the sensory evaluation on the effect of MSG to some basic taste substances, previously reported by the authors.

Key words : monosodium glutamate, sensory nerve response, chorda tympani nerve of cat, interaction with basic taste substances, taste threshold

서 론

맛의 인식구조에 대한 객관적인 연구방법은 신경생리학이나 심리물리학 분야에서 오래전부터 동물실험을 통하여 개발되어 왔다. Beidler⁽¹⁾은 미각은 특정한 맛을 가진 화학물질에 의해서 미각의 크기와 형태가 미각신경섬유에 전달되어 시작된다고 하였다. 맛을 느끼려면 말초신경에서 뇌의 피질까지 연결된 3단계 뉴런을 거치게 되는데 첫번째 뉴런은 혀에서 시작하여 숨골(modulla oblongata)에 있는 두번째 뉴런에서 끝나며 두번째 뉴런은 뇌의 피질에서 끝나는 3번째 뉴런이 위치한 시상(thalamus)에서 끝나고 이 뉴런은 대뇌피질의 맛 감지 영역인 Brodman 영역 43에 이르러 언어감각을 통하여 감지된다⁽¹⁻³⁾.

맛을 감지하는 신경은 7번 신경의 가지인 고색신경(chorda tympani nerve)과 9번 신경인 설인신경(glossopharyngeal nerve)이며 고색신경(CT)은 혀의 앞 2/3를 지배하며 여기에는 주로 fungiform papilla가 분포되어 있다. 맛에 대한 인식구조는 먼저 미각세포에 도달한

맛물질이 미뢰를 자극하여 신경세포의 활동전압(action potential)으로 전이되어 전기적인 변화를 낳는다⁽⁴⁾. 농도가 증가됨에 따라 활동전압의 빈도수가 증가되므로 빈도수는 자극의 강도를 의미한다. Pfaffman⁽⁵⁾은 여러 가지 동물의 미각반응시험에서 여러 가지 화학물질들이 미각반응에서 차이를 나타내는 것을 처음으로 규명하였는데 모든 single neuron fiber는 4가지 기본맛 성분들에 대하여 한가지 이상에 반응성을 갖고 있음을 밝혀 내었다. 기본맛 성분들에 대한 실험동물의 고색 신경과 설인신경의 상대적인 미각반응 크기를 비교한 결과 동물의 종류에 따라 두 신경간의 반응성의 차이를 나타내었다⁽⁶⁻⁸⁾. 쓴맛을 내는 quinine은 고색신경에서 보다 설인신경에서 더 큰 반응 impulse를 나타내며 신맛을 내는 HCl은 고색신경에서 더 큰 반응성을 보이는 것으로 보고되고 있다⁽⁹⁻¹¹⁾. 이들 맛신경세포들은 온도에 대한 반응성도 동시에 나타내는 것으로 알려져 있으며 특히 고양이의 고색신경은 미각에 대해서 뿐만아니라 온도에 대한 반응성도 함께 가지고 있음이 밝혀졌다⁽¹²⁾.

사람과 동물사이의 맛 감지체계에 대한 유사성을 밝히기 위해 농도와 미각 반응간의 관계를 조사한 연구를 보면 쥐의 고색신경은 NaCl농도가 증가하면 반응 impulse도 직선적으로 증가되며 고양이에서도 같은 경향을

Corresponding author : Cherl-Ho Lee, Department of Food Technology, Korea University, 1 Anamdong Sungbukku, Seoul 136-701, Korea

보인다¹¹. 또한 기본맛 성분과 MSG 등에 대한 농도 증가별 미각반응을 보면 MSG는 NaCl에 비하여 반응 크기가 작았으며 saccharin sodium, NaCl, sucrose 순으로 반응 빈도수가 감소되었다¹². Hamster를 이용한 전기생리실험에서는 신맛을 내는 HCl이 가장 반응성이 크게 나타났으며 quinine, NaCl, MSG, sucrose 순으로 그 반응크기가 낮아졌다¹³.

저자들¹⁴은 MSG의 맛 표현용어에 대한 분석과 MSG와 기본맛 성분과의 상호관계에 관한 연구에서 MSG 자체의 맛과 음식에 첨가되었을 때의 맛이 크게 다르며 MSG용액의 농도에 따라서도 인식되는 맛이 달라짐을 확인한 바 있다. 또한 MSG가 식염용액에 첨가되었을 때에는 식염의 짠맛을 증가시키는 효과를 나타내는 반면 구연산의 신맛을 저하시켰으며 sucrose의 단맛은 MSG농도가 낮을 때에는 다소 증가하나 농도가 높아짐에 따라 감소하는 현상을 나타내었다.

본 실험에서는 고양이의 미각반응 impulse를 측정하여 MSG의 미각각각양상을 다른 기본맛 성분과 비교하였으며 MSG가 첨가됨에 따른 NaCl, sucrose, 구연산 등에 대한 고양이 반응 impulse의 변화를 관찰하였다.

재료 및 방법

MSG의 맛 인식구조에 대한 객관적 실험결과를 얻기 위하여 고양이의 맛신경 전달체계를 이용한 동물실험을 실시하였다. 여러 차례의 고양이 해부실험을 통하여 혀에서부터 중추로 이어지는 맛감응 전달신경부위인 고색신경의 분리와 이 중에서 실제 기본맛 및 MSG감응을 전달하는 fiber의 분리를 시도하였다¹⁶.

마취방법

본 실험에는 성숙한 숫고양이(체중 3.0~4.0 kg) 20마리를 사용하였다. 마취는 pentobarbital sodium(Nembutal) 40 mg/kg을 주사하여 마취를 유도하였으며 주로 복강내 마취(intraperitoneal injections)법을 사용하였다. 일정시간마다 α -chloralose 0.8 cc/kg을 정맥주사하여 실험 중 통증을 감소시키며 마취를 지속하였다^{17, 18}.

복강에 주사바늘을 완전히 주입시킨 뒤에 혈관으로 투입시켜 서서히 마취제를 주사하였다. 마취가 되기까지는 고양이의 건강상태에 따라 약간의 차이가 있으나 대개 15~30분 정도가 필요하였다.

고양이 생리상태 측정

실험 중에 고양이의 생리상태를 감시(monitor)하기 위해 온도계를 직장에 꽂았고 실험 중 온도는 37C로 유지시켰으며 체온 하강시에는 전기보온방식을 사용하여 체온을 유지시켰다.

기관절제수술(tracheostomy)

실험 중 기도유지를 위해 기관절제수술을 시행하였다.

고양이 목의 정중선을 복부방향으로 약 6 cm 정도 해부하였다. 이 때 출혈을 주의하며 기관(trachea)이 드러나면 curve scissor로 기관을 팽창시킨 다음에 기관에 cannule을 삽입시킨 후 고정시켰다.

두정맥(cephalic vein) Cannulation

실험 중에 마취제 및 기타 약물의 주입을 용이하도록 하기 위해 좌측상지의 두정맥에 polyethylene관을 삽입하였다. 좌측상지의 주골의 바깥쪽 부분을 약 8 cm 정도 해부한 후 정맥이 노출되면 심장으로 통하는 혈액을 막기 위해 아래쪽을 실로 고정시켰다. 정맥의 위쪽을 microscissor로 반을 잘라 micropincette을 혈관내로 넣었을 때 관이 보이면 polyethylene관을 삽입시켰다. 이 때 thyroid용액으로 정맥의 건조를 막았다.

대퇴동맥(femoral artery) Cannulation

실험 중에 혈압을 감시하기 위해 좌측 대퇴동맥에 polyethylene관을 삽입시켰다. 주골의 안쪽을 약 4 cm 정도 해부하였다. 위치는 안쪽에서부터 정맥, 동맥, 신경의 순으로 놓여있다.

정맥의 cannulating과 동일한 방법으로 polyethylene관을 삽입시켰다. 이 관을 압력 transducer에 연결하여 physiograph(Gilson IC-MP, U.S.A.)에 혈압을 기록하였다. 실험 중 혈압은 80~120 mmHg로 유지하였다.

실험조작 방법

고양이 우측 안면 하악부의 피부를 귀에서부터 하악부쪽으로 사선 방향으로 절개하였다. 저작근(masseter muscle)과 하악골(mandibular bone)을 노출시킨 후 하악골에 붙어있는 근육을 모두 제거한 뒤 하악골을 드러내어 잘라내었다. 하악골 사이를 지나고 있는 하치조신경(inferior alveolar nerve)과 하치조 동맥(inferior alveolar artery)을 뼈사이에서 조심스럽게 노출시킨 뒤에 실로 묶어 출혈을 막았다. 수술 현미경을 사용하여 하치조신경과 평행하게 놓여진 lingual nerve를 주위 근육으로부터 분리하였다. 다음에 lingual nerve에 한 sheet로 싸여있는 고색신경을 lingual nerve로부터 microscissor로 잘라내어 분리하였다. 고색신경에는 전기 자극을 하기 위하여 쌍극백금 전극을 장치하였으며 한 쪽극에는 근육을 걸어 ground를 만들고 다른쪽 극에는 분리한 신경을 올려 놓았다.

이 때 노출된 신경 및 주위조직이 건조되는 것을 막기 위해 절개한 피부를 이용하여 mineral oil pool을 만들었으며 이곳에 37C의 mineral oil을 채웠다. 신경이 상하거나 건조되면 nerve activity가 감소되므로 수술용 현미경하에서 신경이 손상되지 않게 조심스럽게 분리하도록 주의하였다.

기록 및 전기자극

맛을 감지하는 신경인 고색신경의 impulse를 기록하기

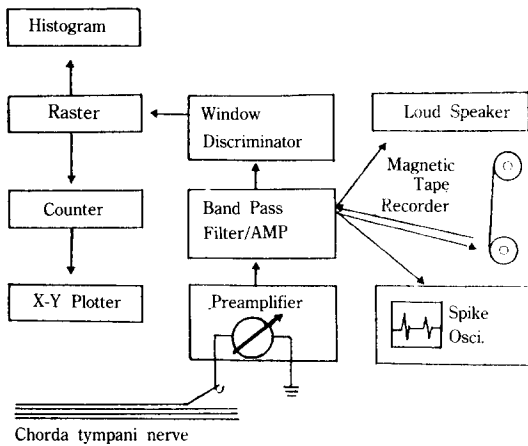


Fig. 1. Schematic diagram for the recording of the response of chorda tympani nerve of cats stimulated with taste substances on the tongue

위하여 micropincette으로 고색신경의 단일신경섬유 또는 구분할 수 있는 몇개의 신경섬유로 분리한 후 백금 전극위에 올려놓고 혀에 용액을 떨어뜨렸을 때 고색신경의 입력을 받는지의 여부를 확인하고 이 신경섬유가 실험용액의 화학적 자극에 반응하면 impulse발사를 기록하는 세포의 기록법을 사용하였다.

고양이의 혀 아래에는 실험실에서 자체 제작한 acryl pool을 혀와 치아사이에 고정시켜 용액이 혀에 괴이지 않고 아래로 흐르도록 장치하였다. 실험용액은 실험직전에 만들어 사용하였으며 용액온도는 실온(20°C)으로 유지시켰다.

실험용액량은 5 ml을 5초에 걸쳐 주사기에 넣어 주입하였고 혀를 씻어내기 위한 증류수량은 40 ml을 10초에 걸쳐서 40 ml 용량의 spoid로 씻어 주었다. 용액을 혀에 주입한 2분후에 증류수로 세척했으며 세척 3분후에 다시 다음 용액농도에 대한 실험을 실시하였다. 이 때 용액을 주사하는 혀의 위치는 고색신경의 지배를 받는 fungiform papilla가 있는 혀의 앞 2/3부분에 대해 실시하였다⁽⁴⁾.

고양이의 고색신경이 농도 증가에 따라 어떻게 반응하는지를 알아보기 위해 NaCl, 구연산, sucrose, KCl에 대해 각각 3가지 다른 농도를 조제하여 시험하였다. 이 때 각 자극은 맛순응효과를 최소화하기 위해서 NaCl, KCl, Sucrose, MSG, 구연산의 순서로 제시하였다.

또한 기본맛과 MSG와의 상호작용을 알아보기 위한 실험을 실시하였다. 단맛, 짠맛, 신맛을 나타내는 3가지 용액에 대한 표준시료 실험의 impulse 발사 빈도수를 측정하였다. 이 때 표준시료로는 NaCl 0.24 M, Sucrose 0.4 M, 구연산 0.04 M이 제시되었으며 여기에 MSG가 각각 0.02 M, 0.08 M 두 가지 농도로 제시하였다. 표준시료에 대한 반응성과 MSG를 30초간 반응후에 세척하지

않은 상태에서 바로 기본맛 성분을 주입하였을 때의 impulse 발사 빈도수를 비교하여 MSG가 기본맛 성분을 억제 또는 상승시키는 지의 여부를 고찰하였다.

결과기록장치

기록전극에 놓인 고색신경의 impulse 발사는 전치증폭기(preamplifier, Tektronix×AF501 U.S.A.)로 장파를 제거하였다. 그렇게 걸러진 impulse를 후치증폭기(post-amplifier)를 거쳐 oscilloscope와 loud speaker로 실험 중 계속 관찰하였으며 FM tape recorder(SONY, SIT80, Japan)에 기록하여 결과분석에 사용하였다. 또 진폭감별기(window discriminator, WPI, MOD 121, U.S.A.)를 통해 원하는 impulse를 취한 후 이를 computer(Nicolet, Med-80, U.S.A.)에 연결하여 PSTH(poststimulus time histogram)을 그렸으며 또한 counter를 이용해 초당 나타나는 impulse를 계산해 내어 도식화하였다.

이 실험을 위해 장치된 기록장치는 Fig. 1에 제시하였다.

결과 및 고찰

기본맛 성분에 대한 농도별 반응

NaCl, Sucrose, 구연산, KCl과 MSG의 농도증가에 따른 고색신경의 반응성을 실험한 결과는 아래와 같다. Fig. 2는 각 성분에 대한 농도별 고색신경 impulse 반응이다. NaCl 0.1 M과 0.5 M에서는 반응 impulse가 크게 증가하지 않았으나 1.0 M의 농도에서는 크게 증가되었다.

Fig. 3은 이 반응정도를 30초당 impulse로 계산했을 때의 반응성을 나타낸 그래프이다. 0.1 M 농도에서는 50/30 sec의 impulse 빈도수를 나타내었으나 1.0 M로 농도를 증가시켰을 때는 240/30 sec를 나타내어 농도가 10배 증가될 때 약 5배의 impulse 증가를 보였다.

Sucrose에 대한 반응은 농도가 0.2 M에서 0.5 M로 증가될 때 반응 impulse는 110/30 sec에서 210/30 sec로 증가되었으며 1.0 M로 증가되었을 때는 260/30 sec로 증가되어 NaCl에 비하여 그 반응성이 미약한 것으로 나타났다.

KCl에 대한 반응은 0.1 M 농도에 비해 0.5 M로 증가될 때는 그 증가정도가 큰 것을 알 수 있었다. 즉 KCl 농도가 0.1 M에서 0.5 M로 5배 증가되었을 때 impulse 증가는 65/30 sec에서 160/30 sec으로 증가되어 고색신경이 농도 증가에 따라 맛강도를 강하게 느끼는 것으로 나타났다. 그러나 1.0 M로 증가되었을 때는 impulse 증가가 크게 나타나지 않았다.

MSG에 대한 농도증가별 반응은 농도가 0.1 M에서 0.3 M로 3배 증가되었을 때 반응 impulse는 50/30 sec에서 70/30 sec로 약간 증가되었으며 0.9 M로 증가될 때는 150/30 sec로서 그 반응성이 큰 것을 알 수 있었다.

구연산에 대한 농도증가 반응은 다른 기본맛 성분에 비해 그 반응성이 뚜렷하였는데 0.1 M일 때의 impulse는

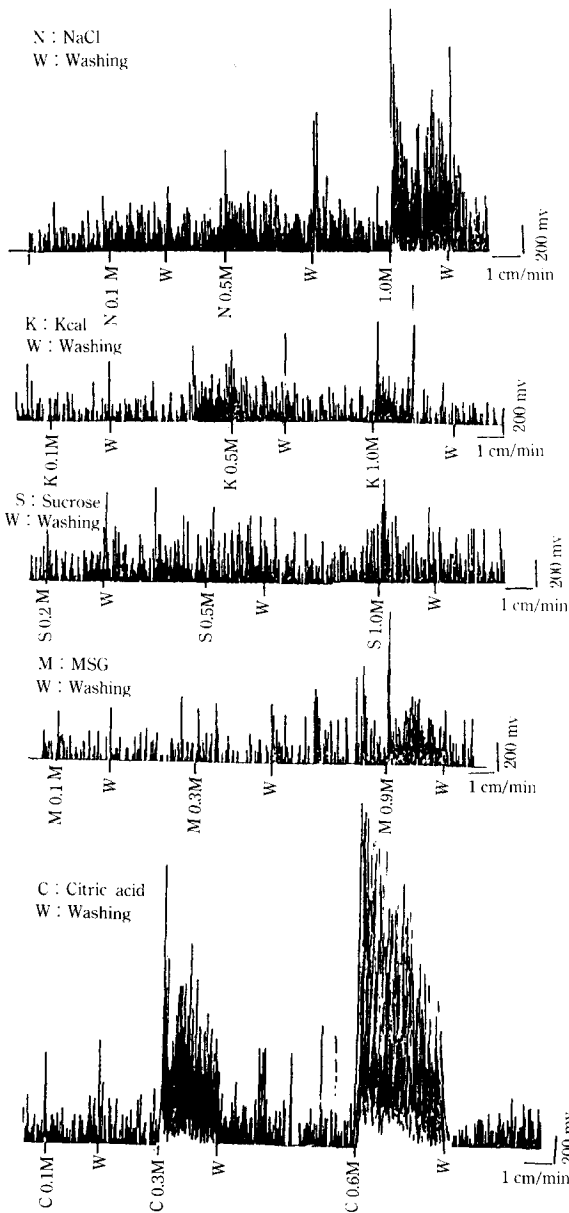


Fig. 2. The integrated response of chorda tympani nerve of cats stimulated with different concentration of NaCl, Sucrose, KCl, MSG and citric acid solutions on the tongue

190/30 sec로 가장 강하게 반응하는 것을 알 수 있었다. 0.3 M에서 0.6 M로 2배가 증가될 때 400/30 sec에서 620/30 sec로 매우 크게 증가되는 경향을 보였다.

4가지 기본맛 용액과 MSG를 동시에 비교하였을 때 MSG와 NaCl이 비슷한 경향을 띄며 증가되었고 KCl의 impulse 정도도 비슷하게 관찰되었다. 그러나 sucrose는 다른 기본맛 성분에 비해 대체로 낮은 반응성을 나타

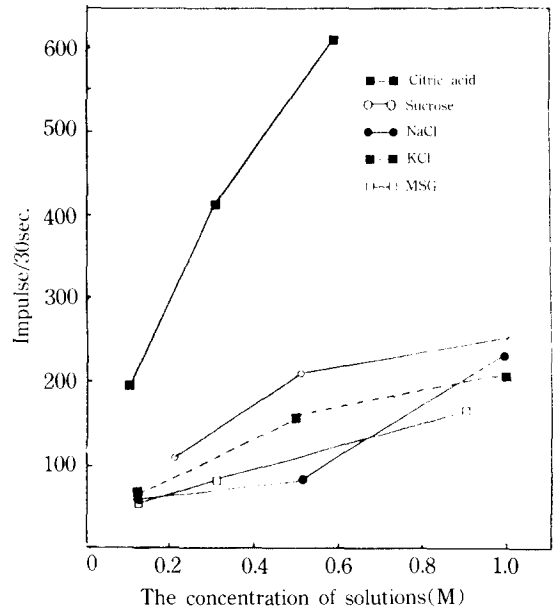


Fig. 3. Concentration-response magnitude relationships in the Chorda tympani nerve for MSG and basic taste substances

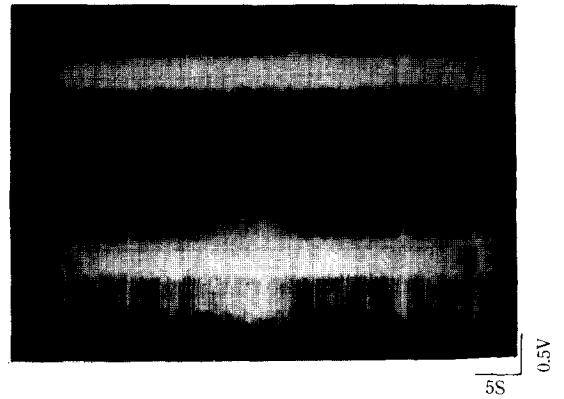


Fig. 4. Response of chorda tympani nerve of cats stimulated with 1.0 M NaCl solution on the tongue
Upper trace : Response of spontaneous activity
Lower trace : Response of chorda tympani nerve of cats stimulated with 1.0 M NaCl solution

내었다. 구연산에 대한 반응성은 가장 높게 나타났다. 쥐를 이용한 고색신신경에서는 KCl의 크기가 NaCl보다 더 작게 나타나 고양이를 이용한 본 실험과는 반대되는 경향을 나타내는 것으로 보고된 바 있다⁶⁾.

Fig. 4는 1.0 M NaCl 농도에 대해 oscilloscope 상에서 나타나는 반응을 찍은 사진이다. 위의 그림은 혀에 아무런 자극을 가하지 않았을 때 나타나는 spontaneous

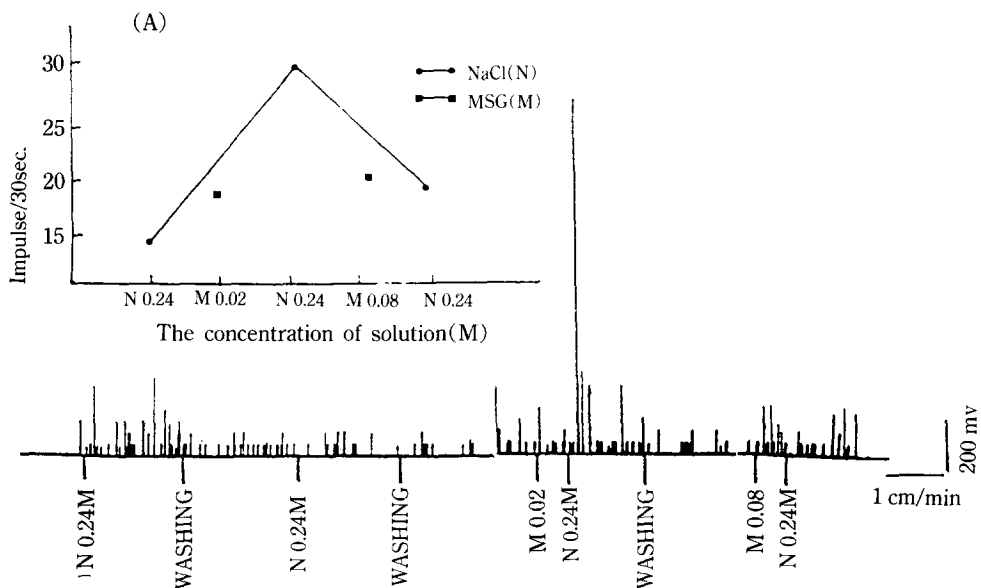


Fig. 5. Intergrated response of chorda tympani nerve of cats stimulated with NaCl in addition with MSG

activity가 되며 아래 그림은 동일한 fiber에 대해 1.0 M NaCl을 자극하였을 때 증가된 반응정도를 나타낸 것이다. Spontaneous activity에 비해 1.0 M NaCl을 혀에 자극하였을 때 그 반응성이 뚜렷이 증가되는 경향을 볼 수 있다.

기본맛 반응 impulse에 대한 MSG의 영향

Fig. 5는 NaCl 0.24 M을 표준시료로 사용하였을 때 MSG 0.02 M과 0.08 M이 NaCl의 반응 impulse 강도에 미치는 영향을 나타낸 그림이다. 반응 시작 8'30초에 MSG 0.02 M을 자극시켜 30초간 반응을 본 후 혀를 세척하지 않고 NaCl 0.24 M을 주입하였을 때 표준시료에 비해 impulse의 빈도수가 약간 증가되게 나타났다. NaCl 0.24 M에 MSG 0.08 M을 자극하였을 때에도 표준시료에 비해서 반응 impulse의 빈도수가 증가하여 나타났으나 표준시료에 MSG 0.02 M을 반응시켰을 때 보다는 그 반응성이 낮게 관찰되었다.

Fig. 5의 (A)는 response chart를 도식화한 것으로서 표준시료시의 impulse 발사 빈도수는 14/30 sec이었으나 MSG 0.02 M 자극시에는 29/30 sec이며 MSG 0.08 M 농도에서는 19.5/30 sec로 관찰되었다. 즉 일정농도 범위에서 MSG의 첨가는 짠맛의 강도를 상승시키나 그 작용은 농도에 따라 달라짐을 알 수 있었다. 이 결과는 사람을 대상으로한 맛 인식강도 시험에서 MSG의 첨가에 대한 짠맛의 강도변화가 연구자에 따라 다르게 발표되는^(19,20) 원인을 설명해 주고 있다.

홍 등⁽¹⁵⁾의 사람에 대한 인식강도 시험에서는 MSG 농도 0.08 M까지 NaCl 용액의 짠맛은 계속 증가되었다.

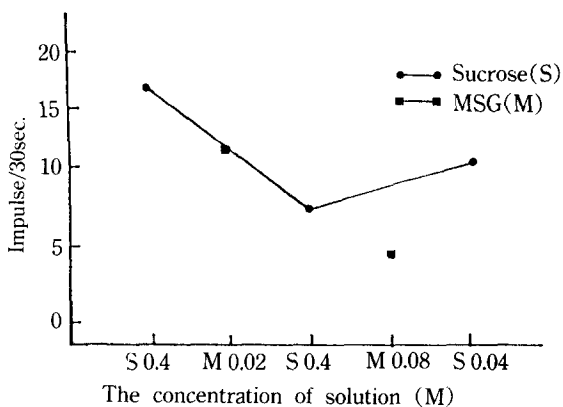


Fig. 6. Effect of MSG stimulation prior to the sucrose stimulation to the response of cats on the nerve sweet taste

Fig. 6은 MSG 첨가가 0.4 M sucrose의 단맛강도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 0.4 M sucrose 표준시료에 대해 impulse 발사 빈도수는 17/30 sec로 나타났으며 MSG 0.02 M을 반응시킨 후에는 7/30 sec로 impulse 발사 빈도수가 감소되었으며 MSG 0.08 M을 반응시켰을 때는 10.5/30 sec로 약간 증가되었다. 따라서 MSG 첨가가 단맛 강도에 미치는 영향은 원래의 표준시료의 단맛강도보다 강도를 억제시키는 경향을 갖는 것을 알 수 있었다. 홍 등⁽¹⁵⁾의 사람에 대한 인식강도 시험에서도 MSG는 단맛의 인식강도를 다소 억제하는 것으로 나타

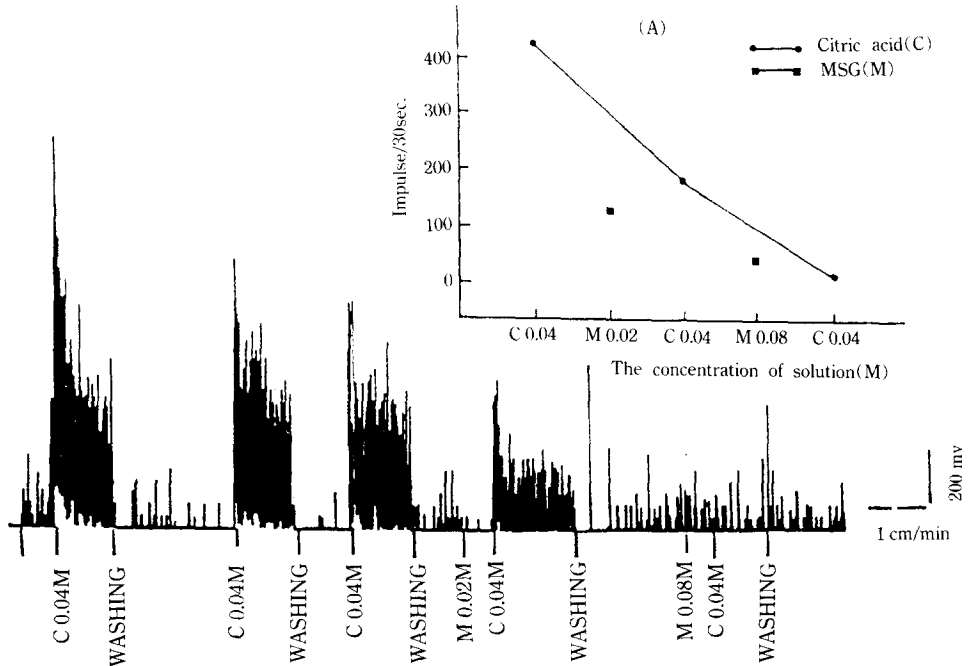


Fig. 7. Integrated response of chorda tympani nerve of cat stimulated with citric acid in addition with MSG

났다.

Fig. 7은 MSG 첨가가 0.04 M citric acid의 신맛 강도에 미치는 영향을 나타낸 그림이다. Citric acid 표준시료에 대해 3회 반응을 실시한 결과 3회 모두 비슷한 반응 impulse를 보이는 것을 알 수 있다. 반응 시작 730초후에 MSG 0.02 M을 30초간 반응시키고 구연산 0.04 M을 다시 반응시켰을 때 구연산의 반응 impulse는 크게 감소하였으며 다시 MSG를 0.08 M 주입하였을 때 MSG 0.02 M을 첨가한 경우보다 구연산에 대한 impulse 반응이 더 크게 감소되는 것을 볼 수 있다.

Fig. 7의 (A)는 response chart를 그래프화한 것이다. 표준시료시의 impulse 발사 빈도수는 420/30 sec를 나타내었으며 MSG 0.02 M 반응 후에는 190/30 sec로 MSG 0.08 M 반응 후에는 20/30 sec로 감소되었다. 즉 MSG 첨가가 구연산 0.04 M에 미치는 영향은 신맛의 강도를 감소시키는 억제효과를 나타내고 있음을 보여주었다. 이 결과는 홍 등⁽¹⁵⁾의 사람에 대한 인식강도실험에서 MSG 첨가가 구연산에 신맛 강도를 뚜렷이 저하시키는 현상과 일치하고 있다.

본 실험의 결과에서와 같이 MSG의 다른 기본맛 성분들에 대한 맛의 상승 및 억제작용을 미각신경 impulse 발사시험으로도 관찰할 수 있다는 것은 주목할 만한 일이다. 특히 MSG가 식염에 첨가되어 짠맛의 상승작용을 나타내거나 구연산에 첨가되어 신맛을 억제하는 현상은 구연산이나 식염이 짠맛의 단맛을 상승시키는

효과⁽²¹⁾와 유사한 현상으로 판단된다.

이상의 결과에서 고양이의 미각반응 신경을 이용하여 실험하였을 때 사람을 대상으로한 관능검사 결과와 같은 경향을 나타낼 수 있다. 이들 결과는 동물 생리실험을 연구하므로써 관능검사에 대한 객관적인 결과를 제시할 수 있는 가능성이 있음을 시사하고 있다.

요 약

고양이의 고색신경(chorda tympani nerve)을 통한 미각신경 impulse 발사시험을 실시하여 MSG의 미각신경 반응특징을 기본맛의 그것과 비교하였으며 MSG 용액의 첨가가 기본맛 성분의 미각반응 impulse 강도에 미치는 영향을 조사하였다. 고양이의 혀에 자극된 맛성분의 종류와 농도에 따라 고색신경을 통한 신경 impulse 발사빈도수는 다르게 나타났다. 구연산에 대한 반응 impulse가 가장 높은 빈도수를 나타내었고 NaCl, KCl, MSG가 비슷한 수준이었고 sucrose는 다른 맛성분에 비하여 그 반응정도가 낮게 나타났다. 여러 가지 다른 농도의 MSG 용액으로 미리 자극된 맛성분을 투하할 경우 식염의 짠맛에 대한 반응은 MSG 농도 0.02 M에서 크게 증가되나 0.08 M에서 증가폭이 다소 낮아졌다. 설탕의 경우, MSG에 의하여 반응 impulse가 약화되는 경향을 나타내었으며 구연산의 경우에는 MSG에 의하여 반응 impulse 빈도수가 뚜렷이 감소하였다.

감사의 말

이 연구는 (주) 미원 부설 한국음식문화연구원의 연구비 지원으로 수행된 것으로 이 자리를 빌어 심심한 감사를 표하는 바이다.

문헌

1. Beidler, L.M. : A theory of taste stimulation. *J. Gen. physiol.*, **38**, 133(1957)
2. 강두희 : 생리학 개정2판. 신광출판사, p.5(1983)
3. Beidler, L.M. : Properties of chemoreceptor of tongue of rat. *J. Neurophysiol.*, **16**, 595(1953)
4. Olmstead, J.M.D. : Taste buds and the Chorda tympani nerve. *J. Comp. Neurol.*, **34**, 337(1922)
5. Pfaffman, C. : Gustatory nerve impulses in rat, cat and rabbit. *J. Neurophysiol.*, **18**, 429(1955)
6. Beidler, L.M., Fishman, I.Y. and Hardman, C.W. : Species differences in taste responses. *Amer. J. Physiol.*, **181**, 231(1955)
7. Appelberg, B. : Species difference in the taste qualities mediated through the glossopharyngeal nerve. *Acta Physiol. Scand.*, **44**, 129(1958)
8. Gordon, G., Kitchell, R., Stroem, L. and Zotterman, Y. : The response pattern of taste fibers in the chorda tympani of the monkey. *Acta Physiol. Scand.*, **46**, 119(1959)
9. Yamashita, S., Yamada, K. and Sato, M. : The effect of temperature on neural taste response of cat. *Jap. J. Physiol.*, **14**, 505(1964)
10. Yamada, K. : Gustory and thermal responses in the glossopharyngeal nerve of the rat. *Jap. J. Physiol.*, **16**, 579(1966)
11. Yamada, K. : Gustory and thermal responses in the glossopharyngeal nerve of the rabbit and cat. *Jap. J. Physiol.*, **17**, 94(1967)
12. Nagaki, J., Yamashita, S. and Sato, M. : Neural response of cat to taste stimuli of varying temperature. *Jap. J. Physiol.*, **14**, 67(1964)
13. Hagashi Ogawa : Taste response characteristics in the glossopharyngeal nerve of the rat. *Kumamoto Medical J.*, **25**, 4(1972)
14. Yamamoto, T. and Asai, K. : studies on responses of cortical taste neurons to umami substances. In *Umami, A Basic Taste*, Kawamura, Y. and kare, M.R. (ed), Marcel Dekker Inc., New York, p.445(1986)
15. 홍혜경, 이현덕, 이철호 : Monosodium glutamate의 맛 표현 용어와 기본맛 성분과의 상호작용에 관한 연구. *한국식문화학회지*, **5**, 425(1990)
16. Carpenter, M.B. : Pons. In *Core Text of Neuroanatomy*, Tracy, T.M.(ed), Waverly Press Inc., p.153(1985)
17. 한희철 : 통각 유발물질에 대한 치수구심성 신경섬유의 반응양상. 고려대학교 의과대학 대학원 석사학위논문(1987)
18. 박정상 : Prostaglandin E₁이 자궁근 통각 수용체의 impulse 발사에 미치는 영향. 고려대 의과대학 대학원 석사학위논문(1988)
19. Van Coff, M., Hamiton, C.E. and Littel, A. : The effects of subthreshold concentrations of MSG on absolute taste threshold. A paper presented at the 75 th Annual Meeting of the Eastern Psychological Assoc, at New York, April 9-10(1954)
20. Mosel, J.M. and Kantrowitz, G. : The effect of monosodium glutamate on Activity to the primary tastes. *Am. J. Psychol.*, **65**, 573(1952)
21. 이철호, 이진근, 채수규, 박봉상 : 식품공업품질관리론, 유림문화사, p.90(1984)

(1990년 9월 7일 접수)