

짠맛 인지 원리와 나트륨 저감화 방안

류 미 라
한국식품연구원

짜게 먹으면 건강에 해롭다는 사실은 이미 상식에 가깝다. 뿐만 아니라, 전 세계 및 국가 차원에서 건강을 위해 싱겁게 먹을 것을 강력히 권고하고 있고 소금 과다 섭취로 유발되는 건강 문제에 대한 사회적 공감대가 충분히 형성되어 있다. 그럼에도 불구하고 대부분 국가에서의 일일 소금 섭취량은 여전히 WHO 권고량을 넘어서고 있다. 이 현상은 건강에 대한 관심이 높은 선진국이라고 예외가 아니다.

우리가 ‘소금’, 정확하게는 소금을 구성하는 주요 구성성분인 ‘나트륨’을 권고량 보다 과다하게 섭취하고 있는 이유는 무엇일까? 가장 중요한 요인은 소금이 갖는 기능적 특성 즉, 미생물의 번식을 억제하여 식품소재 또는 식품류의 보존기간을 늘여주기 때문이다. 식품원료 또는 가공식품의 품질유지를 위해 꼭 필요한 소금농도가 존재하기 때문이다.

그렇다면 식품의 저장유통기술, 또는 가공기술의 발달로 식품의 보존기간을 늘일 수 있다면 소금 사용량을 획기적으로 줄일 수 있을까? 아니다. 또 하나의 허들이 있다. 소금에는 식품의 전체적인 풍미를 향상시키는 즉, 소금에는 음식의 맛을 좋게 하는 기능이 있다. 미국을 중심으로 한 서양에서 일일 소금 섭취량의 약 80%가 가공식품이나 외식에서 비롯된다는 사실이 이를 반증한다.

바꾸어 말하면 우리 몸에는 소금이 내는 적절한

짠맛을 좋아하여 계속 섭취하고자 하는 짠맛 인지 기전이 작동되고 있다. 이것이 소금 섭취량을 줄일 수 없는 또 하나의 중요한 이유이다. 본 고(稿)에서는 짠맛 인지기전에 대한 이해를 통해 나트륨 저감화에 다가갈 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

I. 미 각

미각(味覺)은 맛있는 음식을 먹는 즐거움을 위해 발달된 감각이라기보다, 우리 몸 외부로부터 입안으로 들어오는 외부정보를 체내로 유입시킬 것인지 여부를 판단하기 위해 발달된 감각이라 할 수 있다. 따라서 맛 물질을 감지하고 판단하는 체내 맛 인지 기전은, 미뢰라고 하는 말초에서 부터 맛중추 즉, 뇌인지에 이르기까지 매우 치밀하고 체계적으로 연결된 생체반응이다. 즉, 우리가 음식을 먹으면 음식을 구성하는 맛 성분은 혀 표면이나 목구멍 주변 등에 분포하는 미뢰를 통해 감지되며, 미뢰를 구성하는 맛세포 일부에는 맛 신경이 연결되어있어 감지된 맛 정보를 뇌의 미각중추로 전달함으로써 인지된다.¹⁾

1) S.C. Kinnamon, Taste receptor signaling - from tongues to lungs. Acta Physiologica 2012; 204: 158-168.

II. 기본 맛

후각이 수천 개의 화학물질을 구분하여 인지하는 것과 달리, 미각은 단맛, 쓴맛, 신맛, 짠맛, 감칠맛, 이 다섯 맛 물질만을 각각 구분하여 인지하며, 각 맛 물질은 맛세포 표면 막에 발현된 수용체 또는 이온채널을 통해 감지된다. 즉, 음식 속에 있는 맛 성분이 침이나 음식에 함유된 물에 녹아 분자나 이온 상태로 분해되어 맛 세포 표면 막에 접촉하게 되는데, 이때 단맛, 쓴맛, 감칠맛 물질은 각각 G 단백질 공역형 수용체(G-protein coupled receptors, GPCRs)의 하나인 단맛 수용체(T1R2/T1R3), 쓴맛 수용체(T2R), 감칠맛 수용체(T1R1/T1R3)에 결합하게 된다. 신맛이나 짠맛을 내는 수소이온이나 나트륨 이온은 맛세포막에 존재하는 각각의 이온통로를 통해 맛세포 내에 들어가거나, 맛 세포막을 통과하는 이온 흐름을 변화시켜 맛 세포를 자극하게 된다. 이렇게 맛세포 표면 막에는 적어도 다섯 종류의 맛 수용기가 있어 각 맛 물질이 특이적으로 작용하여 맛세포를 활성화시킨다(그림 1).²⁾

우리 몸의 미각시스템이 생리적으로 구분하는 다섯 가지 맛 즉, 단맛, 쓴맛, 신맛, 짠맛, 감칠맛을 ‘기본맛’이라 한다. 약 100년 전 (1916) 독일 과학자 Henning은 모든 맛은 단맛, 신맛, 쓴맛, 짠맛 이 네 가지 맛의 적절한 조합으로 표현 가능하다는 이론 즉, 모든 맛은 이 네 가지 맛을 꼭짓점으로 하는 맛 사면체 속 공간에 포함된다고 하는 맛 사면체설을 제시하였다.³⁾ 이후 맛 사면체설은 특별히 그 개념이 정의되거나 이견의 논란 없이 정설로 굳어져 왔고 이 네 가지 맛 단맛, 신맛, 쓴맛, 짠맛을 ‘기본맛’이라 부르게 되었다. 이후의 연구자들에 의해 정립된 기본맛이란, 1) 다른 기본 맛과 명확히 다른 맛일 것, 2) 보편적인 맛일 것, 3) 다른 기본 맛과 조합해 그 맛을 만들 수 없을 것, 4) 다른 기본 맛과 독립된 맛이면서 신경생리학적 또는 생화학적 증명이

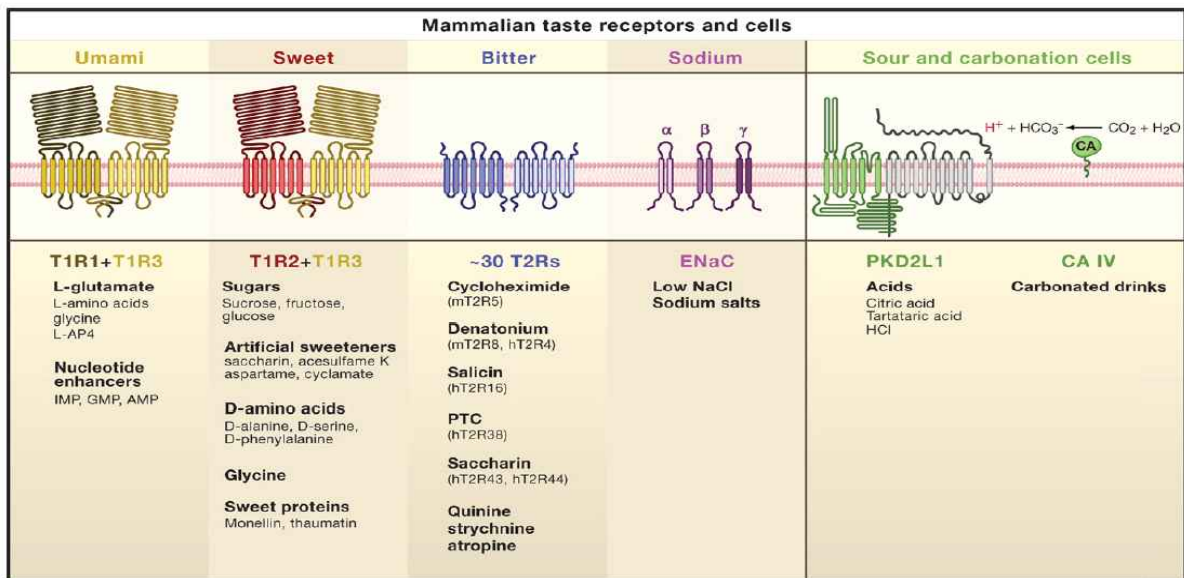


그림 1. 포유류 맛세포의 기본맛 감지 수용체

2) Yarmolinsky et al., Common Sense about Taste: From mammals to insects. Cell 2009; 139: 234-244.

3) H. Henning, The quality series of taste. Zeitschrift fur Psychologie, 1916; 74: 203-219.

가능할 것 등의 조건을 충족시켜야 한다. 오늘날에는 이 네 가지 맛 이외에, 다시마에서 분리된 글루탐산이 감칠맛 성분임이 밝혀지고 맛세포 내에 이 성분을 특이적으로 수용하는 GPCR 수용체의 존재가 확인되는 등 기본 맛으로서의 조건이 충족됨에 따라 단맛, 신맛, 쓴맛, 짠맛 네 가지 맛에 감칠맛을 더한 다섯 가지 맛이 기본 맛으로 인정되고 있다 (그림 2).

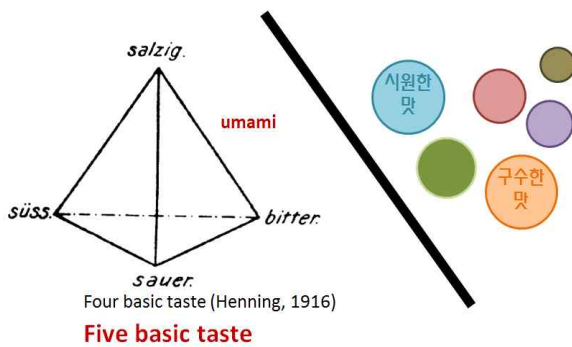


그림 2. 기본맛

생리학적 차원에서 맛이란, 맛 물질이 맛세포를 자극해 유발된 신호에 대한 정보 즉, 맛 세포 내에 발현된 수용체나 이온채널에 맛 물질이 수용되는지 여부가 중요한 지표가 된다. 예를 들어 고추가 내는 매운 맛은 엄밀하게는 맛이라기보다 통증을 유발하는 자극 즉, 통각으로 분류하는데, 그 이유는, 고추에 함유된 매운맛 성분 캡사이신은 맛세포가 아니라 미뢰 주변에 분포하는 체성감각신경의 말단에 발현하는 수용분자에 의해 감지되기 때문이다. Menthol의 시원한맛이나, 탄닌이 내는 떫은 맛도 마찬가지이다. 그러나 매운맛이나 떫은 맛 뿐 아니라, 얼큰한 국물 맛, 봄나물의 씹싸름한 맛 등 우리가 '맛'이라 표현하는 모든 맛은 생리학적인 기준의 좁은 의미의 맛의 개념에는 해당되지 않지만, 식품학적으로 즉, 넓은 의미의 맛임에 분명하다. 따라서 단맛, 신맛, 쓴맛, 짠맛, 감칠맛 이 다섯 가지 기본맛

만이 '맛'이란 것이 아니라, 어떤 관점에서 맛을 논하느냐에 따라 그 범위가 달라진다고 할 수 있다.

III. 짠 맛

최근 분자생물학이나 유전학 등 관련 학문의 발전에 힘입어 맛의 인지기전에 대한 이해가 깊어진 것은 사실이지만 그렇다고 모든 것이 명확히 밝혀진 것은 아니다. GPCR 수용체를 통해 감지되는 단맛, 쓴맛, 감칠맛 인지기전에 대해서는 비교적 많은 정보가 축적된데 비해, 이온채널을 통해 감지되는 신맛이나 짠맛 인지기전에 대해서는 밝혀지지 않은 부분이 많다. 짠맛인지 기전에 대해 알려진 범위에서 살펴보자.

1) 짠맛인지 기전

짠맛을 대표하는 소금은 일반적으로 염화나트륨 (NaCl)을 말한다. NaCl은 물에 녹으면 나트륨이온 (Na⁺)과 염소이온(Cl⁻)으로 분리되는데, 소금의 짠맛은 Na⁺이 맛 세포 표면에 있는 나트륨 채널 즉, 나트륨 이온을 일정방향으로 통과시키는 이온통로를 통해 세포 속으로 들어감으로써 시작된다. Na⁺은 전기적으로 플러스 값을 띠는데, 나트륨채널을 통과 하면서 그동안 전기적으로 일정 값을 유지하던 맛 세포의 전기적 평형이 일시적으로 깨지게 된다. 이 상태를 탈분극 상태라 하고, 이러한 탈분극 변화가 시작되면 맛세포로부터 신경물질이 미각신경을 향해 방출되고 맛 정보가 뇌에 전달되어 짠맛을 인지하게 된다. 따라서 짠맛이 강하다는 것은 Na⁺의 이동이 많아져 탈분극 빈도가 높아진 것을 의미한다 (그림 3).⁴⁾

4) 류미라. 맛에 숨은 과학 p23 (2015) 이지사이언스 시리즈 22, 한국식품연구원, 한국과학창의재단

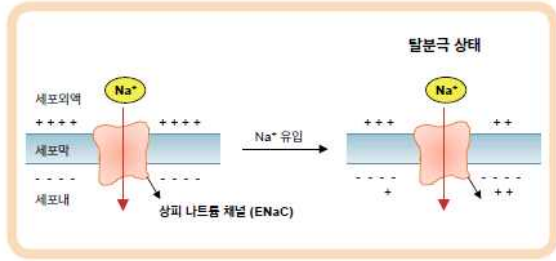


그림 3. 나트륨 채널을 통한 맛 세포막의 탈분극

소금 즉, NaCl만 짠맛을 내는 것은 아니다. 맛이 NaCl과 다르긴 하지만 염화칼륨(KCl), 염화칼슘(CaCl₂) 등의 다른 양이온 염도 짠맛을 낸다. 모든 양이온 염들은 물에 녹으면 양이온과 음이온으로 분리되는데, 양이온이 짠맛에 중요하다는 것은 기지의 사실이지만 음이온은 짠맛을 내는데 어떤 역할을 할까? 음이온의 역할에 대해서는 NaCl과 양이온은 같고 음이온이 다른 질산나트륨 NaNO₃의 맛으로 추정해볼 수 있다. NaNO₃는 물에 녹았을 때 소금과 같은 양이온인 Na⁺이 생기지만 소금과 같은 정도의 짠맛을 내지는 않는다. 짠맛을 내는데 양이온(Na⁺)만 중요한 것이 아니라 음이온도 뭔가 역할을 한다는 사실을 말해준다. 그러나 음이온이 어떻게 작용하는지 그 작용기전에 대해서는 아직까지 밝혀지지 않고 있다. 다만 음이온은 양이온처럼 이온통로를 통해 맛 세포 속으로 들어갈 수 없으며, 따라서 음이온은 맛세포와 맛세포 사이 틈을 통해 혀 조직 속으로 흘러들어가 짠맛에 영향을 미치는 것으로 추정하고 있다.

NaCl 뿐 아니라 KCl, CaCl₂ 등도 짠맛을 낸다. 하지만 Na⁺을 맛 세포 속으로 통과시키는 이온통로의 특성에 대해서는 아래 설명과 같이 비교적 잘 알려진데 비해 K⁺, Ca²⁺ 등 다른 양이온이 어떤 이온통로를 경유하는지에 대해서는 아직 밝혀져 있지 않다. 캡사이신 수용체로 알려진 양이온채널 Transient receptor potential vanilloid 1 (TRPV1)의 관여설이 제기되고 있지만 과학적 합의에는 이르지 못하고 있

다. 따라서 현재로서는 NaCl 이외의 양이온 염의 짠맛 인지 기전에 대해서는 명확히 밝혀져 있지 않다는 것이 정설이다.

2) 상피성나트륨채널 (Epithelial Na⁺ Channel)

NaCl의 짠맛은 Na⁺이 맛 세포 표면 막에 발현된 상피성 나트륨 통로(Epithelial Na⁺ Channel, ENaC)를 통해 맛세포 속으로 들어감으로써 인지되는데, 이 이온통로는 혀에서 짠맛 인지에 관여한다는 사실이 알려지기 이전에 이미 신장에 존재하는 사실이 알려져 있었다. 즉, ENaC은 신장 뇨세관을 통해 체외로 배출되는 Na⁺을 감지하여 체내에서 필요로 하는 Na⁺을 재 흡수하는데 중요한 역할을 하며, 이 역할은 이뇨제 아밀로라이드(amiloride)에 의해 차단된다.

사람이 NaCl의 짠맛을 인지하는데 있어 ENaC의 역할이 중요하다는 사실은 1983년 Schiffman 등의 실험을 통해 처음 확인되었다. 사람의 혀 표면에 아밀로라이드에 적신 여과지를 처리하고 NaCl을 주었을 때, 아밀로라이드를 처리하지 않은 경우보다 NaCl의 짠맛이 줄어든다(그림 4).⁵⁾

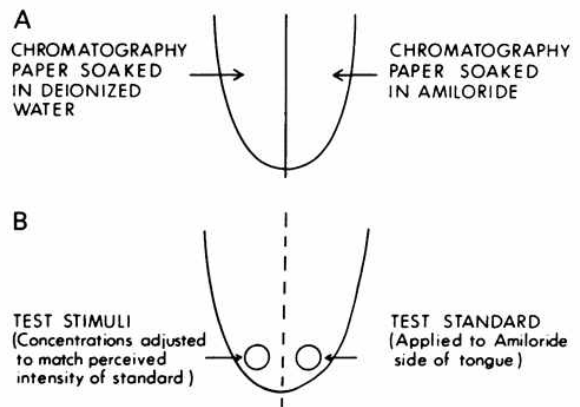
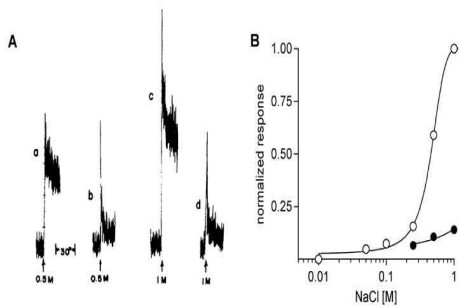


그림 4. 사람 혀에서의 NaCl의 짠맛과 아밀로라이드의 영향

5) Schiffman et al., Amiloride reduces the taste intensity of Na⁺ and Li⁺ salts and sweeteners. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 1983; 80: 6136-6140.

NaCl의 짠맛 인지 기전에서의 ENaC의 중요성은 DeSimone 연구그룹(1984)에서 실시한 쥐 맛신경 반응 기록 시험을 통해서도 확인되었다. 즉, 마취상태에서 맛신경(chorda tympani taste nerve)을 적출하여 전극에 연결한 상태에서 혀에 맛 물질을 주었을 때 발생하는 맛신호를 측정하는 실험이다. 농도가 각각 다른 NaCl 용액으로 유도된 맛신경 반응은 아밀로라이드(100 μM) 처리에 의해 유의적으로 줄어들었다(그림 5).⁶⁾ 즉, 아밀로라이드에 의해 ENaC 이온 통로가 차단되면 Na⁺ 통과에 의한 탈분극이 차단되어 짠맛신호가 유발되지 않는 것이다. 이와 같이 아밀로라이드에 의해 차단되는 이러한 반응을 아밀로라이드 감수성 반응(amiloride-sensitive response)이라 부른다.



A, Integrated chorda tympani nerve response in rat, elicited by 0.5 and 1 M NaCl applied to the tongue before (a and c) and after (b and d) five minute exposure to 100 μM amiloride.
B, concentration-response relations for NaCl taste stimulation in the absence (○) and presence (●) of 100 μM amiloride.

그림 5. 쥐의 맛 신경에서의 NaCl 반응에 대한 아밀로라이드의 영향

3) 아밀로라이드 비감수성 반응

한편 아밀로라이드를 처리한 경우에도 NaCl의 짠맛 또는 NaCl로 유도된 맛신경 반응이 완전히 차단되는 것은 아니다. 그림 6의 마우스 맛신경 반응을 측정한 실험에서 아밀로라이드의 농도를 10 μM로 낮춘 경우 NaCl의 맛신경 반응이 완전히 차단되지

않은 채 남아있는 것을 쉽게 확인할 수 있다. 즉 NaCl의 짠맛은 ENaC과 같은 아밀로라이드 감수성 경로 뿐 아니라 아밀로라이드 비감수성(amiloride-insensitive) 경로를 통해서도 인지된다.

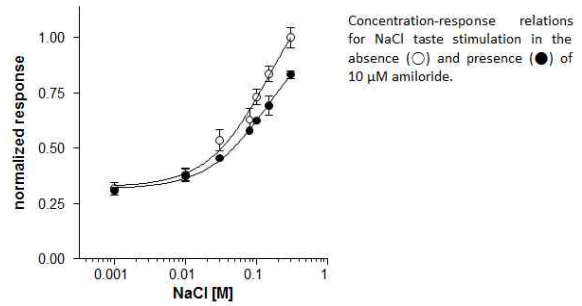


그림 6. 마우스 맛신경에서의 NaCl 반응에 대한 아밀로라이드의 영향

앞서 언급한 바와 같이 NaCl 뿐 아니라 KCl, CaCl₂ 등의 다른 양이온 염도 짠맛을 부여하는데 Na⁺은 아밀로라이드 감수성 경로와 아밀로라이드 비감수성 경로 모두를 통해 인지되는 반면, K⁺, Ca²⁺ 등은 아밀로라이드 비감수성 경로를 통해서만 인지된다. ENaC은 Na⁺만을 특이적으로 구분하여 통과시키는 이온통로로써 K⁺, Ca²⁺ 등 다른 양이온은 통과시키지 않으며, 현재 이들 양이온을 맛세포 내로 유입시키는 아밀로라이드 비감수성 경로에 대해서는 여러 가능성이 제시되고 있으나 명확히 밝혀져 있지는 않다.

미국을 중심으로 현재 NaCl 대체제로 가장 많이 사용되는 물질은 KCl이다. 문제는 짠맛의 질(quality)이다. KCl, CaCl₂ 등의 짠맛의 질은 NaCl과 달라 대부분의 사람들은 소금 즉, NaCl이 내는 짠맛을 가장 좋아하는 경향을 나타낸다. 맛에 예민한 사람들은 NaCl이 내는 짠맛인지 아닌지 쉽게 구분하며, NaCl이 내는 짠맛이 아닌 경우 짠맛이 아니라고 하는 사람도 있다. 이러한 사람들이 좋아하는 짠맛의 질이야말로 지금까지 NaCl 이외의 대체제를 찾기 어려운 중요한 이유의 하나이다.

6) DeSimone et al., The active ion transport properties of canine lingual epithelia in vitro. Science 1984; 83: 633-656.

IV. 나트륨 저감화 제언

맛은 우리 몸의 말초에서부터 뇌 인지까지 총체적으로 매우 정교하게 연결된 생체시스템에 의해 인지된다. 따라서 내 몸이 좋아하는 짠맛 정도에 대한 정보는 내 뇌리에 깊이 저장되어 있는 것이다. 그런데 건강을 위해 내일부터 당장 소금량을 반으로 줄여 싱겁게 먹자고 결심하고 싱겁게 먹으면 어떨까. 뇌리에 기억된 정보는 갑자기 바뀐 짠맛 기준이 적절하다고 쉽게 받아들이지 못하고 늘 먹던 맛이 아니라 짠맛이 부족하다고 인지하여 충족감을 느끼지 못하게 된다. 하루아침에 소금 섭취량을 줄이기 어려운 이유이다.

소금에 감수성이 높은 고혈압환자의 경우 소금을 줄인 식이를 짧게는 수일, 길게는 수주일 동안 지속적으로 유지하게 되면 짠맛에 대한 기호도가 변해 소금농도가 낮아져도 충분히 맛이 있다는 쪽으로 바뀌게 된다.⁷⁾ 반대로 소금에 절인 젓갈류를 많이 먹는 지역 사람들은 소금농도에 대한 역치가 상승하여 짠맛에 둔감해져 자신도 모르게 더 많은 양의 소금을 섭취하게 된다.⁸⁾ 이러한 연구결과들은 다행스럽게도 내 뇌리에 박힌 짠맛에 대한 기억은 식습관을 통해 조금씩 변화시킬 수 있고 결국에는 새로운 짠맛에 대한 기준이 형성되어 새로이 뇌리에 저장된다는 것을 의미한다. 우리 몸은 적어도 맛의 선호도에 대해서는 그렇게 효율적으로 설계되어 있다. 내 몸속에 뿌리내리고 있는 미각 인지 시스템을 이해하고 조금씩 꾸준히 다스려 간다면 싱겁게 먹기는 실현가능한 목표이다.

미각에 대해 현재까지 알려진 사실은 독립된 하나의 맛은 그에 부합하는 인지기전을 통해 독립적으로 인지된다는 것이다. 하지만 우리가 음식을 섭취하는 경우 여러 가지 맛이 동시에 작용하여 종합된 맛을 낸다. 이러한 맛의 인지 기전에 대해서는 과학적으로 해석된 결과는 거의 없다. 우리연구팀은 쓴맛수용체를 이용한 선행연구를 통해 쓴맛 물질을 수용하는 쓴맛수용체에 전혀 다른 맛 특성을 가진 감칠맛 물질이 직접적으로 수용될 수 있다는 사실을 확인하였다⁹⁾. 짠맛도 마찬가지다. 아직 그 작용기전을 명확히 밝히지는 못했지만 감칠맛 물질은 짠맛에 대한 맛신경 반응을 증가시킨다. 이러한 연구결과는 다양한 식재료 활용을 통해 소금 첨가량을 줄일 수 있다는 것을 의미한다.

Closing

본 고(稿)의 첫 부분에서 미각은 맛있는 음식을 먹는 즐거움을 위해 발달된 감각이라기보다 우리 몸의 생존을 위해 발달된 감각이라 썼다. 처음 발생은 분명 그랬음에 틀림없겠지만 이 시대는 식품의 안전에 관한한 굳이 미각을 동원하지 않아도 될 만큼 다양한 정보가 제공되고 있다. 따라서 이제는 삶의 질을 향상시키는데 필수적인 감각으로서의 미각 기능에 주목해야 할 것이다. 바로 나트륨 저감화 전략이 사람의 짠맛에 대한 미각 충족감을 유지하는 가운데 이루어져야 하는 이유이다.

7) Bertino et al., Taste perception in three individuals on a low sodium diet. *Appetite* 1981; 2: 67-73.

8) Cho et al., Comparison of salt taste thresholds and salt usage behaviours between adults in Myanmar and Korea. *Asia Pac J Clin Nutr* 2016; 25: 879-884.

9) Kim et al., Umami-bitter interactions: The suppression of bitterness by umami peptides via human bitter taste receptor. *Biochem Biophys Res Commun* 2015; 456: 596-590.