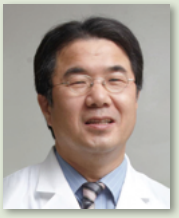
회원기고

맛과 미각 연구의 새로운 지평

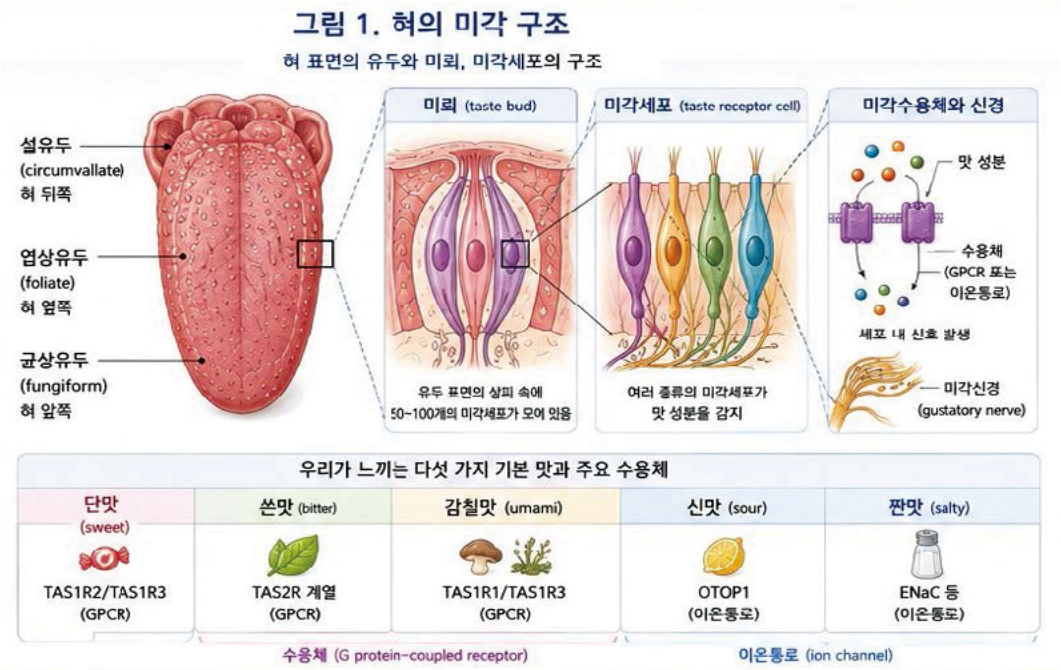


李宗鎬 會員 (구강악안면외과학)

맛을 느낀다는 것은 어떤 의미일까?

우리는 하루에도 여러 번 “맛있다”, “짜다”, “달다”, “쓰다”라고 말한다. 너무 익숙한 감각이라 평소에는 거의 의식하지 않는다. 하지만 질병이나 수술, 약물치료로 음식 맛을 제대로 느끼지 못하는 사람을 만나면 생각이 달라진다. 맛을 잃는 일은 단지 먹는 즐거움이 사라지는 데 그치지 않는다. 식욕과 식사량이 줄고, 체중과 영양상태까지 나빠질 수 있으며, 가족이나 친구와 음식을 나누는 즐거움도 줄어든다. 이처럼 맛을 느낀다는 것은 사람의 삶에 아주 중요한 역할을 하고 있다.

혀에는 작은 ‘화학 탐지기’가 있다. 기본 맛은 단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛, 감칠맛으로 나뉜다. 과거 교과서에는 혀끝은 단맛, 가장자리는 신맛, 뒤쪽은 쓴맛을 주로 느낀다는 ‘혀 지도’가 널리 소개되었다. 그러나 오늘날에는 미각이 그렇게 단순하게 구분되지 않는다는 사실이 밝혀졌다. 혀 표면의 여러 유두 주변에는 미뢰(taste bud)라는 작은 감각기관이 있고, 각 미뢰에는 다양한 미각세포가 모여 있다. 음식물이 침에 녹아 미뢰에 닿으면 미각세포 표면의 수용체가 이를 감지한



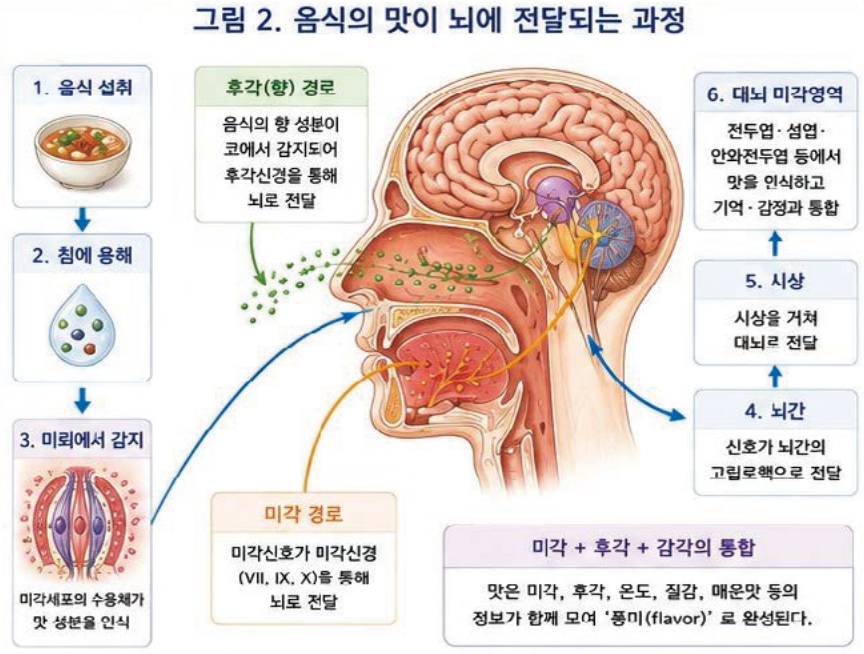
[그림 1] 혀의 미각 구조(미각기관의 미세구조와 맛 자극의 분자적 수용 기전). 단맛과 감칠맛은 각각 TAS1R2–TAS1R3 및 TAS1R1–TAS1R3 이종이합체 수용체가, 쓴맛은 TAS2R 계열 수용체가 주로 매개한다. 이들은 G단백질 연결 수용체로서 제 II 형 미각세포에서 PLCβ2–IP$_3$R3–TRPM5 신호전달 축을 활성화한다. 세포 내 칼슘 증가와 탈분극에 이어 CALHM1/3 통로를 통한 ATP 방출이 유도되며, ATP는 구심성 신경의 퓨린성 수용체를 활성화한다. 신맛은 주로 제III형 미각세포의 양성자 통로 OTOP1에 의해 감지된다.

다. 혀에 수많은 작은 '화학 탐지기'가 설치된 셈이다(그림 1).

단맛을 예로 들면, 설탕을 먹으면 단맛 성분이 미각세포의 단맛 수용체와 결합한다. 그러면 세포 안에서 연속적인 반응이 일어나고, 그 정보가 미각신경을 거쳐 뇌로 전달된다(그림 2). 그제야 우리는 "달다"고 느낀다. 수용체가 자물쇠라면 설탕이나 감미료는 여기에 맞는 열쇠인 셈이다. 최근에는 전자현미경으로 사람의 단맛 수용체 구조를 원자에 가까운 수준까지 관찰하기 시작했다. 얼마 전만 해도 상상하기 어려웠던 일이다. 수용체의 정확한 구조를 알면 어떤 물질이 어느 부위에 결합해 단맛을 만드는지 이해할 수 있다. 이 지식은 적은 설탕으로도 충분한 단맛을 내거나 새로운 대체 감미물질을 개발하는 데 활용될 수 있다. 따라서 미각 연구는 단순히 "맛있는 음식"을 다루는 학문이 아니라 비만, 당뇨병, 대사질환, 치아우식증과도 맞닿아 있다.

쓴맛은 왜 존재할까? 쓴맛을 떠올릴 때마다 인간의 감각이 오랜 진화의 산물임을 생각하게 된다. 자연계의 독성물질 상당수는 쓴맛을 낸다. 쓴맛을 민감하게 감지해 삼키지 않는 능력은 생존에 유리했을 것이다. 어린아이가 처음 쓴 채소를 먹고 얼굴을 찡그리는 모습도 이런 오래된 생물학적 기억의 흔적일지 모른다. 사람마다 쓴맛 민감도가 크게 다른 점도 흥미롭다. 같은 채소를 두고 한 사람은 "너무 쓰다"고 하지만 다른 사람은 그렇지 않다고 느낀다. 유전적 차이가 그 원인 중 하나다. 최근에는 쓴맛 수용체가 혀뿐 아니라 위장관, 기도, 여러 조직과 세포에도 존재한다는 사실이 밝혀지고 있다. 그렇다면 장이나 기관지도 '맛'을 느끼는 것일까? 우리가 의식하는 맛과는 다르지만, 이 수용체들은 체내 화학물질을 감지해 소화, 호르몬 분비, 방어반응에 관여하는 생체센서로 여겨진다. 이 발

그림 2. 음식의 맛이 뇌에 전달되는 과정



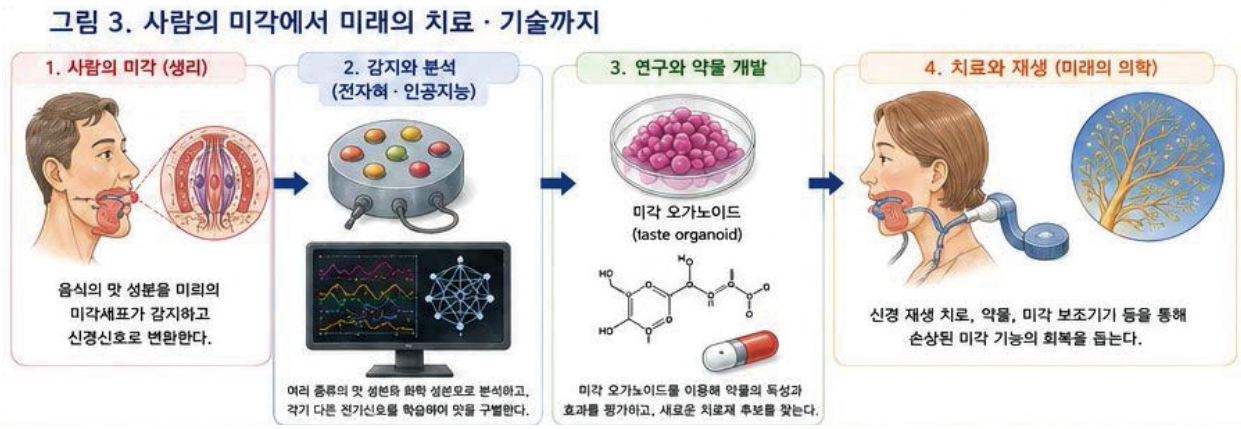
[그림 2] 맛이 뇌에 도달하는 경로 – 음식 → 미뢰 → 미각신경 → 뇌. 미각세포의 반응은 구심성 신경활동으로 변환되어 중추로 전달된다. 이들 구심성 섬유는 연수의 고립로핵 미각 영역에 투사하며, 영장류의 상행 미각 경로는 시상 배쪽뒤안쪽핵의 소세포부를 거쳐 주로 전방 섬엽과 전두덮개에 위치한 일차 미각피질로 이어진다. 이후 안와전두피질, 편도체 및 기타 관련 회로와의 상호작용을 통해 맛의 정체성·강도뿐 아니라 쾌불쾌, 보상가치, 섭식 동기 등이 처리된다.

견은 미각 연구의 범위를 크게 넓혔다. 과거에는 혀와 뇌를 잇는 감각신경이 중심이었다면, 이제는 대사질환, 면역, 소화기학, 호흡기학, 약리학으로 연구가 확장되고 있다.

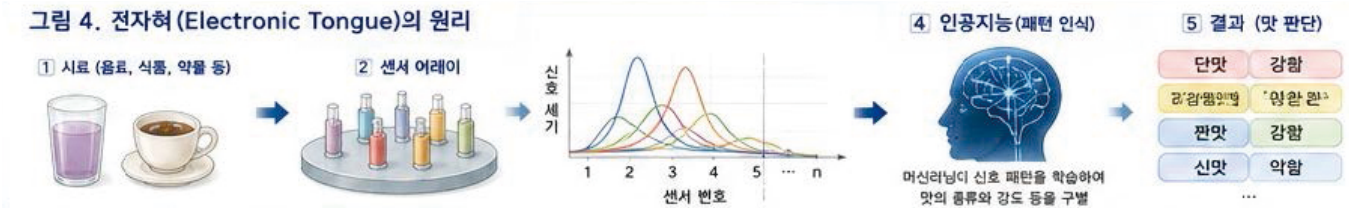
우리가 '맛'이라 부르는 감각의 상당 부분은 사실 향에서 온다. 코를 막고 사과 한 조각을 먹어 보면 이를 쉽게 확인할 수 있다. 단맛과 약한 신맛은 느껴지지만 사과 특유의 풍미는 크게 줄어든다. 코를 놓는 순간에야 "아, 사과구나"라는 느낌이 선명해진다. 일상에서 말하는 '맛'은 혀의 미각, 코의 후각, 음식의 온도와 질감, 매운맛 같은 삼차신경 감각이 합쳐진 결과다. 그래서 "음식 맛을 전혀 못 느끼겠다"는 환자도 검사해 보면 미각은 비교적 정상이고 후각만 크게 저하된 경우가 있다. 코로나19를 계기로 이러한 사실이 널리 알려졌다. 따라서 현대의 미각검사는 단맛과 짠맛을 구별하는 데 그치지 않고 후각, 침 분비, 구강감각도 함께 살펴야 한다.

미각도 시력이나 청력처럼 측정할 수 있을까?

눈이 침침하면 시력검사를 하고, 귀가 잘 들리지 않으면 청력검사를 받는다. 그렇다면 음식 맛이 예전과 다를 때는 어떻게 해야 할까? 아직 미각검사는 시력검사나 청력검사만큼 보편화되지 않았다. 현재의 간단한 검사법으로는 일정 농도의 단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛 물질을 묻힌 작은 종이를 혀에 대고 맛을 구별하게 하는 방법이 있다. 혀에 매우 약한 전류를 흘려 맛을 느



[그림 3] 전자혀와 미각 오가노이드를 활용한 미각치료. 본 그림은 생체 미각의 자극 수용 원리를 출발점으로, 전자혀 기반 분석, 미각 오가노이드 연구 및 미각 기능 회복을 위한 개념도이다.



[그림 4] 사람의 혀에서 전자혀로 – 미각수용체·센서·인공지능의 연결.
전자혀(electronic tongue)는 교차선택성을 갖는 복수의 센서와 다변량 분석 체계를 결합하여 액체 시료의 특성을 평가하는 분석 플랫폼이다.
일반적인 전자혀에서는 각 센서가 단일 기본 맛에만 선택적으로 반응하기보다, 여러 성분에 중첩된 감응을 보인다.

끼기 시작하는 세기를 측정하는 전기미각검사도 있다. 특히 혀 주변 수술이나 신경손상 뒤 좌우 미각기능을 비교할 때 유용하다. 그러나 한 가지 검사만으로 미각 전체를 평가할 수는 없다. 앞으로는 미각·후각·침 분비·구강감각 검사를 종합하고 뇌영상과 인공지능 분석까지 더하는 방향으로 발전할 것이다. 미래의 건강검진에서는 시력과 청력처럼 간단한 미각검사를 받게 될지도 모른다(그림 3,4).

미각 연구가 의학적으로 특히 중요한 영역 중 하나는 암 환자의 미각장애다. 구강암 환자는 수술, 방사선치료, 항암치료 과정에서 음식 맛이 크게 달라질 수 있다. 맛을 거의 느끼지 못하거나 모든 음식에서 금속 맛을 느끼고, 좋아하던 음식을 갑자기 싫어하기도 한다. 원인은 미각세포나 미각신경의 손상일 수 있으며, 침이 줄어 맛 성분이 충분히 녹지 않는 것도 중요하다. 미각장애는 단순한 불편으로 끝나지 않는다. 식사량이 감소해 체중과 영양상태가 나빠지면 암 치료를 견딜 힘도 떨어질 수 있다. 그러나 미각장애를 확실히 회복시키는 약물은 아직 많지 않다. 아연 같은 영양소가 일부 환자에게 도움이 되고 원인 약제를 조절하거나 구강건조증을 치료하기도 하지만, 모든 환자에게 효과적인 방법은 없다. 따라서 최근 연구는 '미각장애'라는 하나의 이름으로 환자를 묶기보다 미뢰 손상, 신경 손상, 침 부족, 뇌의 맛 해석 변화 등을 구분하는 데 초점을 맞춘다. 원인이 다르면 치료도 달라야 하기 때문이다.

비만 치료제가 음식 맛까지 바꿀까? 최근 주목받는 비만·당뇨병 치료제와 미각의 관계도 흥미로운 연구 주제다. GLP-1 수용체 작용제를 사용한 사람 중에는 음식에 대한 관심이 줄거나 맛이 달라졌다고 말하는 경우가 있다. 이러한 변화를 실제 미각검사로 확인하려는 연구도 진행 중이며, 일부 연구에서는 GLP-1 계열 약물 사용자의 객관적 검사 결과가 대조군과 달랐다는 보고가 나왔다. 다만 연구가 아직 초기 단계여서 약물이 미각 자체를 어떻게 바꾸는지는 더 확인해야 한다. 그럼에도 이 결과가 흥미로운 이유는 분명하다. 그동안 비만 치료는 주로 '얼마나 배고픈가'에 초점을 맞췄지만, 앞으로는 '음식이 얼마나 맛있게 느껴지는가'도 중요한 연구대상이 될 수 있다. 식욕과 맛은 생각보다 훨씬 밀접하게 연결되어 있을지 모른다.

기계도 맛을 구별할 수 있을까?

미각 연구에는 공학처럼 들리는 분야도 있다. 바로 '전자혀(electronic tongue)'다. 전자혀에는 여러 화학센서가 들어 있어 액체가 닿으면 센서마다 서로 다른 전기신호가 나타난다(그림 4). 컴퓨터는 이 신호 패턴을 분석해 음료의 종류나 쓴맛의 정도를 구별한다. 최근에는 인공지능도 활용된다. 사람의 뇌가 여러 미각세포의 정보를 종합하듯, 인공지능이 수많은 센서 신호를 학습해 맛을 판별하는 방식이다. 활용 범위도 넓다. 식품회사는 제품의 맛과 품질을 일정하게 유지하고, 제약회사는 새 약의 쓴맛을 평가할 수 있다. 특히 어린이용 약은 지나치게 쓰면 복용을 거부할 수 있어 쓴맛 평가가 중요하다. 사람이 직접 맛보지 않고도 전자혀로 평가할 수 있다면 의약품 개발에 유용하다. 최근에는 인간의 미각수용체를 전자장치에 연결해, 단순한 농도 측정을 넘어 사람의 혀와 유사한 방식으로 맛을 판단하게 하려는 연구도 진행되고 있다.

더 흥미로운 분야는 한 곳에서 분석한 맛 정보를 전송해 다른 곳에서 유사한 미각자극을 재현하는 '디지털 미각' 연구다. 아직 초기 단계지만, 언젠가는 영상과 소리처럼 '맛의 정보'도 전송할 수 있을지 모른다. 가상현실 속 음식을 보며 맛까지 느끼거나, 멀리 있는 사람이 새로운 음식을 간접 체험하는 장면도 상상할 수 있다. 의학적 활용 가능성은 더욱 큰데, 신경손상이나 암 치료 뒤 미각을 잃은 환자에게 반복적인 자극을 제공해 감각재활에 활용하는 것이다. 보청기가 소

리를 증폭하고 인공와우가 청각신경을 전기적으로 자극하듯, 미각도 머지않아 전기적·화학적 자극으로 보조할 수 있을지 모른다. 재생의학에서도 주목할 연구가 진행되고 있다. 미각세포는 평생 같은 세포가 유지되는 것이 아니라 일정 시간이 지나면 사라지고 새 세포로 교체된다. 즉 혀에는 미각세포를 계속 만들어내는 세포가 있다. 연구자들은 이를 실험실에서 3차원으로 배양해 미각기관과 유사한 작은 구조물인 '미각 오가노이드(taste organoid)'를 만든다(그림 3). 크기는 작지만 실제 인간 조직의 여러 특성을 재현할 수 있어, 항암제가 미각세포를 얼마나 손상시키는지 살피거나 회복을 촉진하는 물질을 찾는 데 활용할 수 있다. 언젠가는 환자 자신의 세포로 오가노이드를 만들어 약물이나 방사선치료가 그 환자의 미각에 미칠 영향을 미리 예측할 수도 있다. 현실화된다면 '개인 맞춤형 미각의학'이라는 새로운 분야가 열릴 것이다.

맛을 잃은 이에게 다시 맛을 되찾아 주는 날

미각은 오랫동안 다른 감각보다 의학적 관심을 덜 받아왔다. 시력이나 청력 상실의 어려움은 잘 알려져 있지만, 미각 상실이 삶에 미치는 영향은 상대적으로 가볍게 여겨졌다. 그러나 인간에게 먹는 일은 단순한 열량 섭취가 아니다. 음식은 기억이자 문화이며, 사람과 사람을 잇는 매개다. 어린 시절의 음식 맛을 수십 년 뒤에도 기억하는 모습을 보면 맛과 기억의 깊은 연결을 알 수 있다. 최근의 미각 연구가 내게 흥미로운 이유도 여기에 있다. 어떤 과학자는 현미경으로 작은 미각수용체를 관찰하고, 다른 과학자는 전자센서를 만들며, 또 다른 과학자는 실험실에서 미각 오가노이드를 키운다. 겉보기에는 서로 다른 연구지만, 궁극적으로 향하는 곳은 같을지 모른다. 질병이나 치료로 맛을 잃은 사람에게 다시 맛을 돌려주는 것이다.

커피 한 모금을 '맛있다'고 느끼려면 혀의 작은 미뢰에서 시작된 신호가 여러 신경을 거쳐 뇌에 도달해야 한다. 여기에 코로 들어온 향, 입안의 온도와 촉감, 과거의 기억까지 함께 작용한다. 우리가 당연하게 여기는 한 숟가락의 음식과 한 잔의 차에는 이처럼 놀라운 생명의 과정이 숨어 있다. 언젠가는 병이나 수술로 맛을 잃은 환자에게 의사가 "시간이 지나면 조금 좋아질 것입니다."라고 말하는 데 그치지 않는 날이 오기를 바란다. 시력이나 청력처럼 미각을 정확히 측정하고, 손상 부위를 찾아 약물·재생치료·미각 보조기기로 다시 맛을 느끼게 하는 시대 말이다. 그날이 온다면 미각 연구의 가장 큰 성과는 새로운 수용체 하나를 발견한 논문에만 머물지 않을 것이다. 오랫동안 잊었던 음식의 맛을 되찾은 누군가가 식탁에서 "아, 이 맛이었지."라고 말하는 순간, 바로 그때가 미각 연구가 궁극적으로 도달하려는 지점일 것이다.