

# GUSTO, SABOR Y PERCEPCIONES SENSORIALES

*Helena Maria Andre Bolini  
Maria Aparecida Pereira da Silva*

Desde el punto de vista conceptual, gusto y sabor son percepciones distintas; por consiguiente, es incorrecto utilizarlos como sinónimos. El gusto se origina en los receptores gustativos específicos (que son quimiorreceptores), estando presente en las células gustativas que junto con las células de soporte forman una estructura denominada botón gustativo, que a su vez se inserta en las papilas gustativas ubicadas en la lengua.

Tras el contacto de moléculas químicas dotadas de gusto con las células gustativas (quimiorreceptores), se producen impulsos nerviosos que el cerebro interpreta como gusto (Thibodeau & Patton, 2012).

Hay cuatro tipos de papilas gustativas en la superficie de la lengua: circunvaladas, foliadas, fungiformes y las filiformes.

Las papilas circunvaladas, foliadas y fungiformes contienen botones gustativos con células gustativas que son estimuladas por compuestos químicos disueltos en la saliva, mientras que las filiformes tienen la función de ayudar al movimiento y distinguir la textura de los alimentos dentro de la boca durante el consumo (Thibodeau & Patton, 2012).

La sensibilidad a las sustancias químicas que estimulan los receptores gustativos está determinada por factores genéticos y por la exposición de las personas a sustancias en su dieta diaria. Por esta razón, los padres tienen un papel relevante en la introducción de una amplia variedad de alimentos y experiencias de alimentación ricas y saludables para permitir la exposición y, en consecuencia, contribuir a la aceptación del consumo de dietas saludables (Schwartz *et al.*, 2018).

Definiendo y puntualizando, la diferencia entre gusto y sabor se puede sintetizar de la siguiente manera: el gusto es la sensación provocada por la presencia de ciertos compuestos químicos disueltos en la saliva, en contacto con receptores específicos, ubicados en estructuras altamente especializadas presentes en el órgano gustativo, la lengua. Hasta la fecha, existen cinco gustos científicamente reconocidos: dulce, salado, amargo, ácido y umami. Ya el sabor es una respuesta compleja provocada por la percepción resultante de la asociación de tres sensaciones simultáneas:

1. gusto resultante de la estimulación de los receptores gustativos a partir de compuestos químicos presentes en los alimentos, disueltos en la saliva.
2. olfato resultante de la estimulación de las células olfativas por los compuestos volátiles presentes en los alimentos, por vía retronasal (por ejemplo: afrutado, amaderado, floral, alcohólico, cítrico).
3. sensaciones táctiles de origen químico (quimioestesia) que estimulan directamente los receptores del dolor, el tacto y los receptores térmicos de la piel o mucosas - en el caso oral, nasal y ocular. Por ejemplo: el frío provocado por el mentol o el ardor de la capsaicina; y/o sensaciones táctiles de naturaleza mecánica (somestesia) que estimulan los receptores sensoriales durante el movimiento de los músculos de la lengua y el rostro en función de la posición y movimiento originados según la textura del alimento, como la viscosidad y la suavidad (ASTM, 2019). Las sensaciones táctiles mencionadas también son denominadas por algunos autores como sensaciones del trigémino (Da Silva & Costa, 2007; Kandel *et al.*, 2000; Nelson & Cox, 2000; Lawless & Heymann, 1999). Esta definición se debe a que todos los receptores involucrados son terminaciones nerviosas. del quinto par de nervios craneales, llamado trigémino (Netter, 2015).

Además de las sensaciones mencionadas, es importante citar la sensación de astringencia. Esta es una propiedad que se encuentra frecuentemente en

alimentos que contienen compuestos fenólicos que son los que provocan la percepción de esta característica sensorial.

Algunos compuestos fenólicos, provenientes de ingredientes o vegetales, pueden estar presentes en preparaciones con glutamato monosódico (GMS). Por tal motivo, es importante mencionar que la astringencia puede ser considerada como resultado de la ocurrencia simultánea de la quimioestesia y de la somestesia: quimioestesia por el fenómeno de complexación y precipitación de compuestos fenólicos en contacto con proteínas ricas en prolina presentes en la saliva; y somestesia debido a la estimulación de los receptores táctiles, por parte de los precipitados formados, así como por la aspereza y sequedad resultante de la reducción del agua de la saliva (Jiang *et al.*, 2014). Las señales nerviosas que se originan tanto en la quimioestesia como en la somestesia se transmiten al cerebro a través del quinto par de nervios craneales (Engelen & Van Der Bilt, 2008), mientras que las sensaciones gustativas se transmiten por los nervios timpánico y glossofaríngeo, que son el séptimo y noveno par de nervios craneales, respectivamente.

El gusto es parte del sentido del paladar, teniendo importancia en la vida y la evolución humana. En función de la aceptación o rechazo de los alimentos y de las concentraciones de ciertas sustancias es posible elegir y consumir, o no, ciertos alimentos. Así, se evita la ingestión de sustancias probablemente tóxicas (como los alcaloides extremadamente amargos) o rechazar alimentos con concentraciones inadecuadas de ingredientes.

El gusto dulce es una característica intrínseca de los alimentos ricos en azúcares, de los cuales proviene la energía esencial para el organismo; el gusto umami es característico de nucleótidos y aminoácidos; el gusto salado asegura el equilibrio electrolítico de nuestra dieta; y los gustos ácidos y amargos, según algunos autores (Chandrashekar *et al.*, 2006; Reed *et al.*, 2006; Herness & Gilbertson, 1999), pueden ser señales de alerta sobre la presencia de compuestos que pueden ser peligrosos para el organismo humano.

Los eventos iniciales de la percepción del gusto ocurren junto a los receptores sensoriales conocidos como células gustativas o células del gusto (*taste cells*). Las células gustativas están ubicadas en estructuras especializadas conocidas como botones gustativos, que tienen una forma redondeada (Figura 13.1c). Cada botón gustativo contiene entre 50 y 100 células gustativas, agrupadas en una estructura con un diámetro aproximado entre 20 y 40  $\mu\text{m}$  y una longitud entre 40 y 60  $\mu\text{m}$ . El sistema de clasificación actual reconoce la existencia de cuatro tipos de células gustativas. Solo las células de tipo I, II y III se consideran receptores

sensoriales del gusto y las de tipo IV se consideran células basales que no interactúan con los estímulos químicos disueltos en la saliva. Aunque las células gustativas difieren entre sí, existe una gran similitud entre los botones gustativos (Herness & Gilbertson, 1999). A su vez, los botones gustativos se pueden encontrar en las papilas fungiformes, foliadas y circunvaladas de la lengua, así como en el paladar blando y la epiglotis.

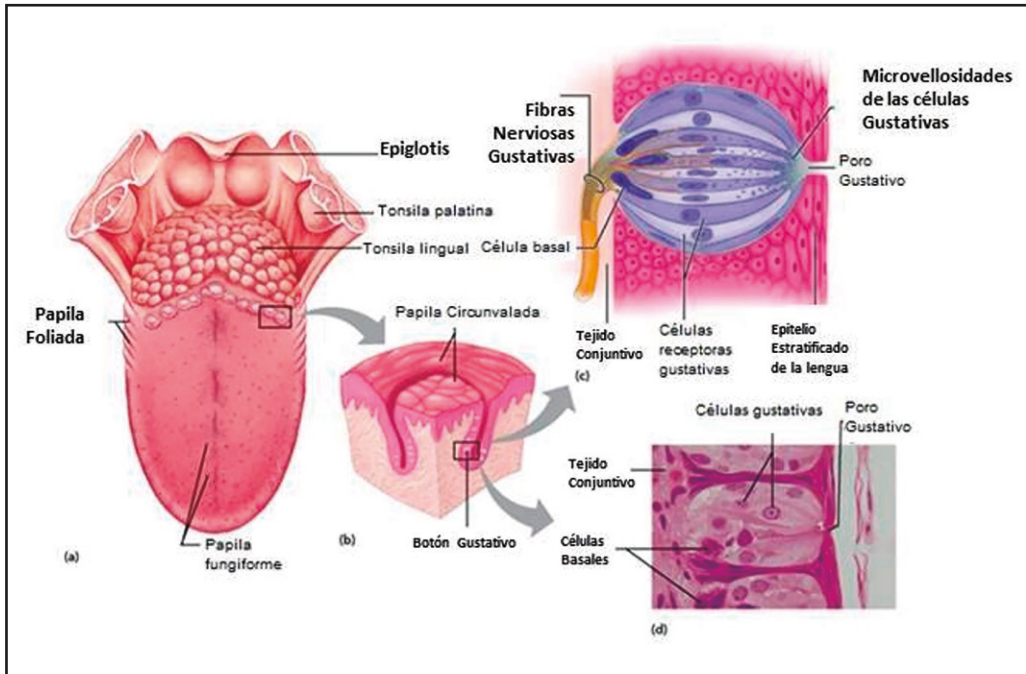


Figura 13.1 – Ubicación de las papilas y estructura de los botones gustativos en la lengua. (a) papilas fungiformes, foliadas y circunvaladas, que son proyecciones de la mucosa en la cual se encuentran los botones gustativos. (b) papila circunvalada seccionada mostrando la posición de los botones gustativos en sus paredes laterales. (c) detalle en mayor aumento de un botón gustativo que ilustra las células gustativas (receptores del gusto) y las células basales. (d) fotomicrografía de un botón gustativo.

Fuente: Marieb & Hoehn, 2009.

Según Herness & Gilbertson (1999), 2/3 de los botones gustativos se ubican en las papilas gustativas y 1/3 en el paladar blando y en la epiglotis. Las papilas filiformes, más numerosas en la lengua humana, no contienen botones gustativos (Chandrasher *et al.*, 2006; Smith & Margolskee, 2001; Herness & Gilbertson, 1999; Guyton & Hall, 2015).

Un gran número de botones gustativos puede ser encontrado en las paredes de las depresiones o hendiduras que envuelven las papilas circunvaladas que forman una “V” en la parte posterior de la lengua (Figura 13.1a). Un número moderado de botones gustativos se encuentra en las papilas foliadas, localizadas en los pliegues, a lo largo de las superficies laterales de la parte posterior de la lengua. Finalmente, las papilas fungiformes, que tienen la forma de un hongo y se ubican en la parte delantera de la lengua, contienen pocos botones gustativos (Chandrasher *et al.*, 2006; Smith & Margolskee, 2001; Guyton & Hall, 2015).

Cada célula gustativa contiene proyecciones semejantes a pequeños dedos llamadas microvellosidades, que se proyectan hacia fuera del botón gustativo, a través de una abertura llamada poro gustativo, el cual tiene un diámetro entre 5 y 7  $\mu$  (Marieb & Hoehn, 2009).

El sabor influye en el factor hedónico en relación a un alimento de una manera extremadamente importante. Por tanto, es posible afirmar que la lengua es una estructura fundamental en la percepción sensorial de los alimentos, ya que contiene receptores gustativos (quimiorreceptores) y receptores de estímulos táctiles (quimio y mecanorreceptores), además de formar parte de la ruta por la cual los compuestos volátiles llegan a los receptores olfatorios por vía retronasal.

La lengua presenta estructuras altamente especializadas para transformar los estímulos químicos provenientes de los alimentos en respuestas sensoriales. Estas estructuras se denominan papilas gustativas, en las que se insertan todos los botones gustativos. Como se describió anteriormente, hay cuatro tipos de papilas gustativas: filiformes, fungiformes, circunvaladas y foliadas (Netter, 2015).

Las papilas filiformes están situadas en todas las regiones de la parte superior de la lengua. Este tipo de papilas es la única que no presenta botones gustativos, teniendo una función mecánica para mover los alimentos durante el consumo. Las papilas fungiformes son estructuras redondeadas y están presentes en la punta y en la región media de la lengua y contienen de ningún a cinco botones gustativos. Las papilas foliadas están presentes a los lados de la lengua y aparecen como surcos en posición vertical, semejante a los pliegues de las hojas. Las papilas circunvaladas (o en zanja) se encuentran en el área posterior de la lengua y son estructuras prominentes dispuestas en forma de V (Figura 13.1).

La percepción del gusto se inicia cuando por intermedio de la masticación son liberados compuestos químicos de los alimentos. Estos compuestos se disuelven en la saliva y entran en contacto con las células gustativas. De esta forma, compuestos químicos disueltos en la saliva, como sacarosa, cafeína, etc., interactúan con receptores específicos localizados en las células gustativas. Tal

interacción desencadena una serie de procesos químicos y bioquímicos en la célula, los cuales, al final resultan en impulsos eléctricos que son conducidos hasta el cerebro vía red de neuronas.

Cada uno de los gustos básicos es generado a través de un mecanismo bioquímico específico (Chandrashekar *et al.*, 2006; Reed *et al.*, 2006; Smith & Margolskee, 2001; Herness & Gilbertson, 1999; Guyton & Hall, 2015), de tal forma que mamíferos pueden reconocer y responder a un gran número de compuestos químicos como, por ejemplo, azúcares, sales, ácidos, aminoácidos y a una amplia variedad de sustancias amargas, que pueden ser tóxicas o no.

Es importante mencionar que durante mucho tiempo se difundió la idea de que la lengua se dividía en regiones en cuanto a la percepción del gusto (Tracy, 2018). Pruebas neurológicas fueron desarrolladas sobre la base de la falsa premisa de que los botones gustativos específicos para ciertos sabores se concentraban en determinadas regiones de la lengua. Sin embargo, los estudios demuestran que los botones gustativos con células gustativas que contienen los cinco tipos de receptores del gusto (dulce, salado, ácido, amargo y umami) se encuentran localizados aleatoriamente en el dorso de la lengua y en el paladar, y están presentes en menor cantidad en otras regiones (Smith & Margolskee, 2001).

Los neurotransmisores pueden ser considerados como “mediadores químicos” utilizados por las neuronas para comunicarse entre sí. Neuronas vecinas a la célula del gusto reciben el “mensaje” transmitido, a través de los neurotransmisores y lo transmiten al cerebro a través de una cadena de neuronas. Después de la liberación de los neurotransmisores, las células del gusto liberan  $K^+$  a través de sus canales iónicos, retornando a su potencial inicial, próximo a  $-70\text{mV}$  (Smith & Margolskee, 2001; Herness & Gilbertson, 1999).

La Figura 13.2 ilustra la morfología de una célula del gusto, mostrando, en mayores detalles, las microvellosidades, los canales iónicos por donde  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Ca}^{++}$  entran y salen de la célula, además de la región sináptica de la célula. Es en la región sináptica donde la célula del gusto libera sus neurotransmisores que van a estimular las fibras nerviosas vecinas.

La percepción del gusto salado se inicia cuando, durante la masticación, debido a la disociación del cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) en la saliva, el ion sodio ( $\text{Na}^+$ ) liberado entra en la célula del gusto, a través de los canales iónicos selectivos (para tamaño y carga del ion) presentes en las microvellosidades (Herness & Gilbertson, 1999) y en las paredes de la célula. Cuando la célula del gusto no está estimulada, la diferencia de potencial entre su interior y el exterior es aproximadamente igual a  $-70\text{ mV}$ . El acúmulo de  $\text{Na}^+$  dentro de la célula causa

en ella una alteración electroquímica, lo que eleva esa diferencia hasta aproximadamente +40 mV, cuando ocurre lo que se conoce como despolarización de la membrana celular. La despolarización lleva a la entrada de  $\text{Ca}^{++}$  en la célula, lo que, a su vez, hace que esta libere neurotransmisores almacenados en sus vesículas (Figura 13.2d).

La percepción del gusto ácido es provocada por los iones  $\text{H}^+$  liberados de los ácidos presentes en los alimentos durante la masticación. Esos iones interactúan con la célula del gusto a través de tres formas distintas: i) entrando directamente en la célula del gusto a través de los canales iónicos; ii) bloqueando los canales iónicos de  $\text{K}^+$  situados en las microvellosidades e impidiendo la salida de ese ion; e iii) acoplándose y abriendo canales iónicos en las microvellosidades, lo que permite así la entrada de iones positivos dentro de la célula del gusto. Los tres mecanismos mencionados aumentan la carga positiva de la célula, provocando la despolarización, la liberación de neurotransmisores y la transmisión de las “señales” provocadas por el estímulo ácido hasta el cerebro (Figura 13.2e) (Smith & Margolskee, 2001; Herness & Gilbertson, 1999).

El gusto dulce resulta de un mecanismo ligeramente diferente del anterior, dado que, las moléculas de azúcares y otros edulcorantes por tener tamaños muy grandes, no consiguen entrar en las células del gusto. Así, azúcares y edulcorantes artificiales disueltos en la saliva durante la masticación de los alimentos se acoplan a receptores específicos ubicados en las microvellosidades de las células del gusto (Figura 13.2c). Esos receptores están asociados a proteínas G y, cuando la molécula responsable por el gusto dulce se acopla al receptor, la subunidad  $\alpha$  de la proteína G se disocia del complejo. Al hacerlo, activa una enzima dentro de la célula, que entonces transforma un precursor en un segundo mensajero que, a su vez, bloquea los canales de potasio, impidiendo la salida de ese ion de la célula del gusto. Esto aumenta la carga positiva de la célula, y la lleva a la despolarización, liberación de neurotransmisores y transmisión de las “señales” provocadas por el estímulo hasta el cerebro. El nombre proteína G se deriva del hecho de que la actividad de esas proteínas es regulada por la guanosina trifosfato (GTP). En 1992, un grupo de investigadores identificó proteínas G en sitios receptores de la célula del gusto y les atribuyeron el nombre de *Gustducin* (Smith & Margolskee, 2001; Herness & Gilbertson, 1999).

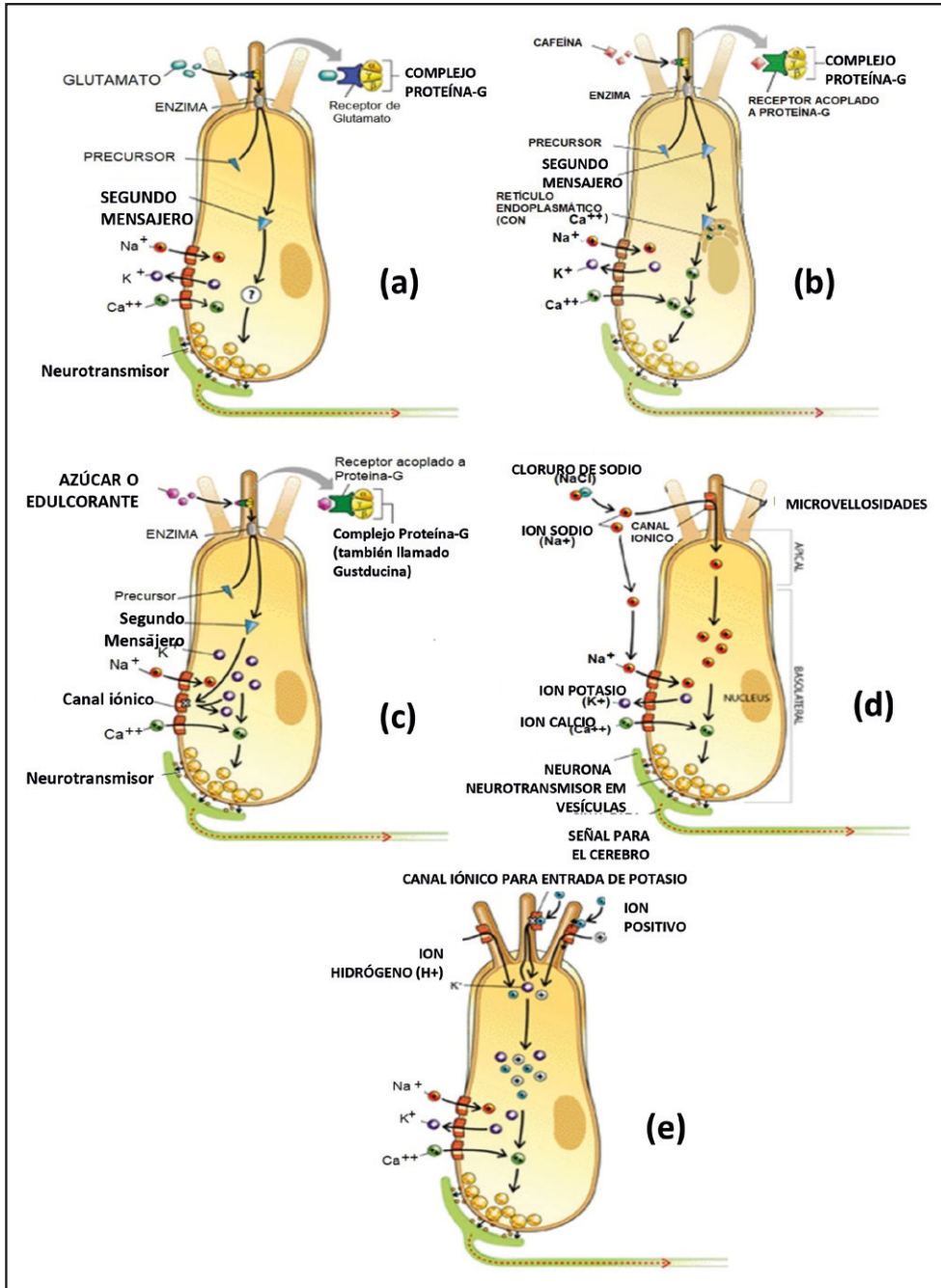


Figura 13.2 – Esquema ilustrativo de las células gustativas que muestran los receptores gustativos: (a) umami, (b) amargo, (c) dulce, (d) salado y (e) ácido presentes en los alimentos, disueltos en la saliva.

Fuente: Smith & Margolskee, 2001.



Mecanismo similar al ya descrito para el gusto dulce, ocurre para el gusto amargo. La diferencia es que cuando sustancias como la cafeína, quinina, etc., disueltas en la saliva interactúan con la proteína G del receptor de la célula del gusto, el segundo mensajero provoca la liberación de iones de calcio del retículo endoplásmico de la célula. Esto aumenta la carga positiva de la célula, llevando a la despolarización, la liberación de neurotransmisores y la transmisión de las señales provocadas por el estímulo ácido hasta el cerebro (Figura 13.2b).

Según Van den Oord & Van Wasenaar (1997), el gusto umami es una sensación inducida por L-glutamato (GMS) y ribonucleótidos monosódicos: inosina-5'-monofosfato (IMP) y guanosina-5'-monofosfato (GMP). Este gusto se describe como “agradable, sabroso” y las moléculas umami se utilizan como potenciadores del sabor de los alimentos.

Los estudios de Wang *et al.* (2015) muestran que los aminoácidos ácidos, así como algunos oligopéptidos que contienen residuos ácidos, también presentan el gusto umami. Cuando algunos aminoácidos como el glutamato, asociados al gusto umami, se acoplan a la proteína G de los receptores de la célula del gusto, se activa el segundo mensajero (Figura 13.2a). No obstante, aún no han sido totalmente esclarecidas las etapas intermedias que llevan a la liberación de los neurotransmisores.

En los mamíferos, la percepción de los gustos colabora de manera importante en la evaluación y consumo de nutrientes, evitando sustancias tóxicas y materiales no digeribles. Los diferentes tipos de células que expresan receptores únicos detectan cada uno de los cinco gustos básicos: salado, ácido, amargo, dulce y umami. Los tres últimos gustos mencionados son detectados por dos familias distintas de receptores acoplados a proteína G: T2Rs y T1Rs. Estos receptores gustativos se han encontrado en tejidos distintos de la lengua, como en el sistema digestivo, en el sistema respiratorio, en el cerebro, los testículos y los espermatozoides. Sin embargo, se desconocen las implicaciones funcionales de los receptores gustativos distribuidos por todo el cuerpo.

Las informaciones más recientes sobre el mecanismo de percepción del gusto umami fue reportada por Dang *et al.* (2019) quienes mencionan que existen interacciones sinérgicas entre péptidos que desencadenan la percepción del gusto umami y el GMS. Aún no hay aclaraciones sobre los mecanismos de interpretación de estas interacciones. Los autores concluyeron que hubo un efecto sinérgico y un consiguiente aumento de intensidad para 36 péptidos que presentaban gusto umami, en presencia de GMS, cuando entraban en contacto con el receptor del gusto T1R1/T1R3. Los autores utilizaron un nuevo modelo bivariado para

acoplamiento molecular y simulación cinética con T1R1/T1R3. Los resultados mostraron la misma tendencia cuando se realizaron en “lengua electrónica”. A través del análisis de un modelo de homología T1R1/T1R3 por *Discovery Studio* (DS, version 2.1), fue posible aclarar la relación entre la estructura y la intensidad de los péptidos umami y proporcionar una referencia teórica para las interacciones de los receptores gustativos y los alimentos con compuestos que presentan gusto umami (Dang *et al.*, 2019).

En la naturaleza son conocidas, hasta ahora, tres sustancias que evocan el gusto umami: glutamato monosódico (GMS), guanosina-5'-monofosfato (GMP) e inosina-5'-monofosfato (IMP) (Kurihara & Kashiwayanagi, 2000). En el ser humano, ocurre un gran sinergismo entre GMS e IMP o GMP. Por ejemplo, una solución que contiene 0,5 mmol/L de GMP o una solución que contiene 1,5 mmol/L de GMS, prácticamente, no poseen ningún gusto umami; sin embargo, al mezclar estas dos soluciones, se obtiene una solución con un fuerte gusto umami (Kuninaka, 1967; Kurihara & Kashiwayanagi, 2000).

Desde hace mucho tiempo, los científicos alternan opiniones entre dos teorías que explican la percepción de los diferentes gustos básicos: la del “código específico” (*specificity coding*, o *labeled line coding*) y la del “patrón de actividad entre neuronas” (*across-fiber patterning*). Según la teoría del “código específico”, existen fibras nerviosas o neuronas “sintonizadas” para responder a apenas una única clase de sustancias (edulcorantes, sales, ácidos, etc.) y, de esta forma, presentan actividad para solamente un tipo de gusto (dulce, salado, ácido, etc.). La segunda teoría, llamada “patrón de actividad neuronal”, que ha sido la más aceptada en las dos últimas décadas, propone que todas las neuronas responden a todas las sustancias que promueven gustos (azúcares, ácidos, etc.). Sin embargo, algunas neuronas responden más fuertemente a una cierta clase de sustancias, por ejemplo azúcares, y más débilmente a otras, por ejemplo, ácidos. Según esta teoría, cada sustancia genera un patrón de activación neuronal distinto, lo que le permite al cerebro diferenciar el gusto dulce asociado a diferentes sustancias, así como los diferentes tipos de gusto asociados a diferentes sustancias (Chandrasekhar, 2006; Reed *et al.*, 2006; Erickson, 2000; Smith & St. John, 1999; Herness & Gilbertson, 1999; Goldstein, 1999).

Una información falsa, pero infelizmente muy citada en libros textos, se refiere al “mapa de la lengua”, que propone la existencia de regiones en la lengua que presentan grandes diferencias entre sí, en relación a la sensibilidad a los gustos básicos. Hace mucho tiempo que los científicos saben que ese concepto está errado. Pese a que algunos experimentos hayan demostrado ligeras diferen-

cias de sensibilidad en toda la superficie de la lengua, especialmente en roedores, ninguno demostró las grandes diferencias de sensibilidad propuestas por el “mapa de la lengua”. De hecho, los cinco gustos básicos pueden ser percibidos en todas las regiones de la lengua que poseen botones gustativos, inclusive en el paladar blando (Chandrashekar *et al.*, 2006; Reed *et al.*, 2006; Smith & Margolskee, 2001). Esto significa que un individuo al realizar un análisis sensorial o incluso degustar un alimento, debe permitir que el mismo entre en contacto con toda la superficie bucal para permitir una experiencia más amplia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM. “E253-19 Standard terminology relating to sensory evaluation of materials and products”. West Conshohocken, 2019.
- CHANDRASHEKAR, J. *et al.* “The receptors and cells for mammalian taste”. *Nature*. 444(16): 288-94, 2006.
- DA SILVA, M. A. A. P. & COSTA, F. “Sensory: Human biology and physiology”. In: NOLLET, L. M. L. *Handbook of meat poultry and seafood quality*. Oxford, Blackwell Publishing, 2007, p. 45-59.
- DANG, Y. *et al.* “Molecular docking and simulation of the synergistic effect between umami peptides, monosodium glutamate and taste receptor T1R1/T1R3”. *Food Chemistry*. 271: 697–706, 2019.
- ENGELEN, L. & VAN DER BILT, A. “Oral physiology and texture perception of semisolids”. *Journal of Texture Studies*. 39: 83-113, 2008.
- ERICKSON, R. P. “The evolution of neural coding ideas in the chemical senses”. *Physiol Behav*. 69(1-2): 3-13, 2000.
- GOLDSTEIN E. B. *Sensation and perception*. Belmont, Wadsworth Publishing Company, 1989, p. 496-525.
- GUYTON, A. & HALL, J. *Tratado de fisiología médica*. Tradução da 13. ed. Rio de Janeiro, Elsevier Editora Ltda, 2015, p. 1264.
- HERNESS, M. S. & GILBERTSON, T. A. “Cellular mechanisms of taste transduction”. *Annu Rev Physiol*. 61: 873-900, 1999.
- JIANG, Y.; GONG, N. N. & MATSUNAMI, H. “Astringency: a more stringent definition”. *Chem. Senses*. 39(6): 467-469, 2014.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H. & JESSELL, T. M. "Smell and taste: The chemical senses". *Principles of neural science*. New York, McGraw-Hill, 2000, pp. 625-647.

KURIHARA, K. & KASHIWAYANAGI, M. "Physiological studies on umami taste". *J Nutrit*. 130(Supl4S): 931-934, 2000.

KUNINAKA, A. "A flavor potentiator". In: SCHULTS, H. W.; DAY, E. A. & LIBBEY, L. M. *The chemistry and physiology of flavors*. Westport, AVI Publication, 1967, pp. 517-535.

LAWLESS, H. & HEYMANN, H. *Sensory evaluation of food: principles and practices*. New York, Springer, 1999, p. 596.

MARIEB, E. & HOEHN, K. *Anatomia e fisiologia*. 3. ed. Porto Alegre, Artmed, 2009, p. 1072.

NELSON, D. L. & COX, M. M. "Biosignaling". In: LEHNINGER, A. L. *Principles of biochemistry*. 3. ed. New York, Worth Publishers, 2000, pp. 437-483.

NETTER, F. *Atlas de fisiologia humana*. 6. ed. Rio de Janeiro, Elsevier Editora Ltda., 2015, p. 564.

REED, D. R.; TANAKA, T. & MCDANIEL, A. H. "Diverse tastes: genetics of sweet and bitter perception". *Physiol Behav*. 88(3): 215-226, 2006.

SCHWARTZ, C. *et al.* "Behavioral and physiological determinants of food choice and consumption at sensitive periods of the life span, a focus on infants and elderly". *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 46: 91-106, 2018.

SMITH, D. V. & ST JOHN, S. J. "Neural coding of gustatory information". *Curr Opin Neurobiol*. 9(4): 427-435, 1999.

SMITH, D. V. & MARGOLSKEE, R. F. "Making sense of taste". *Science American*. 284(3): 32-39, 2001.

THIBODEAU, G. A. & PATTON, K. T. *Structure and function of the body*. 14. ed. St Louis, Elsevier Mosby, 2012.

TRACY, S. E. "Delicious molecules: big food science, the chemosenses, and umami". *The Senses and Society*. 13(1): 89-107, 2018.

VAN DEN OORD, A. H. A. & VAN WASSENAAR, P. D. “Umami peptides: assessment of their alleged taste properties”. *Lebensm Unters Forsch.* 205: 125-130, 1997.

WANG, L. *et al.* “Enhancement of umami taste of hydrolyzed protein from wheat gluten by  $\beta$ -cyclodextrin”. *Journal of Science and Food Agriculture.* 96: 4499-4504, 2015.