



Revista Latinoamericana de Psicología

ISSN: 0120-0534

direccion.rlp@konradlorenz.edu.co

Fundación Universitaria Konrad Lorenz

Colombia

García Medina, María Rosa; Mirtá Calviño, Amalia

Un enfoque psicofísico del sabor: aportes de la psicofísica a la tecnología de alimentos

Revista Latinoamericana de Psicología, vol. 19, núm. 3, 1987, pp. 401-420

Fundación Universitaria Konrad Lorenz

Bogotá, Colombia

Available in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80519311>

- How to cite
- Complete issue
- More information about this article
- Journal's homepage in redalyc.org

redalyc.org

Scientific Information System

Network of Scientific Journals from Latin America, the Caribbean, Spain and Portugal

Non-profit academic project, developed under the open access initiative

UN ENFOQUE PSICOFISICO DEL SABOR: APORTES DE LA PSICOFISICA A LA TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

MARÍA ROSA GARCÍA MEDINA * y AMALIA MIRTA CALVIÑO

*Laboratorio de Investigaciones Sensoriales
Universidad de Buenos Aires*

Food flavor represents an area of research to which increased emphasis will have to be given to improve the sensory qualities of the final products that result after applying new technical procedures on development, processing, packaging and storage. Flavor perception involves the inputs of several sensory channels that are processed simultaneously by the brain. Smell, taste, temperature and pungency are integrated in an special combination for each type of food giving rise to flavor perception. However, we will refer here to "flavor" only in relation to chemical senses, because of their crucial role. Even if designed to perceive the same type of energy, i.e. chemical energy, the chemical senses have definite anatomical and functional differences that allow them to process different but complementary information on the same stimulus. This paper reviews aspects such as threshold and suprathreshold responses, adaptation, mixtures and hedonics of these senses from a psychophysical point of view, since at the present, a systematic approach to the design, control and modification of flavor requires a previous solid understanding of the sensory dimensions of this quality.

Key words: flavor, food technology, adaptation, hedonics.

INTRODUCCION

Llamamos sabor a la sensación global que produce un alimento al ser introducido en la boca. Tal sensación es el resultado de la

* Dirección: María R. García Medina, Laboratorio de Investigaciones Sensoriales, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires, C.C. 53, 1453-Buenos Aires, Argentina.

integración a nivel cerebral de las señales producidas por diferentes canales sensoriales en forma simultánea cuando un alimento actúa como estímulo. El olfato, el gusto, los sentidos térmicos y los texturales, así como el sentido químico común (mediador de la irritación o pungencia) evocan sensaciones que son integradas en una combinación especial para cada tipo de alimento, dando origen a la percepción del sabor.

Aunque la temperatura y la textura son variables importantes dentro del contexto al que nos referimos, en este trabajo nos referiremos a sabor sólo en relación con los sentidos químicos: gusto, olfato y sentido químico común, debido a su rol crucial en la determinación del mismo.

Estos sentidos, están diseñados para percibir el tipo de energía inherente al estímulo alimentario, o sea, energía química. Sin embargo, a pesar de responder al mismo tipo energético, tienen claras diferencias anatómicas y funcionales que les permiten procesar información diferente, si bien complementaria, sobre el mismo estímulo.

El sabor de los alimentos representa un área de la investigación a la que cada vez se le dá y se dará un mayor énfasis. Ello es motivado no sólo por el anhelo de mejorar la calidad de productos tradicionales, sino también porque la introducción de nuevas tecnologías (p. ej.: obtención de proteínas en gran escala de fuentes no tradicionales como la soya o a través del cultivo de células monoclonales), o de nuevos procedimientos (de procesamiento, empaque o conservación) no siempre dá como resultado productos finales que sean fácilmente aceptables para su consumo.

La investigación deberá entonces dirigirse a controlar la calidad no sólo desde el punto de vista nutricional, sino también desde un enfoque sensorial.

El objetivo del presente trabajo es, entonces, examinar las características funcionales de los sentidos químicos desde la perspectiva y los aportes de la psicofísica y discutir algunas de las aplicaciones de interés para los tecnólogos de alimentos.

CARACTERISTICAS FUNCIONALES DE LOS SENTIDOS QUIMICOS

El sistema del cual tenemos más información es el del gusto, probablemente debido a la relativa facilidad con que sus estímulos pueden ser manejados, sobre todo en comparación con las dificultades que presenta el manejo y control de los estímulos olorosos. El sistema del que tenemos menos información es el sentido químico común, debido a que sólo recientemente se lo ha reconocido como

diferente de los otros dos sentidos químicos (Beidler y Tucker, 1955; Tucker, 1963; Cain, 1974).

Mientras que el gusto es un sentido de contacto, el olfato es un sentido de distancia. Para ser degustada, una sustancia debe normalmente ser soluble en agua y debe tener un contacto directo con el receptor. Por otro lado, para estimular el sentido del olfato, los estímulos deben estar disueltos en el aire y tener una adecuada volatilidad. Finalmente, el sentido químico común actúa tanto a la distancia como por contacto con las membranas orofaríngeas, y nasales.

Desde un punto de vista perceptivo, y aún cuando todavía suscita controversias (Erickson, 1982) podemos considerar que existen cuatro cualidades primarias gustativas, a saber: dulce, salado, agrio y amargo. Sin embargo, y a pesar de los esfuerzos que se han realizado para describir el mundo oloroso en términos de sus componentes primarios, la existencia de cualidades básicas no ha sido aún satisfactoriamente probada. Por lo tanto, podemos ya inferir de todo esto que la inmensa riqueza de sensaciones que derivan de los alimentos, está dada fundamentalmente por el olfato.

Para completar este panorama general, debemos mencionar que las sensaciones de pungencia, picazón, irritación, cosquilleo, frescor, calor o, inclusive dolor que pueden ser percibidas en la nariz y la boca, se deben a la estimulación del sentido químico común (Silver y Maruniak, 1981) que reacciona frente a sustancias de diferente estructura química que son clasificadas genéricamente como irritantes. Este sentido es responsable de los reflejos respiratorios de inhibición que sobrevienen frente a vapores irritantes (Allen, 1936; Angell-James y de Burgh Daly, 1969; García-Medina y Cain, 1982; Cometto-Muñiz y Cain, 1982) y de los reflejos de retirada que tal exposición genera como una forma de respuesta protectora. Sin embargo, la sensación de cosquilleo que producen las burbujas de las bebidas gaseosas, las sensaciones de frescor o calor que acompañan al mentol y al alcohol, y la suave irritación de la pimienta son sensaciones pungentes percibidas a diario. También olores y concentraciones de los mismos, tradicionalmente considerados como no irritantes lo estimulan (Cain, 1974). Así, los criterios psicofísicos tradicionales para diferenciar la estimulación olfatoria de la trigeminal basados fundamentalmente en las sensaciones trigeminales pueden no ser válidos frente a algunos compuestos o algunas concentraciones (Silver y Maruniak, 1981).

Estas son las principales características sensoriales del sabor, y cada una de ellas puede ser estudiada y dividida en dimensiones adicionales.

Actualmente un intento sistemático para el diseño, control y modificación del sabor, requiere una comprensión y conocimiento sólido

previos de la evaluación de cada una de las dimensiones sensoriales de esta cualidad. En las siguientes secciones describiremos una serie de enfoques psicofísicos que pueden ser empleados por los tecnólogos de alimentos para evaluar las diferentes propiedades sensoriales de los alimentos.

RESPUESTAS UMBRALES

Los umbrales definen la aparición o la desaparición de la sensación, la transformación de una sensación en otra de diferente tipo y también la saturación de los receptores (ver Engen, 1971; Stevens, 1975).

La cantidad mínima de un estímulo que puede ser detectada se denomina umbral mínimo o absoluto. La cantidad mínima de una sustancia que permite la mención de su cualidad específica es el umbral de reconocimiento. Para los quimiorreceptores en general, el reconocimiento del estímulo se realiza a concentraciones considerablemente más altas que las necesarias para detectarlo (ver ejemplos en ASTM, 1973). En el otro extremo del rango perceptivo, si la concentración del estímulo es muy alta, los receptores se saturan y no se consiguen mayores incrementos de la respuesta ante aumentos del estímulo. Este es el umbral máximo. Bajo estas circunstancias puede aparecer otra cualidad sensorial por ejemplo, la del dolor.

El olfato es la modalidad quimiosensorial con la mayor sensibilidad absoluta. De algunas sustancias bastan unas pocas moléculas para que el olfato las detecte (De Vries y Stuver, 1961), de modo tal que su sensibilidad excede aún la de los más sofisticados cromatógrafos, siendo capaz de detectar partes por millón y aún partes por billón de algunos compuestos.

Los compuestos gustativos pueden dividirse en términos de umbrales en dos grupos definidos. Los gustos amargos y ácidos tienen umbrales mucho más bajos (10^{-5} a 10^{-7} M) que los dulces y salados (10^{-1} a 10^{-2} M). Estas diferencias en magnitud umbral pueden estar asociadas a aspectos funcionales típicos de cada cualidad gustativa. De acuerdo con este argumento, las sustancias amargas y ácidas son generalmente nocivas para el organismo debiendo entonces ser detectadas en pequeñas concentraciones, mientras que las dulces y saladas, generalmente benéficas no necesitan ser detectadas con tanta precisión. Sin embargo, esto es una simple generalización, ya que existen excepciones, p. ej., algunas sales de plomo, que son dulces y sumamente tóxicas al mismo tiempo.

El sentido químico común presenta un comportamiento paradójico ya que, mientras que electrofisiológicamente, al menos algunos odorivectores producen respuestas bioeléctricas a concentraciones mucho menores que las que estimulan al nervio olfatorio (Tucker, 1963),

perceptivamente, sus atributos aparecen después que los del olfato y el gusto. Por ejemplo, la presencia de un ácido producirá una sensación de irritación a un nivel de concentración mucho más alto que el necesario para reconocer su gusto agrio (observación personal).

APLICACIONES TECNICAS

Bajo condiciones de laboratorio, los umbrales no son cantidades fijas. Los mismos varían de acuerdo a una serie de condiciones que rodean su medición. Las diversas variables, tales como los estímulos empleados, el grado de pureza de los mismos, las características espaciales y temporales de la estimulación, los métodos de medición, las condiciones ambientales y, el estado funcional de los receptores (p. ej., la adaptación previa) deben ser determinadas y mantenidas constantes durante las pruebas.

Además del control de estas variables, el tecnólogo de alimentos se enfrenta con las dificultades típicas del estímulo complejo que maneja. Al determinar la cantidad mínima detectable de un ingrediente en un producto alimenticio, hallará necesariamente valores más altos que los que se obtienen en condiciones de laboratorio cuando se los mide contra un blanco como por ejemplo, el agua, ya que la presencia de los numerosos ingredientes que existen en una formulación actuará como "ruido de base" elevando los umbrales.

La determinación de umbrales puede resolver satisfactoriamente problemas referentes a la aceptabilidad de un producto. Por ejemplo, los antioxidantes o aditivos de funciones similares son agregados muy frecuentemente a varios productos alimenticios. Esas sustancias otorgan mayor estabilidad química a los mismos, pero pueden hacer que se pierdan ciertos componentes del aroma o que aparezcan aromas o gustos secundarios indeseables. En este caso debe determinarse la cantidad de preservativo que puede agregarse sin que se altere el sabor, o sea que debe medirse el umbral de detección del preservativo en esa formulación particular.

RESPUESTAS SUPRAUMBRALES

Rango

Cada sistema sensorial reacciona frente a una dimensión física, cuyos límites están dados por los umbrales mínimo y máximo. Aunque los umbrales pueden ser buenos descriptores de las funciones de gusto, olor o sabor, las mediciones más útiles son aquellas realizadas en el rango supraumbral. Así, es de gran interés práctico el establecer la relación cuantitativa que gobierna la respuesta perceptiva del sabor frente a estímulos de intensidad supraumbral.

Afortunadamente, la mayoría de los sistemas sensoriales responden en la mayor parte de su rango, excluyendo los extremos, a una función de potencia, como fuera demostrado por Stevens (1975) (ver Figura 1). Luego de aplicar técnicas de escalas, Stevens propuso que a iguales proporciones de incremento en la intensidad subjetiva, corresponden iguales proporciones de incremento en la magnitud del estímulo. La expresión matemática de la ley de Stevens es:

$$\Psi = k \cdot \phi^n \quad (\text{ecuación 1})$$

donde Ψ es la intensidad subjetiva del estímulo, ϕ es la concentración del estímulo, k es una constante y n es el exponente que define la proporción de crecimiento de la sensación bajo estudio.

La ecuación 1 puede ser convertida a la forma logarítmica de la siguiente manera:

$$\log \Psi = \log k + n \log \phi \quad (\text{ecuación 2})$$

obteniendo de ese modo la ecuación de una recta. Por lo tanto, en coordenadas doble logarítmicas, las funciones de intensidad del gusto, olor, pungencia y sabor son representadas por líneas rectas cuyas pendientes caracterizan cada canal sensorial.

Observando la respuesta sensorial a lo largo de todo el rango podemos establecer las diferencias en la forma que la función psicofísica adopta en los extremos. En el extremo inferior la función se acelera rápidamente hasta caer dentro de la zona umbral (Figura 1,a). Por otro lado, en el extremo superior, la función puede acelerar su crecimiento rápidamente indicando probablemente un cambio en el mecanismo sensorial subyacente (por ejemplo, la función del gusto del ácido acético en aproximadamente 2.4%V/V sufre un empinamiento que probablemente indique un comienzo en la pungencia, figura 1,b) o puede desacelerar su crecimiento rápidamente, posiblemente indicando una saturación de los receptores (Beidler, 1962) (Figura 1c).

Las intensidades del gusto y el sabor tienden a crecer más rápidamente que las intensidades del olor dado el mismo incremento en la concentración del estímulo. Esta característica es reflejada por el valor del exponente de la función de potencia. Podemos decir que en general, los exponentes para el gusto y el sabor suelen ser mayores de 0.7 y para el olor menores que 0.7. En líneas generales, esto muestra la similitud entre las funciones de intensidad del sabor y el gusto (García-Medina, 1981 a; Cometto-Muñiz, 1981) y pendientes diferentes, en general menores para el olor.

Las funciones psicofísicas para la pungencia, mediada por el sentido químico común, tienen las funciones de pendientes más altas dentro de los componentes del sabor. Ellas oscilan entre 1.1 para la pungencia oral y 2.2. (mujeres) y 1.8 (hombres) para la pungencia nasal (Cometto-Muñiz y Noriega, 1985).

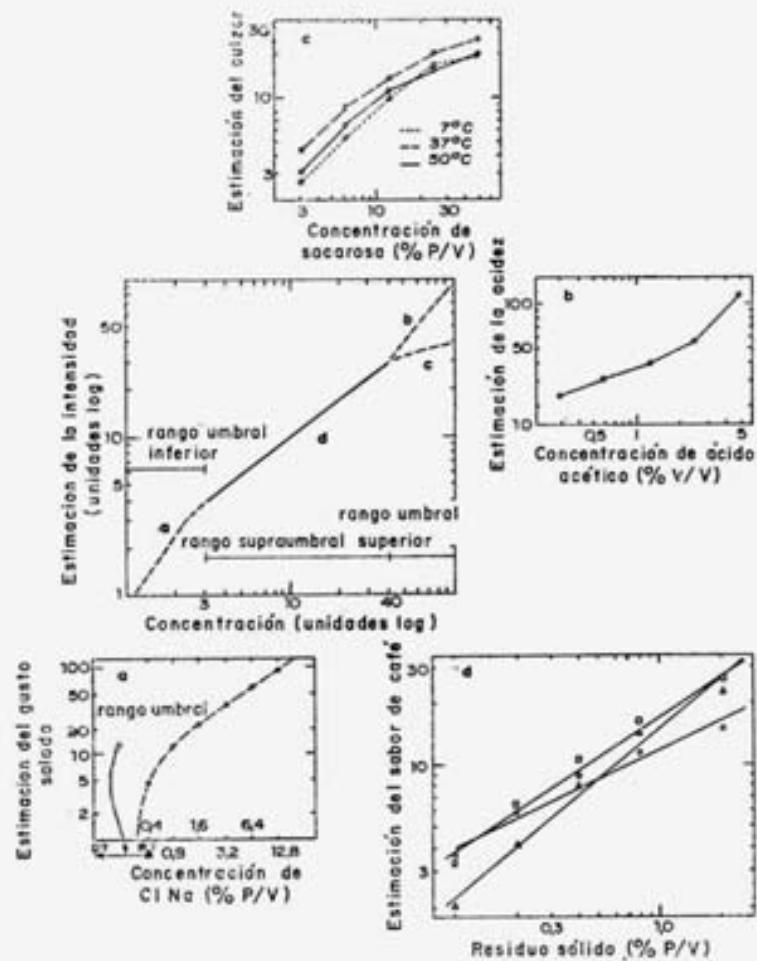


Figura 1. Se muestra una típica respuesta perceptual de todo el rango, frente a un estímulo sensorial (figura central). a. función de intensidad del gusto del cloruro de sodio, mostrando la curvatura adoptada por la misma en el área del umbral inferior; D.T.: umbral de detección; R.T.: umbral de reconocimiento (García-Medina, 1981, a); b. función de agriedad del ácido acético obtenido por la técnica de igualación de la intensidad con grises, que muestra el cambio de pendiente probablemente indicando la aparición de la pungencia que predomina sobre la agriedad (García-Medina y Calviño, 1983); c. función del dulzor de la sacarosa, obtenida a distintas temperaturas mostrando la saturación de los receptores a través de la desaceleración de su crecimiento (Calviño, 1984); d. funciones de olor (○) gusto (□) y sabor (△) de café, mostrando sus diferentes proporciones de crecimiento (García-Medina, 1981, b)

OBSERVACIONES DE INTERES TECNICO

La existencia de técnicas que permiten determinar el rango entre los estímulos máximo y mínimo y cuantificar el crecimiento de la sensación dentro de ese rango (Stevens 1958, 1975; Guirao, 1980) constituye una herramienta valiosa para la resolución de problemas tecnológicos.

Sabemos que las funciones de intensidad de los estímulos químicos obtenidas mediante técnicas psicofísicas son funciones de potencia con exponentes característicos para cada modalidad sensorial, dentro de ciertos límites. El exponente refleja la proporción en la que estímulo y sensación están creciendo. Por ejemplo, un exponente de 1 es equivalente a una fracción de 1/1 o 2/2. En este caso la sensación varía directamente con la intensidad del estímulo. Un incremento en uno en el estímulo produce un incremento en uno de la sensación. Un exponente de 0.8 representado por cualquier fracción que dé éste resultado, p. ej., 4/5 u 8/10, indica que para que la sensación se duplique, el estímulo debe ser incrementado una vez y media.

Sabemos también que cualquier cambio que se introduzca modificará este exponente, aumentándolo o disminuyéndolo. Este conocimiento permite la manipulación de la sustancia bajo estudio sea para exaltar aspectos favorables de su percepción o para eliminar aspectos sensoriales desagradables.

DISCRIMINACION

Uno de los aspectos básicos en psicofísica consiste en la predicción de cómo ha de cambiar la sensación cuando cambiamos el estímulo. Por ejemplo cuanto más viscoso u oloroso es un compuesto que otro, cuando un gusto es más dulce que otro, o qué diferencia perceptiva hay entre dos temperaturas. Podemos encarar el problema preguntando cuánto debemos incrementar o disminuir la magnitud de un estímulo para que la correspondiente magnitud de la sensación aumente o disminuya una cierta cantidad. Esto significa que estamos tratando de calcular el poder discriminativo del sistema sensorial, o sea, la capacidad de diferenciar intensidades o cualidades.

La capacidad resolutive de un sistema se expresa mediante la fracción de Weber $\Delta I/I$, donde ΔI representa el incremento en la intensidad del estímulo que produce una diferencia apenas perceptible cuando se agrega al estímulo I (Engen, 1971; Stevens, 1975; Guirao, 1980). Cuanto mayor es el valor de $\Delta I/I$ tanto menos sensible es el poder discriminativo.

Para el sentido del gusto, los valores de umbrales diferenciales varían entre 10 y 100% (Geldard, 1972) con un valor modal de

20%. Las diferencias dependen de la sustancia, la intensidad de la sensación, la cantidad de estímulo y el criterio de respuesta. Pero en general la sensibilidad global diferencial del gusto es relativamente pobre.

La sensibilidad diferencial del sentido del olfato también ha sido considerada tradicionalmente pobre. Resultados obtenidos por diferentes autores han mostrado que las concentraciones debían diferir en 25 a 37% para ser percibidas como diferentes (Gamble, 1898; Stone, 1964). Sin embargo, uno de los trabajos de Cain (1976, b) ha cuestionado este concepto. Aparentemente la sensibilidad diferencial del olfato es mucho mayor de lo que se ha sostenido. En ocasiones es posible apreciar diferencias de concentración de 5% y, en promedio de 19%.

Hasta el momento no se han realizado estudios sistemáticos en el poder resolutivo del sentido químico común, de modo que éste es un tema abierto a la investigación. Sin embargo, debido a la naturaleza de los estímulos de este sistema debe tener un poder resolutivo similar al del dolor.

Observaciones técnicas

El estudio de los umbrales diferenciales es de particular interés cuando se trata de determinar cuándo un pequeño cambio en la formulación de un producto puede ser advertido por el consumidor. Supongamos por ejemplo, que el fabricante quiere reducir costos. En este caso el umbral diferencial para la percepción del olor del saborizante en particular dentro de la preparación debe ser determinado. Así, la medición de las diferencias apenas perceptibles permite reducir costos a través de la reducción de uno y varios componentes de un producto en tanto se mantiene constante la percepción del sabor.

Mezclas

Cuando se mezclan sustancias olorosas o gustativas, aparecen cambios sensoriales en cualidad o intensidad. Hablar de cambios en cualidad es un tema complejo con numerosos casos particulares. Sin embargo, podemos generalizar el tema diciendo que el gusto se comporta como un sentido analítico, manteniendo la identidad de los componentes de la mezcla en mayor o menor medida. El olfato se comporta como sintético en muchos casos, generando una nueva cualidad en la mezcla, que difiere de las cualidades de los componentes.

Aunque es posible identificar cada una de las cualidades gustativas presentes en una mezcla, es interesante acotar que, en general, las intensidades percibidas de esas cualidades cambian cuando se rea-

liza la mezcla. Por ejemplo, si mezclamos una solución de café (amarga) con una de sacarosa (dulce) percibiremos ambos gustos en la mezcla pero con intensidad menor a cuando se percibían aisladamente. El grado de supresión observado es proporcional a la diferencia cualitativa entre los componentes: cuanto mayor es la diferencia, mayor será la supresión (Moskowitz, 1972; 1973; 1974). Esta observación indica que las interacciones cuantitativas gustativas en la mezcla dependen también de la cualidad de los componentes.

Cuando dos sustancias sápidas o dos odorivectores se combinan, el resultado, al menos desde un punto de vista teórico, podrá ser una mezcla cuya intensidad sea mayor (hipersumación), igual (sumación simple) o menor (hiposumación) que la suma de las intensidades de los componentes separados (Figura 2). Sin embargo, en la práctica el fenómeno más comúnmente observado es el de la hiposumación.

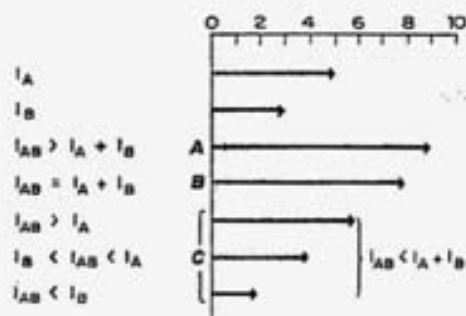


Figura 2. Resultados posibles de mezclas binarias de olores y gustos. I_A , I_B : intensidad de los componentes de la mezcla; I_{AB} : intensidad de la mezcla. A: sinérgico o hipersumación; B: sumación simple; C: hiposumación o supresión (tres casos diferentes).

La hiposumación ha sido encontrada en la mezcla de olores (Köster, 1969; Berglund y coaut. 1971; Cain y Drexler, 1974; Cain, 1975), en las mezclas de gustos (Bartoshuk y Cleveland, 1977) y en algunas otras mezclas que a continuación analizaremos.

Para analizar el caso de una mezcla de un odorivector puro con una sustancia sávida pura, se usaron diferentes concentrados de ambos y todas sus mezclas posibles (Murphy y coaut., 1977; Murphy y Cain, 1980). También en este caso se determinó que la intensidad de las mezclas era menor que las intensidades de los componentes percibidos separadamente.

También se observó el fenómeno de supresión o hiposumación en mezclas binarias de sacarosa y cafeína y en la intensidad percibida del sabor de mezclas de café y sacarosa (Calviño y García-Medina, 1983). Como puede observarse en la Figura 3^a las funciones de dulzor aumentaron en su proporción de crecimiento a medida que crecía el porcentaje de la mezcla, aunque el dulzor disminuye por la presencia de cafeína. Por otra parte en las mezclas de sabor-gusto el sabor del café disminuye con la adición de azúcar, tal como sucede en el caso previo (Figura 3b).

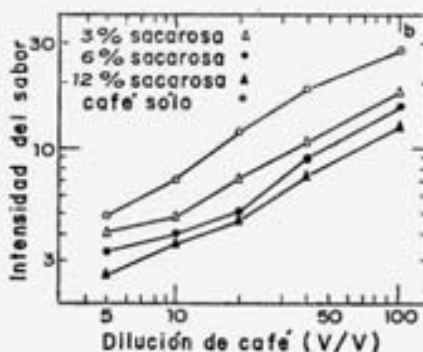
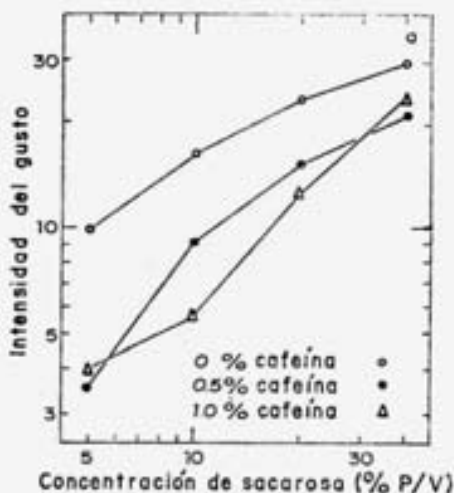


Figura 3. Mezclas de dos gustos y de un gusto y un sabor, a, dulzor de la sacarosa mezclada con diferentes niveles de cafeína en relación al dulzor de la sacarosa pura; b, sabor del café mezclada con diferentes niveles de sacarosa en relación al sabor del café puro. Se observa supresión en ambos casos (Calviño y García-Medina, 1983).

Otra forma de estudiar las interacciones olor-gusto en la determinación del sabor consiste en analizar las funciones de olor, gusto y sabor de la misma sustancia. Esto fue realizado para el café y el ácido acético (García-Medina, 1981, b). En este estudio el olor fue considerado como uno de los componentes de la mezcla, el gusto el otro y el sabor como la mezcla de ambos. La intensidad del sabor del café y del ácido acético también fue menor que la suma de las intensidades del olor y el gusto evaluadas separadamente. (Figura 4).

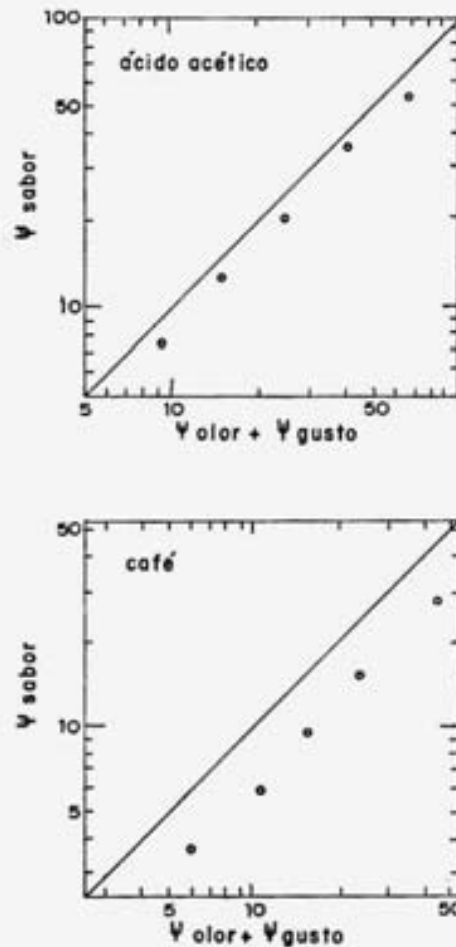


Figura 4. Diferentes tipos de respuestas hedónicas (Moskowitz, 1977).

La aparición de hiposumación puede ser explicada a partir del hallazgo de Bartoshuk y Cleveland (1977), como sigue. La función psicofísica que se obtiene al evaluar la intensidad de cada componente de una mezcla de gustos determinará la aparición de sinergismo (hipersumación, exponente mayor de 1.0), sumación simple (exponente igual a 1.0) o supresión (hiposumación, exponente menor a 1.0) cuando se mezclen los componentes. Como la mayoría de los exponentes para gustos y olores son menores que 1.0, parece posible predecir que sus mezclas presentarán hiposumación. De este modo, en el mundo de los sabores, podríamos esperar la aparición de hipersumación sólo en aquellos casos que involucren la acción del sentido químico común, ya que es el único componente de la sensación de sabor que presenta exponentes mayores a 1.0. Desafortunadamente aún no tenemos evidencias experimentales en este sentido.

MODELOS

En los últimos años los psicofísicos han propuesto varios modelos matemáticos para expresar la intensidad de las mezclas de olores tal como son percibidas por los sujetos humanos. A través de varias expresiones matemáticas, estos modelos relacionan las intensidades olorosas percibidas de los componentes de las mezclas cuando se huelen aisladamente con la intensidad que resultará cuando se los mezcle.

El primer modelo que apareció es el vectorial (Berglund y cols., 1972). Este modelo considera la interacción entre dos olores como una suma de vectores cuyos componentes son vectores que representan la intensidad de cada olor y la resultante representa la intensidad de la mezcla.

Se asume que el ángulo (α) entre ambos vectores se relaciona con las diferencias cualitativas entre los olores y es constante para cada par de odorivectores en mezcla. Dependiendo del valor de α la intensidad de la mezcla será el resultado de la sumación completa de los vectores ($\alpha = 0^\circ$) de la sustracción completa de ambos ($\alpha = 180^\circ$) y todos los grados intermedios.

Este modelo ha sido aplicado no sólo a la descripción de mezclas de olores (Berglund y cols., 1972; 1976; Cain y Drexler, 1974), sino también de gustos (Bartoshuk, 1975) y olores y gustos (Murphy y cols., 1977; García Medina 1981, b). El modelo vectorial puede ser generalizado para mezclas de n componentes permitiendo a los vectores ocupar n dimensiones (Berglund y cols., 1976).

Patte y Laffort (1979) propusieron un modelo "U" para mezclas olorosas binarias que se adapta a la información experimental obtenida previamente por otros autores (Cain, 1975; Cain y Drexler, 1974). Con este modelo se obtuvieron mejores correlaciones, y desviaciones estándar menores, al calcular el valor del coseno del ángulo

lo entre los componentes que con el modelo vectorial. Posteriormente el modelo U fue extendido para mezclas de más de dos componentes y además otro modelo, el "UPL" que tiene en cuenta el exponente de la función psicofísica de intensidad de los componentes de la mezcla ha sido desarrollado (Laffort y Dravnieks, 1981).

Observaciones de Interés Técnico

Dado que cada par de componentes tiene un ángulo que le es característico, cualquiera sea su proporción en la mezcla, estos modelos no tienen sólo un valor descriptivo, sino también un valor predictivo de gran interés técnico. Calculando por ejemplo, los valores del ángulo para pares de componentes de aproximadamente la misma intensidad pueden predecirse las intensidades de las mezclas de componentes de diferente intensidad. También pueden inferirse las intensidades de mezclas de más de dos componentes, a partir de la obtención de los valores en mezclas binarias (Bartoshuk, 1975; Berglund y cols., 1976). Esta capacidad predictiva obviamente ahorra tiempo y dinero.

En algunos casos, la adición de un segundo compuesto sávido u oloroso determina una mezcla cuya intensidad es menor que la que tenía el componente inicial. La importancia de esta observación es relevante en casos en los cuales se intenta amortiguar el efecto de gustos u olores desagradables.

Adaptación

La aplicación sostenida y prolongada de un estímulo determina una disminución en la sensibilidad y un incremento en el umbral. Este fenómeno se denomina adaptación.

La adaptación puede ser completa cuando la sensibilidad se pierde, o parcial cuando solamente disminuye. La adaptación puede presentarse para el mismo estímulo adaptador (auto-adaptación) o para estímulos semejantes o no (adaptación cruzada).

La adaptación a los olores es incompleta. Esto significa que luego de la exposición a un olor su intensidad subjetiva disminuye alcanzando un estado estacionario estable (Cain, 1977).

La adaptación a los gustos es completa con estímulos de moderada intensidad. En paralelo con la disminución con la sensación aparece una disminución de la frecuencia de descarga en el nervio que conduce la sensación en cuestión (Zottermann, 1971).

El sentido químico común presenta características especiales con respecto a la adaptación. Cuando la exposición a uno de sus estímulos se prolonga, en lugar de aparecer una adaptación real, aparece un fenómeno de sensibilización (Cain, 1976, a). Esto puede deberse

a la irritación mediada por este sistema que constituye uno de los sistemas de alarma del organismo.

Observaciones de Interés Técnico

Cuando se diseña un experimento gustativo, por ejemplo, debe controlarse la influencia de la adaptación. Por ejemplo, bajo condiciones normales, el sistema gustativo está adaptado a la concentración fisiológica del cloruro de sodio contenido en la saliva (7-8%), pero cuando se remueve la saliva por enjuague con agua destilada, el umbral para el cloruro de sodio puede disminuir unas cien veces (Bartoshuk, 1974).

Otra precaución importante cuando se realizan experimentos tanto de gustos como de olores, es hacer las pruebas en lugares libres de contaminación olorosa y esperar un tiempo adecuado entre pruebas para evitar efectos sensoriales residuales.

Finalmente, es importante mencionar que la adaptación gustativa, que es completa en experimentos de laboratorio no lo es cuando masticamos alimentos en nuestra vida diaria. El gusto de un alimento o bebida no desaparece porque hay cambios en la concentración del estímulo ocasionados por la dilución con saliva y los movimientos linguales que hacen que cambie el locus de estimulación permanentemente. Esto último nos indica además que la superficie estimulada es otro parámetro que debe ser controlado cuando se estiman gustos.

Tinte Hedónico

Cada sensación se acompaña de un sentimiento de placer o displacer, independientemente del canal sensorial estimulado. Este tinte hedónico es particularmente importante para los sentidos químicos y, especialmente en relación al sabor, ya que la aceptación o rechazo de un alimento dependen de él. Por esta razón, algunos alimentos con gran valor nutricional, pero de cualidades organolépticas pobres, pueden no ser fácilmente aceptados por los consumidores que, generalmente condicionan la aceptabilidad al tinte hedónico más que al valor nutritivo.

El placer o displacer provocado por los alimentos puede ser medido por procedimientos psicofísicos. Los métodos más ampliamente utilizados para estudiar el valor hedónico son las escalas de categorías y la estimación de la magnitud (Stevens, 1975).

Tradicionalmente, la evaluación psicofísica de los sentidos químicos ha estado vinculada con sistemas simples, usados como modelos, constituidos por sustancias gustativas diluidas en agua, u odorivectores diluidos en aire. De ese modo los sujetos pueden evaluar,

en general en forma simultánea, tanto la intensidad como el tinte hedónico.

Tanto en los sentidos químicos como en otros sentidos, los hallazgos experimentales han puesto de manifiesto que las funciones de intensidad y las de placer son diferentes. Mientras la intensidad percibida de un estímulo oloroso o sávido está relacionada monótonicamente con la concentración, el placer no siempre resulta en una función monótonica.

Presentaremos a continuación la sistematización hecha por Moskowitz (1977) para describir los diferentes tipos de funciones hedónicas.

Tipo IA e IB: se observa una correlación positiva o negativa entre las estimaciones de intensidad y placer o displacer (Figura 5). Las funciones tipo IA suelen correlacionarse con la evaluación de estímulos placenteros y las tipo IB, con estímulos displacenteros.

Tipo II: las estimaciones de placer se correlacionan con las de intensidad del estímulo hasta una determinada concentración, donde se alcanza el máximo pico hedónico. Más allá de ese punto la función cae hacia la zona de displacer o se acerca a la neutralidad, invirtiéndose la correlación previa con la concentración (Figura 5).

Tipo III: no hay correlación entre la función hedónica y la concentración (Figura 5). Las funciones hedónicas obtenidas para el aroma de alimentos u olores agradables, responden a este tipo, estando los puntos distribuidos al azar alrededor de un rango medio de aceptabilidad.

Generalizando, podemos decir que los olores desagradables y las sustancias sápidas cambian su tinte hedónico como una función inversa de la concentración (tipo IB), los olores agradables no sufren cambios (tipo III) y los gustos agradables presentan funciones tipo IA y II.

Para sistemas más complejos aun no tenemos reglas sencillas y el tinte hedónico resultante dependerá de la interacción entre los componentes. Por ejemplo, mientras que las mezclas agrío-dulce y dulce-amargo son más fácilmente aceptables, y aún placenteras dependiendo de su proporción relativa, las mezclas dulce-salado son desagradables, cualquiera sea la proporción de ambos gustos.

Este panorama es aún más complicado si consideramos que la experiencia hedónica no está determinada solamente por la cualidad del estímulo, sino también por el estado fisiológico interno del individuo (Mower y cols., 1977). Por ejemplo, olores y gustos que son percibidos como agradables por panelistas en ayunas, se transforman en desagradables luego de una ingesta satisfactoria.

Ningún estímulo alimentario está libre de estos efectos. Los resultados de la experimentación, indican que el placer producido

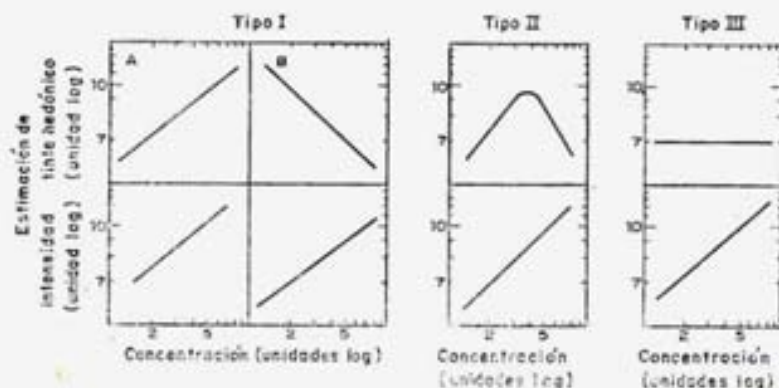


Figura 5

por un estímulo externo depende de receptores internos y que mientras los juicios hedónicos son modificados por el estado interno de la persona, la intensidad percibida del mismo estímulo es independiente de tales manipulaciones (Mower y cols., 1977).

CONSIDERACIONES FINALES

Como hemos visto a lo largo de este trabajo, el mundo del sabor es bastante complejo. Muchos canales sensoriales intervienen en la producción de la sensación que llamamos sabor y cada canal tiene sus propias características psicofísicas y fisiológicas.

El cuadro se complica más aún cuando consideramos que la temperatura y la textura interactúan en el sabor incrementando o disminuyendo su intensidad y aún modulando su cualidad.

Además de todo esto, la sensación de placer o displacer inherentemente vinculada a cada sensación humana y especialmente a la percepción del sabor, hace que el tinte hedónico sea un parámetro que no puede ser obviado. Así, muchas variables importantes interactúan en la percepción del sabor, haciendo de él un área interdisciplinaria, a la que la psicofísica puede aportar importantes elementos.

REFERENCIAS

- Allen, W. F. (1956). A comparative study on the olfactory and trigeminal reflexes elicited by various vapors in different mammals. *J. Washing. Acad. Sci.* 26, (11), 466.

- ASTM (1973). Compilation of odor and taste thresholds values. *American Society for Testing and Materials. Data Series. D.S. 48. USA.*
- Angell-James, J. E., y de Burgh Daly, M. (1969). Nasal reflexes. *Proc. R. Soc. Med. 62*, 1287.
- Bartoshuk, L. M. (1974). NaCl thresholds in man: thresholds for water taste or NaCl taste? *J. Comp. Physiol. Psychol. 87*, 310.
- Bartoshuk, L. M. (1975). Taste mixtures: is mixture suppression related to compression? *Physiol. Behav. 14*, 643.
- Bartoshuk, L. M., y Cleveland, T. C. (1977). Mixtures of substances with similar tastes. A test of a psychophysical model of taste mixture interactions. *Sens. Proc. 1*, 177.
- Beidler, L. M. (1962). Taste receptor stimulation. *Prog. in Biophys. and Biophys. Chem. 12*, 109.
- Beidler, L. M., y Tucker, D. (1955). Response of nasal epithelium to odor stimulation. *Science, 122*, 76.
- Berglund, B., Berglund, U., y Lindvall, T. (1971). On the principle of odor interaction. *Acta Psychol. 35*, 255.
- Berglund, B., Berglund, U., y Lindvall, T. (1972). A quantitative principle of perceived intensity summation in odor mixtures. *Reports from the Psychological Laboratories, The University of Stockholm, 346*, 1.
- Berglund, B., Berglund, U., y Lindvall, T. (1976). Psychological processing of odor mixtures. *Psychol. Rev. 83* (6), 432.
- Cain, W. S. (1974). Contribution of the trigeminal nerve to perceived odor magnitude. *Ann. N. Y. Acad. Sci. 237*, 28.
- Cain, W. S. (1975). Odor intensity: mixtures and masking. *Chem. Sens. and Flav. J.*, 339.
- Cain, W. S. (1976, a). Olfaction and the common chemical sense: some psychophysical contrast. *Sens. Proc., 1*, 57.
- Cain, W. S. (1976, b). Differential sensitivity for smell: "noise" at the nose. *Science, 193*, 706.
- Cain, W. S. (1977). The odoriferous environment and the application of olfactory research. En E. C. Cartererre y M. P. Friedman (Eds.), *Handbook of perception*, Vol. 6A, Tasting and smeling. Nueva York: Academic Press.
- Cain, W. S., y Drexler, M. (1974). Scope and evaluation of odor counteraction and maskin. *Ann. N. Y. Acad. Sci. 237*, 427.
- Calviño, A. M. (1984). Percepción de la intensidad gustativa: su interacción con la temperatura. *Rev. ICFYB (Argentina), 7* (18), 715.
- Calviño, A. M., y García-Medina, M. R. (1983). Interactions between sucrose-caffeine and coffee-sugar beverage. *Vth Annual Meeting of the Association for Chemoreception Sciences*, Sarasota, Florida, USA.
- Cometto-Muñiz, J. E. (1981). Odor, taste and flavor perception of some flavoring agents. *Chem. Sens. 6* (3), 215.
- Cometto-Muñiz, J. E., y Cain, W. S. (1982). Perception of nasal pungency in smokers and nonsmokers. *Physiol. Behav., 29*, 727.

- Cometto-Muñiz, J. E., y Noriega, G. (1985). Gender differences in the perception of pungency. *Physiol. Behav.* 34, 385.
- De Lorenzo, A. J. D. (1970). The olfactory neuron and the blood-brain barrier. En G. E. W. Wolstenholme y L. Knight (Eds.). *Taste and smell in vertebrates*. Londres.
- De Vries, H., y Stuijver, M. (1961). The absolute sensitivity of the human sense of smell. En W. A. Rosenblith (Ed.), *Sensory Communication*, Nueva York.
- Engen, T. (1971). Psychophysics, I. Discrimination and detection. En J. W. Kling y L. A. Riggs. (Eds.). *Experimental psychology*. Nueva York: Holt-Rinehart-Winston.
- Erickson, R. P. (1982). Studies on the perception of taste: Do primaries exist? *Physiol. Behav.* 28, 57.
- Gamble, E. A. McM. (1898). The applicability of Weber's law to smell. *Amer. J. Psychol.* 10, 82.
- García-Medina, M. R. (1981, a). Escalas psicofísicas para sustancias con los cuatro gustos básicos. *La Alimentación Latinoamericana*, 131, 6.
- García-Medina, M. R. (1981, b). Flavor, odor, taste interactions in solution of acetic acid and coffee. *Chem. Sens.* 6 (1), 13.
- García-Medina, M. R., y Cain, W. S. (1982). Bilateral integration in the common chemical sense. *Physiol. Behav.* 29, 349.
- García-Medina, M. R., y Calviño, A. M. (1985). Use of grays to scale odor, taste and flavor. *Vth Annual Meeting of the Association for Chemoreception Sciences*, Sarasota, Florida, USA.
- Geldard, F. A. (1972). *The human senses*. Nueva York: Wiley.
- Guirao, M. (1980). *Los sentidos, bases de la percepción*. Madrid: Alhambra.
- Köster, E. P. (1969). Intensity in mixtures of odorous substances. En C. Pfaffmann (Ed.), *Olfaction and Taste III*, Rockefeller University. Nueva York.
- Laffort, P., y Dravnieks, A. (1981). Several models of suprathreshold quantitative olfactory interactions in humans applied to binary, tertiary and quaternary mixtures. *Chem. Sens.* 7 (2), 155.
- Moskowitz, H. R. (1972). Perceptual changes in taste mixtures. *Percept. and Psychophysics*, 11, 257.
- Moskowitz, H. R. (1973). Models of sweetness additivity. *J. Exp. Psychol.* 99, 88.
- Moskowitz, H. R. (1974). Sourness of acid mixtures. *J. Exp. Psychol.* 4, 640.
- Moskowitz, H. R. (1977). Intensity and hedonic functions for chemosensory stimuli. En M. R. Kare y O. Maller (Eds.). *The Chemical senses and nutrition*. Nueva York.
- Mower, G. D., Mair, R. G., y Engen, T. (1977). Influence of internal factors on the perceived intensity and pleasantness of gustatory and olfactory stimuli. En M. R. Kare y O. Maller (Eds.). *Chemical Senses and nutrition*. Nueva York.
- Murphy, C., y Cain, W. S. (1980). Taste and olfaction: independence versus interaction. *Physiol. Behav.* 24, 601.

- Murphy, C., Cain, W. S., y Bartoshuk, L. M. (1977). Mutual action of taste and olfaction. *Sens. Proc.* 1, 204.
- Patee, F., y Laffort, P. (1979). An alternative model of olfactory quantitative interaction in binary mixtures. *Chem. Sens. Flav.* 4 (4), 267.
- Silver, W. L., y Marulank, A. (1981). Trigeminal chemoreception in the nasal and oral cavities. *Chem. Sens.* 6 (4), 295.
- Stevens, S. S. (1958). Measurement and man. *Science*, 127, 383.
- Stevens, S. S. (1975). *Psychophysics*. Nueva York: Wiley.
- Stone, H. (1964). Behavioral aspects of absolute and differential olfactory sensitivity. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 116, 527.
- Tucker, D. (1963). Olfactory, vomeronasal and trigeminal receptor responses to odorants. En Y. Zotterman (Ed.), *Olfaction and taste*. Nueva York.
- Zotterman, Y. (1971). The recording of the electrical response from human taste nerves. En L. M. Beibler (Ed.), *Handbook of sensory physiology, Vol. IV, Chemical Senses, Section 2, Taste*, Nueva York: Springer-Verlag.