

EL SABOR EN LAS FRUTAS

Ing. Alejandra Díaz Rodríguez

Exposición presentada en el II SIMPOSIO EL SABOR, organizado por AJINOMOTO y la Universidad de San Martín de Porres, Setiembre 2001.

1. INTRODUCCIÓN

Habitualmente, consideramos al sabor como una propiedad de los productos, que se detecta en la boca, a través de las células receptoras localizadas no sólo en las papilas gustativas de la lengua, sino también en numerosas otras partes de la cavidad oral. Por otro lado, el aroma se considera una propiedad de las sustancias volátiles, que es detectada por las células receptoras del sistema olfatorio de la nariz. Sin embargo, aún cuando estas propiedades estén claramente diferenciadas, pocos alimentos permiten una distinción clara entre aroma y sabor, lo cual no sucede con las frutas.

Dada la importancia de estas propiedades en la caracterización de las frutas, no intentamos discriminarlas, por el contrario, se procurará abordarlas de manera colectiva, refiriéndolas como flavor.

Para facilitar una comprensión uniforme de la terminología utilizada, se utilizará algunas definiciones a nivel sensorial, establecidas por la ISO (Organización Internacional de Normalización)¹:

- **Sabor (Taste):** (1) Sensaciones percibidas por el órgano del gusto cuando es estimulado por ciertas sustancias solubles. (2) Propiedades de los productos que originan las sensaciones gustativas.

- **Aroma (Aroma):** Propiedad organoléptica perceptible por vía indirecta por el órgano olfativo durante la degustación.

- **Sensación olfato-gustativa (Flavor):** Conjunto complejo de las propiedades olfativas y gustativas que se perciben durante la degustación y que puede estar influido por las propiedades táctiles, térmicas, dolorosas e incluso por efectos cinestésicos².

Aún cuando la distinción entre sabor y aroma en las frutas no puede ser absoluta, las sustancias implicadas en todas las sensaciones del sabor tienen una característica en común, que las distinguen de las habitualmente asociadas con las sensaciones olfativas. Las sustancias saborizantes suelen ser polares, hidrosolubles y no volátiles, mientras que las sustancias odoríferas, además de su imprescindible volatilidad son generalmente mucho menos polares y desencadenan sensaciones mucho más variadas. Algunas sustancias, como los ácidos orgánicos de bajo peso molecular, participan tanto en el sabor como el olor.

2. SABOR EN LAS FRUTAS

Los sabores de las frutas son una mezcla del sabor dulce de los azúcares, principalmente por mezclas de glucosa, fructosa y sacarosa, y el sabor agrio de los ácidos orgánicos, como el cítrico y el málico.

¹ ISO 5492 Análisis Sensorial. Vocabulario. Esta norma presenta una lista de términos con sus definiciones relativos al análisis sensorial.

² Cinestesia: conjunto de sensaciones resultantes de ejercer una presión sobre una muestra por un movimiento muscular (por ejemplo, ensayo de presión con los dedos en el caso de un queso, o mordisco en el caso de una manzana)

2.1 Flavor

No obstante la importancia de los sabores dulce y agrio de las frutas, estas características, por sí solas, resultan ser insuficientes para distinguir las sensorialmente. Una caracterización adecuada de las frutas reside fundamentalmente en considerar los sabores característicos de las distintas frutas, los mismos que dependen de los compuestos volátiles presentes en las mismas. Es por eso, que cuando nos resfriamos y perdemos el sentido del olfato, resulta complicado distinguir los sabores de frutas muy parecidas como sucede con las fresas y las frambuesas.

Una fruta típica puede contener hasta 200 compuestos volátiles distintos, aunque esta totalidad represente una fracción muy pequeña del peso total de la fruta. En el caso de los frutos cítricos, los aromas están dominados por los terpenoides, en tanto que en otras frutas, los terpenoides resultan ser poco evidentes.

Los compuestos volátiles presentes en muchas frutas pueden resumirse como sigue, de acuerdo a su predominancia numérica: ácidos, alcoholes, ésteres, aldehídos y cetonas.

Si tomamos como ejemplo típico a la manzana, veremos que podemos encontrar no menos de 131 compuestos volátiles:

20 ácidos alifáticos, del fórmico al n-decanoico,

27 alcoholes alifáticos, que cubren un espectro muy amplio de estructuras químicas, 70 ésteres, en los que predominan los alcoholes y ácidos más abundantes,

26 aldehídos y cetonas, cuya estructura está íntimamente relacionada con la de los ácidos y alcoholes, y un número pequeño de ésteres, acetales, terpenoides y otros hidrocarburos.

Sin embargo, al referirnos al aroma, debemos tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a. No todos los compuestos volátiles contribuyen de manera significativa al aroma; volatilidad no es lo mismo que carácter aromático.
- b. Muchos de estos compuestos volátiles son comunes a diversas frutas. Por ejemplo de los 17 ésteres identificados en el plátano, 12 están contenidos en las manzanas.

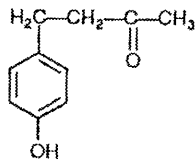
En numerosas frutas, los compuestos volátiles proceden de dos fuentes. Durante la maduración, la ruptura celular está acompañada de oxidación de los ácidos grasos insaturados de los lípidos de las membranas, catalizada por la enzima lipooxigenasa. La acción de esta enzima convierte los ácidos grasos en hidroperóxidos. Los hidroperóxidos se degradan espontáneamente, o bajo el influjo de otras enzimas, para dar aldehídos.

Otra fuente de aldehídos es la constituida por los aminoácidos. En el proceso de maduración se producen fenómenos de transaminación y descarboxilación de aminoácidos libres. Por ejemplo la leucina da origen al 3-metilbutanal.

Si bien se ha visto que una sola fruta puede contener cientos de compuestos volátiles, por lo general, el carácter distintivo del flavor de una fruta depende de una o dos sustancias, a las que se denominan "sustancias impacto". Por ejemplo:

- En el plátano destaca el acetato de isopentilo.
- En las cerezas y las almendras, el compuesto impacto es el benzaldehído.

- El hexanal y el 2-hexenal son los responsables del aroma "a verde" en numerosas frutas y hortalizas.
- En las manzanas, se ha demostrado que los aldehídos equilibran la "madurez", específicamente proporcionada por los butiratos de etilo y metilo.
- El carácter distintivo del aroma de las frambuesas se debe principalmente a la 1-(p-hidroxifenil)-3-butanona. El aroma a "fresco" de la fruta fresca, y del que carecen muchos productos aromatizados a frambuesa, se debe principalmente al cis-3-hexenol y a la a y b-iononas.



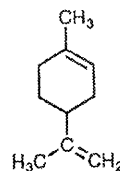
1-(p-hidroxifenil)-3-butanona

- En el caso del vino, los degustadores expertos tienen la habilidad para definir el aroma en término de otras frutas. Por ejemplo, se dice que la presencia de 2,6,6'-trimetil-2-vinil-4-acetoxitetrahidropirano en un vino tinto, le imparte un aroma a grosellas negras.
 - En los frutos cítricos, los compuestos impactos pertenecen al grupo de los terpenoides.
1. Los terpenoides se definen como hidrocarburos isoprenoides naturales (terpenos) y sus derivados oxigenados. Químicamente la mayor parte de casi todos los aceites esenciales consiste en terpenoides y sus derivados. Resulta interesante notar que, cuando un vegetal tiene aceites esenciales en varias partes del mismo, siempre difieren en su constitución. Por ejemplo, un naran-

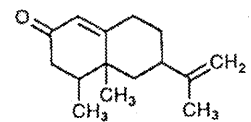
jo tiene aceites esenciales en sus flores (aceite de azahar), en sus vástagos y hojas nuevas (aceite de petit-grain) en la cáscara amarilla (flavado), en sus frutos (aceite de naranja), y finalmente, un olor propio en el jugo de naranja, todos ellos muy diferentes en su olor y su composición química.

Muchos aceites esenciales que se encuentran en la naturaleza son mezclas de una cantidad de hidrocarburos monoterpenoides de fórmula general $C_{10}H_{16}$, e hidrocarburos sesquiterpenoides ($C_{15}H_{24}$), los cuales sirven principalmente como vehículos para los grupos más importantes de compuestos oxigenados (alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos y ésteres) los cuales, aunque presentes en cantidades mucho menores, son generalmente los portadores del olor característico del aceite.

Los aceites esenciales de las frutas cítricas (de la fruta en su conjunto, incluyendo la cáscara) contienen fundamentalmente terpenoides, 80 % de los cuales está constituido por el monoterpeno (+)-limoneno. Sin embargo, el (+)-limoneno no es tan importante como componente del aroma, como los terpenoides oxigenados, que aparecen en el aceite en cantidades más reducidas. Por ejemplo el zumo de pomelo contiene aproximadamente 16 ppm de (+)-limoneno, que llega al zumo, procedente de la cáscara, en el proceso de elaboración, pero el flavor aromático característico del pomelo se debe a la n-octanona, que se encuentra en cantidades muy pequeñas.

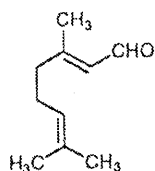


(+)-limoneno

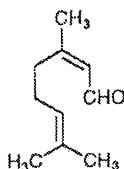


n-octanona

- La "sustancia impacto" de los limones es el citral, una mezcla de los isómeros geranial y neral.



geranial

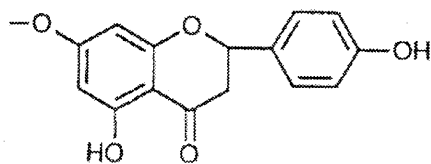


neral

2.2 Sabor amargo

El sabor amargo de algunas frutas está asociado a la presencia de algunas sustancias fenólicas en las frutas, percibidas por las papilas gustativas localizadas en la parte posterior de la lengua, sensibles al sabor amargo de ciertas sales inorgánicas y sustancias fenólicas.

Las sustancias fenólicas en forma de flavonoides son contribuyentes importantes al sabor amargo de las frutas especialmente al de los zumos cítricos. El principal compuesto fenólico con sabor amargo es la naringinina, abundante en las naranjas amargas y en la toronja. Su sabor amargo es tal que puede detectarse a una dilución de 1/50.000. Otro componente amargo que puede estar presente en los zumos cítricos es la limonina, que puede formarse a partir de precursores carentes de sabor, durante la preparación industrial de zumos.



naringinina

2.3 Astringencia

La astringencia es una sensación claramente relacionada con el sabor amargo, pero recogida en toda la lengua y en el resto de la cavidad oral. La astringencia suele considerarse una característica poco deseable en las frutas y está asociada a un elevado contenido en sustancias polifenólicas

3. QUÍMICA DEL FLAVOR Y SU IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA DE JUGOS Y FRUTAS

El interés fundamental de la química en el flavor de los alimentos es la identificación de las sustancias específicas responsables del sabor y el aroma, con ella la identificación de las características químicas de las estructuras que desencadenan las respuestas particulares en nuestros órganos de los sentidos. Uno de los objetivos de la química del flavor es poder simular los sabores naturales en la obtención de flavorizantes sintéticos para su empleo en los productos alimenticios procesados.

Son numerosas las dificultades enfrentadas en la investigación del flavor. El principal problema radica en la inexistencia de elementos físicos o químicos que puedan detectar específicamente las sustancias de interés. No existe el equivalente para el flavor en los espectrofotómetros, que cuantifican la absorción de luz de distintas longitudes de onda por los pigmentos. Aquí el éxito de un método analítico puede depender de la experiencia de un panel de degustación entrenado o del olfato de un experimentador. Otra complicación es la que se deriva del hecho de que son muy pocos los casos en los que el flavor de un alimento depende de una única sustancia.

Actualmente, la cromatografía gaseosa ha resultado ser la técnica analítica más importante en el análisis químico del flavor.

Durante los últimos años, la industria de los flavorizantes se ha extendido ampliamente, situación que va acompañada con su uso en la industria alimentaria. Sin embargo, aún cuando la mayor parte de los componentes de las mezclas flavorizantes sean sintéticos, tienen un lugar particular los aceites esenciales naturales. De otro lado, la industria alimentaria recurre a ciertos procesos tecnológicos con la finalidad

de preservar los sabores naturales durante el procesamiento de algunos alimentos.

En cuanto a los aceites esenciales, la meta del fabricante de extractos de sabores es la recuperación de la porción valiosa de los aceites esenciales, es decir, los compuestos oxigenados, en alguna forma concentrada. Para ello, se aplica un proceso que consiste principalmente de la eliminación de los terpenos menos olorosos, denominado desterpenación, y los compuestos oxigenados resultantes son los aceites libres de terpenos. Recordemos que la mayoría de éstos son mezclas de compuestos oxigenados, los cuales son los principales agentes aromáticos, junto con terpenos y sesquiterpenos, que son hidrocarburos pero que no poseen olor. Más aún, estos terpenos difieren marcadamente de los compuestos oxigenados en su solubilidad, ya que son muy poco solubles en alcoholes diluidos; también se oxidan a óxidos y peróxidos y pueden llegar a polimerizar.

En lo que respecta al esfuerzo de la industria alimentaria por mantener los sabores naturales, esto se debe a que muchas de las operaciones que se aplican en el procesamiento de las frutas provocan considerables pérdidas en el sabor y especialmente en el aroma. Estas pérdidas ocurren, en primer lugar durante el blanqueado de las frutas, requerido para inactivar las enzimas, que de otro modo tendrían un efecto perjudicial durante el procesamiento o almacenamiento. Más importantes suelen ser las pérdidas en aroma producidas durante la concentración y la deshidratación, pues no importan cuán baja sea la temperatura mantenida durante estos procesos de evaporación de agua, la tendencia será que los componentes volátiles se eliminen primero. Este es el motivo principal por el cual la mayoría de los jugos concentrados de frutas retienen muy poco de su olor y sabor fresco.

Uno de los métodos aplicados en la industria

de alimentos para superar la pérdida de sabor por evaporación recibe el nombre de "recuperación de aroma". Se aplica principalmente en los procesos de concentración por evaporación. Los componentes volátiles del flavor se recuperan de los vapores en forma de esencias muy concentradas que se agregan nuevamente al concentrado. Este proceso es de gran aplicación en la industria de jugos de frutas concentrados y de café soluble. Generalmente la estabilidad química de los compuestos del flavor, en la esencia recuperada, no es tan grande como en el jugo original, probablemente debido a cambios en el estado físico de la dispersión.

4. ÍNDICE DE MADUREZ EN LAS FRUTAS

El ratio Brix/acidez es el índice más comúnmente utilizado para medir la madurez y la palatabilidad³ de las frutas (grados Brix leídos en un refractómetro dividido por la concentración de acidez total por titulación).

Son varios los ratios propuestos a través de los años, para medir la madurez de las frutas y establecer los estándares de calidad. Actualmente el ratio Brix/acidez es el más utilizado. Sin embargo, el uso de este ratio ha presentado muchas desventajas. Por ejemplo, en la revisión de la aplicación de este ratio en jugo de toronjas, resultó ser un indicador pobre de la calidad del flavor o la aceptabilidad del consumidor. Otras investigaciones reportaron que este ratio no consideraba la enorme influencia del contenido de ácidos en la predicción de la palatabilidad de las uvas de mesa.

Del mismo modo, en la industria de los cítricos, se reconoció, en 1930, la necesidad de contar con una fórmula más confiable en lugar de este ratio, de modo que se tomara en cuenta la cantidad real de azúcar y ácidos presentes. El conocimiento de los ratios no resultaba ser suficiente para definir la madurez

³ Palatabilidad: cualidad de un producto de ser grato al paladar.

con los niveles de aceptabilidad. De manera similar, se observó que las uvas de baja acidez requerían un ratio más alto que las uvas de más alta acidez para un determinado nivel de aceptabilidad. Un hecho reconocido es que una solución elaborada a 20 °Brix y 2% de ácido y otra a 10°Brix y 1% de ácido sabrán muy diferentes, aunque ellos compartan el mismo ratio de Brix/acidez (10/1).

En este contexto, recientemente un grupo de investigadores de Nueva Zelandia ha propuesto un nuevo índice para reemplazar la relación Brix/acidez, con objeto de superar las desventajas asociadas con este ratio. Este índice permitiría calcular el impacto sensorial de las diferentes combinaciones de azúcares y ácidos en las frutas.

En el nuevo índice propuesto la lectura del Brix es modificado para tomar en cuenta el efecto de los ácidos presentes en la reducción del dulzor. Este índice es llamado "Brim A" (pronunciado "bree-mah) por Brix menos Ácido. Luego:

$$\text{Brim A} = \text{Brix} - K \times \text{acidez total}$$

El valor K refleja la sensibilidad más alta del gusto al ácido que al azúcar, con un rango de 2 a 10, dependiendo quizás de los ácidos y azúcares específicos en la muestra.

La tesis es que el Brim A es un mejor índice que debería reemplazar al ratio, ya que describe las tendencias del sabor suficientemente mejor en el rango de Brix y ácidos normalmente encontrados en las frutas y jugos.

5. INOCUIDAD

En la década de los 90's, la industria del flavor ha alcanzado un importante incremento a nivel mundial. Esta industria se ha extendido

más allá del campo tradicional de los sabores de las frutas (flavor para la industria del chocolate, saborizantes y flavorizantes para los snack foods, etc.).

La globalización de la industria del flavor ha tenido un importante impacto en las actividades de los programas internacionales de evaluación de inocuidad del flavor. Desde 1996, el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios-JEFCA⁴ ha evaluado la inocuidad de más de 600 sustancias del flavor. Del mismo modo, son muy reconocidas las actividades de otras organizaciones regionales y de países comprometidos con la evaluación de la inocuidad de las sustancias flavorizantes. Este es el caso del Panel de Expertos del FEMA en los Estados Unidos⁵ (Flavor and Extract Manufacturers Association of the United States), establecido en 1960.

El Panel de Expertos del FEMA, conformado por toxicólogos, bioquímicos, y otros científicos, conduce un programa independiente de evaluación de la inocuidad de las sustancias del flavor, emitiendo una lista comúnmente conocida como GRAS ("generally recognized as safe").

Las principales actividades del Panel de Expertos del FEMA involucran la evaluación de nuevas sustancias del flavor y, en intervalos regulares, la reevaluación de todas las sustancias del flavor existentes en el GRAS. La primera reevaluación y reconfirmación detallada del GRAS, conocida como "GRAS affirmation" o "GRASA" fue completado en 1985. En 1994 se inició una segunda reevaluación de la inocuidad de todas las sustancias existentes en el GRAS, se estima que esta actividad será culminada para el 2005.

⁴ El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios - JEFCA, es el órgano científico asesor, cuyas actividades son principalmente en el área de preparación de las especificaciones de identidad y pureza de los aditivos alimentarios, cálculo de ingesta de aditivos alimentarios y contaminantes, y propuestas para los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos de origen animal. Los aditivos alimentarios incluidos en las normas del Codex Alimentarius son aditivos evaluados y aprobados por el JEFCA.

⁵ Bajo la autoridad de la Sección 201(s) Federal Food, Drug, and Cosmetic Act.

REFERENCIAS

1. Coultate T. P. 1992. Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia, S.A. España.
 2. Jordan, R., Seely, R. and McGlone, A. 2001. Food Technology. A sensory-based alternative to Brix/Acid ratio.
 3. Kafka, B. 1999. Taste matters. Food Insight. Current Topics in Food Safety and Nutrition. Julio/agosto.
 4. Newberne, P., Smith, R.L., Doull, J., Goodman, J.I., Munro, I.C., Portoghese, P.S., Waddell, W., Wagner, B.M., Weil, C.S., Adams, T. and Hallagan, J. 2000. GRAS flavoring substances 19. Food Technology. 54(6).
 5. JEFCA 1999. Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Prepared by the 51 st Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. World Health Org., Geneva.
 6. ISO 5492:1992 Análisis Sensorial. Vocabulario. Organización Internacional de Normalización.
 7. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias Comisión del Codex Alimentarius. 1999. Volumen 1A. Requisitos Generales.
-