

Por: **Germán Anantasio**
Jesús Abad

Trabajo de investigación llevado a cabo en la estación de investigación San Nicolás -La Mojenera, Almería-, de Seminis Vegetable Seeds Ibérica, S.A.

Hablar de calidad organoléptica resulta, cuanto menos, controvertido. A pesar de la importancia de este carácter en la calidad global del fruto de tomate, diversos hechos han motivado su aplazamiento como objetivo de mejora. Entre los más relevantes está que su repercusión económica ha sido menor que la de todos los caracteres relacionados con la producción y la calidad externa, ya que afecta sólo al segmento consumidor, mientras que los otros inciden directamente sobre los segmentos productivo y distribuidor. Por otra parte, el consumidor generalmente sólo es capaz de valorar este carácter una vez adquirido el producto, con lo cual, el argumento de compra se justifica más por los parámetros de calidad externa que por el sabor. Existe también una reticencia motivada por la falta de clarificación de este concepto y por la supuesta inexistencia de acuerdo entre los consumidores o, si se prefiere, de distintas preferencias en cuanto al «sabor» que gustan percibir en el tomate.

Con toda su complejidad, el problema puede ser sometido a análisis, lo que permitirá descomponer esa envolvente compleja que denominamos «sabor» en parámetros más simples, susceptibles de ser medidos y manipulados en un programa de mejora. Valorar la contribución efectuada por estos componentes y establecer su importancia relativa dentro del conjunto serán pasos previos a estimar las posibilidades reales de mejora de la calidad organoléptica en el tomate.

Para situar el problema dentro del contexto general y comprender, primero, si ha habido una pérdida de las cualidades organolépticas en los cultivares actuales y, si es así, cómo restaurarlas y/o mejorarlas, es conveniente que abordemos el problema desde una perspectiva histórica del cultivo.

Causas de la erosión genética de los componentes del sabor

Cuando los españoles llegaron a México en el siglo XVI, el panorama con el que se encontraron no debía diferir mucho del que aún se observa en muchos mercados mesoamericanos, con toda una diversidad de tipos de tomate de tamaño, formas, colores y rugosidades dispares conviviendo juntos.

El tomate, «tomatl» en lengua nahuatl, era pues una hortaliza totalmente integrada en la cultura azteca, constituyendo una especie más entre el policultivo típico de las milpas y consumida como ingrediente para salsas.

La introducción en Europa tuvo lugar en el mismo siglo XVI con desigual fortuna en cuanto a su éxito se refiere. Las primeras representaciones realizadas por los botánicos europeos muestran frutos muy acostillados y, al menos alguna de estas introducciones debió ser de color amarillo, como atestiguan los nombres *pomodoro* o *pomme d'or*, extendidos en muchas lenguas europeas.

La difusión de su uso en Europa fue, como se ha indicado, variable y mientras en España e Italia tuvo una rápida implantación en las cocinas locales, en el resto de los países del Norte se consideró solamente su uso como ornamental hasta bien entrado el siglo XIX. En esta marginación influiría, con gran probabilidad, que las solanáceas europeas conocidas, tales como la belladona o el beleño, contienen elevadas cantidades de alcaloides que las vuelven altamente venenosas. A finales del siglo XIX el tomate está implantado en prácticamente todo el mundo y existen numerosos ecotipos adaptados a los diferentes gustos y empleos que se le dan.



La selección y mejora de las características deseables en los cultivares de tomate empieza con la domesticación del cultivo, pero no es hasta entrado el siglo XX cuando la mejora vegetal, estructurada en torno a los principios de la herencia postulados por la genética, desarrolla los nuevos métodos de la mejora genética que van a permitir los grandes avances en los cultivos.

Los años cincuenta marcan el inicio de lo que se puede llamar la moderna mejora genética del tomate. Las estructuras económicas y de producción cambian. Los mejoradores son requeridos a dar respuestas a las crecientes demandas del mercado con nuevas variedades de tomates. Estos son algunos de los principales hechos que han determinado los objetivos de la genética moderna en estos años:

- 1.- Aumento de la demanda de tomate durante todo el año.
- 2.- Expansión de los cultivos protegidos.
- 3.- Nuevas zonas productivas alejadas de los cen-

El mercado es cada día más exigente respecto a la calidad organoléptica, lo que conduce a retomar el objetivo todavía pendiente del sabor en el tomate, sobre el que recaen los mayores esfuerzos de la mejora genética

tros de consumo.

4.- Medios de transporte más rápidos y eficaces.

5.- Sofisticación de las técnicas de cultivo.

6.- Intensificación de los cultivos (monocultivo en muchas ocasiones) con el aumento en la incidencia de las enfermedades del suelo.

Las respuestas ofrecidas por la mejora se agrupan en:

- Desarrollo de variedades capaces de ampliar el ciclo de cultivo. Permite la disponibilidad de frutos de to-

mate en los mercados durante todo el año.

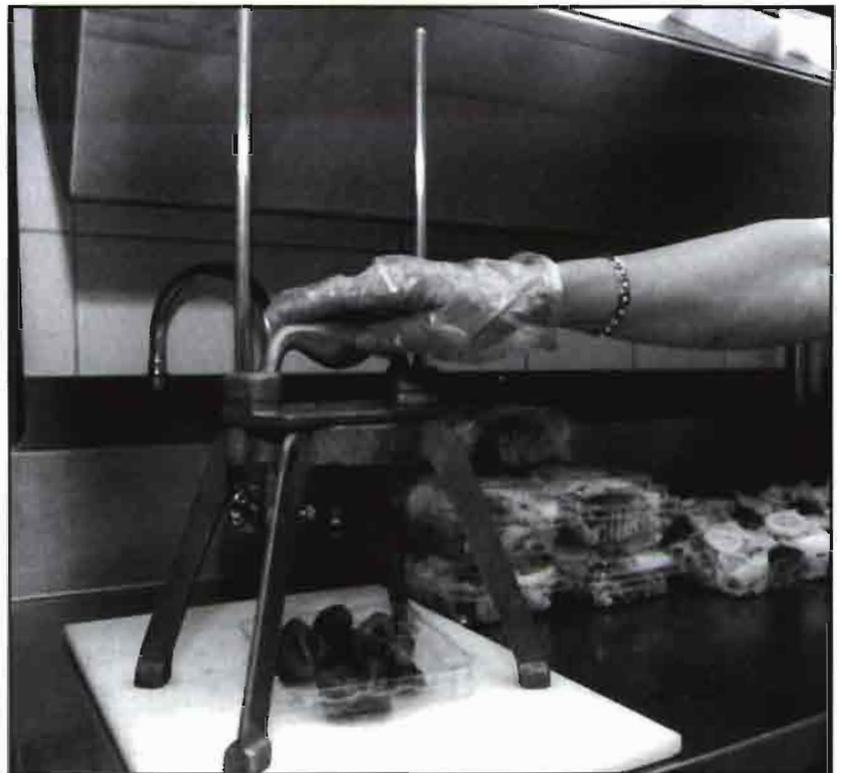
- Incorporación de resistencia genética a patógenos. A cualquier nuevo cultivar se le exige que presente resistencia a los patógenos más importantes. Entre ellos el virus del mosaico del tomate (ToMV), *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (razas 1 y 2), *Verticillium dahliae* y en muchas ocasiones frente a *Meloidogyne* sp (nematodos), *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (Fcr), *Fulvia fulva* (5 razas), *Stemphylium solani* o frente a virosis como el bronceado (TSWV) o el virus de la hoja en cuchara (TYLCV). Esta mejora contribuye a estabilizar las producciones e influye sobre la calidad, al permitir la implantación de métodos de control integrado de plagas y enfermedades con la potencial disminución de residuos tóxicos en el fruto.

Las variedades híbridas FI fueron las respuestas a la demanda de mayores rendimientos en los cultivares. Una segunda característica de los híbridos es su unifor-



midad de la calidad, entendiéndose ésta por calidad externa: aspecto, tamaño, forma, color. También aportan una mayor homeostasis o rusticidad que les permite cuajar frente a condiciones de estrés.

- Comportamiento poscosecha. Hoy por hoy ésta es una de las características principales dentro del concepto calidad. Engloba dos componentes diversas pero a menudo confundidas: firme-



Los avances conseguidos en variedades de tomate han sido notables y su incidencia económica indiscutible.

Sin embargo, ha habido un coste difícil de cuantificar; se ha producido una erosión genética irreversible en la diversidad de la especie

za del fruto y capacidad de conservación en estado maduro (Long Shelf Life).

Estos son los grandes objetivos que han movido la mejora genética del tomate en los últimos cuarenta años. Los avances conseguidos han sido notables y su incidencia económica indiscutible para los sectores implicados. Sin embargo, ha habido un coste muy difícil de cuantificar: se ha producido una erosión

genética irreversible en la diversidad de la especie cultivada. La prioridad exclusiva dada a los objetivos recién enumerados y, en especial, a la mejora para la calidad externa del fruto en detrimento de aspectos internos relacionados con la calidad organoléptica, como son el sabor, aroma, acidez, azúcares y consistencia de la carne, que han quedado relegados. Este proceso ha conllevado que la

calidad externa o de presentación haya mejorado extraordinariamente en los nuevos cultivares respecto a los tradicionales, si bien sus cualidades organolépticas han resultado seriamente afectadas. El mercado, sin embargo, se vuelve cada día más exigente respecto a la calidad organoléptica, lo que conduce a retomar el objetivo todavía pendiente del sabor en el tomate, sobre el que van a recaer los mayores esfuerzos de la mejora genética.

¿A qué es atribuible el sabor?

El objeto de nuestro trabajo no es otro que el de obtener variedades híbridas de tomate que satisfagan plenamente al consumidor en la percepción del sabor; no se trata de obtener una mejora en un carácter objetivo y predefinido. Existe, por tanto, la necesidad de realizar un trabajo previo para definir qué caracteres y componentes son los que determinan este buen sabor. Este trabajo debe, además, ser realizado sobre un consumidor y unos materiales lo más cercanos

A la izquierda, variedades de tomates expuestas para la venta en la subasta almeriense Agrupaejido. En el centro, proceso de selección de las variedades en la cooperativa Las Hortichuelas. Al lado, elaboración de ensaladas con tomate en un «fast food», donde la apariencia externa, dureza y el sabor de las variedades son características esenciales.

Debajo, tomates Larga Vida, protagonistas, sin duda, de una gran revolución.

posible a aquellos que van a definir la relación final de nuestra variedad con el consumidor.

Métodos para evaluar el sabor

Los métodos que se utilizan para la evaluación del sabor son básicamente dos: el estudio de la aceptación del consumidor y la utilización de paneles de catadores.

Cuadro 1:
Tipos de Test de cata organolépticas más utilizados en tomate

METODO	DESCRIPCION	UTILIDAD
TEST DE COMPARACION POR PARES "paired comparison method"	En este test se someten a la cata dos muestras, debiendo los jueces indicar cual tiene mejor sabor. Se trata de un método básico del que se derivan otros como el de triángulos.	
METODO DE TRIANGULOS "triangle method"	A los jueces se les da tres muestras, dos de las cuales son duplicados. Deben evaluar si hay diferencias entre las muestras.	Especialmente indicado para determinar pequeñas diferencias en las muestras.
TEST DE RANGOS "ranking test"	Los jueces deben determinar rangos en las muestras en orden creciente o decreciente de acuerdo con su intensidad en el sabor. Paralelamente para determinar si las diferencias entre el mayor y el menor son significativas, se debe utilizar un test de triángulos entre estas.	Utilizado para determinar preferencias.
ASIGNACION CALIFICACIONES NUMERICAS "numerical scoring method"	Se trata de asignar una calificación numérica a cada muestra. El principal problema de este método es la pérdida de consistencia y de referencia constante.	Es el método más usado. Utilizado en todos los trabajos de evaluación de los parámetros sensoriales.
TEST DE ADICION	Se realizan adiciones de los compuestos estudiados en cantidades crecientes y se asocia cada adición a un test triangular, comprobándose si la adición de un compuesto permite diferenciar entre dos muestras de un mismo fruto. (REF)	Para determinar la importancia individual de cada uno de los compuestos químicos estudiados. Especialmente utilizado para el estudio del efecto de los componentes volátiles.

El estudio mediante entrevistas de la aceptación del consumidor es de especial interés cuando se trata de introducir un nuevo producto en el mercado.

Como en toda técnica de muestreo estadístico, es importante el número de consumidores encuestados, así como su perfil sociológico para la validez de los resultados. Se trata, no obstante, de un método caro para aplicarlo en controles rutinarios.

En cuanto a la utilización de un panel de catadores, requiere de una serie de requisitos tales como el número y la cualificación de los catadores, el modo de presentación de la muestra y las condiciones del lugar donde se realiza la cata.

El estudio de la aceptación del consumidor y la utilización de paneles de catadores son los métodos utilizados para evaluar el sabor

Una vez analizada la aceptación de los frutos de tomate mediante la cata y conociendo paralelamente la composición química de estos frutos, que habremos medido sobre una porción de los mismos materiales sometidos a cata, se

trata de averiguar qué compuestos químicos influyen de forma favorable o desfavorable en la aceptación del sabor de los frutos analizados. Para ello se aplica un modelo de regresión lineal, en el que se considera como variable dependiente los valores obtenidos por los distintos materiales en el test de evaluación organoléptica (utilizando un test de calificaciones numéricas). Como variable independiente se consideran los valores de la concentración de los compuestos químicos que se estudian en las muestras sometidas a cata.

Con el modelo se puede evaluar la bondad del ajuste a una relación lineal entre estas dos variables. El nivel de significación de las estadísti-

cas obtenidas tiene una interpretación biológica: nos permitirá identificar la existencia de relación entre un componente determinado y la aceptación del sabor, así como el grado en que este componente determina esta aceptación. De este modo, se podrá conocer la importancia relativa de cada uno de los compuestos químicos considerados en el sabor, así como el porcentaje de variación en la aceptación que es explicable en función de los factores que estamos considerando, en este caso los compuestos químicos del fruto.

En los experimentos realizados en la Estación de Investigación de Seminis Vegetable Seeds Ibérica, se analizó la correlación del conte-

nido en sólidos solubles, ácidos valorables y pH con la aceptación del sabor por parte de un grupo de catadores. Su utilizaron 15 híbridos para consumo en fresco de distinto calibre. Se analizó también la correlación con el producto de los contenidos en sólidos solubles y azúcares reductores, considerando de este modo el efecto de la elevación simultánea de ambos componentes.

Se obtuvieron resultados que claramente confirman la importancia de las concentraciones de azúcares (medidos como sólidos solubles) y ácidos (ácidos valorables considerados como cítrico) en la aceptación del sabor, sin que sea posible diferenciar en cuanto a la importancia relativa de su contribución entre azúcares y ácidos. No se observó la existencia de rela-

y glucosa) y ácidos orgánicos (cítrico y málico fundamentalmente).

Los contenidos de azúcares y ácidos en el fruto de tomate están claramente relacionados con la aceptación por parte del consumidor. Los contenidos bajos en estos compuestos pueden provocar el rechazo del consumidor, atribuyéndoles una «ausencia de sabor». Los trabajos realizados apoyan inequívocamente esta afirmación sin que haya un acuerdo sobre cuál de estos dos grupos de compuestos es más determinante en la aceptación.

Los azúcares, glucosa y fructosa, se encuentran en proporciones que oscilan entre el 2 y el 3.5% de peso fresco. Las cantidades de ácidos orgánicos oscilan entre el 0.3 y el 0.9%, de los cuales entre el 50 y el 90% lo constituye el ácido cítrico y entre el 10 y el 50% el ácido málico.

Debe haber una relación equilibrada entre las concentraciones de azúcares y ácidos para que el sabor percibido sea agradable. Un fruto con valores elevados de azú-

cares y bajos de ácidos y viceversa, parece responder a un sabor «raro» que no recibe la aceptación del consumidor. Los trabajos de cata con adición de azúcares y/o ácidos muestran cómo a partir de un punto la adición de ácidos, manteniendo constante el contenido en azúcares, influye negativamente en la aceptación en la cata.

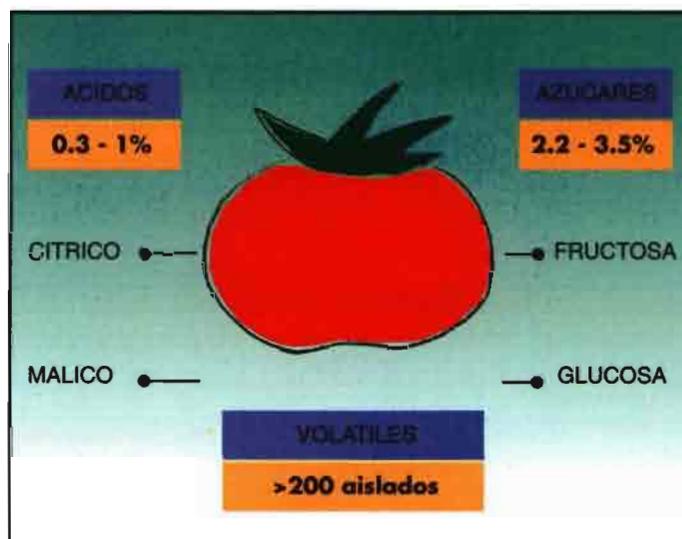
El segundo grupo lo constituyen los compuestos aromáticos que, a pesar de su bajísima concentración, son detectados por los órganos gustativos y olfatorios, debido a su carácter volátil, imprimiendo al tomate su aroma característico. Su aislamiento, identificación y utilización en tecnología de los alimentos permite hoy en día

Los azúcares y ácidos, por ser mayoritarios en el fruto, establecen y determinan gradaciones en la aceptación del sabor del fruto. El fruto maduro acumula azúcares monoméricos (fructosa y glucosa) y ácidos orgánicos, cítrico y málico sobre todo

ción significativa ente pH y sabor.

Se pueden señalar dos grandes grupos de compuestos que determinan el sabor del tomate: Un primer grupo estaría constituido por los azúcares y ácidos. Estos compuestos, por ser mayoritarios en el fruto de tomate, establecen y determinan gradaciones en la aceptación del sabor del fruto. El fruto de tomate maduro acumula azúcares monoméricos (fructosa

Figura 1:
Componentes que determinan el sabor en el tomate



Firmeza y capacidad de conservación en estado maduro son dos inputs de calidad muy apreciados.

Cuadro 2: Principales compuestos aromáticos del fruto del tomate

COMPUESTO	IMPORTANCIA	AROMA
ALDEHIDOS		
Hexanal.	El de mayor contribución al olor del tomate en base a su valor aromático*.	Verde oleoso.
Trans-2-hexenal Cis-3-hexenal.	De alto valor aromático (REF).	Verde herbáceo.
Acetaldehído.	Si bien está presente en cantidades importantes, su importancia es desconocida en el tomate.	Responsable del aroma fresco a naranja.
TIAZOLES		
2-isobutiltiazol.	Valor aromático alto (REF). Destacado por Stevens (REF) por su capacidad de establecer diferencias entre cultivares. Es utilizado para intensificar el aroma de los productos a base de tomate (REF).	Afrutado dulce herbáceo.
CETONAS		
6-metil-5-hepten-2-ona 1-penten-3-ona Geranilacetona.	Valor aromático alto (REF). No existen diferencias en función de las fechas de recogida de fruto. Si existen en función de los cultivares.	Afrutado.
ALCOHOLES		
Etanol, cis-3-hexenol, octanol, eugenol.	Aunque en cantidades significativas no muestran diferencia importantes entre cultivares. Si muestran diferencias en función del grado de madurez.	
ESTERES		
Etilhexanoato.	No muestra diferencias entre los cultivares.	Responsable del aroma de las frutas

*VALOR AROMÁTICO

Concentración del compuesto en el alimento partido por su concentración umbral olfatoria.



El comportamiento poscosecha es una de las características principales en el concepto calidad del tomate..

comer patatas con sabor a jamón o «delicias de cangrejo» a base de pescado. Entre los principales compuestos volátiles del fruto de tomate se encuentran el hexanal, 2-isobutiltiazol, 3-hexenal, beta-ionona, beta-da-

mascenona, 1-penten-3-ona, 3-metilbutanol y 2-hexenal. Finalmente, es posible descomponer el carácter sabor en varios parámetros que podemos denominar sensoriales. Se pueden establecer cuatro componentes sensoria-

les que conforman el sabor en el tomate: «dulzor», «acidez», «sabor a tomate» (tomato-like) y «sabor global» o palatabilidad (overall flavor). Se han realizado trabajos considerando estos parámetros sensoriales, relacionándolos con diversos compuestos químicos.

Hacia nuevas variedades con sabor mejorado

Las posibilidades de mejora en la calidad organoléptica del tomate son dos: una será derivar nuevos cultivares partiendo de las actuales líneas mejoradas y de los cultivares tradicionales. En todo el mundo avanzado se tiene actualmente conciencia del gran valor que supone el acervo genético representado por nuestros ecotipos como fuente de recursos fitogenéticos para el futuro. El otro camino pasa por la explotación de los re-

ursos extraespecíficos o de las especies silvestres relacionadas con el tomate cultivado.

El convencimiento de la necesidad de mejora de las características organolépticas del fruto de tomate ha hecho que el equipo de mejora de tomate de Seminis Vegetable Seeds Ibérica venga realizando, en nuestra estación de investigación de Almería, diversas acciones que están conduciendo a la obtención de variedades híbridas de tomate con características organolépticas mejoradas.

La base de este trabajo no es otra que la de invertir el proceso de «erosión genética» descrito anteriormente. Se trata, por tanto, de realizar una reintrogresión del carácter sabor. Para ello se están llevando a cabo varias líneas de trabajo paralelas que permiten obtener resulta-

Debe haber una relación equilibrada entre las concentraciones de azúcares y ácidos para que el sabor sea agradable

dos en distintos plazos.

En primer lugar, se ha vuelto hacia atrás en el proceso de mejora, recuperando materiales en base a sus elevados valores de compuestos responsables de sabor, que han sido actualizados, manteniendo los niveles de azúcares y ácidos, de manera que están permitiendo la obtención de híbridos de elevados niveles de estos compuestos responsables del sabor.

La segunda línea de trabajo va más lejos, ya que se trata de buscar fuentes de va-

Cuadro 3:

Parámetros sensoriales que componen el sabor en tomate y sus relaciones

	Relacionado con	Influido por	Observaciones
DULZOR	Azúcares y Sólidos solubles.	La acidez alta puede disminuir la sensación de dulzor.	Parece existir una curva de saturación en la relación azúcares-dulzor (REF). A partir de un punto puede haber otros componentes que expliquen el resto de variación.
ACIDEZ	Acidos valorables.	A baja concentración de ácidos los azúcares pueden disminuir la sensación de acidez.	El efecto de los azúcares sobre acidez es menor que el de ácidos sobre azúcares.
SABOR A TOMATE	Azúcares y algunos compuestos volátiles.		Se trata de un carácter complejo al estar claramente relacionados varios compuestos volátiles sin destacar claramente ninguno de ellos.
SABOR GLOBAL (PALATABILIDAD)	Azúcares y ácidos. Algunos trabajos muestran mayor relación con azúcares y otros con ácidos.		Este carácter viene determinado por una interacción entre azúcares y ácidos.

riación para este carácter entre las especies silvestres de tomate. Identificadas estas fuentes y conociendo la herencia de los caracteres responsables del sabor, se está procediendo a una cuidadosa introgresión de estos caracteres en nuestras líneas de mejora.

Al realizar un proceso de mejora particularizado, y teniendo en cuenta que se parte de valores muy elevados de azúcares y ácidos en las fuentes de variación, se prevé obtener líneas de valores notables de azúcares y ácidos que permitan realizar distintas combinaciones en la producción de híbridos, al objeto de disponer de híbridos «a la carta» poseedores de distintas proporciones relativas de azúcares y ácidos, determinantes de la aceptación selectiva del consumidor. Se podrá hablar de una variedad «ácida»,



El consumidor es cada día más exigente en cuanto a calidad organoléptica, lo que conduce a una difícil tarea de investigación.

«dulce», «equilibrada», etc...

Resulta, además, imprescindible avanzar en el conocimiento de la fisiología de estos caracteres. Muchos de los trabajos de estudio de la fisiología de los niveles de azúcares y ácidos en el fruto de tomate se han realizado con materiales muy distantes a los utilizados en la producción intensiva para consumo en fresco.

Hemos realizado, y continuamos realizando, trabajos de estudio de las relaciones entre los niveles de azúcares y ácidos y producción, arquitectura de la planta y procesos enzimáticos implicados. Esto está permitiendo, además de establecer las limitaciones en la expresión de los caracteres de sabor, identificar procesos enzimáticos capitales en la expresión de estos caracteres, al objeto de establecer puntos de interés sobre los que ejercer la presión de mejora.