

RESUMEN

En el contexto actual de creciente competitividad en los mercados, el sector citrícola español, que es el primer exportador a nivel mundial, se enfrenta al reto de ampliar su oferta con variedades de calidad superior. Para ello, en el caso de las mandarinas, se está apostando principalmente por la introducción de híbridos triploides, sin semillas, y, en el caso de las naranjas, se ha puesto el foco en la reintroducción de variedades sanguinas, principalmente procedentes de otros países.

Esta tesis consta de dos partes. En la primera, se llevaron a cabo estudios con consumidores con el objetivo de conocer en profundidad los diferentes perfiles de consumidores de cítricos, tanto españoles como de otros países, para poder adaptar así la oferta a las preferencias y necesidades de los consumidores. La segunda parte se centra en la fisiología de las naranjas sanguinas, principalmente en los procesos relacionados con la síntesis de aromas y de antocianinas, estas últimas responsables del color rojo característico de estas variedades.

En el **Capítulo I** se presenta un estudio *cross-cultural* orientado a identificar los atributos organolépticos de las mandarinas que son clave para la satisfacción de los consumidores españoles e italianos. Los resultados mostraron que los consumidores de ambos países pueden dividirse en dos grupos: “consumidores centrados en las percepciones en boca” y “consumidores multisensoriales”. Atributos como ‘dulce’, ‘equilibrio dulce-ácido’, ‘sabor intenso’, ‘jugoso’ y ‘no fibroso’ fueron atributos organolépticos clave para la satisfacción de ambos grupos. Para los “consumidores multisensoriales” fueron importantes también el color de la pulpa y atributos relacionados con la facilidad de consumo, como ‘fácil de pelar’ y ‘sin semillas’. La proporción de “consumidores multisensoriales” fue mayor en España (59 %) que en Italia (48 %).

En el **Capítulo II** se evaluó la utilización de la técnica CATA (*Check-All-That-Apply*) en combinación con la descripción del Producto Ideal para seleccionar nuevas variedades de mandarina obtenidas en el programa de mejora del IVIA. Para ello, 134 consumidores de cítricos evaluaron cuatro nuevas variedades (‘Pri-88’, ‘Pri-89’, ‘Pri-90’ y ‘Tri-707’) en comparación con dos de sus parentales, las variedades ‘Clemenules’ y ‘Oronules’, ambas de importancia comercial y con las que coinciden en periodo de recolección. Los resultados revelaron que existen dos perfiles de preferencia entre los consumidores. Sin embargo, ambos grupos usaron los mismos atributos para describir su mandarina ideal (‘sabor refrescante’, ‘muy aromática’, ‘dulce’, ‘jugosa’, ‘sabor muy intenso’, ‘ácida’ y ‘poco fibrosa’), lo que sugiere que el uso de los atributos está condicionado por las preferencias. Entre las nuevas variedades evaluadas, la ‘Pri-89’ y la ‘Tri-707’ fueron las preferidas de uno de los perfiles de consumidor, gustando más que su parental ‘Clemenules’ y, por lo tanto, suponiendo una mejora de la calidad organoléptica respecto a esta. El otro grupo de consumidores mostró preferencia por la ‘Pri-90’, variedad que resulta especialmente adecuada para los consumidores sensibles al amargor y a las mandarinas con cierto nivel de acidez.

Uno de los objetivos del programa de mejora de mandarinas del IVIA es obtener nuevas variedades de mandarinas pigmentadas. Estas nuevas variedades son híbridos que se obtienen mediante cruces entre naranjas sanguinas y mandarinas tradicionales, y pueden presentar una amplia gama de coloración de pulpa. En el **Capítulo III** de esta tesis se evaluó la influencia de la intensidad de pigmentación rojiza de la pulpa de estas variedades (ligera, media e intensa) en su aceptación por parte de consumidores españoles e italianos. El estudio se basó en un cuestionario en línea con imágenes de mandarinas de diferentes intensidades de pigmentación. La mitad de los participantes de cada país recibieron información sobre las propiedades beneficiosas para la salud que estas variedades pigmentadas presentan debido a su alto contenido en antocianinas. La otra mitad no recibió esta información. En general, los consumidores italianos se mostraron más receptivos a las nuevas mandarinas pigmentadas, probablemente debido a su familiaridad con las naranjas sanguinas, y mostraron una buena intención de compra hacia las mandarinas de pigmentación ligera y media. Los consumidores españoles, menos familiarizados con las naranjas sanguinas, mostraron preferencia por las mandarinas ligeramente pigmentadas. Una pigmentación muy intensa de la pulpa no resultó atractiva para los consumidores de ninguno de los dos países. La información relacionada con los beneficios para la salud de estas mandarinas tuvo un efecto positivo en la aceptación de los consumidores españoles, mientras que no tuvo un impacto significativo sobre la actitud de los consumidores italianos.

Con el objetivo de profundizar en el conocimiento del consumidor de naranjas y entender el posible efecto del contexto cultural en su comportamiento respecto a la naranja tradicional (blanca) y la naranja sanguina, en el **Capítulo IV** se evaluaron las barreras y motivaciones al consumo, los contextos de consumo y los atributos organolépticos clave para los consumidores de cuatro países (China, España, Italia y México). Los datos obtenidos mostraron que Italia lidera en consumo y disponibilidad de naranjas sanguinas. Las principales motivaciones para consumir ambos tipos de naranja fueron el “liking” y las “propiedades saludables”, independientemente del país. Sin embargo, se identificaron diferencias importantes en los contextos y barreras al consumo en función de la nacionalidad. Si bien ambos tipos de naranja pueden coexistir en los mercados con amplios niveles de consumo, como ocurre en Italia, para alcanzar este equilibrio se requieren estrategias diseñadas específicamente para cada país.

La información generada en los estudios con consumidores incluidos en la primera parte de esta tesis puede ser de gran utilidad, tanto para los mejoradores de cítricos a la hora de establecer sus objetivos de calidad, como para el sector citrícola a la hora de adaptar la oferta a las preferencias de los consumidores.

La segunda parte de esta tesis, centrada en la fisiología de las naranjas sanguinas, engloba los capítulos V, VI y VII. En el **Capítulo V** se evaluó el perfil de compuestos volátiles de tres variedades de naranja sanguina (‘Tarocco Rosso’, ‘Moro’ y ‘Sanguinelli’) en comparación con tres variedades no sanguinas (‘Cadenera’, ‘Salustiana’ y ‘Hamlin’). Además, en las variedades sanguinas se compararon muestras de naranjas con pulpa ligera e intensamente pigmentada para determinar si la concentración de azúcares y el

perfil de compuestos volátiles dependen del grado de pigmentación. Los resultados mostraron que las naranjas sanguinas no tienen un perfil aromático exclusivo que las distinga de las naranjas no sanguinas. Además, se observó que las muestras de sanguinas intensamente pigmentadas tienen una mayor concentración de azúcares, principalmente sacarosa, así como de ciertos compuestos volátiles (etanol, acetato de etilo, etil-2-metil butanoato y etil-2-butenato) en comparación con las menos pigmentadas. Estos resultados sugieren que no solo existe una relación metabólica entre los azúcares y las antocianinas, sino que también puede haber una interacción entre las vías biosintéticas de las antocianinas y los compuestos aromáticos.

En el **Capítulo VI**, profundizando en el estudio de los compuestos volátiles de las naranjas sanguinas, se evaluó la evolución del perfil aromático durante las últimas etapas del proceso de maduración de la variedad 'Tarocco Ippolito'. Esta variedad se seleccionó para su estudio debido al creciente interés comercial que está despertando. Entre los compuestos volátiles identificados se observaron tres patrones de evolución durante la etapa de maduración del fruto: 1) compuestos cuya concentración disminuye, entre los que se encuentran mayoritariamente aldehídos; 2) compuestos cuya concentración aumenta, mayoritariamente ésteres y monoterpenos, y 3) compuestos cuya concentración permanece estable, entre los que se encuentran compuestos relevantes para el aroma de los cítricos como el valenceno y el D-limoneno.

Por último, en el **Capítulo VII** se evaluó la implicación de distintos factores medioambientales (amplitud térmica, exposición al frío y radiación solar) en la acumulación de antocianinas en la naranja sanguina 'Tarocco Ippolito'. Para ello, durante tres campañas consecutivas se recogieron los datos meteorológicos y se hizo un seguimiento del fruto para determinar el momento en que se inició la síntesis de antocianinas tanto en la piel como en la pulpa. Lo primero que se observó es que la síntesis de antocianinas en la pulpa y la piel de esta variedad no se produce simultáneamente, ya que en la pulpa se inició entre 8 y 15 días antes que en la piel. De los tres factores ambientales evaluados, la exposición al frío se identificó como el factor clave para que la síntesis de antocianinas se inicie. Se evaluaron cuatro modelos de cálculo de requerimientos de frío: Horas Frío, Utah, Utah Positivo y el modelo Dinámico. Los modelos Dinámico y Utah Positivo revelaron que existen unos requerimientos específicos de frío para que se inicie la síntesis de antocianinas. La acumulación de antocianinas en la pulpa de 'Tarocco Ippolito' comenzó tras una acumulación de 4-5 porciones de frío (modelo Dinámico) y aproximadamente 128 unidades de frío (modelo Utah Positivo), mientras que el inicio del proceso en la piel se asoció con ≈ 10 porciones de frío y ≈ 240 unidades de frío.

Los tres estudios presentados en la segunda parte de esta tesis tienen un gran valor científico, ya que suponen un avance importante en el conocimiento de la fisiología de las naranjas sanguinas. Además, conocer los requerimientos de frío para el inicio de la síntesis de antocianinas puede ser de gran ayuda a la hora de decidir las regiones idóneas para el cultivo de la variedad 'Tarocco Ippolito'. La identificación de los modelos más

adecuados para ello, abren la puerta a calcular las necesidades específicas de frío de diferentes variedades.