

**Parámetros fisicoquímicos y sensorial de la naranja (*Citrus sinensis*) para procesos
industriales**

Claudia Marcela Rubio Cárdenas

Asesora

Magda Piedad Valdés Restrepo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia–UNAD–
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI

Tecnología en Calidad Alimentaria

2025

Resumen

La naranja (*Citrus sinensis*) o comúnmente conocida como naranja dulce, hace parte del grupo de frutas cítrica con gran demanda en la industria alimentaria, esto debido a sus propiedades nutricionales y organolépticas, al igual que su versatilidad en la elaboración de diferentes productos. El consumo de naranja dulce ofrece beneficios importantes para la salud, como el fortalecimiento del sistema inmunológico gracias a su contenido de vitamina C, la protección contra enfermedades crónicas por sus antioxidantes, y la mejora de la digestión debido a su fibra. Además, regula la presión arterial, favorece la salud cardiovascular, promueve una piel saludable y ayuda en el control del peso por su bajo aporte calórico, sin embargo, su procesamiento industrial presenta bastantes retos relacionados con la conservación de sus características fisicoquímicas y sensoriales como el pH, acidez, sabor, color y textura que son de gran importancia para mantener la calidad del producto final. Esta monografía tiene como objetivo identificar los principales parámetros fisicoquímicos y sensoriales en el fruto de naranja (*citrus sinensis*), así como su comportamiento como materia prima en procesos industriales.

Palabra clave: Calidad, procesamiento, conservación, sensoriales, fruto

Abstract

The orange (*Citrus sinensis*), commonly known as the sweet orange, is part of the group of citrus fruits with high demand in the food industry due to its nutritional and organoleptic properties, as well as its versatility in the production of different products. The consumption of sweet orange offers important health benefits, such as strengthening the immune system thanks to its vitamin C content, protection against chronic diseases due to its antioxidants, and improved digestion due to its fiber. In addition, it regulates blood pressure, promotes cardiovascular health, promotes healthy skin, and aids in weight control due to its low caloric intake. However, its industrial processing presents many challenges related to the preservation of its physicochemical and sensory characteristics such as pH, acidity, flavor, color, and texture, which are of great importance to maintain the quality of the final product. This monograph aims to identify the main physicochemical and sensory parameters of the orange fruit (*Citrus sinensis*), as well as its behavior as a raw material in industrial processes.

Keyword: Quality, processing, preservation, sensory, fruit

Tabla de Contenido

Introducción.....	6
Planteamiento del Problema.....	8
Preguntas de Investigación.....	10
Justificación.....	11
Objetivos.....	13
Metodología.....	14
Marco Conceptual.....	15
Parámetros Físicoquímicos.....	15
<i>Acidez y pH</i>	15
<i>Sólidos</i>	15
<i>Color</i>	15
<i>Textura</i>	15
<i>Contenido de Vitamina C (Ácido Ascórbico)</i>	16
Parámetros Sensoriales.....	16
<i>Sabor</i>	16
<i>Aroma</i>	16
<i>Color</i>	16
<i>Textura</i>	16
Procesos Industriales de la Naranja Dulce.....	17
Producción.....	17
Extracción.....	17
Producción.....	17
Calidad y Aceptación del Consumidor.....	18
Estandarización.....	18
Aceptación.....	18
Marco Teórico.....	19
Taxonomía y Morfología de la Naranja.....	19
<i>Clasificación</i>	19
Origen de la Naranja Dulce (<i>Citrus Sinensis</i>).....	20
Principales Variedades y sus Características.....	21
<i>Naranjas Comunes (También Conocidas como Naranjas Rubias o Blancas)</i>	21
<i>Naranjas de Ombligo (Navel)</i>	22

Composición Química.....	23
Parámetros Fisicoquímicos.....	24
<i>Principales Parámetros Físicos de la Naranja Dulce</i>	24
<i>pH: Importancia en la Conservación y Procesamiento.</i>	25
<i>Acidez: Métodos de Medición y su Impacto en la Calidad.</i>	26
<i>Brix: Relación entre el Contenido de Azúcar y la Madurez</i>	26
<i>Densidad: Evaluación y su Importancia en Productos Industriales.</i>	27
<i>Vitamina C (ácido ascórbico): Evaluación y su Importancia en Productos Industriales.</i>	27
<i>Compuestos Fenólicos y Flavonoides</i>	28
Propiedades Sensoriales	29
<i>Sabor y Aroma: Compuestos que Afectan el Perfil Sensorial.</i>	29
<i>Textura: Evaluación de la Pulpa y su Impacto en Productos Procesados.</i>	30
<i>Atributos Visuales: Color y Apariencia en el Mercado.</i>	30
Aplicaciones en la Industria	31
Métodos de Análisis	32
<i>Técnicas Utilizadas para Evaluar Parámetros Fisicoquímicos.</i>	32
<i>Métodos de Evaluación Sensorial (Paneles de Degustación, Pruebas de Aceptación).</i>	32
Factores que Afectan la Calidad.....	33
<i>Condiciones de Cultivo: Suelo, Clima, Riego y Manejo Agrícola.</i>	33
<i>Postcosecha: Almacenamiento, Transporte y Procesamiento.</i>	34
Normativas y Estándares	34
<i>Legislación Relacionada con la Calidad y Comercialización de la Naranja Dulce.</i>	34
<i>Estándares Internacionales para la Exportación.</i>	35
Conclusiones	36
Recomendaciones.....	37
Referencias Bibliográficas	39

Introducción

La naranja (*Citrus sinensis*), también conocida como naranja dulce, es uno de los cítricos más importantes a nivel mundial esto debido a su uso amplio uso en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica (Ferrer et al., 2022). Esta fruta se caracteriza por sus propiedades nutricionales, fisicoquímicas y sensoriales, las cuales son fundamentales para su uso en la elaboración de productos como jugos, aceites esenciales, especias y otros derivados industriales (Seminara et al., 2023). El aumento de la demanda de productos a base de naranja dulce ha llevado a la mejora en los procesos industriales para optimizar factores como la calidad y eficiencia del procesamiento. En el sector industrial, parámetros fisicoquímicos como el contenido de sólidos solubles, pH, acidez y concentración de aceites esenciales entre otros, son importantes para asegurar la estabilidad y calidad del producto final. Estos parámetros afectan no sólo a la eficiencia de los procesos de extracción y conservación, sino que también determinan la composición química de los productos derivados (Daniati et al., 2023). Por otro lado, atributos sensoriales como el color, el aroma, la textura y el sabor son cruciales para la aceptación de un producto por parte del consumidor, y mantenerlos durante todo el proceso es clave para el éxito comercial de los productos de naranja dulce (Mengzhu et al., 2019).

El objetivo de esta monografía es brindar una revisión detallada y sistemática de la literatura científica existente sobre los parámetros físicos, químicos y sensoriales de la naranja dulce, enfocándose en su uso en procesos industriales, y a través de su recopilación y análisis, se pretende identificar los más importantes factores de calidad, de las naranjas y proponer mejores prácticas que se puedan implementar en la industria para optimizar resultados, para ello se realizaron estudios analizando la composición química de las naranjas, los métodos de procesamiento más comunes y sus efectos en los sentidos, así como los factores fisicoquímicos propios del fruto finalmente, esta recopilación permitió obtener una comprensión integral de la

importancia de los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de las naranjas dulces en la industria moderna, enfatizando la importancia de estos factores en el desarrollo de productos innovadores y competitivos, tanto a nivel nacional como internacional.

Planteamiento del Problema

La naranja dulce (*Citrus sinensis*) es una de las frutas más consumidas y valoradas a nivel mundial, tanto en su estado fresco como procesada en diferentes productos industriales, incluyendo jugos, concentrados, aceites esenciales entre otros; sin embargo, la calidad de estos productos depende directamente de los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la fruta, que a su vez están influenciados por factores como la variedad, las condiciones de cultivo, el manejo postcosecha y los procesos de transformación industrial; estas variables generan una amplia variabilidad en las características finales de los productos, lo que representan un desafío para garantizar la calidad, la estandarización y la satisfacción del consumidor (Onwude et al., 2024).

Entre los parámetros fisicoquímicos más relevantes destacan el contenido de sólidos solubles, la acidez titulable, el pH, el contenido de vitamina C y los compuestos fenólicos. Estos elementos determinan no solo el sabor y la frescura del producto, sino también su valor nutritivo y su capacidad antioxidante, factores clave en el mercado donde los consumidores demandan alimentos saludables y funcionales (Sado et al., 2022). Por otro lado, las características sensoriales como el color, el aroma, y la textura son determinantes en la percepción de calidad y aceptación del consumidor, especialmente en productos industrializados como jugos y derivados (Barbosa et al., 2023). La falta de estandarización en estos parámetros puede resultar en productos menos competitivos, afectando tanto a las industrias procesadoras como a los productores de materia prima.

En el ámbito industrial, la medición y control de estos parámetros son esenciales para el desarrollo de productos consistentes y de alta calidad (Sado et al., 2022). Sin embargo, existe una notable diferencia en los estándares utilizados por diferentes industrias, lo que dificulta la comparación entre productos y la implementación de mejores prácticas. Además, la falta de

información consolidada sobre las características fisicoquímicas y sensoriales óptimas para cada tipo de proceso industrial limita el desarrollo de tecnologías más eficientes y sostenibles (Wu et al., 2022).

Por otro lado, el impacto de los factores climáticos y agronómicos sobre los parámetros de calidad de la naranja dulce añade una capa adicional de complejidad. Cambios en las temperaturas, las precipitaciones y las prácticas de manejo agrícola pueden alterar significativamente la composición química y las propiedades organolépticas de la fruta. En este contexto, se vuelve crucial compilar y analizar la información existente sobre los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la naranja dulce, así como su relación con las distintas etapas de los procesos industriales (Onwude et al., 2024).

Este trabajo respondió a preguntas clave como: ¿cuáles son los parámetros fisicoquímicos y sensoriales más relevantes de la naranja dulce en los procesos industriales?, ¿Cómo influyen estos parámetros en la calidad y aceptación de los productos derivados?, y ¿qué estrategias se pueden implementar para estandarizarlos y optimizar los procesos? La recopilación de información sobre este tema no solo contribuyó al conocimiento científico y técnico, sino que también resultó útil para agricultores, procesadores y tomadores de decisiones interesados en mejorar la calidad y la competitividad de los productos a base de naranja dulce en el mercado.

Con base en lo anterior, la presente monografía se enfocó en compilar, analizar y sistematizar la información existente sobre los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la naranja dulce, con el objetivo de brindar una herramienta útil para la mejora continua en los procesos industriales y la satisfacción del consumidor final.

Preguntas de Investigación

¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos y sensoriales más relevantes en la calidad de la naranja dulce y sus productos derivados?

Justificación

La naranja dulce (*Citrus sinensis*) es una fruta no climatérica, lo que significa que no madura después de ser cosechada. Esta característica exige un manejo adecuado durante su recolección, almacenamiento y transporte para preservar su calidad y minimizar las pérdidas. Además, al ser una fruta perecedera, presenta limitaciones en su tiempo de vida útil, lo que representa un desafío para su comercialización en fresco y un impulso para su procesamiento industrial. Estas condiciones hacen indispensable estudiar y comprender los parámetros físicoquímicos y sensoriales que determinan su calidad, tanto para el consumo directo como para su transformación en diversos productos (Onwude et al., 2024).

La naranja dulce tiene una alta producción mundial y, en muchas regiones ofrece dos cosechas al año. Este factor asegura una oferta constante, pero también implica la necesidad de optimizar los procesos industriales para evitar desperdicios y garantizar un uso eficiente de los recursos. Sin embargo, su alta disponibilidad también genera grandes volúmenes de residuos, como cáscaras, semillas y pulpa no utilizada, que puede representar un problema ambiental si no se manejan adecuadamente. Estos subproductos tienen un alto potencial para ser aprovechados en aplicaciones industriales, como la extracción de aceites esenciales, la producción de biofertilizantes, la elaboración de alimentos para animales y el desarrollo de bioplásticos o biocombustibles (Chaparro-Zambrano et al., 2014).

Desde la perspectiva industrial, los parámetros físicoquímicos como el contenido de sólidos solubles, acidez titulable, pH, vitamina C y compuestos fenólicos, junto con las características sensoriales como sabor, aroma, color y textura, son esenciales para garantizar la calidad de los productos derivados. Establecer y estandarizar estos parámetros permite no solo mejorar la aceptación del consumidor, sino también optimizar los procesos y minimizar las

pérdidas durante la transformación de la fruta (Sarvarian et al., 2022).

La importancia de esta monografía radica en compilar y analizar información dispersa sobre los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la naranja dulce, considerando su naturaleza perecedera, su alta producción anual y su potencial para generar subproductos útiles.

Este trabajo proporcionará una base sólida para implementar prácticas más sostenibles en la industria, promoviendo el aprovechamiento integral de la fruta y reduciendo el impacto ambiental asociado a su procesamiento. Además, esta compilación será una herramienta útil para productores, procesadores y tomadores de decisiones interesados en mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la competitividad de la cadena productiva de la naranja dulce.

Objetivos

Objetivo General

Identificar los principales parámetros fisicoquímicos y sensoriales en el fruto de naranja (*Citrus sinensis*), así como su comportamiento como materia prima en procesos industriales.

Objetivos Específicos

Identificar los principales parámetros fisicoquímicos de la naranja dulce (*Citrus sinensis*), que afecten los diversos procesos industriales.

Analizar los factores sensoriales y organolépticos de la naranja dulce (*Citrus sinensis*), que determinan la aceptabilidad del consumidor final y su conservación en productos procesados.

Revisar los estudios y avances tecnológicos sobre los métodos de procesamiento industrial aplicados a la naranja dulce, así como su impacto en la calidad fisicoquímica y sensorial en el consumidor.

Metodología

La presente monografía se basa en una metodología de tipo documental, la cual es una técnica de investigación cualitativa que consiste en la recopilación, análisis y síntesis de información proveniente de diversas fuentes especializadas.

Para la búsqueda de información, se consultó diversas fuentes de información, como libros especializados en tecnología de alimentos y procesamiento de cítricos, artículos científicos en base de datos como researchgate, ScienceDirect, Redalyc, Google académico, reportes industriales, revistas entre otros, sobre la producción de derivados de la naranja dulce. La información recopilada será organizada en temas y subtemas que permitirá agrupar las distintas perspectivas teóricas y metodológicas encontradas.

Posteriormente, se realizó una comparación de las diversas opiniones y enfoques encontrados, identificando coincidencias y diferencias entre los autores. La síntesis de la información no se limitará a la repetición de ideas, sino que se integraran y analizaran de manera crítica para ofrecer una interpretación coherente y estructurada de los temas abordados.

Marco Conceptual

Parámetros Físicoquímicos

Los parámetros físicoquímicos permiten conocer las características internas de la naranja dulce, las cuales son esenciales para su procesamiento industrial. Entre estos parámetros se encuentran:

Acidez y pH

La acidez, determinada por el contenido de ácidos orgánicos, en particular el ácido cítrico, es un factor importante en el sabor de la naranja y en la estabilidad del producto durante su almacenamiento. El pH influye tanto en la percepción del sabor como en la conservación del producto (Shravan R et al., 2018; Bamise & Oziegbe, 2012).

Sólidos Solubles (°Brix)

Este parámetro mide la concentración de azúcares en el jugo de naranja y se expresa en grados Brix. La proporción de sólidos solubles está relacionada directamente con el dulzor del producto, un factor importante en la aceptación de productos derivados como jugos y concentrados (Barry et al., 2004).

Color

El color de la pulpa es indicador de la madurez y calidad del fruto. Está relacionado con la presencia de compuestos como los carotenoides, los cuales también influyen en el valor nutricional del producto final. Para la industria, un color adecuado es fundamental para la aceptación visual del producto (Torres et al., 2013).

Textura

En el caso de productos que incluyen segmentos de fruta, como los productos en conserva o de repostería, la textura (firmeza y jugosidad) es un parámetro importante, ya que afecta la percepción de frescura y calidad del producto (Martínez et al., 2013).

Contenido de Vitamina C (Ácido Ascórbico)

La vitamina C es un componente importante en la naranja dulce, tanto por su valor nutricional como por sus propiedades antioxidantes, que ayudan a mantener la frescura y estabilidad del producto durante el proceso de envasado y almacenamiento (Murillo et al., 2013).

Parámetros Sensoriales

Los parámetros sensoriales se refieren a las cualidades percibidas a través de los sentidos y son esenciales para la aceptación del producto final por parte del consumidor:

Sabor

En la naranja dulce, el sabor depende del equilibrio entre azúcares y ácidos. La dulzura y la acidez deben estar balanceadas para lograr un perfil de sabor que sea atractivo y agradable al paladar (Fan et al., 2024).

Aroma

El aroma de la naranja es un aspecto determinante en la percepción sensorial y proviene de compuestos volátiles presentes en la fruta, como los terpenos y aldehídos. En productos industriales, mantener el aroma original de la fruta es clave para lograr una experiencia sensorial satisfactoria (Shui et al., 2019).

Color

Además de ser un parámetro fisicoquímico, el color de la fruta influye en su percepción sensorial, ya que es uno de los primeros aspectos evaluados por el consumidor. Un color vibrante y homogéneo es señal de frescura y calidad (Torres et al., 2013).

Textura

La textura sensorial de la naranja es importante para la percepción de frescura y jugosidad, especialmente en productos que contienen pulpa o trozos de fruta. La textura adecuada contribuye a una experiencia de consumo más agradable (Martínez et al., 2013).

Procesos Industriales de la Naranja Dulce

En la industria, los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la naranja dulce influyen en la viabilidad de distintos procesos de producción:

Producción de Jugo

Los jugos requieren de un contenido de sólidos solubles adecuado, así como de un balance de acidez y dulzor, para lograr una bebida de calidad. También es necesario que el color sea atractivo y uniforme para mejorar la percepción del producto (Rodríguez, 2022).

Extracción de Aceites Esenciales

En este proceso se busca aprovechar los compuestos aromáticos de la cáscara de la naranja, esenciales para la industria cosmética y de alimentos. La calidad del aceite esencial depende de la composición de compuestos volátiles, principalmente los terpenos, los cuales le confieren el aroma característico de la naranja (Rodríguez, 2022).

Producción de Concentrados

En la fabricación de concentrados, se enfatiza la preservación de los niveles de azúcar y acidez, así como del color y aroma natural de la fruta, lo que permite un producto que mantiene las características sensoriales de la naranja fresca (Rodríguez, 2022).

Calidad y Aceptación del Consumidor

El éxito de un producto industrial derivado de la naranja dulce (*Citrus sinensis*) depende de que se logre cumplir con ciertos estándares de calidad, basados en los parámetros fisicoquímicos y sensoriales:

Estandarización de Calidad

Los estándares de calidad en la industria se establecen para asegurar que el producto final tenga características consistentes y cumpla con las expectativas del consumidor en términos de sabor, aroma y apariencia (González y García, 2022).

Aceptación y Preferencia del Consumidor

La percepción sensorial es fundamental para el éxito de los productos derivados de la naranja dulce. La satisfacción del consumidor depende en gran medida de que el producto mantenga su sabor, aroma y apariencia deseados (González y García, 2022).

Marco Teórico

La naranja dulce (*Citrus sinensis*) es un producto clave en el mercado mundial de cítricos, caracterizado por su alto volumen de producción y diversas aplicaciones. Se cultiva principalmente para consumo en fresco y para productos procesados, con una importante contribución a la producción de jugo. Los principales productores de naranjas dulces son China, India, Brasil y Estados Unidos, que en conjunto representan una parte sustancial de la producción mundial (Agriculture et al., 2023).

En Colombia la naranja dulce (*Citrus sinensis*) tiene gran importancia, siendo la segunda fruta más cultivada después del plátano, principalmente tanto para el consumo interno como para los mercados de exportación (Cagua & Rodríguez, 2012). El cultivo de naranja dulce prevalece en varios departamentos, particularmente en las tierras bajas tropicales, donde las condiciones climáticas favorecen su crecimiento (Chaparro-Zambrano et al., 2014). Los departamentos clave para el cultivo de naranja incluyen el Meta, donde la investigación ha identificado variedades prometedoras como 'Crescent Sweet' y 'Valencia' (Orduz-Rodríguez et al., 2010; Orduz-Rodríguez et al., 2012). Además, la región del Piedemonte Llanero se destaca por su investigación en cítricos, enfocándose en optimizar el rendimiento y la calidad bajo condiciones ambientales específicas (Rodríguez & Orlando, 2012). En general, las naranjas dulces contribuyen sustancialmente a la economía agrícola y la seguridad alimentaria de Colombia.

Taxonomía y Morfología de la Naranja

Clasificación

Reino. Plantae

División. Magnoliophyta

Clase. Magnoliopsida

Subclase. Rosidae

Orden. Sapindales

Familia. Rutaceae

Género. Citrus

Especie. C. x síntesis (Judd et al.,2009).

La naranja es el fruto del naranjo, un árbol perenne que puede llegar a medir entre 6 y 10 metros de alto y cuya copa presenta una forma redondeada, el naranjo tiene un tronco corto y levemente espinoso, y sus ramas son de escasa fuerza, las hojas son de forma coriácea, elípticas, robustas, con un limbo amplio y un pecíolo que presenta alas diminutas y estrechas, con espinas no muy marcadas (López et al., 2017).

Las flores son levemente aromáticas de tonalidad blanca, individuales o en grupos, con cinco pétalos que pueden tener o no hojas; los brotes con hojas (campaneros) son los más grandes y producen frutos más ricos (López et al., 2017).

Normalmente, la fruta de naranja se compone de dos componentes fundamentales: la cáscara y la pulpa; la parte exterior de la naranja es conocida como cáscara; la piel se segmenta en dos secciones: albedo y flavedo; la parte interna de la cáscara presenta un tejido suave conocido como albedo; en cambio, la parte exterior de la cáscara alberga bolsas de aceite y cromoplastos conocidas como flavedo la parte que se puede consumir del fruto es la pulpa o endocarpio; el endocarpio alberga los zumos de frutas, sacos que tienen capas o paredes estrechas conocidas como carpelos o lóculos (Mojo et al., 2024).

Origen de la Naranja Dulce (*Citrus Sinensis*).

El origen de los cítricos probablemente se originó hace unos 20 millones de años en el sureste asiático, desde ese momento hasta el presente han experimentado múltiples cambios provocados por la selección natural y por hibridaciones, tanto las que ocurren en la naturaleza como las que son generadas por el ser humano (Agroalimentación, s.f.).

Algunos historiadores incluso sugieren que las naranjas eran parte de la dieta en China ya en el 2000 a.C. La difusión de la naranja y otros cítricos en América tuvo un impacto significativo en la agricultura y la gastronomía de la región, convirtiéndose en una fruta fundamental en muchas culturas a lo largo del continente. Desde su llegada, la naranja ha sido valorada no solo por su sabor, sino también por sus cualidades nutritivas y su versatilidad en diversas preparaciones (Torres, s.f.).

La historia de la naranja en Colombia está relacionada con la llegada de los cítricos a América, traídos por los europeos durante la época de la conquista. En particular se resalta que Cristóbal Colón introdujo limones y limas en 1493, y la naranja llegó a Colombia al parecer en el año 1518 (Torres, s.f.).

Principales Variedades y sus Características

La naranja dulce (*Citrus sinensis*) es la especie de mayor relevancia dentro del género *Citrus*, constituyendo aproximadamente el 50% de la producción global de cítricos. Esta especie se cultiva a escala global en numerosas zonas tropicales y subtropicales, en zonas situadas aproximadamente entre las latitudes de 35° norte y 35° sur (Seminara et al., 2023).

Aunque la naranja dulce tiene un ancestro único que no se identifica, las variedades actuales exhiben una notable diversidad en sus características, especialmente en color, sabor, rendimiento y tiempo de maduración, así como en otros aspectos relevantes para la horticultura. Esta diversidad se debe a la selección en el campo, la propagación y la difusión de variedades elegidas en diversas zonas de cultivo (Seminara et al., 2023).

Las variedades de naranja dulce se dividen comúnmente en cuatro subgrupos:

Naranjas Comunes (También Conocidas como Naranjas Rubias o Blancas)

Las naranjas comunes son el subgrupo más cultivado y comercializado en el mundo, con diversas variedades que difieren en características como presencia de semillas, calidad,

rendimiento, maduración y resistencia. Muchos de estos cultivares son ideales para el procesamiento industrial por su alto rendimiento de jugo y bajo contenido de limonina (Seminara et al., 2023).

Naranjas de Ombligo (Navel)

La Naranja de ombligo o Navel es reconocida por su sabor dulce, textura jugosa y su característica única: el pequeño "ombligo" en la base que es una segunda fruta en proceso de crecimiento, con forma redondeada y de tamaño mediano a grande, esta naranja presenta una cáscara gruesa de color naranja brillante, que es fácil de pelar y tiene poca cantidad de semillas, lo que la convierte en una excelente opción para consumirla en su estado fresco, su carne es jugosa y dulce, con un nivel de acidez moderado que la hace muy placentera al gusto (Seminara et al., 2023).

Naranjas Pigmentadas o Sanguinas

La naranja sanguina es una variedad de naranja con pulpa roja oscura, similar al jugo de frambuesa. Es una variante de la naranja dulce habitual que surge de manera espontánea bajo condiciones climáticas apropiadas. La intensidad de este tono está determinada principalmente por cambios bruscos de temperatura diurnos y nocturnos, además de la variedad de la fruta. La creencia es que la temperatura durante el crecimiento de la fruta es responsable de su color (Seminara et al., 2023).

En cuanto al sabor, es considerablemente más ácida que la naranja habitual. Dependiendo de la variedad, su tamaño es ligeramente más pequeño, con una cáscara más resistente y difícil de quitar, pero generalmente con la misma textura y color. En algunos casos puede ser más lisa, tener un tono parcialmente rojizo y contener pocas semillas. La presencia de antocianinas en su carne le da un color rojo oscuro distintivo, este tipo de pigmentos con propiedades antioxidantes son comunes en flores y frutas, pero poco frecuentes en cítricos (Seminara et al., 2023).

Naranjas Azucaradas o sin Acidez

Las naranjas "sin acidez" se encuentran ampliamente distribuidas en diversas regiones mediterráneas bajo distintos nombres (como la "Vaniglia" en Italia, la "Sucreña" en España y la "Sukkari Mawardi" en Túnez), este reducido subgrupo abarca cultivares que producen frutos con una relación muy alta de azúcar/acidez (80/100), originada por la casi total falta de acidez (cerca del 0,1%, cerca de 1/10 del valor habitual en las naranjas), estos atributos, sumados a la falta del característico aroma "anaranjado", generan un gusto considerablemente plano que ha restringido considerablemente su propagación, con escasas excepciones en algunos países del Medio Oriente y, finalmente, en España y Portugal; solo hay pequeñas variaciones entre estas variedades, principalmente vinculadas a su periodo de maduración (Seminara et al., 2023).

Composición Química

La composición química de la naranja dulce (*Citrus sinensis*) es diversa y abarca una variedad de compuestos bioactivos que contribuyen a su sabor, valor nutricional y beneficios para la salud. Los componentes clave incluyen altos niveles de ácido ascórbico (vitamina C), que es crucial por sus propiedades antioxidantes, y varios fitoquímicos como flavonoides, terpenoides y compuestos fenólicos, que exhiben importantes actividades antioxidantes y antimicrobianas (Ferrer et al., 2022). El perfil de sabor de la fruta está influenciado en gran medida por compuestos volátiles, en particular ésteres como el hexanoato de metilo y el octanoato de etilo, que son esenciales para distinguir la naranja de otras frutas cítricas (Sado et al., 2022). Además, el aceite esencial de la cáscara, rico en limoneno, varía a lo largo del desarrollo del fruto afectando sus propiedades aromáticas (Ferrer et al., 2022). En general, la naranja dulce no sólo es una fuente de nutrientes esenciales, sino que también posee numerosas propiedades beneficiosas para la salud debido a su compleja composición química (Sado et al., 2022).

Parámetros Físicoquímicos

Principales Parámetros Físicos de la Naranja Dulce

Los parámetros físicos de la naranja dulce (*Citrus sinensis*) son importantes para evaluar su calidad comercial, clasificación y aceptación por los consumidores, estos varían según la variedad, el clima y las prácticas de cultivo (Villares *et al.*, 2023).

Tamaño y diámetro

Diámetro promedio: 60 - 100 mm.

Varía según la variedad y el grado de maduración.

Peso

Rango promedio: 150 – 300 g por fruto.

Dependiendo de la cantidad de jugo y grosor de la cascara.

Forma

Generalmente es esférica o ligeramente achatada en los polos.

Se evalúa en términos de su simetría.

Color de cascara

Va de verde a naranja intenso, dependiendo de la maduración.

Se puede medir con la escala CIELAB o visualmente con estándares de color.

Grosor de la cascara

Rango: 2 – 5 mm

Una cascara más gruesa puede indicar menor contenido de jugo.

Firmeza de la cascara y pulpa

Se puede medir con un penetrómetro de fruta o manualmente.

Debe ser firme pero excesivamente dura.

Contenido de jugo

Rango: 40% - 60% del peso total de la fruta.

Mayor jugosidad indica mejor calidad para la industria de jugos.

Numero de semillas

Algunas variedades son sin semillas (ej. Navel).

Otras pueden tener entre 1 o más de 10 semillas.

Textura de piel

Puede ser lisa o rugosa, dependiendo de la variedad.

Una cascara uniforme es preferida en el mercado.

Adherencia de la cascara a la pulpa

Varía según la variedad: algunas naranjas son fáciles de pelar, mientras que otras tienen la cascara más adherida.

pH: Importancia en la Conservación y Procesamiento

Los parámetros fisicoquímicos de la fruta de naranja dulce (*Citrus sinensis*), particularmente el pH, son críticos para evaluar la calidad de la fruta y la idoneidad del procesamiento. Los estudios indican que el pH de la naranja dulce suele oscilar entre 3,8 y 4,98, observándose variaciones entre diferentes cultivares y condiciones ambientales (Shravan R et al., 2018; Patel et al., 2016). Por ejemplo, los valores de pH informados para varios cultivares incluyen de 3,92 a 4,60, lo que refleja la acidez que contribuye al perfil de sabor de la fruta (Patel et al., 2016). Además, la acidez titulable oscila entre 0,51% y 0,83%, lo que se correlaciona con los niveles de pH e influye en el sabor general y el potencial de conservación de la fruta (Shravan R et al., 2018) (Patel et al., 2016). El equilibrio entre los sólidos solubles y la acidez es esencial, ya que los sólidos solubles más altos (por encima de 10 °Brix) combinados con proporciones de acidez adecuadas mejoran el rendimiento y la calidad del jugo, lo que hace que las naranjas dulces sean adecuadas para la producción de jugo (Shravan R et al., 2018). En general, estas

características fisicoquímicas son vitales tanto para las preferencias de los consumidores como para las aplicaciones industriales.

Acidez: Métodos de Medición y su Impacto en la Calidad

La acidez de la naranja dulce (*Citrus sinensis*) es un parámetro fisicoquímico crítico que influye en su sabor y calidad general, los estudios indican que la acidez titulable de las naranjas dulces suele oscilar entre 0,51% y 2,11%, con variaciones según el cultivo y los factores ambientales (Shravan R et al., 2018). Por ejemplo, la investigación sobre varios cultivares de naranja dulce demostró que aquellos de portainjertos específicos exhibían niveles de acidez titulables que impactaban significativamente la calidad del jugo, y algunos cultivares mostraban una acidez óptima para la producción de jugo (López et al., 2016). Además, se observó la influencia de las aspersiones foliares de micronutrientes sobre la acidez, donde los tratamientos dieron como resultado una acidez titulable mínima del 0,89 % junto con una mejor calidad del jugo (Singh et al., 2017). En general, la acidez de las naranjas dulces no solo es un determinante del sabor, sino que también se correlaciona con otras propiedades bioquímicas beneficiosas, como el contenido de ácido ascórbico, que osciló entre 38,52 mg y 58,13 mg por litro en varios estudios (Sado et al., 2022).

Brix: Relación entre el Contenido de Azúcar y la Madurez

Los parámetros fisicoquímicos de la naranja dulce (*Citrus sinensis*) son críticos para evaluar la calidad del fruto y el potencial de procesamiento, los estudios indican que los sólidos solubles totales (SST) suelen oscilar entre 10 y 11 °Brix, y algunos cultivares superan los 10 °Brix, lo cual es esencial para la producción de jugo; el contenido de humedad es notablemente alto con una aproximación de 88,5 % en el caso del pH, este tiene un promedio de alrededor de 3,8 lo que indica niveles de acidez de aproximadamente 0,51 %; además, los azúcares totales pueden alcanzar hasta el 8,36%, los azúcares reductores el 1,8% y los azúcares no reductores el 6,56%

(Rodríguez et al., 2001; Shravan R et al., 2018). El rendimiento del jugo puede variar significativamente, y algunos cultivares alcanzan rendimientos superiores al 50% (López et al., 2016). Además, se ha documentado el impacto de las condiciones de almacenamiento en estos parámetros, lo que demuestra que el contenido de sólidos solubles totales (SST) y azúcar puede aumentar durante el almacenamiento, particularmente a temperaturas más bajas (Rodríguez et al., 2001). En general, estos parámetros son vitales para determinar la calidad y comerciabilidad de las naranjas dulces.

Densidad: Evaluación y su Importancia en Productos Industriales

La densidad de la naranja dulce (*Citrus sinensis*) varía significativamente según el tamaño y el calibre de la fruta, midiendo la densidad aparente y la densidad de la fruta para diferentes grados. Para las naranjas de grado I (grandes), la densidad aparente es de aproximadamente 0,50 g/cm³ y la densidad del fruto es de aproximadamente 0,88 g/cm³. Por el contrario, las naranjas de grado II (medianas) exhiben una densidad aparente de 0,58 g/cm³ y una densidad de fruto de 1,06 g/cm³, mientras que las naranjas de grado III (pequeñas) tienen una densidad aparente de 0,52 g/cm³ y una densidad de fruto de 1,09 g/cm³ (Veeravenkatesh y Vishnuvardhan, 2014). Además, las propiedades fisicoquímicas de las naranjas dulces, incluido el contenido de humedad (88,5%), los sólidos solubles totales (11° Brix) y el pH (3,8), contribuyen a su calidad general y a sus características de manipulación (R et al., 2017). Estas variaciones en la densidad y otros parámetros fisicoquímicos son cruciales para el procesamiento, almacenamiento y presentación en el mercado de las naranjas dulces (Patharkar et al., 2017).

Vitamina C (ácido ascórbico): Evaluación y su Importancia en Productos Industriales

La vitamina C juega un papel crucial en el procesamiento industrial de la naranja dulce, particularmente en la producción de jugo, donde su estabilidad y propiedades antioxidantes son vitales para mantener la calidad. Durante el procesamiento, factores como la temperatura y la

exposición al oxígeno afectan significativamente los niveles de vitamina C, provocando su degradación (Martí et al., 2009). Se ha demostrado que los métodos de procesamiento no térmico preservan concentraciones más altas de vitamina C, aunque las consideraciones económicas a menudo obstaculizan su adopción generalizada (Martí et al., 2009). Además, la incorporación de compuestos fenólicos al jugo de naranja puede mejorar su estabilidad, y concentraciones más bajas de fenólicos se correlacionan con una mejor retención de vitamina C (Romeo et al., 2020). Además, se ha descubierto que fortificar el jugo de naranja pasteurizado con vitamina C inhibe el crecimiento microbiano, mejorando así los atributos sensoriales durante el almacenamiento (Durrani et al., 2019). Por último, el secado de los subproductos de la naranja también puede influir en la retención de vitamina C y compuestos fenólicos, destacando la importancia de las condiciones de procesamiento para maximizar los beneficios nutricionales de las naranjas dulces (Razola-Díaz et al., 2023)

Compuestos Fenólicos y Flavonoides

Los compuestos fenólicos y carotenoides de las naranjas dulces influyen significativamente en diversos procesos industriales, particularmente en la producción de jugo, la fabricación de vinagre y la utilización de subproductos. El contenido de carotenoides, notablemente mayor en las naranjas de pulpa roja, potencia la capacidad antioxidante de los jugos, y los métodos de extracción industrial producen cantidades sustanciales de estos compuestos, que pueden ser hasta diez veces mayores que las variedades estándar (Zacarías-García et al., 2022).). Además, los compuestos fenólicos, como la hesperidina y el ácido clorogénico, desempeñan un papel crucial en la formación del color durante el procesamiento del azúcar y contribuyen a la bioactividad de los productos de naranja (Cabral et al., 2022) (Iglesias-Carres et al., 2019). En la producción de vinagre, si bien la actividad antioxidante disminuye durante la acetificación, la estabilidad de las concentraciones de fenólicos y carotenoides sugiere su potencial para el desarrollo de alimentos

funcionales (Davies et al., 2017). Además, la cáscara de naranja, un subproducto del procesamiento del jugo es rica en fenólicos y se puede secar para su uso como nutracéutico, con condiciones de secado óptimas que preservan sus propiedades bioactivas (Razola-Díaz et al., 2023). Por tanto, los perfiles bioactivos de las naranjas dulces son vitales para mejorar las cualidades nutricionales y funcionales de diversos productos industriales.

Propiedades Sensoriales

Sabor y Aroma: Compuestos que Afectan el Perfil Sensorial

Los compuestos que influyen en el perfil sensorial de la naranja dulce incluyen una variedad de constituyentes bioactivos y aromáticos, que se ven afectados por factores como la madurez de la fruta, los métodos de procesamiento y la selección de cultivares. El aceite esencial de cáscara de naranja dulce, rico en limoneno y otros compuestos oxigenados, evoluciona a lo largo del desarrollo del fruto contribuyendo a su perfil de aroma y sabor característico (Ferrer et al., 2022). Además, los compuestos aromáticos clave identificados en las naranjas dulces, como terpenos, ésteres y aldehídos, crean notas sensoriales distintas, como cítricas y afrutadas (Mengzhu et al., 2019). La concentración de compuestos bioactivos, incluido el ácido ascórbico y los fenólicos, varía según las diferentes combinaciones de vástago/portainjerto, lo que afecta el sabor y el valor nutricional del jugo (Martins et al., 2023). Además, los atributos sensoriales de las naranjas ácidas también reflejan la diversidad genética y aromática entre cultivares, destacando la complejidad de los perfiles de sabor de los cítricos (Ferrer et al., 2021). En general, estos compuestos dan forma colectivamente a la experiencia sensorial de las naranjas dulces, haciéndolas atractivas para los consumidores.

Textura: Evaluación de la Pulpa y su Impacto en Productos Procesados

La evaluación de la pulpa de naranjas dulces revela su impacto significativo en los productos procesados, particularmente en términos de atributos nutricionales y sensoriales. La pasteurización, un método de conservación común, altera la composición química de la pulpa de naranja, reduciendo la fibra dietética total y aumentando la fibra dietética soluble, lo que mejora las propiedades de hidratación y unión de grasas, aunque a costa de la calidad sensorial, como un mayor amargor y un aroma cocido (Giavoni et al., 2022). Además, el procesamiento hidrotermal reduce eficazmente los factores antinutricionales como el oxalato y el tanino, mejorando el perfil nutricional para aplicaciones de alimentación animal (Umogbai et al., 2016). Además, el aceite extraído de la pulpa de naranja presenta notables propiedades antioxidantes y antimicrobianas, lo que lo convierte en un ingrediente valioso en la conservación de alimentos (Sado et al., 2022). En general, la utilización de pulpa de naranja en diversas formas procesadas, incluidas las hojas de fruta, mejora su valor nutricional al tiempo que proporciona beneficios funcionales en productos alimenticios (El-Said, 2020).

Atributos Visuales: Color y Apariencia en el Mercado

El color y la apariencia de las naranjas dulces influyen significativamente en su comercialización y aceptación por parte del consumidor. Las tendencias recientes indican una preferencia por cultivares con atributos visuales mejorados, como tonos anaranjados más intensos, que están asociados con la madurez y la dulzura (Stover et al., 2005). Los programas de mejoramiento se centran cada vez más en desarrollar nuevos cultivares que exhiban estos rasgos deseables, incluida la ausencia de semillas y la facilidad de pelado (Stover et al., 2005). Además, ha surgido la práctica de colorear artificialmente frutas cítricas, en la que se utilizan diversos productos químicos para mejorar la apariencia de la fruta, lo que potencialmente afecta la percepción de calidad del consumidor. Los perfiles volátiles de las naranjas dulces también

desempeñan un papel crucial en su atractivo, ya que ciertos compuestos contribuyen al aroma y sabor de la fruta, afectando aún más las preferencias de los consumidores (Bai et al., 2014). En general, la interacción entre el color, la apariencia y los atributos sensoriales es vital para el éxito del mercado de la naranja dulce (Lester et al., 2007) (Leksrisompong et al., 2012).

Aplicaciones en la Industria

La industria de la naranja dulce se beneficia de diversas aplicaciones derivadas de avances recientes en investigación. La secuenciación del genoma ha permitido estudios a nivel de alelos, que revelan cómo los alelos específicos contribuyen a rasgos como la tolerancia al Huanglongbing de los cítricos (HLB), que es crucial para mejorar la resistencia a las enfermedades en las naranjas dulces (Wu et al., 2022). Además, la composición química de los aceites esenciales de la cáscara varía a lo largo del desarrollo del fruto, lo que sugiere potencial para nuevos productos aromatizantes y aromáticos en alimentos y cosméticos (Ferrer et al., 2022). Además, los extractos industriales de residuos de naranja dulce, ricos en flavonoides, demuestran propiedades antibacterianas, lo que indica su utilidad en aplicaciones de salud dental (Do et al., 2023). Se ha demostrado que los tratamientos postcosecha que utilizan recubrimientos naturales extienden la vida útil y mantienen la calidad, al tiempo que mejoran la capacidad antioxidante de los subproductos, promoviendo así prácticas sostenibles en la industria (Carvalho et al., 2023). Por último, la identificación de los factores de transcripción WRKY proporciona información sobre las respuestas genéticas a los patógenos, allanando el camino para estrategias de mejoramiento molecular para mejorar la resistencia a las enfermedades (Xi et al., 2023).

Métodos de Análisis

Técnicas Utilizadas para Evaluar Parámetros Fisicoquímicos

La evaluación de parámetros fisicoquímicos de la naranja dulce (*Citrus sinensis*) involucra diversas técnicas analíticas para evaluar sus propiedades, los métodos clave incluyen la extracción con solventes para determinar el rendimiento de petróleo, donde comúnmente se emplean aparatos Soxhlet que utilizan éter de petróleo o n-hexano como solventes (Sado et al., 2022) (M.H. Ibrahim et al., 2020). Las propiedades fisicoquímicas analizadas generalmente abarcan el contenido de humedad, sólidos solubles totales (SST), pH, acidez y composición de azúcar, y los hallazgos indican niveles de humedad de alrededor del 88,5 %, SST a 11 ° Brix y contenido de ácido ascórbico de 46,5 mg/ml (Shravan R et al., 2018). Además, las actividades antioxidantes se evalúan mediante ensayos como DPPH y eliminación de peróxido de hidrógeno (Sado et al., 2022). La producción de biodiesel a partir de semillas de naranja dulce también resalta la importancia de evaluar el punto de inflamación, la densidad y la viscosidad, que son críticos para la calidad del combustible (M.H. Ibrahim et al., 2020). En general, estas técnicas proporcionan una comprensión integral de las características fisicoquímicas esenciales para aplicaciones tanto nutricionales como industriales.

Métodos de Evaluación Sensorial (Paneles de Degustación, Pruebas de Aceptación)

Los métodos de evaluación sensorial de la naranja dulce abarcan enfoques tanto subjetivos como objetivos, reflejando las preferencias del consumidor y la evaluación de la calidad de la fruta. La evaluación sensorial tradicional a menudo emplea escalas hedónicas, como se ve en estudios que evalúan variedades de camote de pulpa anaranjada, donde los panelistas calificaron atributos como el sabor y la textura (Kebede et al., 2023) (Adebisi et al., 2019). Por el contrario, las técnicas modernas utilizan métodos no destructivos como la espectroscopia NIR de onda corta, que correlaciona atributos sensoriales con índices de calidad como Brix y acidez titulable,

facilitando la clasificación de cultivares de naranja en categorías dulces, mixtas y ácidas (Zeb et al., 2023). Además, los estudios de consumo sobre productos con sabor a naranja resaltan la importancia de atributos como el aroma y la impresión general, influyendo en las intenciones de compra (Barbosa et al., 2023). Estas metodologías combinadas proporcionan un marco integral para evaluar las características sensoriales y la aceptación por parte del consumidor de naranjas dulces y productos relacionados.

Factores que Afectan la Calidad

Condiciones de Cultivo: Suelo, Clima, Riego y Manejo Agrícola

La calidad de las naranjas dulces está influenciada por varios factores, incluidas las condiciones ambientales, el manejo de nutrientes y los tratamientos postcosecha; as variaciones climáticas, como la temperatura y la humedad, afectan significativamente las métricas de calidad poscosecha, como la pérdida de masa, los sólidos solubles totales (SST) y el índice de calidad de la fruta (FQI), y las diferencias regionales conducen a una variación de hasta el 10% en estos atributos (Onwude et al., 2024). Las prácticas de manejo de nutrientes, en particular la aplicación de micronutrientes (Zn, Fe, B, Cu), mejoran el crecimiento y la calidad de la fruta, y las combinaciones óptimas producen un mayor contenido de azúcares totales y ácido ascórbico (Nandita et al., 2022) (Bhattacharjee, 2023). Además, los tratamientos postcosecha, como el tratamiento térmico con vapor (VHT), pueden mitigar la degradación de la calidad durante el almacenamiento, con duraciones específicas (5 a 10 minutos) que mantienen una mejor calidad de la fruta en comparación con exposiciones más prolongadas (Hussain et al., 2017). En conjunto, estos factores subrayan la importancia de los enfoques integrados para optimizar el cultivo de naranja dulce y el manejo postcosecha.

Postcosecha: Almacenamiento, Transporte y Procesamiento

La calidad de las naranjas dulces durante las etapas de postcosecha está significativamente influenciada por diversos factores relacionados con el almacenamiento, transporte y procesamiento. Los determinantes clave incluyen el momento y el método de cosecha, ya que las prácticas inadecuadas pueden reducir la vida útil y la degradación de la calidad (Adewoyin, 2023) ("Indigenous and Improved Postharvest Handling Methods and Processing of Fruits", 2022). Las prácticas de manejo poscosecha, como mantener temperaturas y niveles de humedad óptimos de almacenamiento, son cruciales para preservar la frescura y minimizar la pérdida de masa, que puede alcanzar hasta el 10% debido a la variabilidad de las condiciones (Onwude et al., 2022) (Owoyemi et al., 2022). Además, la implementación de tecnologías avanzadas y prácticas sostenibles es esencial para mitigar las pérdidas, que pueden llegar al 30-50% debido a enfermedades y trastornos metabólicos (Strano et al., 2022). En general, una comprensión y un manejo integrales de estos factores son vitales para mejorar la calidad y la vida útil de las naranjas dulces postcosecha.

Normativas y Estándares

Legislación Relacionada con la Calidad y Comercialización de la Naranja Dulce

En Colombia, la legislación relativa a la calidad y comercialización de la naranja dulce está influenciada por diversos marcos regulatorios y prácticas agrícolas destinadas a mejorar los estándares del producto. El Estatuto del Consumidor (Ley 1480 de 2011) establece definiciones y aplicaciones de "calidad", alineándose con las teorías económicas, pero también revela contradicciones que pueden afectar la dinámica del mercado (Monroy, 2012). Además, la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) es crucial para garantizar la inocuidad y calidad de los alimentos en la producción agrícola, lo cual es esencial para satisfacer las demandas de los consumidores y facilitar los procesos de certificación (Cleves et al., 2012).

Además, se ha demostrado que las técnicas hortícolas, como el anillado de ramas y la aplicación de sacarosa, mejoran significativamente la calidad de las naranjas dulces, lo que indica la importancia de la innovación agrícola en el cumplimiento de los estándares de calidad (Cabezas-Gutiérrez & E, 2009). La integración de políticas públicas que promuevan la economía naranja y la economía circular también juega un papel vital para mejorar la sostenibilidad y comercialización de la naranja dulce en Colombia (Ospino, 2020).

Estándares Internacionales para la Exportación

Los estándares internacionales para la exportación de naranja dulce en Colombia están influenciados por diversos marcos regulatorios y certificaciones encaminados a mejorar la calidad y la competitividad en los mercados globales. La norma ISO 29383 enfatiza la importancia de la coherencia terminológica en los procesos de exportación, lo que puede facilitar una mejor comunicación y gestión de la calidad dentro del sector (Vásquez & Carlos, 2010) (Vásquez & Carlos, 2009). Además, la implementación del programa de Operador Económico Autorizado (OEA) tiene como objetivo agilizar las inspecciones aduaneras, reduciendo así los retrasos y mejorando la eficiencia de las operaciones de exportación, lo cual es crucial dado que las inspecciones son una medida no arancelaria importante que afecta a los exportadores (Beltrán et al., 2016). Además, se ha demostrado que el cumplimiento de normas de gestión ambiental como la ISO 14000 tiene un impacto positivo en los volúmenes de exportación, lo que sugiere que el cumplimiento de las normas internacionales puede mejorar el acceso al mercado y la competitividad de los productores colombianos de naranja dulce (García-Castiblanco et al., 2019). Por último, la elección de portainjertos para el cultivo de naranja dulce, como 'Sunki × English' y 'Volkamer', se ha relacionado con una mejora en el rendimiento y la calidad del fruto, esenciales para cumplir con los estándares de exportación (Chaparro-Zambrano et al., 2014).

Conclusiones

En la propuesta final se abordó detalladamente los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la naranja dulce (*Citrus síntesis*) aplicada en procesos industriales. Actualmente los parámetros intervenidos juegan un papel fundamental en resultado final del producto, preservando su calidad, adicionalmente de sus implicaciones en el mercado nacional e internacional. Se ha destacado la variedad de naranja dulce y su composición química, estos influirán distintivamente en el sabor, aroma, textura y color. Así, los métodos de análisis se intervienen para evaluar los parámetros, así como las técnicas de evaluación sensorial.

El desarrollo de esta propuesta también discute los factores que influyen en la calidad de la naranja dulce, que incluyen las condiciones de cultivo, el manejo posterior a la cosecha y la regulación y los estándares de calidad que rigen la exportación. La monografía enfatiza que se debe cumplir con la regulación nacional e internacional para garantizar la calidad de la naranja. En general, esta propuesta de monografía asume un formato integral y detallado de los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la naranja dulce y se da una visión general de la importancia de la sustancia en la industria alimentaria.

Recomendaciones

Optimización de la Cosecha y Almacenamiento

Es importante definir los niveles óptimos de maduración de la naranja dulce para su uso en la industria, considerando el impacto de factores como el índice de madurez y la pérdida de peso durante el almacenamiento. Se sugiere implementar buenas prácticas de postcosecha para conservar sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales.

Investigación Sobre el Impacto del Procesamiento

Es necesario profundizar en estudios sobre como diferentes métodos de procesamiento (pasteurización, concentración, secado) afectan la calidad de la naranja dulce. Se sugiere evaluar estrategias para minimizar la pérdida de compuestos bioactivos y mejora la estabilidad del producto final.

Uso de Tecnologías Innovadoras

se recomienda explorar nuevas tecnologías, como espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR), para la evaluación rápida y no destructiva de los parámetros fisicoquímicos de la naranja dulce. Esto contribuirá a una mayor eficiencia en la selección de la fruta para procesos industriales.

Aplicación en la Industria

Se sugiere adaptar los estándares de calidad de la naranja dulce a las exigencias específicas de cada sector industrial, como la producción de jugos, mermeladas o aceites esenciales. Esto permitirá optimizar su aprovechamiento y reducir el desperdicio.

Sostenibilidad y Aprovechamiento de Subproductos

Se recomienda fomentar la investigación sobre el uso de residuos industriales de la naranja dulce (cascar, semillas, bagazo) para la obtención de productos con valor agregado, como aceites

esenciales, biopolímeros o suplementos nutricionales, promoviendo un enfoque más sostenible en la industria.

Referencias Bibliográficas

- Adebisi, O. A., Adebisi, L. O., Olatunji, I. B., Daodu, T. O., Omofaiye, A. M., & Akilapa, O. A. (2020). *Sensory evaluation and willingness to pay for orange flesh sweet potato*. *Cercetari Agronomice in Moldova*, 53(1), 73–83. <https://doi.org/10.46909/cerce-2020-006>
- Agroalimentación - La Naranja: Cultivo y Manejo de la Naranja. (s/f). *Infoagro.com*.
<https://www.infoagro.com/citricos/naranja.htm>
- Al-Jaleel, A., & Castle, W. S. (2018). *Trends in U.S. sweet orange, grapefruit, and mandarin-type cultivars* [PDF]. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/329666136_Trends_in_US_Sweet_Orange_Grapefruit_and_Mandarin-type_Cultivars
- Andrade, R. D., Torres, R., & Pérez, O. A. (2012). *Calidad de naranja 'Valencia' durante el almacenamiento a baja temperatura* [PDF]. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/235711153_Calidad_de_Naranja_'Valencia'_Durante_el_Almacenamiento_a_Baja_Temperatura
- Bai, J., Baldwin, E., Stover, E., Driggers, R., & Hearn, J. (2013). *Volatile profile comparison of USDA sweet-orange-like hybrids and standard sweet oranges* [PDF]. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 126, 216. CABI Digital Library.
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20183043903>
- Bamise, C., & Oziegbe, E. (2013). Laboratory analysis of pH and neutralizable acidity of commercial citrus fruits in Nigeria.
<https://www.semanticscholar.org/paper/4dd247fef49b115a609408f4a53c262f864f1086>
- Beltrán, V. H. (2017). *Operador Económico Autorizado (OEA) como alternativa para simplificar el proceso de inspección en las exportaciones de Colombia*. Typeset.io.

<https://typeset.io/pdf/operador-economico-autorizado-oea-como-alternativa-para-3helg0biyd.pdf>

Bhattacharjee, P., & Patel, M. J. (2023). Impact of integrated nutrient management on growth, yield and quality attributes of sweet orange (*Citrus sinensis* L. osbeck) CV. Phule Mosambi. *Bangladesh journal of botany*, 52(2), 345–355.

<https://doi.org/10.3329/bjb.v52i2.67036>

Cabral, M. M. S., de Almeida, Y. M. B., Andrade, S. A. C., Caldas, C. S., de Freitas, J. D., Costa, C. A. C. B., & Soletti, J. I. (2022). Influence of phenolic compounds on color formation at different stages of the VHP sugar manufacturing process. *Scientific Reports*, 12(1), 19922.

<https://doi.org/10.1038/s41598-022-24455-4>

Carvalho, D. U. de, Neves, C. S. V. J., Cruz, M. A. da, Colombo, R. C., Alferez, F., & Leite Junior, R. P. (2023). Effectiveness of natural-based coatings on sweet oranges post-harvest life and antioxidant capacity of obtained by-products. *Horticulturae*, 9(6), 635.

<https://doi.org/10.3390/horticulturae9060635>

Castle, W. S. (2000). *Soluble solids accumulation in 'Valencia' sweet orange as related to rootstock selection and fruit size* [PDF]. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/profile/William-Castle-2/publication/271965698_Soluble_Solids_Accumulation_in_Valencia_Sweet_Orange_as_Related_to_Rootstock_Selection_and_Fruit_Size/links/54d7d1cb0cf2970e4e7571e4/Soluble-Solids-Accumulation-in-Valencia-Sweet-Orange-as-Related-to-Rootstock-Selection-and-Fruit-Size.pdf

[2/publication/271965698_Soluble_Solids_Accumulation_in_Valencia_Sweet_Orange_as_Related_to_Rootstock_Selection_and_Fruit_Size/links/54d7d1cb0cf2970e4e7571e4/Soluble-Solids-Accumulation-in-Valencia-Sweet-Orange-as-Related-to-Rootstock-Selection-and-Fruit-Size.pdf](https://www.researchgate.net/profile/William-Castle-2/publication/271965698_Soluble_Solids_Accumulation_in_Valencia_Sweet_Orange_as_Related_to_Rootstock_Selection_and_Fruit_Size/links/54d7d1cb0cf2970e4e7571e4/Soluble-Solids-Accumulation-in-Valencia-Sweet-Orange-as-Related-to-Rootstock-Selection-and-Fruit-Size.pdf)

Chaparro-Zambrano, H. N., Velásquez, H. A., & Orduz-Rodríguez, J. O. (2015). Performance of 'Valencia' sweet orange grafted in different rootstocks, Colombia Tropical Lowland. 2001-2013. *Agronomia colombiana*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58498>

- Contreras-Oliva, A., Pérez-Gago, M. B., Salvador, A., Bermejo, A., & Rojas-Argudo, C. (2012). Calidad fisicoquímica, sensorial y nutricional de naranjas CV. Valencia recubiertas con quitosano. *Agrociencia (1996)*, *46*(5), 441–453.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000500002
- Davies, C. V., Gerard, L. M., Ferreyra, M. M., Schwab, M. del C., & Solda, C. A. (2017). Bioactive compounds and antioxidant activity analysis during orange vinegar production. *Food Science and Technology*, *37*(3), 449–455. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.20816>
- Díaz Vásquez, J. C. (2010). Proyección de la Norma Terminológica Internacional ISO 29383 en el contexto de las exportaciones colombianas. *Ikala*, *15*(25), 161–186.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=255020319007>
- Fan, Z., Jeffries, K. A., Sun, X., Olmedo, G. M., Zhao, W., Mattia, M., Stover, E., Manthey, J., Baldwin, E. A., Lee, S., Gmitter, F., Plotto, A., & Bai, J. (2024). Chemical and genetic basis of orange flavor. *Science advances*, *10*. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adk2051>
- Ferrer, V., Costantino, G., Paoli, M., Paymal, N., Quinton, C., Ollitrault, P., Tomi, F., & Luro, F. (2021). *Intercultivar diversity of sour orange (Citrus aurantium L.) based on genetic markers, phenotypic characteristics, aromatic compounds and sensorial analysis*. *Agronomy*, *11*(6), 1084. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061084>
- Ferrer, V., Paymal, N., Quinton, C., Tomi, F., & Luro, F. (2022). Investigations of the chemical composition and aromatic properties of peel essential oils throughout the complete phase of fruit development for two cultivars of sweet orange (citrus sinensis (L.) osb.). *Plants*, *11*(20), 2747. <https://doi.org/10.3390/plants11202747>
- Fruit, O. (2018). *Study of physico-chemical characteristics of sweet*. Phytojournal.com.
<https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue6/PartAD/7-6-228-401.pdf>

García-Castiblanco, C. P., Díaz-Ariza, D. M., & Pinzón-Muñoz, C. A. (2019). ¿Incide la ISO 14000 en el desempeño exportador de las empresas colombianas? *Clio América*, 13(25), 243–254. <https://doi.org/10.21676/23897848.3253>

Giavoni, M., Villanueva-Suárez, M. J., De la Peña-Armada, R., Garcia-Alonso, A., & Mateos-Aparicio, I. (2022). Pasteurization modifies the sensorial attributes and nutritional profile of orange pulp by-product. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(13), 1973. <https://doi.org/10.3390/foods11131973>

Gracias, Claudia. Basándome en el contenido recuperado del documento, aquí tienes la referencia corregida en formato APA (7ª edición):

Ibrahim, M. H. (2016). *Physicochemical properties of biodiesel produced from sweet orange (Citrus sinensis) seed oil via transesterification process* [PDF]. SSRN. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2723482

Ibrahim, M. H. (2019). *The physicochemical analysis of biodiesel produced from African sweet orange (Citrus sinensis) seeds oil. International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, 6(11), 1–7. https://www.granthaalayahpublication.org/ijetmr-ojms/ijetmr/article/view/09_IJETMR19_A06_1101

Ibrahim, M. H. (2023). *Pre-harvest and postharvest factors affecting quality and shelf life of harvested produce* [PDF]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/374302543_Pre-Harvest_and_Postharvest_Factors_Affecting_Quality_and_Shelf_Life_of_Harvested_Produce

Ibrahim, M. H., & Hossain, M. A. (2017). *Effect of chilling exposure and vapor heat treatment duration on the quality of sweet orange during simulated marketing* [PDF]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/320629225_Effect_of_chilling_exposure_and_vapor_heat_treatment_duration_on_the_quality_of_sweet_orange_during_simulated_marketing

[por heat treatment duration on the quality of sweet orange during simulated marketing](#)

Iglesias-Carres, L., Mas-Capdevila, A., Bravo, F. I., Aragonès, G., Muguerza, B., & Arola-Arnal, A. (2019). Optimization of a polyphenol extraction method for sweet orange pulp (*Citrus sinensis* L.) to identify phenolic compounds consumed from sweet oranges. *PloS One*, *14*(1), e0211267. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211267>

Iniesta López, J. (2016). *Caracterización físico-química y compuestos funcionales de cuatro variedades de naranjas tardías* [Trabajo de fin de grado, Universidad Miguel Hernández de Elche]. Biblioteca de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela. <https://dspace.umh.es/bitstream/11000/3247/1/TFG%20Iniesta%20L%C3%B3pez%2020Jos%C3%A9.pdf>

Kebede, Z., Geto, G., Desalegn, F., & Managido, D. (2023). Morpho-sensory evaluation of orange fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) Varieties in the low lands of North Shewa zone. *Review of plant studies*, *10*(1), 1–7. <https://doi.org/10.18488/rps.v10i1.3588>

Leksrisompong, P. P., Whitson, M. E., Truong, V. D., & Drake, M. A. (2012). Sensory attributes and consumer acceptance of sweet potato cultivars with varying flesh colors. *Journal of Sensory Studies*, *27*(1), 59–69. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459x.2011.00367.x>

Lester, G. E., & Shellie, K. C. (2004). *Market quality attributes of orange-fleshed non-netted honey dew melon genotypes following different growing seasons and storage temperature durations* [PDF]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/43259438_Market_Quality_Attributes_of_Orange-fleshed_Non-netted_Honey_Dew_Melon_Genotypes_Following_Different_Growing_Seasons_and_Storage_Temperature_Durations

- López, B. (2016, septiembre 20). *Origen e historia de la naranja*. Mundo Deportivo.
<https://www.mundodeportivo.com/uncomo/comida/articulo/origen-e-historia-de-la-naranja-44057.html>
- Martí, N., Mena, P., Cánovas, J. A., Micol, V., & Saura, D. (2009). Vitamin C and the role of citrus juices as functional food. *Natural Product Communications*, 4(5).
<https://doi.org/10.1177/1934578x0900400506>
- MARTÍNEZ A., OL, ROMÁN M., MO, GUTIÉRREZ E., EL, MEDINA, GB, & FLÓREZ A., OA (2009). Caracterización sensorial de fibras de algunas frutas comunes en Colombia. *Vitae*, 10 (2). <https://revistas.udea.edu.co/index.php/vitae/article/view/432/359>
- Martins, R. C., Leonel, S., Souza, J. M. A., Lima, G. P. P., Leonel, M., Putti, F. F., Monteiro, G. C., Züge, P. G. Ü., Napoleão, G. M., Figueira, R., & Filho, J. D. (2023). Profile of bioactive compounds in orange juice related to the combination of different scion/rootstocks, packaging and storage. *Horticulturae*, 9(3), 347.
<https://doi.org/10.3390/horticulturae9030347>
- Mojo, T., Sutrisno, & Marfuah, S. (2024). Chemical content and pharmacology of sweet orange (*Citrus sinensis*) fruit peel: A review. *E3S web of conferences*, 481, 06002.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448106002>
- Murillo Baca, S. M., Otarola Gamarra, A., Buendia Ponce, H. R., Ponce Rosas, F., Torres Suarez, W. J., & Vasquez Orihuela, W. (2023). Cinética de degradación de vitamina C en jugo de naranja (*Citrus sinensis*) en anaquel a temperatura ambiente y en frío. *Manglar (Tumbes)*, 20(1), 15–21. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.002>
- Nandita, K., Kundu, M., Rakshit, R., & Nahakpam, S. (2022). Effects of foliar application of micronutrients on growth, yield and quality of sweet orange (*Citrus sinensis* (L.)

osbeck). *Bangladesh Journal of Botany*, 51(1), 57–63.

<https://doi.org/10.3329/bjb.v51i1.58821>

Oloyede, L. (2016). *Proximate and phytochemical changes in hydrothermally processed orange (Citrus sinensis) pulp meal*. EBSCOhost.

https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A13%3A23220525/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A119836215&crl=c&link_origin=scholar.google.com.co

On, B. (2018). *Physico-chemical parameters of sweet orange*. Phytojournal.com.

<https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue6/PartAB/7-6-101-270.p>

Onwude, D., Bahrami, F., Shrivastava, C., Berry, T., Cronje, P., North, J., Kirsten, N., Schudel, S., Crenna, E., Shoji, K., & Defraeye, T. (2022). Physics-driven digital twins to quantify the impact of pre- and postharvest variability on the end quality evolution of orange fruit. *Resources, Conservation, and Recycling*, 186(106585), 106585.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106585>

Onwude, D., Cronje, P., North, J., & Defraeye, T. (2024). Digital replica to unveil the impact of growing conditions on orange postharvest quality. *Scientific Reports*, 14(1).

<https://doi.org/10.1038/s41598-024-65285-w>

Orduz-Rodríguez, J. O. (s.f.). *La ecofisiología de los cítricos en el trópico: el caso del Piedemonte Llanero de Colombia*. Edu.co.

<https://repository.unilasallista.edu.co/server/api/core/bitstreams/748669b9-5d32-4505-be5d-72e95cd86b2f/content>

Orduz-Rodríguez, J. O., & Mateus Cagua, D. M. (s.f.). *Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia*. Edu.co.

<https://repository.unilasallista.edu.co/server/api/core/bitstreams/1a1b9288-9360-4129-a7a3-dc6ec86d31d2/content>

Orduz-Rodríguez, J. O., SergioCastiblanco, G., Calderón, C., & HeberthAugustoVelásquez, R. (2011). Yield and quality potential of 13 commercial varieties and hybrids of citrus in the conditions of the Piedmont Plains of Colombia. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS*, 5(2), 171–185.

https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19524/45343_61912.pdf?sequence=1

Owoyemi, A., Porat, R., Lichter, A., Doron-Faigenboim, A., Jovani, O., Koenigstein, N., & Salzer, Y. (2022). Large-scale, high-throughput phenotyping of the postharvest storage performance of ‘Rustenburg’ navel oranges and the development of shelf-life prediction models. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(13), 1840. <https://doi.org/10.3390/foods11131840>

Qaiser Ali Sultan, Said Wahab, Muhammad Noor uddin, Yasser Durrani, Ali Muhammad, H. B., & Din, M. U. (2019). 1. Effect of head space, processed water and vitamin C on pasteurized hot filled orange juice during storage. *Pure and Applied Biology*, 8(2), 1008–1015. <https://thepab.org/index.php/journal/article/view/867>

R, S., Shere, D., & M, J. M. (2018). Study of physico-chemical characteristics of sweet orange (*Citrus sinensis*) fruit. *www.phytojournal.com*.
<https://www.phytojournal.com/archives/2018.v7.i6.6452/study-of-physico-chemical-characteristics-of-sweet-orange-ltemgtcitrus-sinensisltemgt-fruit>

Razola-Díaz, M. del C., Verardo, V., Gómez-Caravaca, A. M., García-Villanova, B., & Guerra-Hernández, E. J. (2023). Mathematical modelling of convective drying of orange by-product and its influence on phenolic compounds and ascorbic acid content, and its

antioxidant activity. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(3), 500.

<https://doi.org/10.3390/foods12030500>

Rodríguez Fernández, Elena. (2022). *Ingeniería básica de una planta de producción de zumo de naranja ultracongelado*. Biblioteca de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla.

Biblus.us.es. <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/94403/>

Romeo, R., Bruno, A. D., Piscopo, A., Medina, E., Ramírez, E., Brenes, M., & Poiana, M. (2020).

Effects of phenolic enrichment on vitamin C and antioxidant activity of commercial orange juice. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, e2019130. [https://doi.org/10.1590/1981-](https://doi.org/10.1590/1981-6723.13019)

[6723.13019](https://doi.org/10.1590/1981-6723.13019)

Sado, M., Yusuf, Z., Desta, M., & Idris, M. (2022). Physicochemical properties, antioxidant and

antimicrobial activities of sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit peel and pulp oil extracts. *The Open Biotechnology Journal*, 16(1). [https://doi.org/10.2174/18740707-v16-](https://doi.org/10.2174/18740707-v16-e2206160)

[e2206160](https://doi.org/10.2174/18740707-v16-e2206160)

Saha, S., Do, T., Maycock, J., Wood, S., & Boesch, C. (2023). Antibiofilm efficacies of flavonoid-rich sweet orange waste extract against dual-species biofilms. *Pathogens*, 12(5), 657.

<https://doi.org/10.3390/pathogens12050657>

Seminara, S., Bennici, S., Di Guardo, M., Caruso, M., Gentile, A., La Malfa, S., & Distefano, G. (2023). Sweet orange: Evolution, characterization, varieties, and breeding

perspectives. *Agriculture*, 13(2), 264. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020264>

Sensory evaluation of commercial samples of orange flavor refreshment powder. (s.f.). *Com.Br.*

<https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/view/2594/3891>

Shui, M., Feng, T., Tong, Y., Zhuang, H., Lo, C., Sun, H., Chen, L., & Song, S. (2019).

Characterization of key aroma compounds and construction of flavor base module of

- Chinese sweet oranges. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(13), 2384.
<https://doi.org/10.3390/molecules24132384>
- Shui, M., Feng, T., Tong, Y., Zhuang, H., Lo, C., Sun, H., Chen, L., & Song, S. (2019). Characterization of key aroma compounds and construction of flavor base module of Chinese sweet oranges. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(13), 2384.
<https://doi.org/10.3390/molecules24132384>
- Strano, M. C., Altieri, G., Allegra, M., Di Renzo, G. C., Paterna, G., Matera, A., & Genovese, F. (2022). Postharvest technologies of fresh citrus fruit: Advances and recent developments for the loss reduction during handling and storage. *Horticulturae*, 8(7), 612.
<https://doi.org/10.3390/horticulturae8070612>
- Torres, G. E. N. (2020). *Naranja en Colombia, un cultivo al que se le saca poco jugo*. Diariolaeconomia.com. <https://diariolaeconomia.com/notas-de-la-finca/item/5576-naranja-en-colombia-un-cultivo-al-que-se-le-saca-poco-jugo.html>
- Torres, R., Montes, E. J., Pérez, O. A., & Andrade, R. D. (2013). *Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales*. Información Tecnológica, 24(3), 51–56.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642013000300007
- Veeravenkatesh, M., & Vishnuvardhan, S. (2014). Studies on some physical properties of sweet orange relevant to bulk handling. *International journal of agricultural engineering*, 7(2), 347–351. <https://doi.org/10.15740/has/ijae/7.2/347-351>
- Velásquez, H. A., & Orduz-Rodríguez, J. O. (2015). Performance of ‘Valencia’ sweet orange grafted in different rootstocks, Colombia Tropical Lowland. 2001-2013. *Agronomía colombiana*, 33(1), 43–48. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v33n1.49497>

- Wu, B., Yu, Q., Deng, Z., Duan, Y., Luo, F., & Gmitter, F., Jr. (2023). A chromosome-level phased genome enabling allele-level studies in sweet orange: a case study on citrus Huanglongbing tolerance. *Horticulture Research*, *10*(1), uhac247. <https://doi.org/10.1093/hr/uhac247>
- Xi, D., Yin, T., Han, P., Yang, X., Zhang, M., Du, C., Zhang, H., & Liu, X. (2023). Genome-wide identification of sweet orange WRKY transcription factors and analysis of their expression in response to infection by *Penicillium digitatum*. *Current Issues in Molecular Biology*, *45*(2), 1250–1271. <https://doi.org/10.3390/cimb45020082>
- Zacarias-Garcia, J., Carlos, G., Gil, J.-V., Navarro, J. L., Zacarias, L., & Rodrigo, M.-J. (2023). Juices and by-products of red-fleshed sweet oranges: Assessment of bioactive and nutritional compounds. *Foods (Basel, Switzerland)*, *12*(2), 400. <https://doi.org/10.3390/foods12020400>
- Zeb, A., Qureshi, W. S., Ghafoor, A., Malik, A., Imran, M., Mirza, A., Tiwana, M. I., & Alanazi, E. (2023). Towards sweetness classification of orange cultivars using short-wave NIR spectroscopy. *Scientific Reports*, *13*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-27297-2>