

Industrialización de cítricos y valor agregado

Catarina Pedro Pássaro Carvalho*

Julián Londoño-Londoño**

Resumen

En este capítulo se describen las principales etapas del proceso de producción de zumos de cítricos, así como las características de calidad exigidas para su comercialización de acuerdo con la normativa internacional. Adicionalmente se hace referencia a otras alternativas de aprovechamiento industrial de los frutos cítricos y finalmente, se presenta información relacionada con las características nutricionales y de valor agregado de los productos citrícolas, haciendo énfasis en el efecto que sobre ellas tienen los procesos de industrialización.

Palabras clave: cítricos, producción, industrialización, calidad, normas internacionales.

Citrus ´ industrialization and added value

Abstract

This chapter describes the main stages of the production of citrus juices, and the quality characteristics demanded to commercialize those juices according to international regulations. Additionally, alternatives for the industrial use of citrus fruits are mentioned and, finally, information related to the nutritio-

* Ing. Agrónoma. Ph.D. en Ing. de Alimentos. C.I. La Selva, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (COROPOICA), km 7 vía Las Palmas, Vereda Llanogrande, Rionegro, Antioquia, Colombia.

** Farmacéutico. Doctor en Ciencias Químicas. Corporación Universitaria Lasallista. Grupo de Investigación en Ingeniería de Alimentos - GRIAL. Caldas, Antioquia - Colombia.

Correspondencia:
Catarina Pedro Pássaro
Carvalho:
cpassaro@gmail.com

nal properties and added value characteristics of citrus' products is provided, emphasizing the effect of industrialization processes on citrus.

Key words: Citrus, production, industrialization, quality, international regulations.

Introducción

El sector de la transformación de los frutos cítricos está en plena expansión, tanto por el aumento de la demanda de estos productos como por el nivel tecnológico alcanzado por las industrias. Este sector es una buena alternativa para aquellas cosechas que no pueden comercializarse por determinadas circunstancias; esto no quiere decir que las naranjas de peor calidad sean destinadas a la industria, sino aquellas que, por ejemplo, no tengan los calibres comerciales exigidos.

Del total de la producción de cítricos, cerca de un 60% se consume en el mercado de productos frescos, y aproximadamente un 40% es procesado.

El sector citrícola tiene dos formas principales de comercialización de sus productos. Por un lado existe un mercado que está basado en la comercialización de los productos frescos; y por otro lado, existe un mercado para aquellos bienes que son producto de la transformación industrial de la fruta.

La industrialización de los cítricos está dominada por los productos de zumos, los cuales ocupan una significativa proporción del mercado de bebidas, industria que ha evolucionado a través de los años, del zumo fresco al popular zumo NFC (siglas del inglés "Not From Concentrate" o hechos a partir de zumo no concentrado" o no concentrado), el cual supera hoy todas las demás categorías de zumos cítricos. El zumo NFC se vende en el segmento del mercado de zumo frío con precio más alto que su valor nominal, y su tasa de crecimiento, año tras año, ha sido elevada durante la última década. En los Estados Unidos las ventas por temporada de zumo de naranja NFC han aumentado un 10,5% desde la última temporada. El total de la producción mundial de zumo de cítricos 2004/2005 se aproximó a 2,7 millones de toneladas. Los principales productores de zumo de naranja son Brasil y la Florida, y su producción conjunta representa un poco menos del 90% de la demanda mundial, seguidos de China¹. De los frutos cítricos que son transformados, el 81,9% corresponde a naranjas, el 7,9% a limones, el 6,8% a mandarinas, y el 3,2% a pomelos¹.

El sector de la industrialización de cítricos ha permanecido fuerte y estable durante muchos años; sin embargo, si se quiere ser competitivo en un mercado global y cambiante, donde los consumidores hoy día prefieren productos nuevos, frescos, saludables y respetuosos con el medioambiente, se necesita innovar y agregar valor a sus productos tradicionales.

Zumos

La popularidad del zumo de naranja se debe a su sabor placentero y refrescante, además de que los consumidores tienen conocimiento del beneficio nutritivo de la vitamina C, del ácido fólico y de la fibra dietética que contiene cada porción.

La extracción del zumo es una tecnología con base en la cual se extrae más del 75 por ciento de la producción mundial de zumos cítricos. Este principio se basa en el diseño único de extractores de zumo dentro de la máquina. Los componentes interactúan de tal manera que pelan la naranja y exprimen el zumo de la naranja pelada mediante un colador; todo, en un espacio de fracciones de segundo. El resultado es un zumo de una excelente calidad que está listo para ser empacado como zumo fresco o que puede seguir el ciclo del zumo NFC o de zumo de naranja concentrado y congelado (JNCC)²

Clasificación de Zumos

Según el CODEX STAN 247-2005³, por zumo (jugo) de fruta se entiende el líquido sin fermentar, pero fermentable, que se obtiene de la parte comestible de frutas en buen estado, debidamente maduras y frescas o frutas que se han mantenido en buen estado por procedimientos adecuados, inclusive por tratamientos de superficie, aplicados después de la cosecha, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Comisión del Codex Alimentarius.

Algunos zumos podrán elaborarse junto con sus pepitas, semillas y pieles, que normalmente no se incorporan al zumo, aunque serán aceptables algunas partes o componentes de pepitas, semillas y pieles que no puedan eliminarse mediante las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

Los zumos se preparan mediante procedimientos adecuados que mantienen las características físicas, químicas, organolépticas y nutricionales esenciales de los zumos de la fruta de que proceden. Podrán ser turbios o claros, y podrán contener componentes restablecidos de sustancias aromáticas y aromatizantes volátiles, elementos todos ellos que deberán obtenerse por procedimientos físicos adecuados y que deberán proceder del mismo tipo de fruta (se permite la introducción de aromas y aromatizantes para restablecer el nivel de estos com-

ponentes hasta alcanzar la concentración normal que se obtiene en el mismo tipo de fruta). Podrán añadirse pulpa y células (en el caso de los cítricos, la pulpa y las células son la envoltura del zumo elaborado del endocarpio) obtenidas por procedimientos físicos adecuados del mismo tipo de fruta.

Un zumo de un solo tipo es el que se adquiere de un solo tipo de fruta, y un zumo mixto es el que se obtiene mezclando dos o más zumos, o zumos y purés de diferentes tipos de frutas.

Los zumos de fruta se clasifican en:

- Zumo de fruta exprimido directamente por procedimientos de extracción mecánica.
- Zumo de fruta a partir de concentrados, mediante reconstitución del zumo concentrado de fruta. Se obtiene por dilución adecuada de un zumo previamente concentrado.
- Zumo concentrado de fruta: se entiende el producto que se ajusta a la definición anterior, salvo que se ha eliminado físicamente el agua en una cantidad suficiente para elevar el nivel de grados Brix, al menos, en un 50% más que el valor Brix establecido para el zumo reconstituido de la misma fruta (11,2° para el caso de los cítricos). En la producción de zumo destinado a la elaboración de concentrados se utilizarán procedimientos adecuados, que podrán combinarse con la difusión simultánea con agua de pulpa y células y/o el orujo de fruta, siempre que los sólidos solubles de fruta extraídos con agua se añadan al zumo primario en la línea de producción antes de proceder a la concentración.
- Zumo de fruta extraído con agua: es aquel que se obtiene por difusión con agua de
 - fruta pulposa entera cuyo zumo no puede extraerse por procedimientos físicos, o
 - fruta deshidratada entera.
- El contenido de sólidos del producto acabado deberá satisfacer el valor mínimo de grados Brix para el zumo.
- Puré de fruta utilizado en la elaboración de zumos y néctares de frutas: se entiende el producto sin fermentar, pero fermentable, obtenido mediante procedimientos idóneos, por ejemplo, al tamizar, triturar o desmenuzar la parte comestible de la fruta entera o pelada sin eliminar el zumo.

- Puré concentrado de fruta utilizado en la elaboración de zumos y néctares de frutas: se obtiene mediante la eliminación física de agua del puré de fruta en una cantidad suficiente para elevar el nivel de grados Brix en un 50% más que el valor Brix establecido para el zumo.
- Néctar de fruta: es el producto sin fermentar, pero fermentable, que se obtiene añadiendo agua con o sin la adición de azúcares de miel y/o jarabes, y/o edulcorantes. El contenido mínimo de zumo natural es de 50% (p/p). La Generalitat Valenciana en España, considera además:
 - Zumo de cítricos recién exprimido: aquel que es obtenido para consumir inmediatamente sin mediar ningún tratamiento.
 - Zumo natural refrigerado: aquel que es obtenido y dispuesto para consumir en un corto espacio de tiempo (15-18 días). Suele someterse a una pasteurización suave que lo estabiliza para envasarse sin oxígeno y conservarse en ambiente refrigerado (0-5°C).
 - Bebidas refrescantes a base de zumo de cítricos: son las bebidas preparadas a partir de agua, ingredientes y demás productos autorizados con un contenido mínimo exigido por la legislación del 8% (p/v) de zumo de cítrico.

Tecnologías de extracción de zumos

Los extractores industriales de cítricos comenzaron a desarrollarse en los años 40 y 50, y desde entonces no han dejado de incorporar nuevas mejoras y avances tecnológicos que han permitido aumentar los rendimientos y la calidad del zumo obtenido.

Básicamente son dos las técnicas utilizadas en la industria para la extracción de zumos de cítricos: la FMC, desarrollada por la empresa norteamericana Food Machinery Company, y la Zumex, desarrollada por la empresa española Máquinas y Elementos S. A. A continuación se detalla el funcionamiento de cada una de las máquinas, de acuerdo con lo descrito por Garza⁴.

Tecnología FMC

Es el tipo de extractor más utilizado a escala industrial, en la extracción de zumos de cítricos para la elaboración de concentrados.

El principio de funcionamiento se basa en la separación instantánea de los elementos constituyentes del fruto (piel, membrana, semillas y otros productos no deseables) que, de permanecer demasiado tiempo en contacto con el zumo, pue-

den tener una influencia adversa para la calidad final del producto. La extracción rápida evitará que pasen al zumo sustancias procedentes de las semillas, membranas y corteza que pueden producir amargor y sabores extraños. Como resultado se obtiene un zumo de gran calidad. El proceso se realiza muy rápidamente, ya que estos extractores pueden alcanzar casi 100 ciclos por minuto. La selección del tamaño de las copas se hace en función del rango de tamaños de la fruta a procesar.

En general, la fruta, previamente calibrada por tamaños, llega al extractor a través de una cinta transportadora y se posiciona automáticamente en la parte inferior de la copa. Una cuchilla de acero inoxidable situada en la parte superior (upper cutter) corta un círculo de corteza en la parte superior del cítrico, para permitir la separación de la corteza de las porciones interiores de la fruta. En la parte inferior otra cuchilla (lower cutter) corta una porción de corteza para permitir el acceso del cilindro de tamizado (prefinisher tube) al interior del fruto. La copa superior (upper cup) y la copa inferior (lower cup) sujetan el fruto durante todo el proceso de exprimido para evitar su rotura.

El cilindro de pretamizado separa los elementos internos del fruto en función de su tamaño; el zumo y la pulpa pasarán a través de los orificios del pretamizador y se depositarán en el depósito de zumo (juice mainfold), mientras que las membranas y semillas se descargarán por el tubo inferior (orifice tube).

Las etapas del proceso pueden ser descritas de la siguiente forma (**figura 1**):

- **Primera fase de extracción.** En esta primera fase del ciclo de extracción, la copa superior se desplaza hacia abajo provocando una presión en el cítrico de forma que las cuchillas superior e inferior comienzan a cortar los extremos superior e inferior del fruto. El diseño de las copas permite que el fruto quede perfectamente sujeto, evitando que se rompa, y consigue una extracción uniforme durante todo el proceso.
- **Segunda fase de extracción.** Cuando el ciclo de extracción continúa, los dedos de las copas se entrecruzan y el aumento de presión sobre el cítrico obliga al zumo, y a las partes interiores del fruto (zumo, pulpa, membranas y semillas) a pasar a través del fondo al cilindro tamizador, a la vez que la corteza empieza a salir por la parte superior, entre la copa y la cuchilla.
- **Tamizado.** Una vez finalizada la extracción, las porciones interiores del cítrico se hallan localizadas en el interior del cilindro tamizador. En este momento, el tubo del orificio se mueve hacia arriba, presionando el contenido del cilindro tamizador, lo que provoca que el zumo y la pulpa pasen a través de los orificios del tamiz y pasen al depósito colector de zumo. Las partes del fruto de

mayor tamaño, que no pueden atravesar el tamiz, son descargadas por un orificio en el tubo inferior y evacuadas fuera de la máquina. Las cortezas, rotas al ser forzadas a pasar a través de los dedos de las copas, se eliminan por la parte superior de la máquina y se depositan en un colector. Durante la extracción, las pieles forzadas a pasar a través de los dedos de las copas, sueltan el aceite esencial contenido en las vesículas. Este aceite puede ser arrastrado mediante una corriente de agua y recogido por separado como una emulsión de aceite.

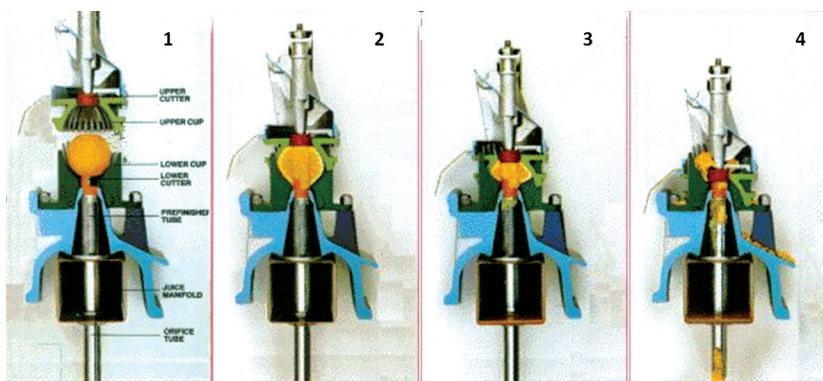


Figura 1. Esquema del proceso de extracción de zumo de cítricos empleando la tecnología FMC.

Fuente: Garza⁴.

Tecnología Zumex

Este tipo de máquinas extractoras se utilizan principalmente para la obtención de zumo fresco a pequeña y mediana escala.

Su principio de funcionamiento, es bastante simple y se basa en partir el fruto por la mitad y hacer pasar las mitades entre dos cilindros giratorios que presionan el fruto y extraen el zumo (**figura 2**).

El original y simple sistema de extracción se basa en unos tambores macho y hembra que con una perfecta sincronización extraen el zumo de la pulpa de la fruta, que previamente ha sido cortada en dos mitades por medio de una cuchilla ubicada en el compartimento superior de la máquina.

Su gran peculiaridad reside en que en ningún momento las bolas de exprimido están en contacto con la corteza de la fruta, sino solo con la pulpa, para evitar el sabor amargo y obtener, por tanto, un zumo de alta calidad. Este sistema permite así, un rendimiento de hasta el 95%.



Figura 2. Esquema de una máquina extractora de zumos de cítricos empleando la tecnología zumex. En el recuadro derecho se detalla el sistema de cilindros giratorios.

Fuente: www.zumex.com

Ambas extractoras presentan muy buena eficiencia para los rangos de tamaños de frutos recomendados. Sin embargo, pueden ocurrir pérdidas en los rendimientos de zumo y aceite esencial debido a la rotura de los frutos cuando piezas demasiado grandes o pequeñas alimentan una determinada copa. Este problema se reduce mediante la selección por calibrado del tamaño de fruto adecuado antes de la extracción⁵.

En general las copas están diseñadas para calibres entre 65-78 mm para naranjas, y para mandarinas y limones se pueden solicitar copas para diámetros inferiores a 65 mm. La empresa Zumex Group S. A. pone a disposición en su web el siguiente calibrador manual para frutos (**figura 3**).

Los autores Álvarez; *et al.*⁶ estudiaron el efecto de diferentes tecnologías industriales de exprimido (tipo FMC y tipo Zumex) sobre los parámetros químicos y sensoriales del zumo de mandarina ‘Clementina’, y observaron diferencias significativas entre las dos tecnologías con respecto al perfil químico de aromas y sensorial de los zumos (**figura 4**). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en los parámetros físico-químicos de los mismos, pero sí un rendimiento en zumo muy superior para la tecnología de exprimido FMC (**tabla 1**).

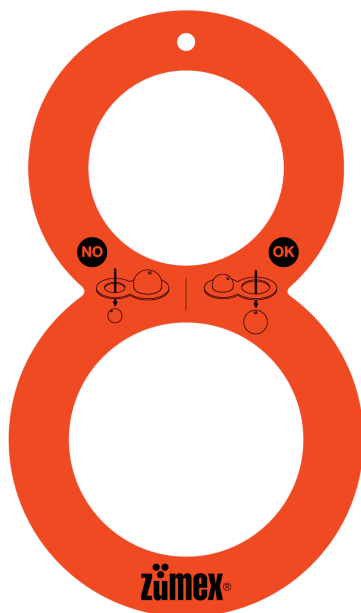


Figura 3. Calibrador Zumex de naranjas para zumo.

Fuente: www.zumex.com

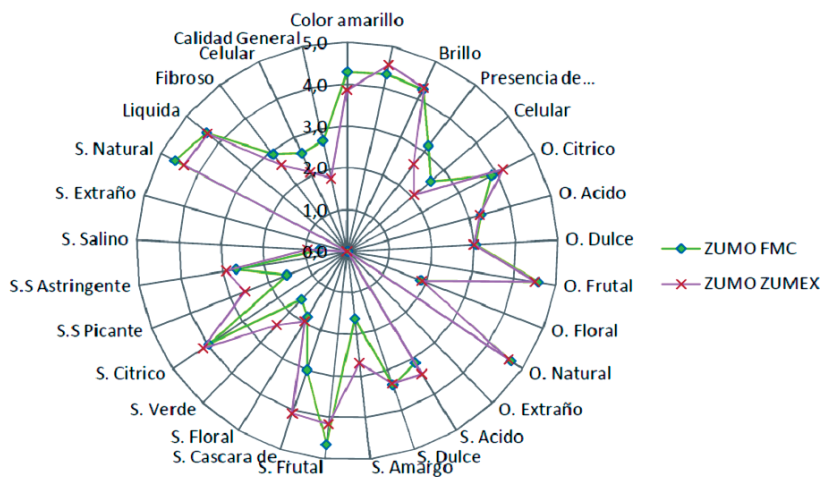


Figura 4. Análisis sensorial por aproximación multidimensional de zumos de mandarina ‘Clementina’ obtenidos por diferentes metodologías de exprimido.

Tabla 1. Efecto de la tecnología de exprimido sobre los parámetros de calidad del zumo.

Tecnología de exprimido	Diámetro (mm)	Ác. cítrico (g/100mL)	SST (°Brix)	Índice de madurez (SST / AT)	Zumo (%)	pH	Ác. ascorbico (mg/100mL)
FMC*	57,9 a ¹	0,90 a	12,4 a	13,9 a	52.1 b	3,6 a	49.7 a
ZUMEX*	58,8 a	0,93 a	12,5 a	13,9 a	37.0 a	3,5 a	47.6 a

¹ Los datos seguidos de la misma letra en la misma columna no difieren para $P < 0.05$.

El zumo obtenido por FMC presentó, en general, una calidad más alta que aquel obtenido por Zumex: un mayor color amarillo, mayor presencia de contenido fibroso y celular, menor olor cítrico, menor sabor amargo, mayor sabor frutal, menor sabor a cáscara de cítrico, menor sabor verde y menor sabor picante, al compararlo con el zumo obtenido por Zumex.

Producción de zumo de naranja concentrado y congelado

Existen distintos tipos de zumos concentrados congelados de naranja: turbios, clarificados, y de diferentes grados de acidez.

El proceso de producción de zumo se guía por un diagrama de flujo que es donde se representa la trayectoria que sigue el zumo, desde que entra en forma de materia prima, hasta que se transforma y se convierte en producto terminado, listo para degustar por el consumidor (**figura 5**).

El riesgo de contaminación microbiana durante todo el proceso es muy grande, por la mala manipulación debida al equipo, al manipulador, al mantenimiento deficiente o al ambiente. Es fundamental que en todo momento las instalaciones estén en perfectas condiciones de limpieza e higiene.

Para asegurar la calidad final del producto se deben hacer análisis microbiológicos de todo el producto final.

Las diferentes etapas del proceso general de producción de zumo de naranja, concentrado y congelado, se describen a continuación:

- **Recepción e inspección de la fruta**

La materia prima deben ser frutos frescos de diferentes variedades recibidos directamente de campo. También se puede recibir zumo **no pasteurizado** en tanques. La materia prima se entrega limpia, bien mantenida, y en vehículos cubiertos.

La fruta fresca se transporta a la planta en camiones con capacidad de remolque de hasta 20 toneladas. El descargue puede ser relativamente simple o se pueden emplear ramblas hidráulicas para descargar la fruta por gravedad sobre cintas transportadoras. Por regla general, se hacen pruebas al azar para determinar el nivel de maduración de la fruta y su contenido de zumo. Luego se determina el nivel de azúcar y acidez, que a menudo son los criterios para la compra de la fruta y para la mezcla seleccionada de lotes, con el fin de obtener parámetros específicos de calidad².

- **Procesamiento**

Primeramente los frutos son descargados de los bins o contenedores, luego los frutos se enjuagan en agua potable, se clasifican (1^a selección), y se almacenan en bins. Cuando la fruta se remueve de los bins se lava con cepillos con un detergente neutro o desinfectante, y se enjuaga con agua potable. Para el lavado también se puede emplear agua condensada fría ganada de la evaporación del zumo.

Los frutos son seleccionados nuevamente (2^a selección), luego son calibrados y se envían a los extractores de zumo. La pulpa es removida de la máquina extractora de zumo a través del cilindro tamizador para filtrar y homogeneizar el zumo para conseguir una emulsión estable; y el zumo es bombeado para un tanque de camisa.

El zumo que se obtiene puede ser centrifugado para reducir el nivel de pulpa y de defectos.

Seguidamente el zumo es desaireado (vacío a una temperatura de aproximadamente 60°C durante dos minutos) para eliminar el oxígeno disuelto y ocluido, y evitar así la oxidación acelerada durante la pasteurización. Un mal manejo de esta fase produce el oscurecimiento del zumo.

Después los zumos son mezclados en un tanque de compensación para pasteurización. El zumo es pasteurizado (65 °C durante 30 minutos) en un intercambiador tubular o de placas. Una vez transcurrido el tiempo, la operación se completa con el enfriamiento rápido del producto hasta una temperatura de 5 °C, a fin de producir un choque térmico que inhibe el crecimiento de los microorganismos que pudieran haber sobrevivido al calor.

Los zumos de frutas tienen un pH ácido (< 4,0) por lo que las bacterias no son muy resistentes a la temperatura, lo que permite reducir los tiempos

de tratamiento y las temperaturas de forma que la calidad nutricional y sensorial del producto no sea alterada.

Las operaciones de extracción, filtrado, pasteurización y envasado deben realizarse en forma rápida porque el zumo de naranja se oxida fácilmente y se altera el sabor. En el proceso se deben controlar la temperatura y el tiempo de pasteurización, así como la temperatura de enfriamiento^{8,9}.

- **Almacenamiento**

El zumo pasteurizado es bombeado para un tanque de camisa de congelado entre -18 y -10°C, o por el proceso de llenado es envasado en doble bolsa y congelado a esa temperatura. Estos tanques tienen una capacidad de hasta 250.000 galones.

- **Envasado, empacado y despacho**

Para el envasado de este tipo de zumo hay diferentes posibilidades:

- Los envases más usados son los tambores de chapa de 200 L con pintura interior sanitaria y doble bolsa de polietileno, de las cuales la interior puede o no ser cerrada con pico de envasado.
- Envases plásticos de distintas capacidades, los cuales vienen cerrados con tapa y estériles en su interior. Estos envases son usados por empresas elaboradoras de bebidas gaseosas, con un peso determinado y característico de cada empresa. Son de un solo uso y no tienen retorno.
- Bines de madera con bolsas especiales de 2 y 3 capas en su interior, con capacidades que van desde los 500 hasta los 1.000 Kg. También son envases usados por las empresas. Al igual que los envases plásticos, estos también son sin retorno.
- Tanques contenedores, en los cuales se envasa una carga completa de 18-20 Ton, y donde el espacio de cabeza se compensa con atmósfera de nitrógeno. Se utilizan para envíos al exterior⁷.

El zumo pasteurizado y congelado puede ser empacado en cajas de cartón, las cuales se cierran, codifican, sellan, paletizan y se almacenan en cámara frigorífica. El producto final se despacha en camiones limpios y refrigerados.

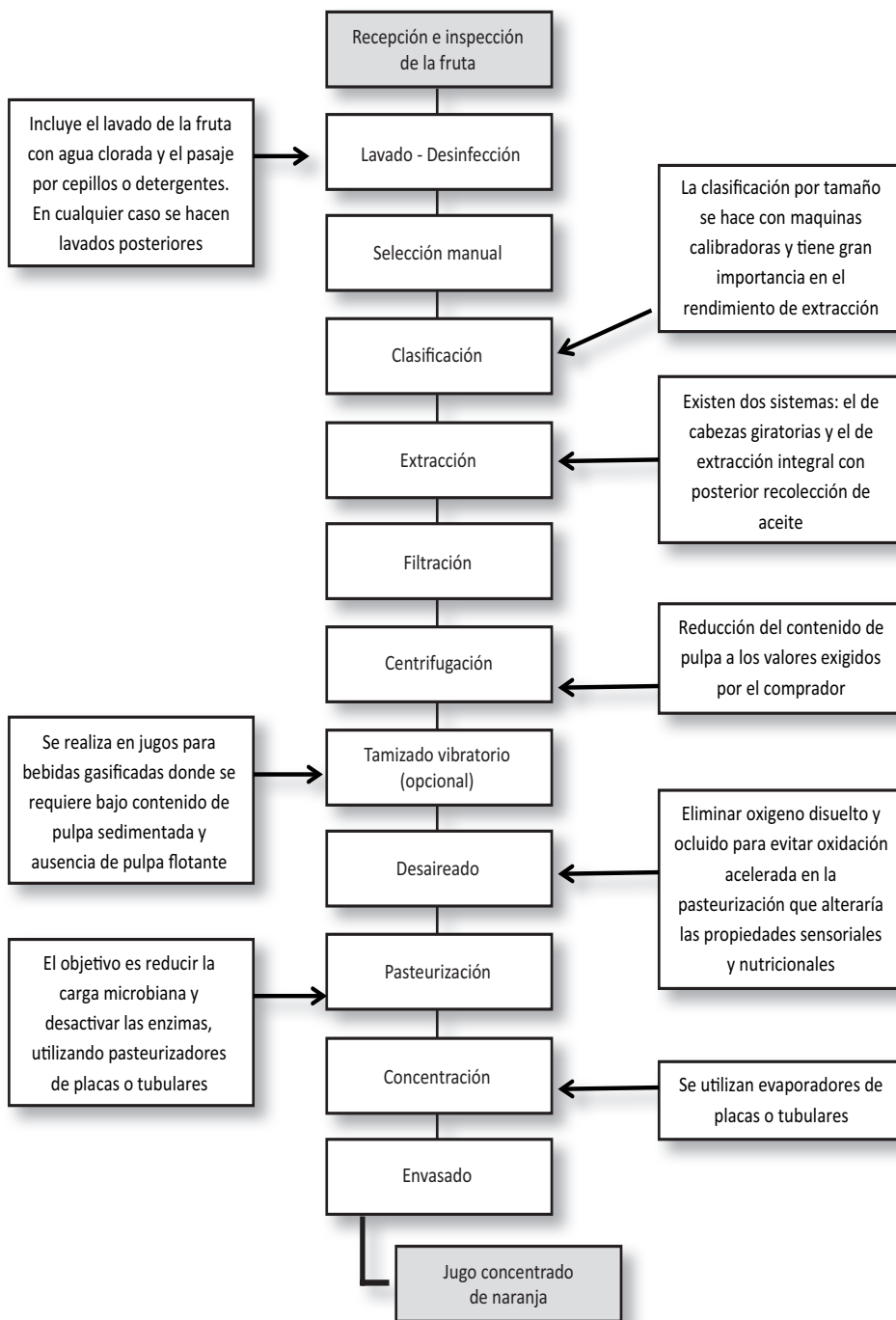


Figura 5. Diagrama de flujo del proceso industrial de zumo concentrado y congelado de naranja⁷.

Producción de zumo de naranja sin concentrar (NFC)

El zumo NFC es un producto más cercano al zumo de naranja fresco y que viene, además, en empaque listo a servir. Este satisface las exigencias de los consumidores en cuanto al buen sabor, a un producto que es menos procesado y con más trozos de fruta. Incrementa, además, los conocimientos de los consumidores respecto a la salud y valor nutritivo de los cítricos, factor importante relacionado con el aumento de las ventas del zumo NFC².

Este producto se fabrica siguiendo un estricto proceso de pasteurización, que minimiza, de esta manera, la exposición al calor.

Las diversas tecnologías que facilitan el almacenamiento de grandes volúmenes hacen posible mantener la oferta de zumo durante todo el año. De uso común son el almacenamiento aséptico de grandes cantidades en los tanques finca, los sistemas de bolsa en barril o bolsa en caja y el almacenamiento congelado. El almacenamiento aséptico es económicamente más viable que el congelado por la facilidad de manejo, y la economía de energía, y puede alcanzar capacidades de un millón de galones por tanque. Un envase común para este tipo de zumo es el Tetra Pak, para que las características organolépticas (color, olor y sabor) y las propiedades de la fruta se mantengan intactas. Al tratarse de un producto natural pasteurizado, la distribución es hecha en cadena de frío.

Otros factores importantes en la producción del zumo NFC son el control del aceite de la cáscara y el nivel de amargor en el zumo.

Calidad en los zumos de fruta

Como regla general, los mercados exigen determinados índices de calidad para los frutos cítricos con destino al consumo en fresco y a la transformación industrial, producidos en diferentes regiones del mundo, regulados en diversos documentos legales. Estos índices son necesarios para evitar la recolección de frutos no aptos y la llegada de estos al mercado con un nivel de calidad no aceptado por el consumidor¹⁰, así como evitar los cambios en olor y sabor del zumo o su contaminación microbiológica¹¹ cuando se destinan al procesamiento industrial.

Importancia de la materia prima

Los parámetros de calidad de los zumos son uno de los factores más importantes porque el consumidor final los percibe como garantía de calidad y los identifica con la marca, con lo cual se consigue su fidelización y la diferenciación en el mercado. Dado que la fruta es un producto natural, los parámetros pueden fluctuar ligeramente en consecuencia de factores externos.

Además de la legislación para elaborar los zumos de frutas, hay que tener en cuenta la legislación aplicable a los productos alimenticios relativos a control, higiene, y seguridad alimentaria: sistemas de prevención basados en HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points - Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control)

El factor más importante en la elaboración de zumos de fruta es la selección de materias primas de alta calidad y de proveedores que sean capaces de mantenerla de forma constante. Cuando se va a desarrollar un nuevo producto, lo primordial es homologar la materia prima que va a constituirlo y el proveedor que la suministra.

Así, esta debe de cumplir una serie de parámetros de calidad, organolépticos, físico-químicos, y microbiológicos que se recogen en las fichas técnicas elaboradas para cada variedad de fruta con que cuentan las empresas para manufacturar los diferentes zumos.

Los parámetros de calidad mas utilizados para zumos son:

- °Brix
- Extracto libre
- Monosacáridos
- Disacáridos
- Ácidos
- Índice de formol
- Ácidos biógenos
- Etanol, entre otros.

Para establecer los parámetros adecuados de calidad hay que tener en cuenta que estos valores no solo dependen de la especie de fruta en cuestión, lugar de crecimiento, grado de madurez, clima, fertilidad de la tierra y otra medidas de cultivo, sino que también dependen de la variedad de la fruta dentro de la misma especie, del sistema de plantación y de la técnica de proceso usada.

En Colombia, por ejemplo, las naranjas ‘Valencia’ producidas por encima de los 900 m. s. n. m. (2º piso) tienen más grados °Brix y son más ácidas, y tienen un menor índice de madurez, con respecto a la misma variedad producida por debajo de los 700 m. s. n. m. (1º piso), debido a las condiciones climáticas diferentes sobre todo de temperatura y luminosidad. De esta forma, la Norma Técnica Colombiana

para naranjas¹² establece que la naranja ‘Valencia’ cultivada en el primer piso tiene mejores características organolépticas y puede ser recogida más temprano (con grado de color 3), mientras que los frutos cultivados en el segundo piso térmico deben de ser recogidos a partir del color 4 para ser comercializados en fresco o procesados.

Varios autores han encontrado diferencias entre el contenido vitamina C, y contenido y perfil de flavonoides y carotenos, para diferentes cultivares de cítricos¹³⁻¹⁵.

Parámetros mínimos de calidad y los métodos de análisis

Para que se pueda asegurar el control de la calidad comercial de los zumos de frutas y evitar el fraude al consumidor y la competencia desleal, muchas empresas han considerado necesario disponer de determinados parámetros analíticos mínimos de autenticidad y calidad, que permitan evaluar la composición de los mismos.

Como criterios de calidad se entiende que los zumos de frutas deberán tener el color, aroma y sabor característicos del zumo del mismo tipo de fruta de la que proceden. La fruta no deberá retener más agua como resultado de su lavado, tratamiento con vapor u otras operaciones preparatorias que la que sea tecnológicamente inevitable. Por autenticidad se entiende el mantenimiento en el producto de las características físicas, químicas, organolépticas y nutricionales esenciales de la fruta o frutas de que proceden.

En general, se pueden utilizar los métodos oficiales de análisis (AOAC), y también, de forma complementaria o alternativa, los métodos aprobados por organismos nacionales (UNE-EN) o internacionales como el Codex Alimentarius o cualquier otro método debidamente validado.

El CODEX STAN 247-2005³ establece los métodos de análisis y de muestreo para los parámetros de calidad y autenticidad en zumos de frutas, y describe cada uno de los métodos oficiales analíticos que se pueden utilizar para determinar estos parámetros. También la Orden de 29 de enero de 1988¹⁶, aprueba los métodos oficiales de análisis de zumos de frutas y otros vegetales y sus derivados. Según este decreto, los parámetros °Brix, maltosa e isomaltosa, deben considerarse como parámetros absolutos de autenticidad y calidad para los que no deben admitirse tolerancias.

En la **tabla 2**, por ejemplo, podemos ver los parámetros mínimos de autenticidad y calidad para el zumo de mandarina que establece el REAL DECRETO 1518/2007, de 16 de noviembre del MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN de España¹⁷. En el anexo se puede consultar los parámetros para el zumo de naranja.

Tabla 2. Parámetros mínimos de autenticidad y calidad para el zumo de mandarina.

Parámetros	Unidad de medida	Valor	Observaciones
Densidad relativa 20/20°		min. 1,042	Zumo directo
Grado Brix correspondiente	°Brix	min. 10,5	Zumo directo
Densidad relativa 20/20°	°Brix	min. 1,045	Zumo a base de concentrado
Grado Brix correspondiente	°Brix	min. 11,2	Zumo a base de concentrado
Acidez valorable a pH 8,1	meq/L	90 - 300	Los valores indicados corresponden a 5,8 - 19,2 g/L, calculados como Ácido cítrico anhidro pH 8,1
Ácido cítrico	g/L	6 - 22	
Ácido D-isocítrico	mg/L	65 - 200	El valor inferior de 65 mg/L se obtiene en productos de alta ratio. En 'Clementinas' se han observado valores de hasta 40 mg/L.
Ácido cítrico: Ácido D-isocítrico	mg/L	max. 130	En 'Clementinas' se han observado valores superiores de hasta 200
Ácido L-ascórbico	mg/L	min. 100	La media natural de contenido de Ácido L-ascórbico del zumo recién exprimido esta entre 250 y 350 mg/L. Deben garantizarse los 100 mg/L de Ácido L-ascórbico a la fecha de consumo referente
Glucosa	g/L		
Fructosa	g/L		
Glucosa: Fructosa		max. 1,0	
Sacarosa	g/L	20 - 60	Algunas variedades de mandarina muestran unos contenidos muy altos de sacarosa, especialmente en productos recién exprimidos. Su participación porcentual en el total de azúcares puede ser superior al 50% y llegar hasta el 70%.
Maltosa		ausencia	
Isomaltosa		ausencia	
Índice de Formol ml. NaOH 0,1M/100 ml	Ml	15 - 26	Cuando el valor es inferior al valor mínimo establecido, debería examinarse el origen
Cenizas	g/L	2,5 - 5,0	
Fósforo total	mg/L	90 - 210	
Potasio	mg/L	1000 - 2300	

- Sólidos solubles. Se determina como descrito en el capítulo de Poscosecha, y tal como vimos en ese capítulo, en el proceso de maduración aumenta el contenido de azúcares en detrimento del contenido de los ácidos, de ahí que no se deban utilizar naranjas muy maduras.
- Azúcares. Suman alrededor del 75% de los sólidos solubles, y están equilibrados los azúcares reductores (glucosa y fructosa) y los no reductores (sacarosa). Durante el tratamiento y almacenamiento de los zumos la sacarosa se va hidrolizando y se transforman en azúcares reductores. La adición de azúcares está permitida siempre que no exceda en 15 g/L.
- Ácidos. Los zumos de cítricos están constituidos mayoritariamente de ácido cítrico, algo de ácido málico y algo de ácido oxálico. La acidez cambia según la variedad, zona de cultivo y maduración de las naranjas. Se puede añadir ácido cítrico al zumo, siempre y cuando no se haya añadido azúcar.
- Vitamina C. La vitamina C o ácido ascórbico es el componente más importante de los frutos cítricos normalmente asociado con la salud. Los zumos de naranja contienen entre 40-70 mg/100mL cuando la cantidad diaria recomendada es de 60 mg/100mL. Se debe tener en cuenta que es fácilmente degradable por el calor y la exposición al aire y luz, por lo que los cuidados en los procesos industriales deben de ser extremos para conservar este componente.
- Índice de formol. Es un parámetro que refleja la presencia de ciertos aminoácidos en el zumo y, por tanto, índice de la calidad de las naranjas y mandarinas utilizadas. La adición de ácido cítrico y/o azúcar lo disminuyen.
- Cenizas. Son los elementos minerales presentes en todos los alimentos y su valor puede ser indicativo de la calidad del fruto usado.
- Otros componentes. En relación con la salud, como el sodio, el potasio y el fósforo, cuya concentración debe estar limitada, o conservantes como el ácido sórbico y el ácido benzoico que no deben estar presentes.
- Índice de madurez. Es la relación entre los °Brix y la acidez, y aunque no es un parámetro de análisis obligatorio según la legislación de zumos, se debe tener en cuenta que un elevado valor de IM refleja que el fruto posee una excesiva maduración.

En la **tabla 3**, se pueden observar los requisitos nutricionales para el zumo de naranja de acuerdo al Anteproyecto de la Norma Boliviana, APNB 36008¹⁷. La misma norma también establece los requisitos microbiológicos y los límites máximos de residuos para los zumos y néctares de frutas.

Tabla 3. Requisitos nutricionales para el zumo de naranja acuerdo al Anteproyecto de la Norma Boliviana, APNB 36008.

Requisitos	Unidad	Naranja Cuter Valencia	Naranja Valencia Tardía	Naranja natal
Valor energético	Kcal	50,00	50,00	44,00
Humedad	%	87,32	87,28	88,90
Proteína	g	0,89	0,92	0,73
Grasa	g	0,20	0,21	0,22
H. de Carbono	g	11,23	11,22	9,79
Ceniza	g	0,36	0,37	0,36
Calcio	mg	39,60	34,54	31,22
Fósforo	mg	25,40	23,20	22,75
Vitamina A	ucg	20,10	72,10	19,09
Vitamina C	mg	46,02	54,60	58,50

Fuente: Anteproyecto de la Norma Boliviana, APNB 36008¹⁸.

En Colombia, la industria de transformación para pulpas y concentrados requiere materia prima con valores superiores a 9°Brix, lo que corresponde a índices madurez normalmente superiores a 7,5¹⁹.

Durante el almacenamiento de los zumos de naranja tiene lugar toda una serie de fenómenos complejos que modifican sus características organolépticas y su valor nutritivo; es decir, que se encuentran sujetos a un proceso de envejecimiento. La alteración del color del zumo durante su almacenamiento se debe al pardeamiento originado principalmente por la oxidación del ácido ascórbico a furfural desprendiéndose CO₂ y por la aparición de 5-HMF (Hidroximetilfurfural) como consecuencia de la degradación de los azúcares²⁰. De ahí que su contenido haya sido propuesto como un índice, para el control de calidad, de tratamientos térmicos o almacenamiento inadecuados²¹.

Muy probablemente son el sabor y el aroma las características más importantes del zumo y también las que acusan los cambios más notables durante

el almacenamiento prolongado de este. Ambos están asociados a la presencia de constituyentes volátiles que se encuentran en bajas concentraciones²². Cualitativamente se han identificado más de 200 constituyentes volátiles en el zumo, y el terpeno d-limoneno es el mayoritario (aproximadamente el 90%)²³. Este no posee una marcada influencia sobre el sabor del zumo, no obstante, es el precursor del aroma envejecido (off-flavour) que produce el α -terpineol principalmente.

El nivel de α -terpineol en el zumo de naranja es un parámetro de calidad: indica la pérdida de esta por el efecto del almacenamiento²¹ o de un tratamiento térmico intenso²⁴.

El tipo de envase usado posee una gran influencia en la degradación del zumo en general (principalmente por su permeabilidad al oxígeno), pero muy especialmente influye en el sabor y el aroma del mismo. Así, un zumo envasado en lata no lacada origina un olor y sabor amargos debido a la formación de nootkatona por oxidación del valenceno en contacto con la superficie metálica²². Con el envase TetraPack se observa un rápido descenso del d-limoneno por absorción de este por la capa de polietileno del envase. Este descenso de d-limoneno es de un 40% y su consecuencia inmediata es una disminución en la formación de α -terpineol (causante del off-flavour)²⁵. Un proceso industrial inadecuado (temperaturas altas, excesiva aireación, entre otros) también acentúa la degradación del zumo.

Guerrero *et al.*²⁶ evaluaron la estabilidad del zumo de naranja reconstituido a partir de concentrado (65 °Brix) y posterior flashpasteurización (105 -115°C durante 3 segundos), envasado en Tetra Brik y almacenados a 2, 20 y 40°C. Los autores encontraron que el ácido ascórbico, el HMF y la sacarosa se pueden considerar como buenos indicadores del envejecimiento del zumo. El ácido ascórbico disminuyó un 2% con el aumento del tiempo y la temperatura de almacenamiento. El contenido en HMF experimentó un claro incremento del 14,8% con el tiempo y con la temperatura, al contrario de lo que sucedió con la sacarosa, cuyo contenido decreció con el tiempo.

La limonina es la responsable del amargor del zumo de naranja. El ácido limonoico, en su forma monolactona A, es el componente precursor no amargo de esta limonina en un medio ácido, y se encuentra en el albedo y las semillas, y es el principal responsable del amargor de la naranja con el tiempo, y principal factor de calidad de la naranja de zumo directo. La naranja 'Navel' es muy rica en ácido limonoico.

La calidad de los zumos de naranja se puede clasificar en función de la concentración de limonina:

- 6 ppm - zumo no es comercializable.
- > 4 ppm - zumo de mala calidad.
- < 4 ppm – zumo de buena calidad.
- < 2 ppm zumo de excelente calidad²⁷.

Los años lluviosos y fríos son malos para la calidad organoléptica del zumo de naranja porque en estos años la naranja no madura suficientemente bien, y este precursor pasa a limonina más fácilmente cuando se exprime el fruto. Es decir, mientras más ácido sea el zumo final, mayor es la capacidad del precursor para pasar a la forma amarga.

Sin embargo, cuando la naranja madura en el árbol, el ácido limonoico puede pasar de forma natural a su derivado 17-dehidroderivado no amargo a través de la limonoato deshidrogenasa, por lo que para obtener una naranja de buena calidad es preferible pagar al agricultor para que mantenga la fruta en el árbol hasta su momento óptimo de cosecha, para que no se amargue rápidamente²⁷.

Los diferentes procesos de pasteurización también incrementan la concentración de la limonina, por lo que es importante medir la cantidad inicial de precursor, dado que a menor cantidad más calidad.

La combinación de técnicas analíticas (HPLC-CGSM, Cromatografía Líquida combinada con Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas) combinada con los datos sensoriales aportados por un panel de catadores entrenados nos permite conocer indicadores fundamentales para evaluar la calidad organoléptica de un zumo de naranja directo²⁸.

Además, conocer estos indicadores permite mejorar los procesos de envase y condiciones de distribución, y mejorar la calidad final del zumo directo para evitar la desaparición de sustancias que cambian el perfil organoléptico.

Se debe de tener en cuenta que la eliminación total de aire en el proceso de desaireación reduce de forma significativa la eliminación de compuestos volátiles importantes para el sabor característico del zumo.

Extracción aceites esenciales

En el mundo los principales aceites esenciales de cítricos comercializados son el de naranja (28.000 Ton en 2001) y limón (6.510 Ton en 2002). El precio del

aceite de naranja puede estar entre 0,7-3,3 \$USD / Kg. El principal componente del aceite cítrico comercializado es el d-limoneno mayoritariamente proveniente de naranjas. El petitgrain es un aceite muy buscado por las perfumerías que se obtiene de las hojas de los árboles cítricos, y es Paraguay su principal productor y exportador en el mundo. Su rendimiento es del orden del 0,2% y su precio en el mercado es muy alto²⁹.

Para la obtención del aceite esencial de cítricos los procesos utilizados son: extracción, extracción con disolventes volátiles, desterpenación y destilación al vacío.

Extracción

Al exprimir por máquinas puede producirse un aceite casi idéntico al producto exprimido a mano y es un método aplicado en forma comercial. Son dos los métodos empleados para la extracción de aceite esencial ligada de una forma u otra a la de extracción de zumo: método de raspadura y método de esfumadura o espumadora conocido en italiano por “sfumatura”. Según Di Giacomo y Mincione³⁰, el primer método se considera idóneo para la transformación en continuo de grandes cantidades de fruto, mientras el proceso de “sfumatura” se prefiere en empresas de tipo medio o artesanales especializadas en producir aceites esenciales de calidad “exquisita”.

En el primero los frutos se someten a raspado liberándose el aceite esencial de las glándulas, junto con restos de corteza, bajo la acción de una fina lluvia de agua que arrastra al aceite y los “detritus” hacia una refinadora que filtra y separa la emulsión oleosa de las partículas en suspensión; mediante la centrifugación se obtiene de dicha emulsión una fase acuosa que se somete a recirculación, otra emulsión que se somete a destilación y una fase oleosa que tras una nueva centrifugación produce un efluente acuoso que es enviado a destilación, y el aceite esencial.

En el método de “sfumatura” se actúa sobre la corteza una vez se ha extraído el zumo, presionándola y comprimiéndola repetidamente para lograr la salida del aceite esencial de las glándulas que es arrastrado por una fina lluvia de agua, dispuesta oportunamente en el interior de la máquina. La fase líquida se filtra para separarla de los restos de corteza y se somete a una primera centrifugación en la que se obtiene una emulsión enriquecida en aceite esencial -cerca de un 80%- y una fase acuosa que se recircula tras decantación. La fase oleosa sometida a una segunda centrifugación permite obtener el aceite esencial y una fracción acuosa con un elevado contenido en ceras. Los restos

de corteza se prensan añadiendo agua -siempre en forma de fina lluvia- líquido que a continuación se somete a destilación en corriente de vapor y bajo condiciones de vacío.

En cuanto a maquinaria se refiere, se pueden mencionar las siguientes: Pickin Roll, Screw press, Fraser-Brace excoriator, AMC scarifier, Brown peel shaver, entre otras, que recuperan el aceite del fruto en un paso previo a la extracción de zumo³¹.

En la patente para la Brown International Corporation, se describe el sistema como una cama de rodillos con superficies punzantes o abrasivas. Los frutos avanzan en una sola capa y se van rompiendo las glándulas oleíferas del pericarpio, y queda el aceite recogido en el agua de arrastre, formando una emulsión que se descarga sobre una prensa y pasa posteriormente a través de un separador de partículas y centrifuga para separar el aceite esencial. Los aceites así obtenidos cumplen las especificaciones de la USP, excepto lo referente a los residuos de evaporación³².

Siguen también este sistema las máquinas “Pelatrice” (peladora) que producen el raspado del fruto completo mediante varios pares de rodillos -entre tres y seis- de superficie punzante dispuestos trapezoidalmente con el eje longitudinal paralelo al sentido de avance de los frutos. La velocidad de carga y la de rotación de los rodillos depende del cítrico que se trate, de su estado de maduración; la forma del fruto condiciona el tiempo de procesado de los mismos, y son necesarios tiempos más prolongados en el caso del limón que en la naranja y frutas no ovaladas, por ejemplo, el modelo de seis pares de rodillos, procesa entre doce y catorce toneladas de naranja en una hora³⁰.

Otros tipos de maquinaria como “Torchio” (prensa) y “Sfumatrice” (esfumadora) -“Speciale” e “Indelicato”- obtienen el aceite esencial de un fruto al cual ya se ha extraído el zumo. El tipo “Torchio” produce el prensado de la corteza mediante dos hélices que giran en sentidos opuestos, hélices situadas en jaulas que hacen de filtro y abrasivo al estar surcadas longitudinalmente por fresas y talladas con fisuras calibradas para permitir la salida de la esencia. El tipo de máquinas -de implantación casi exclusiva en Sicilia- denominadas “sfumatrice”, poseen una cinta sin fin, modelada a propósito con salientes orientados hacia una superficie fija, provista a su vez de protuberancias. La distancia entre estas y las de la cinta sin fin se regula de modo que se consigue la escarificación de la corteza, procurando que no se rompa la corteza totalmente y sea rentable la proporción de aceite esencial obtenida.

Por último, nos encontramos con maquinaria que hace simultáneamente la separación de zumo y aceite esencial. Entre estas se puede citar la “Unidad mondadora-esfumadora” (Indelicato), el extractor FMC “In-Line” (Food Machine Corporation) y el extractor “pelatrice” Speciale que es capaz de procesar entre 5.000 y 15.000 Kg de limón por hora y que, junto con el anterior, son los sistemas más utilizados en la cuenca Mediterránea.

En la FMC “In line”, como ya vimos antes, las partículas de la corteza (raspaduras o “frit”) son separadas resultando una emulsión aceitosa, con tres componentes: agua, gotas de aceite esencial y sólidos finos que han atravesado el “finisher”. Para que este funcione correctamente, se debe asegurar que el “finisher” empleado tenga capacidad para procesar la mezcla con que es alimentado y retenga los sólidos particulados. La presión del mismo debe de ser cuidadosamente controlada de forma que se consiga una presión intermedia, ya que si es alta muchos sólidos y pectinas pueden ser forzados a pasar a la emulsión, con lo que aumentaría la viscosidad y dificultaría la separación en las centrífugas, y si es muy baja se perdería gran cantidad de agua y aceite esencial expulsados fuera del sistema a través de la corriente de raspaduras. Usando cabezas de aire o mecánicas se consigue una presión media que permite que la emulsión que va a la primera centrífuga tenga en torno a un 2-4% de sólidos que se pueden separar mediante centrifugación a 4500 r.p.m.

Acoplando dos centrífugas se recupera la práctica totalidad del aceite esencial contenida en la emulsión “ligera” procedente del “finisher” como aceite esencial puro. El paso por la primera centrífuga se conoce como concentración o deslodado o “desludging”, y el paso por la segunda como refinado o “polishing”.

El último paso del proceso de recuperación del aceite en frutos cítricos es el refinado “polisher”, que consiste en pasar la emulsión enriquecida a través de una centrífuga de alta velocidad, que opera entre las 16000 y las 18000 r.p.m., con lo que consigue separar el aceite esencial del agua sobrenadante, decantando al mismo tiempo las partículas sólidas presentes en la emulsión.

Según FMC⁵ la instalación de sistemas de centrifugación bajo dimensionados contribuye a pérdidas entre el 50-60% de aceite esencial en el sistema; por ello, es fundamental instalar sistemas con capacidad suficiente para procesar eficazmente toda la emulsión procedente del “finisher” y evitar así pérdidas importantes de aceite. Tras la centrifugación el aceite esencial de limón, es recogido en un tanque de acero inoxidable, donde flocculan las ceras³³.

Extracción con disolventes volátiles

En la extracción con disolventes volátiles, el factor más importante para lograr éxito es la selección del disolvente. El disolvente debe:

- Ser selectivo, esto es disolver rápida y totalmente los componentes odoríferos, con solo una parte mínima de materia inerte.
- Tener un bajo punto de ebullición.
- Ser químicamente inerte al aceite.
- Evaporarse completamente sin dejar cualquier residuo odorífero.
- Ser de bajo precio, y de ser posible, no inflamable.

Se han empleado muchos disolventes, pero el mejor es el éter de petróleo altamente purificado, y el benceno es el que sigue. El equipo de extracción es complicado y relativamente costoso. Los dos tipos de extractores usados son el estacionario y el rotatorio.

Desterpenación

En algunos aceites existe una gran cantidad de terpenos. Esto sucede especialmente con los aceites de limón y naranja, que contienen hasta 90% de α -limoneno en su composición normal. No solo son de poco valor los terpenos y sesquiterpenos para la fuerza y carácter de los aceites, sino que también se oxidan y polimerizan rápidamente en reposo para formar compuestos de un sabor fuerte y semejante a la trementina. Además, los terpenos son insolubles con la baja intensidad del alcohol empleado como disolvente, por lo que forman soluciones oscuras que se aclaran con dificultad. De aquí que sea deseable eliminar los terpenos y sesquiterpenos de los aceites, por desterpenación. Se pueden aplicar dos métodos, ya sea la eliminación de terpenos, sesquiterpenos y parafinas por destilación fraccionada a presión reducida, o la extracción de los compuestos oxigenados más solubles, con alcohol diluido u otros disolventes³⁴.

Destilación al vacío

La destilación al vacío es un método para destilar sustancias a temperaturas por debajo de su punto normal de ebullición. Este método es tan efectivo como la destilación por vapor, pero más caro. Cuanto mayor es el grado de vacío, menor es la temperatura de destilación. Si la destilación se efectúa en un vacío prácticamente perfecto, el proceso se llama destilación molecular. Este

proceso se usa normalmente en la industria para purificar vitaminas y otros productos inestables. Se coloca la sustancia en una placa dentro de un espacio en el que se ha hecho el vacío y se calienta. El condensador es una placa fría, colocada tan cerca de la primera como sea posible. La mayor parte del material pasa por el espacio entre las dos placas y, por lo tanto, se pierde muy poco.

El proceso general de extracción de aceites esenciales de cítricos consta de varias etapas³⁵:

- **Recepción e inspección**

El fruto es recibido en el piso y se revisa que sea un fruto bien desarrollado, entero, limpio de golpes y de consistencia firme, de textura razonablemente lisa y sin signos de putrefacción o descomposición.

- **Transporte y selección**

Del área de recepción de materia prima, el fruto se transporta a través de una banda hacia el área de lavado y en el trayecto se seleccionan y eliminan los frutos que presenten signos de descomposición o que no reúnan las características requeridas.

- **Lavado**

La banda transportadora eleva los frutos a un tanque de acero inoxidable, donde recibe chorros de agua a presión desde diferentes ángulos. A través de este lavado se eliminan agentes extraños y otros tipos de microorganismos.

- **Transporte**

Una banda de transporte conduce los frutos del área de lavado al área de extracción.

- **Extracción**

La banda coloca el fruto en una prensa de gusano helicoidal, en forma de cono de avance con paredes perforadas en donde escurre el zumo. El fruto es aplastado para romper las celdillas que contiene el aceite esencial; la prensa mantiene una lluvia para desalojar con rapidez la esencia formando con ella una emulsión. La cáscara y el bagazo pueden ser procesados como subproducto para ser utilizados como alimento para ganado. A su vez, la cáscara puede ser lavada y deshidratada y sirve como base para la obtención de pectinas.

- **Transporte al área de destilación**

La emulsión de zumo, aceite y agua se colecta en un tanque receptor, del cual mediante bombeo se transporta hacia el área de destilación.

- **Destilación**

El bombeo lleva a la emulsión también llamada caldo hasta un tanque de destilación, al cual se le inyecta vapor de agua para aumentar su temperatura y lograr la evaporación del agua y aceite esencial.

- **Condensación y separación**

Los vapores de agua y aceite esencial pasan por un condensador, donde cambian a forma líquida y por decantación se separa el aceite esencial del agua, con la que fue arrastrado y se deposita en un recipiente de lámina galvanizada.

- **Inspección**

Del recipiente que contiene el aceite, se toman muestras para valorar su aspecto que debe ser cristalino y no presente turbidez, sólidos o agua, que tenga color ligeramente amarillo de tono casi incoloro, que su olor sea limpio sin rastros de rancio o quemado y que su sabor no tenga rastros extraños y, por último, que su densidad relativa sea adecuada, ya que una densidad relativa baja indica un aceite ligero debido a una destilación incompleta. Por otra parte una densidad alta, indica una destilación muy prolongada, utilización de limones muy maduros o un aceite muy viejo.

- **Envasado**

El aceite pasa por medio de bombeo al área de envasado, que se realiza en recipientes de lámina galvanizada recubierta de pintura epóxica, la cual evitará la contaminación del producto.

- **Almacén de producto terminado**

El aceite se almacena como producto terminado listo para su distribución.

Dado que los rendimientos de extracción de aceites esenciales suelen ser muy bajo (0,1-0,4%), normalmente su extracción industrial está asociada con la obtención de otros productos como puede ser la producción de cáscara deshidratada como base en la obtención de pectinas.

Proceso de producción de cáscara deshidratada

La cáscara deshidratada se obtiene del prensado y separación de la emulsión zumo-aceite del fruto, para posteriormente triturarla y disolver mediante agua todos los sólidos solubles y posteriores secados con aire caliente forzado a través de un cilindro giratorio.

La descripción del proceso para la obtención de cáscara deshidratada consiste en varias etapas³⁵:

- **Después de la extracción en el proceso para la obtención de aceite esencial;** prácticamente aquí inicia el proceso para la obtención de cáscara deshidratada, en donde se obtiene como subproductos de la extracción: cáscara y bagazo. Este último subproducto se usa para preparar enmelazadas para el ganado, y la cáscara se separa para lavarla.
- **Lavado:** aquí se eliminan posibles vestigios de bagazo o material extraño que pudiera contaminar la cáscara.
- **Prensa exprimidora:** esta tiene la función de eliminar el exceso de agua, para que facilite el secado.
- **Secado:** este tiene la función de eliminar totalmente el agua contenida en la cáscara, y esto se hace a través de un secador que pasa el aire caliente a contracorriente por un secador cilíndrico de acero inoxidable.
- **Inspección:** aquí se verifican las propiedades organolépticas de la cáscara deshidratada y se constata el aspecto, el olor, color y el sabor.
- **Envasado:** se deposita en tolvas o bodega del producto, en donde se envasa en bolsas de propileno nuevas de 25 a 30 Kg de capacidad.
- **Almacenamiento:** se almacena en bodega y esta listo para envío o a su distribución final.

Valor agregado

En la actualidad se acepta ampliamente que los efectos benéficos de las frutas en la prevención de enfermedades de alto impacto como aquellas de tipo cardiovascular y ciertos tipos de cáncer se deben a sus componentes bioactivos; esto ha conducido a un aumento en la conciencia de los consumidores acerca de los problemas de salud relacionados con la dieta y ha llevado a buscar alternativas para incorporar en la ingesta diaria algunos componentes que puedan beneficiar la salud, lo cual ha promovido la aparición en el mercado

de una amplia gama de productos entre los que se cuentan suplementos nutricionales y alimentos funcionales (nutracéuticos) o frutas con un mayor contenido de metabolitos activos. Adicionalmente, existe un recelo por parte de los consumidores frente a aditivos de origen sintético y, por ende, la demanda de colorantes, saborizantes y antioxidantes de origen natural ha aumentado considerablemente en los últimos años³⁶.

El consumo de antioxidantes está fundamentado en estudios epidemiológicos y clínicos que demuestran el enlace entre factores como: dieta, estilo de vida, exposición a radiación, metales, pesticidas, tóxicos, y algunos medicamentos; con la aparición y desarrollo de enfermedades como cáncer, diabetes, aterosclerosis, desórdenes neurodegenerativos y envejecimiento. Todas estas condiciones patológicas están asociadas a un estado conocido como “estrés oxidativo”, es decir, un aumento en las especies oxidantes (principalmente Especies Reactivas del Oxígeno –ERO-) y/o una disminución en los mecanismos de detoxificación.

Las ERO, según su propio nombre, presentan una reactividad más alta que el oxígeno molecular. Algunas de ellas pueden ser radicales libres, es decir, moléculas o fragmentos moleculares que contienen uno o más electrones desapareados en orbitales atómicos o moleculares. Este electrón desapareado confiere un grado considerable de reactividad al radical libre y logra, además, existir de forma independiente por cortos períodos de tiempo³⁷.

Podríamos decir, entonces, que la actividad antioxidante es la capacidad de una(s) sustancia(s) para inhibir la degradación oxidativa. En los alimentos, los antioxidantes desempeñan un papel importante en la determinación de su calidad, ya que intervienen en su apariencia, color, olor, acidez, e incluso en sus propiedades potencialmente beneficiosas para la salud humana.

En general, un alimento puede ser considerado funcional si se logra demostrar satisfactoriamente que posee un efecto beneficioso sobre una o varias funciones específicas en el organismo, que mejora el estado de salud y de bienestar, o bien que reduce el riesgo de una enfermedad. El término Alimento Funcional fue propuesto por primera vez en Japón durante la década de 1980 con la publicación de la reglamentación de los “Alimentos de uso específico para la salud” (“Foods for Specified Health Use” o FOSHU).

En Colombia, la normativa actual para el desarrollo de este tipo de productos fue establecida en los decretos 3249 de 2006, 3863 de 2008 y Resolución 3096 de 2007, en donde se dan las siguientes definiciones:

- **Declaraciones de nutrientes.** Es la relación o enumeración del contenido nutricional de un producto.
- **Declaraciones de propiedades en salud.** Es toda información que afirme, sugiera o implique la existencia de una relación entre un componente contenido en los productos objeto del presente decreto y una condición de salud.
- **Declaraciones de propiedades nutricionales.** Se entiende por cualquier representación que afirme, sugiera o implique que un producto posee propiedades nutritivas particulares incluyendo pero no limitándose a su valor energético y contenido de vitaminas, minerales y oligoelementos.
- **Suplemento dietario.** Es aquel producto cuyo propósito es adicionar la dieta normal y que es fuente concentrada de nutrientes y otras sustancias con efecto fisiológico o nutricional que puede contener vitaminas, minerales, proteínas, aminoácidos, otros nutrientes y derivados de nutrientes, plantas, concentrados y extractos de plantas solas o en combinación.

Específicamente, la Resolución 3096 de 2007 reglamentó la rotulación y declaraciones de los suplementos dietarios, de tal forma que se establece que las declaraciones de propiedades nutricionales pueden ser relativas al contenido de los nutrientes, por ejemplo “buena fuente de calcio”, “bajo contenido de grasa”.

Por su parte, en cuanto a las declaraciones de propiedades en salud existen tres tipos:

- **Declaraciones de propiedades relativas a la función del nutriente** entendidas como aquellas que describen la función fisiológica del nutriente en el crecimiento, desarrollo y funciones normales del organismo, dentro de su consumo regular.

Un ejemplo puede ser: El calcio ayuda en el desarrollo de huesos y dientes fuertes, el producto X contiene Y gramos de calcio.

Para poder hacer esta declaración es necesario que el producto contenga mínimo 20% del valor diario recomendado para el nutriente correspondiente.

- **Declaraciones de propiedades de reducción de riesgos.** Son aquellas referencias a la reducción del riesgo de desarrollar una enfermedad. El artículo 20 de la resolución 3096 establece que “las declaraciones de propiedades de otras funciones deben ser aprobadas por el INVIMA. El fa-

bricante o titular del registro debe contar con la justificación que soporte la veracidad de dicha declaración y que demuestre que no es engañosa”.

Los flavonoides como antioxidantes en zumos de cítricos.

Los flavonoides son constituyentes de amplia distribución en el reino vegetal; implícitamente se encuentran en todas las plantas, pero su distribución cuantitativa varía entre diferentes órganos y en diferentes poblaciones de una misma planta, gracias a un control genético interactuando con factores ambientales como madurez, clima, altitud, nutrición y prácticas agrícolas³⁸.

En la **figura 6** se puede apreciar el perfil de flavonoides presentes en el zumo de mandarina ‘Clementina’ cultivada en La Calera, Perú y en el suroeste antioqueño.

Como se puede apreciar, el zumo de la mandarina ‘Clementina’ producida en Támesis tiene un perfil de flavonoides dominado principalmente por hesperidina, mientras que aquel producido de la fruta cultivada en Perú presenta un pico adicional correspondiente a naringina.

Los flavonoides del tipo rutinósido (como la hesperidina) son menos amargos que aquellos del tipo neohesperidinósido (como la naringina), por lo tanto, podría esperarse que el zumo de la fruta cultivada en Támesis presentará un mejor perfil sensorial comparado con aquel de la fruta cultivada en Perú.

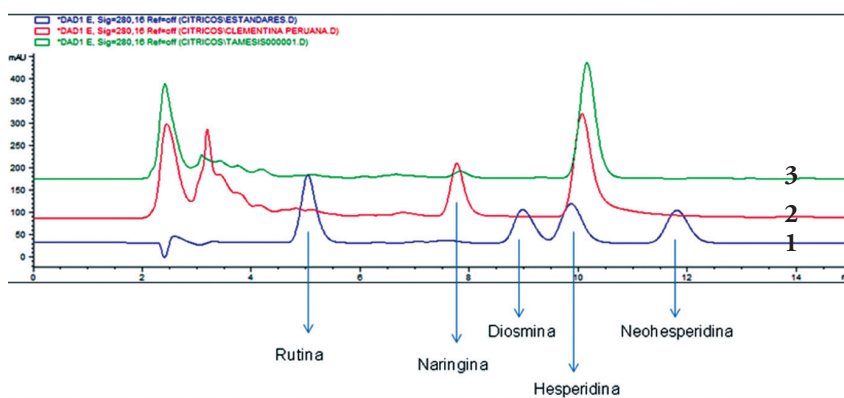


Figura 6. Comparación entre el perfil de flavonoides (1) del zumo de mandarina Clementina peruana (2) y cultivada en el suroeste antioqueño (3)

Adicionalmente, el contenido de hesperidina en los zumos de cítricos depende en gran medida de la metodología usada para la extracción³⁹.

En un estudio realizado entre la Universidad de Antioquia y Corpoica, se ha observado que el zumo de mandarina 'Clementina' obtenido por la tecnología FMC contiene mayor cantidad de hesperidina que el zumo obtenido por Zumex, probablemente debido al mecanismo de extracción, en el cual existe mayor recuperación del zumo y probablemente una mayor remoción de la hesperidina, presente, principalmente en la porción blanca del fruto (albedo)⁴⁰ (figura 7).

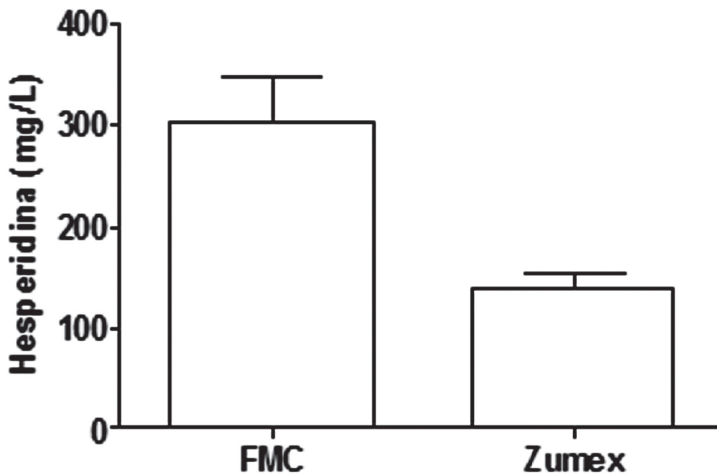


Figura 7. Contenido de hesperidina en zumos de mandarina 'Clementina' obtenida por tecnologías de exprimido FMC y Zumex.

Conclusiones y recomendaciones

La industria de los cítricos en Colombia está aún en su fase inicial de desarrollo, por lo que requiere de una fuerte alianza entre las universidades, entidades de investigación, y el sector productivo y empresarial, para lograr niveles de innovación y competitividad significativos en los mercados.

Hay algunas empresas que han incursionado en el mercado de zumos de cítricos en Colombia hace ya algunos años (Frudelca, Túnez, entre otras), sin embargo, requieren de estrategias de marketing, innovación y diversificación de productos para se tornaren competitivas.

Se requiere analizar posibilidades en I+D+i que viabilicen la diversificación de la oferta del sector. Existen oportunidades para seguir desarrollando nuevos productos a base de cítricos y la detección de nuevos mercados para estos desarrollos. La investigación en nuevos productos en Colombia es aún incipiente.

Igualmente, se debe de intensificar la investigación sobre los residuos de plaguicidas en la fruta fresca, y sobre el impacto ambiental de la industria, para cumplir con las crecientes exigencias regulatorias medioambientales.

Es necesario hacer prospectiva tecnológica e inteligencia de mercados, tanto para las mejoras tecnológicas del sector como para la conquista de nuevos mercados, y el manejo adecuado de los mercados ya conquistados. Para ello, la conformación de un Observatorio Tecnológico y Comercial puede ser de suma utilidad, dado que permitiría el estudio de las variables que afectan la evolución productiva, tecnológica y comercial del sector cítrico.

Referencias bibliográficas

1. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Major food and agricultural commodities and producers statistics. [En línea]. Rome: Economic and Social Department - The Statistics Division. 2006. [Consultado el 5 de septiembre de 2011]. Url disponible en: www.fao.org/es/ess/top/topproduction.html
2. JOHNSON, Teiko M. La producción de zumo de cítricos y la aplicación de tecnología al mercado de productos frescos. China/FAO Simposio Sobre Cítricos. Lakeland, Florida, USA: FAO, 2001. p. 79-85
3. OMS – FAO. Codex Stan 247-2005. Norma general del codex para zumos (zumos) y néctares de frutas. Roma: FAO, 2005. 21 p.
4. GARZA, S. Industrias de zumos de frutas y derivados: tecnología de la extracción de zumos. Universidad de Lleida, Guías Docentes. Disponible en la web <http://web.udl.es/usuaris/a1743621/Temas/tema5.html>.
5. FMC. The FMC oil recovery system. Tech. Bull. 1980.
6. ALVAREZ, R.; et al. Correlation between chromatographic profiling by HS-SPME and sensory quality of mandarin juices: effect of squeeze technology. Springer. In: International Congress on Engineering and Food. "FOOD PROCESS ENGINEERING IN A CHANGING WORLD". iCEF11. Congress Proceedings. 2011. Vol. III: 2015-2016.
7. BRUZONE, A. I. Zumo concentrado congelado de naranja. Análisis de Cadena Alimentaria. En: Revista Alimentos Argentinos, 28. 2005. [Citado el 10 de sep-

- tiembre de 2011]. Url disponible en http://www.alimentosargentinos.gov.ar/03/revistas/r_28/Zumo_congelado_naranja.htm
8. DEPARTAMENTO DE SERVICIOS HUMANOS Y SALUD DE EE.UU. Food and Drug Administration. Center for Food Safety and Applied Nutrition (CFSAN). 2004. Guidance for Industry. Juice HACCP Hazards and Controls Guidance. First Edition. [Citado el 15 de septiembre de 2011]. Url disponible en <http://www.fda.gov/Food/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/uidanceDocuments/Juice/ucm072557.htm>
 9. PADRÓN, J. La calidad en los zumos y néctares de frutas. Grupo Vichy Catalán. [Citado el 05 de septiembre de 2011]. Url disponible en www.grupovichy-catalan.es/docs/LAM5_2.pdf
 10. GUERRA, F. Tecnología post-cosecha de frutos cítricos. Curso integral de cítricultura. Cuba: Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical. 1996. p. 242-257.
 11. TING, S. V. y ROUSSEFF, R. L. Vitamins Citrus fruit and their products: analysis and technology New York: Marcel Dekker, 1986. p. 121-136.
 12. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN – ICONTEC. Frutas frescas. Naranja Valenciana. Especificaciones. Bogotá: ICONTEC, 1997. 15 p. (NTC 4086)
 13. DHUIQUE-MAYER, C.; et al. Varietal and Interspecific Influence on Micronutrient Contents in Citrus from the Mediterranean Area. In: Journal of agricultural and food chemistry. 2005. Vol. 53, No. 6. p. 2140-2145.
 14. STUETZ, W.; et al. Polymethoxylated Flavones, Flavanone Glycosides, Carotenoids, and Antioxidants in Different Cultivation Types of Tangerines (*Citrus reticulata* Blanco cv. Sainampueng) from Northern Thailand. In: J. Agric. Food Chem. 2010. Vol. 58. p. 6069–6074.
 15. CANO, A.; MEDINA, A. y BERMEJO, A. Bioactive compounds in different citrus varieties. Discrimination among cultivars. In: Journal of Food Composition and Analysis. 2008. Vol. 21, No. 5. p. 377.
 16. ESPAÑA. MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA. Orden de 29 de enero de 1988 por la que se aprueban los métodos oficiales de análisis de zumos de frutas y otros vegetales y sus derivados. Madrid: Boletín Oficial del Estado BOE. 1988. 11 p.
 17. ESPAÑA. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. DECRETO 1518/2007 de 16 de noviembre por el que se establecen parámetros mínimos de calidad en zumos de frutas y los métodos de análisis aplicables. Madrid: El Ministerio, 2007. 8 p.

18. INSTITUTO BOLIVIANO DE NORMALIZACIÓN Y CALIDAD – IB-NORCA. Anteproyecto de la Norma Boliviana para Zumo de Naranja APNB 36008. 8 p.
19. RIAÑO, Nestor; et al. Estudio de crecimiento, fenología, y pronósticos de cosecha en Naranja Valencia sobre Sunki x English y Citrumelo 4475 en la zona centro Occidente de Colombia. Chinchiná -Manizales: Cenicafé, 2006. 45 p.
20. MARCY, J.; et al. Factors affecting storage of orange concentrates. In: Journal of food science. 1984. Vol. 49, No. 6. p. 1628-1629.
21. PINO, J.; RANIVOELISOV, A. y TORRICELL, R. A. Influencia de la temperatura de almacenamiento sobre la calidad del zumo de naranja envasado en frascos de vidrio. En: Rev. agroquím. tecnol. alim. 1987. Vol. 27, No. 2. p. 261-269.
22. PINO, J. y TORRICELL, R. A. Conocimientos actuales sobre los constituyentes volátiles de los zumos cítricos. Boletín de reseñas. Cítricos y otros frutales. N° 14. 1983.
23. SIZER, C.; WAUGH, P.; EDSTAM, S.; ACKERMANN, P. Maintaining flavor and nutrient quality of aseptic orange juice. En: Food Technology. 1988. p. 152-159.
24. ALBEROLA, J.; IZQUIERDO, L. La fracción aromática del zumo de naranja. IV Componentes identificados. En: Rev. Agroquim. Tecnol. Alimen. 1980. Vol. 20, No. 1, p. 79-85.
25. DURR, P. Aroma quality of orange juice - a brief review. En: Alimenta. 1980. Vol. 19, p. 35-36.
26. GUERRERO, L.; VENTURA, F. y BOTA, E. Evolución química de los zumos de naranja durante su almacenamiento. ARXIVUS de l'Esc. Sup. d'Agricultura de Barcelona. 1988. N°11. p. 59-74.
27. PEROTE, A. ¿Cómo elaboramos un zumo de naranja directo de calidad?. [En línea]. [s. n.]: Instituto Mas Pascual, 2006. [Citado el 15 de agosto de 2011]. Url disponible en: <http://www.institutomaspascual.es/reportajes/muestra.asp?id=1727>
28. SEGUÍ, M. V.; et al. Determinación de limonina en zumo de naranja por cromatografía líquida de alta resolución. En: Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1992. Vol. 32, No. 2. p. 165-172.
29. SARAIVA, J. M. Alternativas de industrialización y procesamiento para cítricos. Viña del Mar, 2003.
30. DI GIACOMO, A. y MINCIONE, B. Gli olii essenziali agrumari in Italia. Sottoprogetto 4, monografia raisa n°3. Rome: Laruffa Editore, 1994.

31. HOLBROOCK, F. K. y BUSHMAN, R. C. Whole fruit peel oil extractor. United States Patent N° 4.257.320. FSTA Abstract 12J1863. 1981.
32. KESTERSON, J. W.; HENDRICKSON, R. y BRADDOCK, R. J. Brown oil extractor. En: *Perfumer & Flavorist*. 1979. Vol. 4, No. 4. p. 9.
33. KIMBALL, D. A. *Citrus Processing: Quality Control and Technology*. New York: Springer, 1991. 473 p.
34. AUSTIN, G. T. 1990. *Manual de Procesos Químicos en la Industria*. Vol. 3. México D.F.: McGraw Hill, p. 680-685
35. VALDES, E. A. *Productores y comercializadores de cítricos*. [s.l.]: Emiliano Zapata, 2002. 55 p.
36. MOURE, A. S.; et al. Natural antioxidants from residual sources. En: *Food Chemistry*. 2001. Vol. 72, No. 2. p. 145-171.
37. VALKO, M.; et al. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. En: *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*. 2007. Vol. 39, No. 1. p. 44-84.
38. WINKEL-SHIRLEY, B. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. En: *Current opinion in plant biology*. 2002. Vol. 5, No. 3. p. 218-223.
39. GIL-IZQUIERDO, A. GIL, M. I. y FERRERES, F. Effect of Processing Techniques at Industrial Scale on Orange Juice Antioxidant and Beneficial Health Compounds. En: *Journal of agricultural and food chemistry*. 2002. Vol. 50, No. 18. p. 5107-5114.
40. VALLEJO, F.; et al. Concentration and Solubility of Flavanones in Orange Beverages Affect Their Bioavailability in Humans. En: *Journal of agricultural and food chemistry*. 2010. Vol. 58, No. 10. p. 6516-6524.