

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



ACEPTABILIDAD DEL ZUMO DE POMELO EN FUNCIÓN DEL PROCESADO

TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

ALUMNA: PALOMA CANDELARIA PERERA PÉREZ

TUTORA: NURIA MARTÍNEZ NAVARRETE

CO-TUTORA: ANA SALVADOR ALCARAZ

DIRECTORA EXPERIMENTAL: CLAUDIA AGUDELO STERLING

Curso Académico: 2015-2016

VALENCIA

Licencia Creative Commons "Reconocimiento no Comercial – Sin Obra Derivada"



ACEPTABILIDAD DEL ZUMO DE POMELO EN FUNCIÓN DEL PROCESADO

RESUMEN

En este trabajo se ha estudiado el efecto del procesado en algunas propiedades físicas y sensoriales de zumos de pomelo. Por una parte se elaboraron zumos a partir de pomelo en polvo/torta, obtenido por atomización y por liofilización, reconstituido. Estos se compararon con el zumo natural obtenido tras exprimir el pomelo fresco y con un zumo comercial. Se midieron las propiedades reológicas, a través de barridos de esfuerzo cortante en función de la velocidad de cizalla, y los resultados se ajustaron al modelo reológico más adecuado (modelo Ostwald-de Waele) para determinar su comportamiento al flujo. Además, también se realizaron determinaciones de color y °Brix. Las muestras obtenidas a partir del producto liofilizado mostraron un tono más similar al zumo natural, pero con mayor diferencia global de color debido a la presencia de la pulpa de la fruta. Por último, se realizó un análisis sensorial con un panel de consumidores para evaluar la aceptabilidad de los zumos con respecto a los atributos de apariencia, color, olor, sabor, sabor amargo, dulzor, acidez, astringencia, consistencia y agrado general en una escala hedónica de nueve puntos. También se empleó un análisis de penalización para determinar los atributos susceptibles de mejora y unas preguntas tipo CATA donde los consumidores marcaron los atributos más característicos de cada una de las muestras. Las muestras obtenidas por liofilización se asociaron con los términos “viscoso” y “con pulpa”; en cambio, el zumo obtenido a partir del polvo atomizado se relacionó con atributos semejantes al natural como por ejemplo “líquido” y “ácido”. En lo que respecta al análisis de penalización, los consumidores detectaron como inadecuadas la acidez, astringencia y dulzor, por tanto, con el objetivo de mejorar la aceptabilidad de las muestras procesadas se podría aumentar el contenido en azúcar y reducir la viscosidad de los zumos procedentes de fruta liofilizada.

PALABRAS CLAVE: Zumo de pomelo, pomelo en polvo, liofilización, atomización, rehidratación, aceptabilidad sensorial, reología, color.

Alumna: Paloma Candelaria Perera Pérez

Tutor Académico: Nuria Martínez Navarrete

Co-tutora: Ana Salvador Alcaraz

Directora experimental: Claudia Agudelo Sterling

Valencia, Julio 2016

ACCEPTABILITY OF GRAPEFRUIT JUICE ACCORDING TO THE OBTAINING PROCESS

ABSTRACT

In this work the effect of the processing of some physical and sensorial properties of grapefruit juice has been studied. On the one hand juices were prepared from powdered/cake grapefruit what was obtained by freeze drying and spray drying, and then it was rehydrated. These products were compared both with a natural juice obtained after squeezing fresh grapefruit and with a commercial juice. Rheological properties were measured throughout the flow curve (shear stress - shear rate sweep) and the results were adjusted to the most appropriate rheological model (Ostwald-de Waele model) to determine the flow behaviour. In addition, determinations of colour and °Brix (soluble solids concentration) was executed. The samples obtained from freeze-dried product showed a hue angle more similar to the natural juice, but with a greater colour global difference due to the presence of the pulp. Finally, a sensory evaluation with a consumer panel was developed in order to evaluate juices acceptability on a nine point hedonic scale and with regard to colour, smell, flavour, bitter taste, sweetness, acidity, astringency, consistency and general acceptability. Furthermore, a penalty analysis was used to determine the attributes with improvement potential as well as some CATA questions where consumers marked the most characteristic attributes of each of the samples. The samples obtained by freeze drying were associated with the terms "viscous" and "with pulp"; whereas juice obtained from atomized powder was related to similar attributes to natural juice such as "liquid" and "acid". In regard to the penalty analysis, acidity, astringency and sweetness were rated as inadequate by the consumers, so with the aim to improve acceptability of processed samples, sugar content could be increased and viscosity of juices from lyophilised fruit could be reduced.

KEY WORDS: grapefruit juice, powdered grapefruit, freeze drying, spray draying, rehydration, sensory acceptability, rheology, colour.

Pupil: Paloma Candelaria Perera Pérez

Academic supervisor: Nuria Martínez Navarrete

Academic co-supervisor: Ana Salvador Alcaraz

Experimental director: Claudia Agudelo Sterling

Valencia, July 2016

ACCEPTABILITAT DEL SUC DE POMELO EN FUNCIO DEL PROCESSAT

RESUM

En aquest treball s'ha estudiat l'efecte del processat en algunes propietats físiques i sensorials dels suc de pomelo. D'una banda es van elaborar suc a partir de pomelo en pols/torta, obtingut per atomització i per liofilització, reconstituït. Aquests es compararen amb el suc natural obtingut després d'expressar el pomelo fresc i amb suc comercial. Es van mesurar les propietats reològiques, mitjançant la corba de flux (esforç en funció de la velocitat de cisalla) i els resultats es van ajustar al model reològic més adequat (model Ostwald-de Waele) per a determinar el seu comportament al flux. A més, també es realitzaren determinacions de color i °Brix (concentració de soluts solubles). Les mostres obtingudes a partir del producte liofilitzat mostraren un to més similar al suc natural, però amb major diferència global de color degut a la presència de la polpa de la fruita. Per últim, es va realitzar un anàlisi sensorial amb un panell de tastadors on es va avaluar l'acceptabilitat del suc respecte als atributs d'aparença, color, olor, sabor, sabor amarg, dolçor, acidesa, astringència, consistència acceptabilitat general en una escala hedònica de nou punts. També es va emprar un anàlisi de penalització per a determinar els atributs susceptibles de millora i unes preguntes tipus CATA on els consumidors marcaren els atributs més característics de cada una de les mostres. Les mostres obtingudes per liofilització es van associar amb els termes "viscos" i "amb polpa"; en canvi, el suc obtingut a partir del pols atomitzat es va relacionar amb atributs semblants al natural com per exemple "líquid" i "àcid". Pel que fa a l'anàlisi de penalització, els consumidors detectaren com inadequades l'acidesa, l'astringència i el dolçor, per tant, amb l'objectiu de millorar l'acceptabilitat de les mostres processades es podria augmentar el contingut en sucre i reduir la viscositat del suc procedents de fruita liofilitzada.

PARAULES CLAU: suc de pomelo, pomelo en pols, liofilització, atomització, rehidratació, acceptabilitat sensorial, reologia, color.

Alumna: Paloma Candelaria Perera Pérez

Tutor Acadèmic: Nuria Martínez Navarrete

Co-tutora: Ana Salvador Alcaraz

Directora experimental: Claudia Agudelo Sterling

València, Juliol 2016

En primer lugar quiero agradecer a mis tutoras, Nuria Martínez y Ana Salvador, todo el tiempo que han dedicado a la realización de este trabajo así como el apoyo recibido. También, a mi directora experimental, Claudia Agudelo quien siempre ha estado dispuesta a transmitirme sus conocimientos. Asimismo, me gustaría mostrar mi más sincero agradecimiento a M^a del Mar Camacho, sin la cual no habría sido posible este trabajo. A todas, muchas gracias.

A mis compañeras y amigas de clase con las que he compartido grandes momentos en estos 4 años de carrera, con quienes me he caído y me han ayudado a levantarme.

A Andrea, gran amiga y mejor persona, por su apoyo incondicional.

Por último, pero no menos importante, quiero destacar el agradecimiento a mis padres que me lo han dado todo en la vida y quienes me enseñaron que "la preparación es la llave del éxito"; y a mi hermano, por ser mi ejemplo a seguir.

Dedicado a mi abuela, por ser el pilar más importante de mi vida.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PRODUCCIÓN	1
1.2. COMPOSICIÓN	2
1.3. PROCESOS DE DESHIDRATACIÓN	4
1.4. EL ANÁLISIS SENSORIAL	5
2. OBJETIVO	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1. MATERIAS PRIMAS	8
3.2. CONDICIONES DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN	8
3.3. CONDICIONES DEL PROCESO DE ATOMIZACIÓN	8
3.4. REHIDRATACIÓN	8
3.5. DETERMINACIONES ANALÍTICAS	9
3.5.1. Contenido en sólidos solubles	9
3.5.2. Propiedades ópticas	9
3.5.3. Reología	10
3.5.4. Análisis sensorial	10
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	14
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1. ANÁLISIS DEL CONTENIDO EN SÓLIDOS SOLUBLES	15
4.2. ANÁLISIS DEL COLOR	15
4.3. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO	17
4.4. ANÁLISIS SENSORIAL	18
4.4.1. Preguntas tipo CATA	18
4.4.2. Escalas JAR y Análisis de Penalización	21
5. CONCLUSIONES	25
6. BIBLIOGRAFÍA	26

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL POMELO POR 100 G DE PORCIÓN COMESTIBLE. (FUENTE: WWW.INFOAGRO.COM)	3
TABLA 2. FORMULACIÓN OPTIMIZADA DEL PURÉ/LICUADO DE POMELO.	5
TABLA 3. ÍNDICE DE CONSISTENCIA (K), ÍNDICE DE COMPORTAMIENTO AL FLUJO (N) Y VISCOSIDAD A 100 s ⁻¹ (η) DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS.	17

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE LAS PRINCIPALES ZONAS PRODUCTORAS DE CÍTRICOS EN EL MUNDO. (FUENTE: MAGRAMA)	1
FIGURA 2. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE POMELO (TONELADAS). (FUENTE: MAGRAMA)	2
FIGURA 3. ESQUEMA DEL SISTEMA DE LIOFILIZACIÓN (FUENTE: RUIZ, 2015)	4
FIGURA 4. ESQUEMA DEL SISTEMA DE ATOMIZACIÓN (FUENTE: RUIZ, 2015)	5
FIGURA 5. HOJA DE CATA UTILIZADA PARA LA RECOGIDA DE DATOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL	11
FIGURA 6. CONTENIDO EN SÓLIDOS SOLUBLES DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS (N: NATURAL; C: COMERCIAL; PL: POLVO LIOFILIZADO; TL: TORTA LIOFILIZADO; PA: POLVO ATOMIZADO). A-D: LETRAS DISTINTAS INDICAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LOS TRATAMIENTOS.	15
FIGURA 7. PLANOS DE COLOR DE LAS MUESTRAS DE ZUMO DE POMELO EVALUADAS: (A) A*-L* Y (B) A*-B*	16
FIGURA 8. GRÁFICOS DE BARRAS DE LAS DIFERENCIAS DE COLOR EXISTENTES RESPECTO DE LA MUESTRA DE ZUMO NATURAL (C: COMERCIAL; PA: POLVO ATOMIZADO; PL: POLVO LIOFILIZADO; TL: TORTA LIOFILIZADO). A-C: LETRAS DISTINTAS INDICAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LOS TRATAMIENTOS.	16
FIGURA 9. CURVAS DE FLUJO OBTENIDAS DE LAS MUESTRAS COMERCIAL (C) Y NATURAL (N) ANALIZADAS	17
FIGURA 10. GRADO DE ACEPTACIÓN DE LAS MUESTRAS EN BASE A LOS DISTINTOS PARÁMETROS ANALIZADOS (C: COMERCIAL; N: NATURAL; PA: POLVO ATOMIZADO; PL: POLVO LIOFILIZADO; TL: TORTA LIOFILIZADO). A-D: LETRAS DISTINTAS INDICAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LOS TRATAMIENTOS.	19
FIGURA 11. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA DE LAS PREGUNTAS TIPO CATA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS ZUMO DE POMELO. (C: COMERCIAL; N: NATURAL; PA: POLVO ATOMIZADO; PL: POLVO LIOFILIZADO; TL: TORTA LIOFILIZADO)	20
FIGURA 12. ANÁLISIS MULTIFACTORIAL EMPLEANDO LAS PUNTUACIONES DE ACEPTABILIDAD Y LOS DATOS DE LAS PREGUNTAS CATA. (C: COMERCIAL; N: NATURAL; PA: POLVO ATOMIZADO; PL: POLVO LIOFILIZADO; TL: TORTA LIOFILIZADO)	21
FIGURA 13. ANÁLISIS DE PENALIZACIÓN. EL PUNTO DE CORTE ERA EL 20% DE LOS CONSUMIDORES QUE DECLARAN QUE UN ATRIBUTO NO ERA “BASTANTE” (-) O “DEMASIADO” (+). SOLO ES IMPORTANTE TOMAR LA DESVIACIÓN POR ENCIMA DE ESTE PUNTO (> 20% DE CONSUMIDORES)	24

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Producción

Los cítricos son un importante cultivo frutal en el mundo (Fig. 1) ya que hay cerca de 100 países y 6 millones de hectáreas plantadas por las regiones tropical y subtropical, siendo el cultivo mayoritario el del naranjo seguido por las mandarinas. España ocupa el quinto lugar en cuanto a la producción de estos frutos, precedido de Brasil, China, Estados Unidos y Méjico. Por lo que respecta al pomelo, los principales países productores son Estados Unidos, Israel, Cuba, Argentina y Sudáfrica.

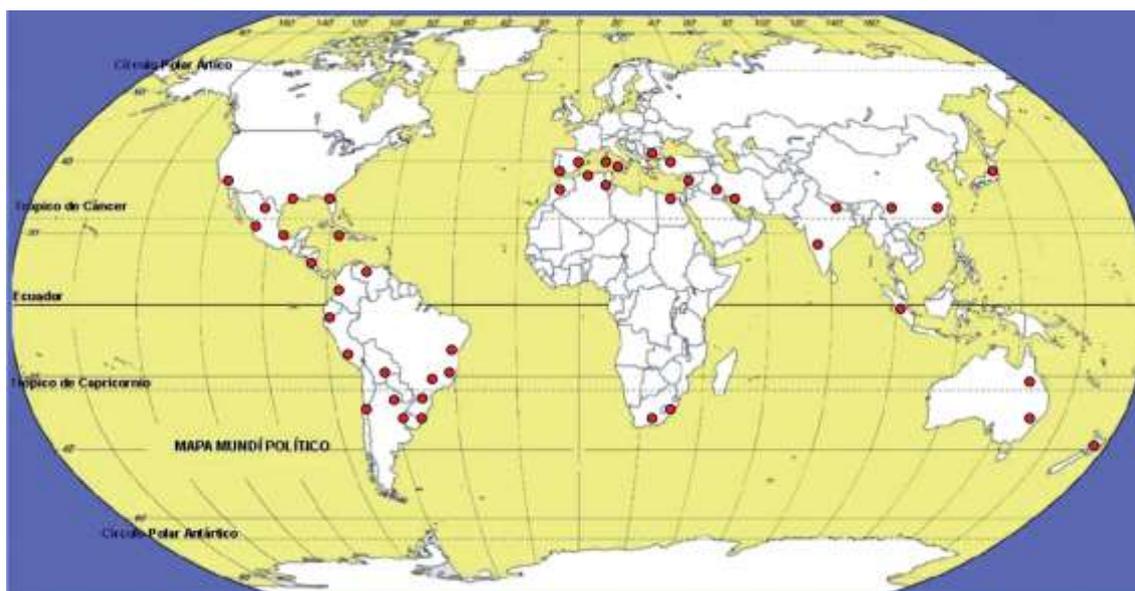


Figura 1. Distribución de las principales zonas productoras de cítricos en el mundo. (Fuente: MAGRAMA).

Una gran parte de la producción se destina a la fabricación de zumos pero también se comercializa en forma de mermeladas, jaleas o gajos. España destaca como líder mundial y exporta alrededor de 3 millones para consumo en fresco, seguido de Sudáfrica y Turquía.

Sin embargo, según el boletín mensual de estadística de mayo de 2016 del MAGRAMA, se prevé que la producción de cítricos en la campaña 2015-16 sufrirá descensos en todos los cultivos debido principalmente a las altas temperaturas. En el caso particular del pomelo esta disminución será del 12%.

En base al Anuario de Estadísticas Agrarias de 2015 del MAGRAMA, la superficie total de pomelo en 2014 era de 1864 ha. Esta superficie se distribuye entre Murcia, Andalucía y Comunidad Valenciana de manera similar, aunque no ocurre lo mismo con las producciones. En base al avance de superficies y producciones de cultivos del MAGRAMA (Fig. 2), para la campaña 2014-15, la producción de pomelo en España fue de 68545 toneladas. Se concentra principalmente en Murcia (47%), le sigue en importancia Andalucía (29%) y en tercer lugar se encuentra la Comunidad Valenciana (24%).

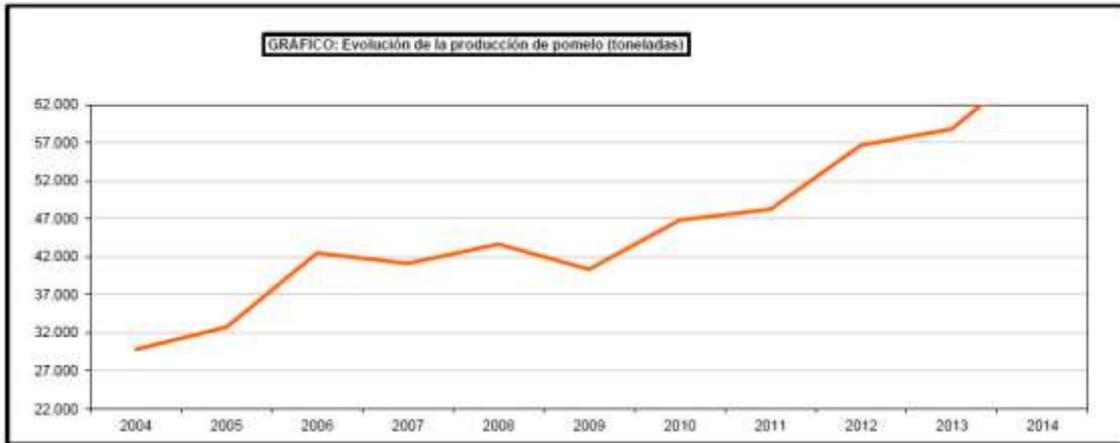


Figura 2. Evolución de la producción de pomelo (toneladas). (Fuente: MAGRAMA).

El pomelo todavía es poco consumido en España y, aunque se ha incrementado en los últimos años la producción para consumo en fresco, continua siendo mayoritaria la parte que se destina a la elaboración de zumos. En este ámbito, los datos disponibles para el consumo de pomelo en Europa occidental son de 0,6 kg per cápita, siendo Francia el consumidor más importante con 1,8 kg per cápita.

El mercado español de zumos y néctares durante 2014 fue de 968 millones de litros, según el informe anual sobre los zumos y néctares en Europa de la European Fruit Association (AIJN). Esto supone que España se sitúa con casi un 10% de este mercado. En cuanto al consumo per cápita, los españoles consumieron una media de 20,8 litros en 2014, siendo los sabores más demandados la naranja, piña y melocotón. Dentro de la industria agroalimentaria, el sector de los zumos y néctares mantiene una fuerte presencia en el mercado exterior. En concreto, Francia es el principal destino y le sigue Reino Unido (www.asozumos.org)

Los pomelos elaborados compiten directamente con las naranjas elaboradas cuyos productos son preferidos por los consumidores. Si esta situación no cambia, los productores de pomelos necesitarán encontrar nuevos mercados y/o nuevos productos (FAO, 2003)

1.2. Composición

Las frutas constituyen un grupo de alimentos indispensables para la salud de las personas debido a su contenido en vitaminas, minerales y sustancias antioxidantes. La composición de las frutas varía en función del tipo de fruto y grado de maduración, siendo el agua el componente mayoritario en todos los casos. La composición media del pomelo se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición nutricional del pomelo por 100 g de porción comestible. (Fuente: www.infoagro.com)

Valor nutricional del pomelo en 100 g de porción comestible			
Energía (Kcal)	35	Fósforo (mg)	20
Proteínas (g)	0,8	Tiamina (mg)	0,05
Lípidos (g)	0,1	Riboflavina (mg)	0,02
Hidratos de carbono (g)	6,8	Equivalentes niacina (mg)	0,4
Fibra (g)	1,6	Vitamina B6 (µg)	0,03
Agua (g)	90,7	Folatos (µg)	26
Calcio (mg)	23	Vitamina C (mg)	36
Hierro (mg)	0,1	Vitamina A (µg)	2
Magnesio (mg)	9	Vitamina E (mg)	0,19
Sodio (mg)	3	Ácido cítrico (mg)	1460
Potasio (mg)	200	Ácido málico (mg)	80

Debido a su gran contenido acuoso, se trata de una fruta con escaso valor calórico, a expensas principalmente de los hidratos de carbono. El pomelo destaca por su riqueza en ácido fólico (18 µg/100 g porción comestible) y en vitamina C, la cual es un antioxidante capaz de neutralizar la oxidación que producen los radicales libres en el organismo (Xu et al., 2008). Dicha vitamina interviene también en la formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones. La naringina es el flavonoide más importante del pomelo y el principal responsable de su sabor amargo (Hagen et al., 1996). La sustancia amarga del pomelo abre el apetito y favorece la producción de bilis, de ahí que se considere como alimento digestivo y beneficioso para el hígado. Además, en las variedades de pulpa coloreada también abundan el licopeno y la provitamina A (beta caroteno), que se transforma en vitamina A conforme el cuerpo lo necesita, siendo ésta esencial para la visión, el buen estado de la piel, el cabello, las mucosas y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico. En cuanto al contenido mineral, presenta cantidades importantes de potasio y, en menor medida, también destacan el calcio y el fósforo. El potasio es un mineral necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso, así como para la actividad muscular normal. Los ácidos más abundantes en el pomelo son el ácido málico, oxálico, tartárico y cítrico, siendo este último el que se encuentra en mayor concentración. El ácido cítrico es característico en el grupo de frutas a las que pertenece el pomelo y potencia la acción de la vitamina C.

Todos los nutrientes y fitoquímicos anteriormente mencionados son los que confieren el sabor y propiedades particulares que se le atribuyen al pomelo. Además, parece que estos compuestos son los que contribuyen a prevenir el desarrollo de varias enfermedades crónicas como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares (Mertens-Talcott et al.). Asimismo, aunque no hay una relación significativa entre el consumo de pomelo y la pérdida de peso, se han demostrado mejoras en cuanto a la tensión arterial y los lípidos (Dow et al.). Sin embargo, el consumo de este cítrico es minoritario en España, por lo que gran parte de su producción se destina a la elaboración de zumos (Moraga, 2008). Los zumos constituyen una importante fuente de vitaminas y minerales necesarios para el organismo. Son también beneficiosos para mantener un equilibrio hídrico adecuado ya que, tanto el contenido en agua como el de vitaminas son similares al de la fruta fresca.

1.3. Procesos de deshidratación

El sabor amargo característico del pomelo limita en gran medida su consumo, así como la estacionalidad y su relativa corta vida útil. Es por esta razón que el consumo de fruta en fresco tiende a disminuir, aumentando el mercado de los productos procesados a base de frutas (Zulueta et al., 2007). Uno de los métodos más empleados para la estabilización y aumento de la vida útil de los productos agroalimentarios es la deshidratación (Bennett et al., 2011), la cual permite, además, reducir su volumen y peso, facilitando el transporte y manipulación (Fazaeli et al., 2012). El formato de fruta en polvo podría resultar interesante como ingrediente en distintas formulaciones de alimentos o para ser rehidratado y consumido a modo de zumo. En el presente trabajo los procesos de secado aplicados han sido la liofilización y la atomización.

La liofilización se basa en la eliminación de agua por sublimación de un producto congelado. Esta técnica requiere la congelación previa del producto para posteriormente sublimar el agua a baja presión, con la consiguiente reducción de la actividad del agua (a_w), que permite ralentizar los procesos de deterioro a los que se ve sometido un alimento (Fig. 3). Este proceso permite obtener productos con menores pérdidas organolépticas y nutricionales, ya que no se emplea calor (Igual et al., 2010). Otra de las ventajas que presenta esta técnica es la muy buena capacidad de rehidratación debido a la formación de la estructura porosa durante la sublimación (Barbosa-Cánovas et al., 2005; Berk, 2009). Sin embargo, a pesar de las ventajas que ofrece la liofilización, se trata de un proceso costoso debido al gasto energético de la sublimación y congelación (Mosquera, 2010), solo factible en caso de productos de elevado valor añadido, siempre que la relación calidad-coste del producto sea alta (Ratti, 2001; Zeki Berk, 2013).

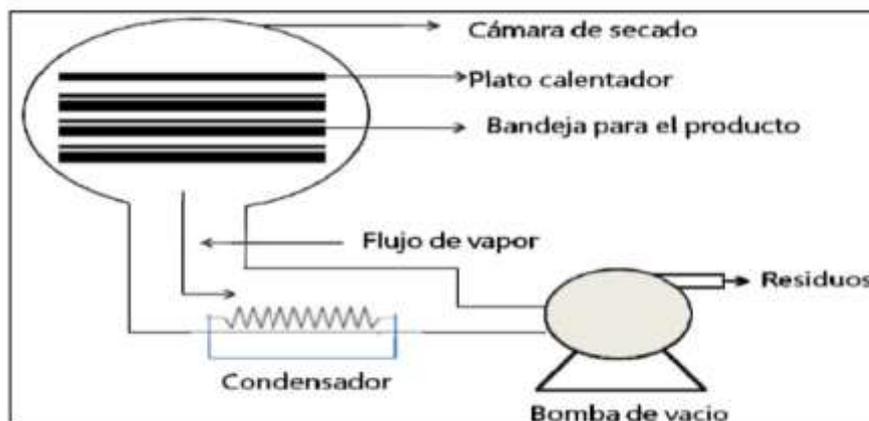


Figura 3. Esquema del sistema de liofilización (Fuente: Ruiz, 2015)

El secado por atomización es una técnica de eliminación de agua que también permite la obtención de productos de muy alta calidad (Horszwald et al., 2013). El proceso consiste en pulverizar un fluido dentro de una cámara con una corriente controlada de aire caliente, lo que permite una evaporación inmediata del agua del producto, el cual se seca suavemente sin choque térmico, obteniéndose el polvo (Nandiyanto et al., 2011) (Fig. 4). Uno de los principales inconvenientes de esta técnica son las aglomeraciones del polvo, debido a la higroscopicidad de muchos productos, especialmente las frutas. Con el objetivo de reducir el problema de la pegajosidad se añaden solutos (Ozdikicierler et al., 2014) tales como la goma arábiga que además, protege al aroma de la oxidación y volatilización (Krishnan et al., 2005). Aunque se presenta como una opción más competitiva a nivel industrial, los rendimientos de producción en el caso de frutas son muy bajos.

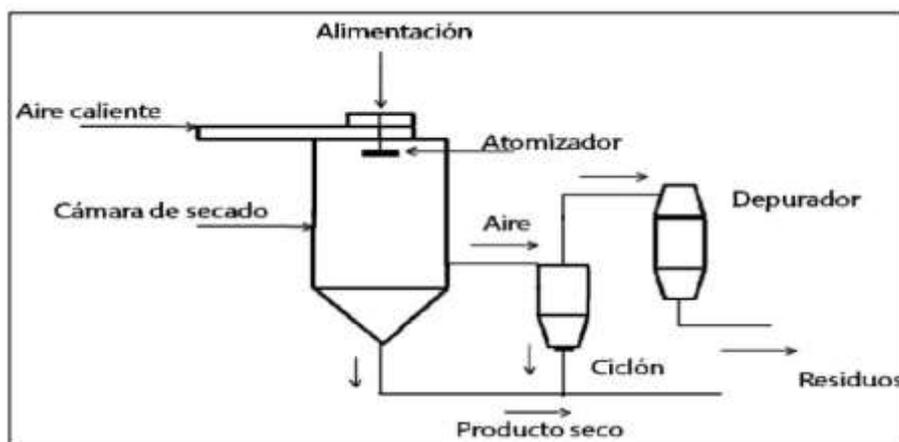


Figura 4. Esquema del sistema de atomización (Fuente: Ruiz, 2015)

Estudios previos realizados en el grupo de investigación en el que se enmarca este trabajo, han optimizado la formulación del puré y licuado de pomelo, en cuanto al contenido de goma arábica (GA), fibra de bambú (FB) y agua, todo ello con el objetivo de conseguir un producto con las mejores características nutritivas, sensoriales y funcionales. Estas formulaciones se muestran en la tabla 2 (Agudelo et al., 2016). En este trabajo se han comparado las características sensoriales de un zumo obtenido a partir de pomelo liofilizado y atomizado, con adición de los solutos correspondientes, con el zumo del pomelo fresco y con un producto comercial.

Tabla 2. Formulación optimizada del puré/licuado de pomelo.

Liofilización	GA (g /100 g pulpa)	FB (g /100 g pulpa)	X_w (g agua/100 g pulpa+solutos)
	4,2	0,58	90
Atomización	T (°C)	GA (g GA/100 g licuado)	FB (g FB/100 g licuado)
	120	4	2

1.4. El análisis sensorial

El departamento de Evaluación Sensorial del Instituto de Tecnólogos de Alimentos de Estados Unidos (IFT, 2009), define la evaluación sensorial como “la disciplina científica utilizada para avocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído”. El análisis descriptivo y, en particular, el QDA® (*Quantitative Descriptive Analysis*) (Stone y Sidel, 2004), es una herramienta de gran utilidad que emplea una metodología que conduce a una descripción completa de los productos y provee la base para determinar cuáles son las características sensoriales clave de los productos y, en consecuencia, los que estarán relacionados con su aceptabilidad. Sin embargo, existen actualmente nuevos métodos descriptivos alternativos o complementarios al análisis descriptivo clásico que tratan de mejorar algunas de sus limitaciones cuando se aplican a productos complejos. El uso de este tipo de metodologías puede suponer una nueva dimensión en el conocimiento sensorial de los productos.

En los últimos años se utilizan técnicas alternativas que permiten la evaluación directa de las diferencias percibidas por los consumidores evitando dichos problemas. Así, el uso de las escalas de adecuación ("Just About Right") facilitan la tarea de evaluación de diferencias entre muestras por el consumidor. Mientras que las técnicas como el perfil de libre elección ("Free Choice Profile"), marque todo lo que corresponda ("Check All That Apply" o CATA) y el "Sorting", también hacen más fácil la evaluación del consumidor ya que puede utilizar su propio vocabulario.

Las preguntas CATA se han utilizado con diferentes finalidades. En primer lugar, en algunos de estudios se han utilizado para comparar los resultados obtenidos mediante estas preguntas con los obtenidos mediante un análisis descriptivo cuantitativo convencional con el fin de comprobar la fiabilidad (eficacia) de esta técnica. En un estudio realizado por Ares et al. (2010) se vio que, en general, los resultados obtenidos mediante las preguntas CATA y mediante QDA fueron muy similares, indicando que las características sensoriales del producto (en este caso, postres lácteos de chocolate) fueron evaluadas de la misma forma por los consumidores y por los catadores entrenados del panel.

La aceptabilidad final del producto dependerá de las sensaciones o satisfacción que pueda experimentar el consumidor al ingerir dicho producto pero también de si el alimento responde a las necesidades del consumidor (Heldman, 2004). La opinión que cada consumidor tenga sobre las características nutritivas o la composición del producto (Bruhn et al., 1992), sobre la seguridad del mismo (Wilcok, 2004), sobre su marca comercial (Varela, 2010) o su precio (Caporale y Monteleone, 2001; di Monaco, 2005) condicionan su elección en el momento de la compra y puede incluso llegar a modificar la aceptabilidad final en el momento del consumo.

2. OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es conocer el grado de aceptación de un zumo de pomelo elaborado a partir de la fruta obtenida por procesos de liofilización, bien por rehidratación directa de la torta obtenida o bien previa trituración hasta obtener el polvo correspondiente, y de atomización, así como caracterizar los productos desde un punto de vista sensorial. Además, también se han estudiado las características reológicas de las muestras, el color y el contenido en sólidos solubles.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIAS PRIMAS

Los pomelos (*Citrus paradise* var. Star Ruby) empleados en el presente estudio fueron adquiridos en un supermercado local de la ciudad de Valencia y se seleccionaron en función del tamaño, firmeza, color y ausencia de daños físicos aparentes en la superficie.

Además se trabajó con un zumo comercial de pomelo adquirido en un supermercado de la ciudad de Valencia cuya composición, según su etiqueta, fue la siguiente: zumo de pomelo exprimido con 2% de pulpa.

Se emplearon como solutos goma arábica (Scharlab, Sentmenat, España) y fibra de bambú (VITACEL®, Rosenberg, Alemania), los cuales fueron incorporados a la fruta previa liofilización/atomización.

3.2. CONDICIONES DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN

Los pomelos fueron pelados y cortados para, posteriormente, triturarlos mediante un robot de cocina (Thermomix TM 21, Vorwerk, España). Al puré obtenido se le añadieron los solutos correspondientes para obtener la formulación deseada (Tabla 2). Posteriormente las muestras se dispusieron en bandejas formando una capa de 0,5 cm de espesor y se congelaron a - 45°C (Liebeherr Mediline 7083 207-00, Alemania) hasta su liofilización. Para la liofilización se utilizó un liofilizador Telstar Lioalfa-6, España, a 10^{-2} Pa y -55°C en el condensador, por un tiempo de 48 horas. Una vez liofilizadas, una parte de las tortas obtenidas se colocaron en envases herméticos de cristal a 4°C hasta su rehidratación y otra parte se trituró en el mismo robot de cocina antes mencionado y se tamizó con el objetivo de obtener un polvo homogéneo con un tamaño de partícula menor a 0,7 mm. Los polvos se envasaron a vacío y se almacenaron también a 4°C hasta su posterior rehidratación.

3.3. CONDICIONES DEL PROCESO DE ATOMIZACIÓN

La fruta previamente lavada, pelada y cortada, se licuó en un robot de cocina (DELONGHI, Italia). Los solutos fueron disueltos completamente en agua destilada mediante agitación y mezclados con el pomelo licuado en relación 1:1. Para la obtención del producto en polvo se utilizó un atomizador Büchi (B-290, Reino Unido). En todos los casos la velocidad de aspiración, el flujo del alimento y el aire de atomización fueron de 35 m³/h, 9 mL/min y 473 L/h, respectivamente. Tras la atomización, los polvos obtenidos se envasaron a vacío y se almacenaron en las mismas condiciones que los polvos liofilizados.

3.4. REHIDRATACIÓN

Para la rehidratación, a los productos liofilizados y atomizados se les añadió el agua necesaria para conseguir los mismos solutos propios del pomelo triturado o del licuado, respectivamente. Para ello se analizó la humedad (x_w) del triturado, del licuado y de los productos liofilizado y atomizado obtenidos. La humedad fue determinada por el método gravimétrico en estufa a vacío (Vaciotem, J.P. Selecta, España) a 60°C hasta peso constante. A partir de estos calores, la cantidad de agua a incorporar se calculó mediante un balance de materia (Ec.1).

$$m^{rh} = m^p + m^w \quad (1)$$

$$m^p \cdot (1 - x_w^p) = m^{rh} \cdot (1 - x_w^t)$$

Donde m^{rh} : masa final del producto rehidratado (g); m^w : masa de agua (g); m^p : masa del producto en polvo (g); x_w^t : humedad inicial del pomelo triturado/licuado (g agua/g); x_w^p : humedad del producto en polvo (g agua/g).

Las rehidrataciones se realizaron en un vaso de precipitados de 50 mL con doble camisa, en el cual se añadió la muestra de pomelo en polvo y el agua destilada. Este vaso se conectó a un baño de agua termostataado (Refrigerated Circulator 901, PolyScience, Estados Unidos), con el propósito de mantener la muestra a una temperatura de 25°C durante la rehidratación. Además, se mantuvo la muestra con agitación magnética constante (750 rpm) el tiempo necesario para lograr el máximo grado de disolución del polvo.

3.5. DETERMINACIONES ANALÍTICAS

Las determinaciones analíticas planteadas a continuación fueron realizadas sobre el producto natural recién exprimido (N), el zumo de pomelo comercial (C), y los productos rehidratados a partir de la torta liofilizada (TL), polvo liofilizado (PL) y polvo atomizado (PA).

3.5.1. Contenido en sólidos solubles

Los °Brix (gramos de sólidos solubles por 100 g de fracción líquida) se determinaron en las muestras rehidratadas mediante un refractómetro (Abbe Atago 89553, Zeiss Japan) a 20°C.

3.5.2. Propiedades ópticas

Para la medida del color las muestras se colocaron en una cubeta de 38 x 50 x 20 mm. Se utilizó un colorímetro MINOLTA CM-2002, Japón. Las coordenadas CIE*L*a*b se obtuvieron sobre fondo negro, utilizando como referencia el iluminante D65 y el observador 10°, con una ventana de medición de 30 mm. A partir de las coordenadas CIE*L*a*b*, se calculó el tono (h^*) (Ec.2), el croma (C^*) (Ec.3) y las diferencias de color (ΔE) (Hutchings, 1999), con respecto al producto natural recién exprimido (Ec.4).

$$h^* = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (2)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad (4)$$

Donde L: luminosidad (0, negro; 100, blanco), b: coordenada de amarillo (+)/azul (-) y a: coordenada de rojo (+)/verde (-).

3.5.3. Reología

Para el estudio del comportamiento reológico, tanto del zumo comercial como del exprimido y las muestras rehidratadas, se obtuvieron las curvas de flujo aplicando un barrido de gradiente de velocidad de 0 a 150 s⁻¹ a temperatura constante de 25°C. Para ello se utilizó un reómetro de gradiente de velocidad controlado (Thermo Electron Corporation, Hake RheoStress1, Karlsruhe, Germany) con geometría de cilindros concéntricos (Z34 DIN). Las curvas de flujo fueron ajustadas al modelo Ostwald-de Waele (Ec.5) para obtener el índice de comportamiento al flujo (n) y el índice de consistencia (K). Con ambos parámetros se calculó la viscosidad (η) a 100 s⁻¹ (Ec.6).

$$\sigma = K (\dot{\gamma})^n \quad (5)$$

$$\eta = K (100)^{n-1} \quad (6)$$

Donde σ : esfuerzo de cizalla (Pa), $\dot{\gamma}$: gradiente de velocidad (s⁻¹), n: índice de comportamiento al flujo, K: índice de consistencia, η : viscosidad (Pa·s)

3.5.4. Análisis sensorial

El análisis sensorial se ha realizado con un panel de 75 consumidores de edades comprendidas entre los 18 y 65 años en la sala de Catas del IATA (sala normalizada según la norma ISO, 2007) Se siguió un diseño de presentación de las muestras de bloques completos equilibrados y las muestras se presentaron en un orden aleatorio identificadas con un código de tres dígitos al azar. Se pidió a los participantes que rellenaran un cuestionario sobre las muestras (Fig. 5). Se evaluaron las cinco muestras: C, N, TL, PL y PA.

EVALUACIÓN SENSORIAL DE ZUMO DE POMELO

- En esta cata, evaluará **5 muestras de zumo de pomelo**. Pruebe cada muestra y evalúela en función de su grado de aceptación.

Por favor, indique

- Hombre
- Mujer

Indique el grupo de edad al que pertenece

- Entre 18-30 años
- Entre 31-45 años
- Entre 46-60 años
- Mayor de 60 años

Indique la frecuencia de consumo de zumo de pomelo

- Diariamente
- Varias veces a la semana
- Pocas veces al mes
- Sólo en ocasiones

Figura 5. Hoja de cata utilizada para la recogida de datos de la evaluación sensorial.

MUESTRA: **-214-**

OBSERVA Y PRUEBA LA MUESTRA Y DINOS:

(1) ¿Cuánto te agrada **en general** este producto?

Me disgusta mucho Indiferente Me gusta mucho

(2) ¿Cuánto te agrada la **apariciencia** de este producto?

Me disgusta mucho Indiferente Me gusta mucho

(3) ¿Cuánto te agrada el **color** de este producto?

Me disgusta mucho Indiferente Me gusta mucho

(4) ¿Cuánto te agrada el **olor** de este producto?

Me disgusta mucho Indiferente Me gusta mucho

(5) ¿Cuánto te agrada el **sabor** de este producto?

Me disgusta mucho Indiferente Me gusta mucho

(6) ¿Cuánto te agrada el **sabor amargo** de este producto?

Me disgusta mucho Indiferente Me gusta mucho

(7) ¿Cuánto te agrada el **dulzor** de este producto?

Me disgusta mucho Indiferente Me gusta mucho

(8) En cuanto al **dulzor**, en tu opinión, el producto **debería ser**:

Mucho menos dulce	
Algo menos dulce	
Está bien así	
Algo más dulce	
Mucho más dulce	

(9) ¿Cuánto te agrada la **acidez** de este producto?

Me disgusta mucho Indiferente Me gusta mucho

(10) En cuanto a la **acidez**, en tu opinión, el producto **debería ser**:

Mucho menos dulce	
Algo menos dulce	
Está bien así	
Algo más dulce	
Mucho más dulce	

Figura 5. Hoja de cata utilizada para la recogida de datos de la evaluación sensorial (cont.).

(11) ¿Cuánto te agrada la **astringencia** de este producto?

Me disgusta mucho Indiferente Me gusta mucho

(12) En cuanto a la **astringencia** en tu opinión, el producto **debería ser**:

Mucho menos astringente	
Algo menos astringente	
Está bien así	
Algo más astringente	
Mucho más astringente	

(13) ¿Cuánto te agrada la **consistencia** de este producto?

Me disgusta mucho Indiferente Me gusta mucho

(14) En cuanto a la **consistencia**, en tu opinión, el producto **debería ser**:

Mucho menos consistente	
Algo menos consistente	
Está bien así	
Algo más consistente	
Mucho más consistente	

(15) Marque las características que considere que representan a este zumo

- Olor a pomelo
- Sabor a pomelo
- Sabor agradable
- Sabor artificial
- Poco sabor a pomelo
- Turbio
- Líquido
- Viscoso
- Con pulpa
- Amargo
- Ácido
- No demasiado dulce

(16) ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor la **probabilidad de que compres** este producto si el precio fuera adecuado?

Definitivamente lo compraría	
Probablemente lo compraría	
Tal vez si, tal vez no lo compraría	
Probablemente no lo compraría	
Definitivamente no lo compraría	

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Figura 5. Hoja de cata utilizada para la recogida de datos de la evaluación sensorial (cont.).

Evaluación del grado de aceptación de las muestras

Los consumidores probaron las muestras presentadas de una en una y evaluaron el grado de aceptación (*liking*) de la apariencia, color, olor, sabor amargo, dulzor, acidez, astringencia, consistencia y agrado general, en una escala hedónica de 9 puntos (box-scale) cuyos extremos son “me disgusta mucho” (extremo izquierdo correspondiente a 1) y “me gusta mucho” (extremo derecho correspondiente a 9).

Evaluación de la intención de compra de las muestras

Se evaluó también la intención de compra, respondiendo a la cuestión “probabilidad de compra del producto”, en una escala de 5 puntos (que va desde “definitivamente lo compraría” correspondiente al 5 a “definitivamente no lo compraría” correspondiente al 1).

Descripción de las muestras utilizando preguntas CATA

Se presentaron 12 atributos sensoriales, olor a pomelo, sabor a pomelo, sabor agradable, sabor artificial, poco sabor a pomelo, turbio, líquido, viscoso, con pulpa, amargo, ácido y no demasiado dulce a cada catador en orden aleatorio y se les pidió que marcaran los atributos que describían a cada una de las muestras.

Adecuación de algunas características sensoriales

Se utilizó una escala de tipo JAR (*just about right*) de cinco casillas y se evaluó la adecuación de diferentes parámetros susceptibles de modificar en las muestras como el dulzor, la acidez, la astringencia y la consistencia contestando a la pregunta: ¿en su opinión la muestra debería ser? Donde el 5 se corresponde con “mucho menos...”/ el 3 se corresponde con “está bien así” y el 1 se corresponde con “mucho más...”

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para establecer las diferencias existentes entre las muestras analizadas se llevaron a cabo análisis de la varianza (ANOVA) de un factor, para un nivel de significación $\alpha = 0,05$, utilizando el test de Fisher. El análisis estadístico de los resultados obtenido se ejecutó con el programa Statgraphics Centurion XVI.1

Para el análisis estadístico de los resultados sensoriales se utilizó el programa XI-Stat 2009.4.03 y se realizó un ANOVA de un factor con los datos obtenidos del grado de aceptabilidad de las muestras. Para saber las diferencias significativas entre muestras se aplicó el test de Tukey. Para el análisis de los atributos evaluados con la escala JAR se realizó un análisis de frecuencias y para comparar estos datos con los de aceptabilidad se aplicó un análisis de penalización (Penalty analysis). Por último, para analizar los datos correspondientes a las preguntas tipo CATA se aplicó el test no paramétrico de Cochran para cada descriptor con el fin de determinar los atributos que los consumidores detectaron como diferente entre las muestras. A continuación, se analizaron las frecuencias de mención de cada atributo significativo mediante un Análisis de Correspondencia, y, por último, para relacionar los atributos CATA con la aceptabilidad global de las muestras se realizó un Análisis Multifactorial.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la caracterización de los productos en primer lugar se procedió a la rehidratación de aquellos obtenidos por liofilización y atomización. La humedad del triturado y del licuado de pomelo utilizados para obtenerlos fue 0,8710 y 0,8752 g agua/g, respectivamente. Asimismo, la humedad de los productos liofilizado y atomizado fue 0,024 y 0,019 g agua/g, respectivamente. Con estos datos se añadió, a cada producto, la cantidad de agua necesaria para obtener finalmente un zumo procedente del producto liofilizado con 0,1290 g solutos pomelo/g y un zumo procedente del atomizado con 0,1248 g solutos pomelo/g.

4.1. ANÁLISIS DEL CONTENIDO EN SÓLIDOS SOLUBLES

En la Fig. 6 se puede apreciar que existen diferencias significativas ($\alpha < 0,05$) en cuanto a los °Brix entre los zumos obtenidos a partir de los productos liofilizados y atomizado y el zumo natural. Esto se debe a la GA y FB añadidos en la formulación, que fueron algo superiores en el caso del licuado a atomizar. Como era de esperar, no presentan diferencias significativas ($\alpha > 0,05$) las muestras obtenidas a partir del pomelo liofilizado en torta y en polvo. El valor obtenido de °Brix para el zumo recién exprimido fue similar a los reportados en bibliografía (Igal et al., 2010; Moraga et al., 2012).

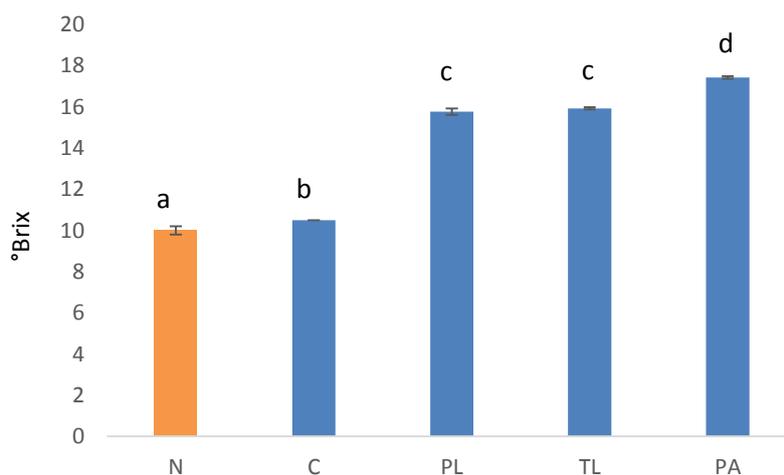


Figura 6. Contenido en sólidos solubles de las muestras analizadas (N: Natural; C: Comercial; PL: Polvo liofilizado; TL: Torta liofilizado; PA: Polvo atomizado). a-d: Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos.

4.2. ANÁLISIS DEL COLOR

La Fig. 7 muestra los planos de color a^*-b^* y a^*-L^* donde se localizan las muestras del presente estudio. La isolínea ha sido trazada en el plano cromático a^*-b^* con el valor de la muestra del zumo natural. En la Fig. 8a se observa leves diferencias significativas con respecto a la luminosidad de los distintos productos estudiados. Se puede observar que hay dos grupos claramente diferenciados, siendo los procedentes de liofilización los que presentan un mayor valor de este parámetro. Del mismo modo, las muestras rehidratadas a partir de los productos liofilizados presentaron mayores valores de a^* y b^* (Fig. 8b), lo que se traduce en un cromatismo más intenso en comparación con el resto de zumos. Todo ello puede deberse a que en la

liofilización se aprovecha toda la fruta, por tanto estos zumos tienen un mayor contenido en pulpa y su color es más parecido a la fruta que a su zumo. Además, los zumos obtenidos de los productos liofilizados y atomizado llevan la GA y FB que también afectan al color. Por su parte, el obtenido a partir de polvo atomizado ha sufrido un tratamiento térmico que también puede haber provocado cambios de color. A pesar de las diferencias existentes entre las muestras, todas ellas presentaron una tonalidad amarilla-anaranjada.

Las diferencias en los parámetros CIE L^*a^*b conllevaron a que las muestras rehidratadas a partir de polvo/torta liofilizado presentaran mayores diferencias de color (Fig. 8), alrededor de 20 unidades ($\alpha > 0,05$), con respecto al zumo recién exprimido; mientras que las procedentes del polvo atomizado y el comercial fueron más parecidas al producto natural.

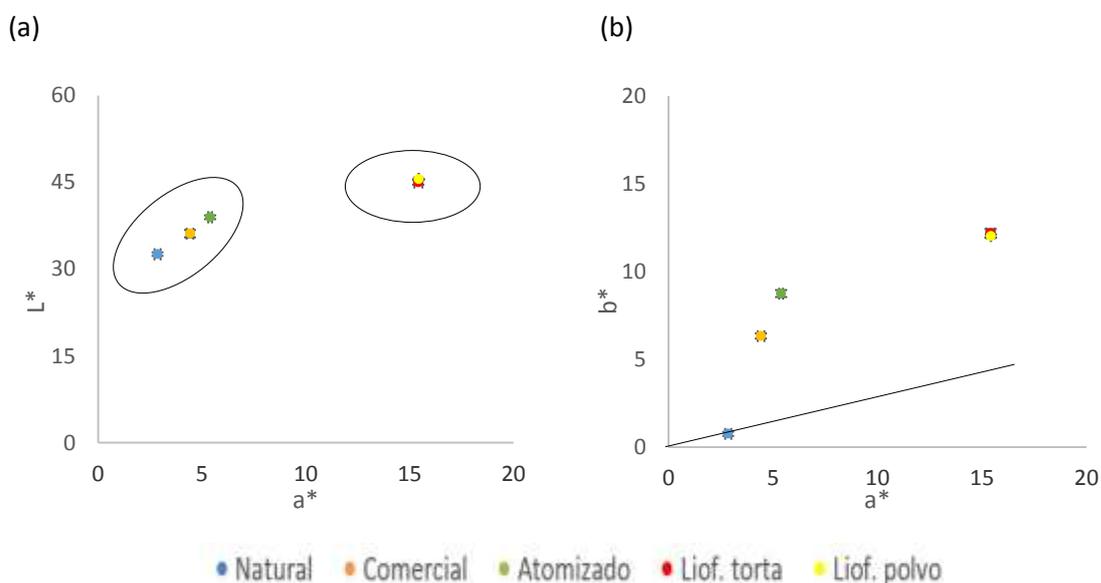


Figura 7. Planos de color de las muestras de zumo de pomelo evaluadas: (a) a^*-L^* y (b) a^*-b^*

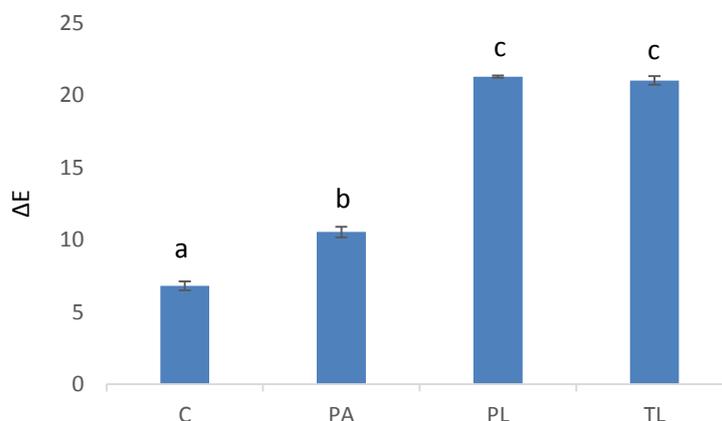


Figura 8. Gráficos de barras de las diferencias de color existentes respecto de la muestra de zumo natural (C: Comercial; PA: Polvo atomizado; PL: Polvo liofilizado; TL: Torta liofilizado). a-c: Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos.

4.3. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO

En la Fig. 9 se muestra un ejemplo de alguna de las curvas de flujo obtenidas. Dichas curvas se han ajustado al modelo de Ostwald-de Waele con el objetivo de conocer los valores de n , K y η (Tabla 3). De hecho este comportamiento se puede ver analizando los valores de n de la tabla 3. Valores de n entre 0 y 1 indican un comportamiento pseudoplástico mientras que valores de n próximos a 1 indican un comportamiento próximo al newtoniano. La muestra más viscosa fue la TL que fue la que presentó un mayor valor del índice de consistencia (K) en comparación con PL debido al daño estructural en las paredes celulares del pomelo a causa de la trituración para la obtención del polvo, lo cual permite disminuir la viscosidad del zumo obtenido. Resultados similares han sido obtenidos por Silva et al., 2015. Por otra parte, las muestras menos viscosas fueron las C, N y PA por su bajo contenido en pulpa.

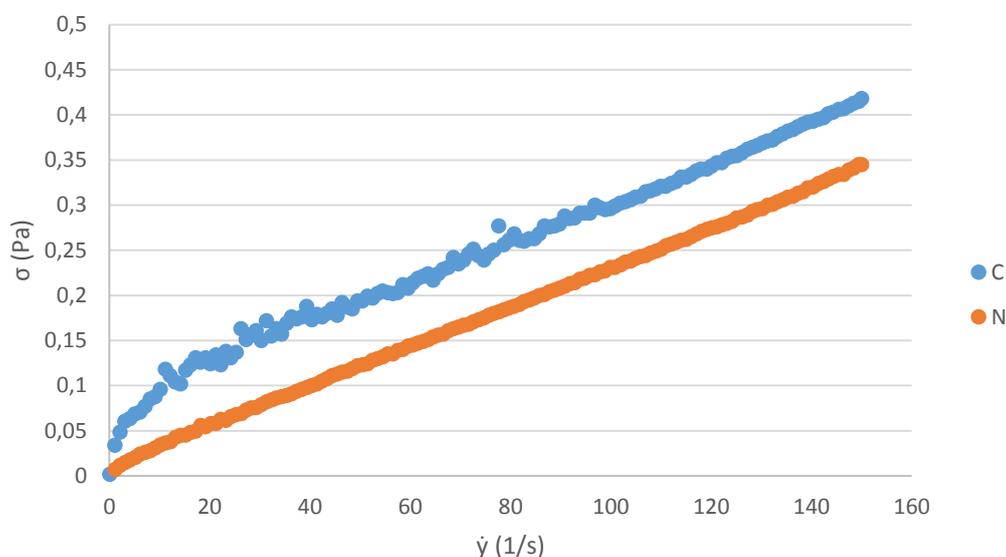


Figura 9. Curvas de flujo obtenidas de las muestras Comercial (C) y Natural (N) analizadas

Tabla 3. Índice de consistencia (K), índice de comportamiento al flujo (n) y viscosidad a 100 s^{-1} (η) de las muestras analizadas.

Muestra	n	$K \text{ (Pa}\cdot\text{s}^n)$	$\eta \text{ (Pa}\cdot\text{s)}$
PL	0,538 (0,014) ^{ab}	0,41 (0,04) ^a	0,048 (0,002) ^b
TL	0,18 (0,10) ^a	9,6 (3,4) ^b	0,21 (0,02) ^c
C	0,37 (0,11) ^a	0,07 (0,03) ^a	0,0033 (0,0002) ^a
N	0,82 (0,02) ^b	0,006 (0,003) ^a	0,0027 (0,0009) ^a
PA	1,2 (0,3) ^c	0,003 (0,003) ^a	0,0032 (0,0006) ^a

Valores entre paréntesis representan las desviaciones estándar de las muestras.

a-c: Superíndices distintos dentro de la misma columna indican diferencias significativas entre los tratamientos.

4.4. ANÁLISIS SENSORIAL

Previamente al análisis sensorial se realizaron unas preguntas sobre sexo, edad y consumo. En el panel de consumidores estudiado los hombres representaban el 27% de la muestra frente al 73% de mujeres, cuyas edades se comprendían entre 18 y 30 años mayoritariamente (81%). Cabe destacar que el consumo de pomelo en España no está muy extendido, es por esta razón que, al preguntar por la frecuencia de consumo de zumo de pomelo, el 84% de las personas respondiesen “en ocasiones”.

A continuación, se evaluó el grado de aceptación de las muestras mediante una escala hedónica de 9 puntos (Fig. 10). En general, los zumos rehidratados a partir de fruta liofilizada y atomizada no presentaron diferencias significativas, a excepción de en la apariencia y en la consistencia que fue peor valorado el obtenido a partir de la torta liofilizada. Por otro lado, los zumos natural y comercial son bastante similares en todos los atributos salvo en el color. En cuanto al agrado general de las muestras, las mejor valoradas son la comercial y natural; sin embargo, la probabilidad de que no las compren está comprendida entre un 40% y un 50%. Por tanto, partiendo de la base de que la población española no está acostumbrada al consumo de esta fruta, no son de extrañar los datos obtenidos de probabilidad de compra así como las puntuaciones para cada una de las características. Los zumos obtenidos mediante los procesos en estudio presentaron diferencias significativas con respecto al zumo natural en todos los atributos. En lo que respecta al color y apariencia, la muestra atomizada fue similar a la comercial.

4.4.1. Preguntas tipo CATA

Una técnica sensorial que permite de una manera más sencilla obtener información sobre las características sensoriales de un producto percibidas por los consumidores es la utilización de las preguntas marque lo que corresponda (CATA). En una pregunta CATA los consumidores han de marcar las opciones que ellos consideren que describen mejor el producto de una lista de palabras o expresiones. La mayor dificultad de esta técnica radica en la elección de los términos o atributos que se les van a presentar a los consumidores ya que es necesario asegurarse de que todos ellos representen todas las posibles sensaciones que puedan ser percibidas por los consumidores. Para ello se puede obtener una lista de atributos mediante el “Repertory Grid Method” con un grupo más reducido de consumidores ya que de esta manera son ellos mismos los que van a generar los términos que describen las sensaciones percibidas durante el consumo del producto. En este caso, los descriptores característicos de las muestras y la forma de evaluar su intensidad se determinaron en una sesión abierta con un panel de catadores entrenados, con experiencia en la evaluación de productos similares.

A los resultados obtenidos se aplicó el test no paramétrico de Cochran para estudiar si existían diferencias significativas en las frecuencias de mención de los atributos sensoriales seleccionados. Se obtuvo que las frecuencias de mención de once de los doce atributos presentaron diferencias significativas, lo que indica que estos atributos pueden usarse para describir las diferencias significativas entre los zumos evaluados.

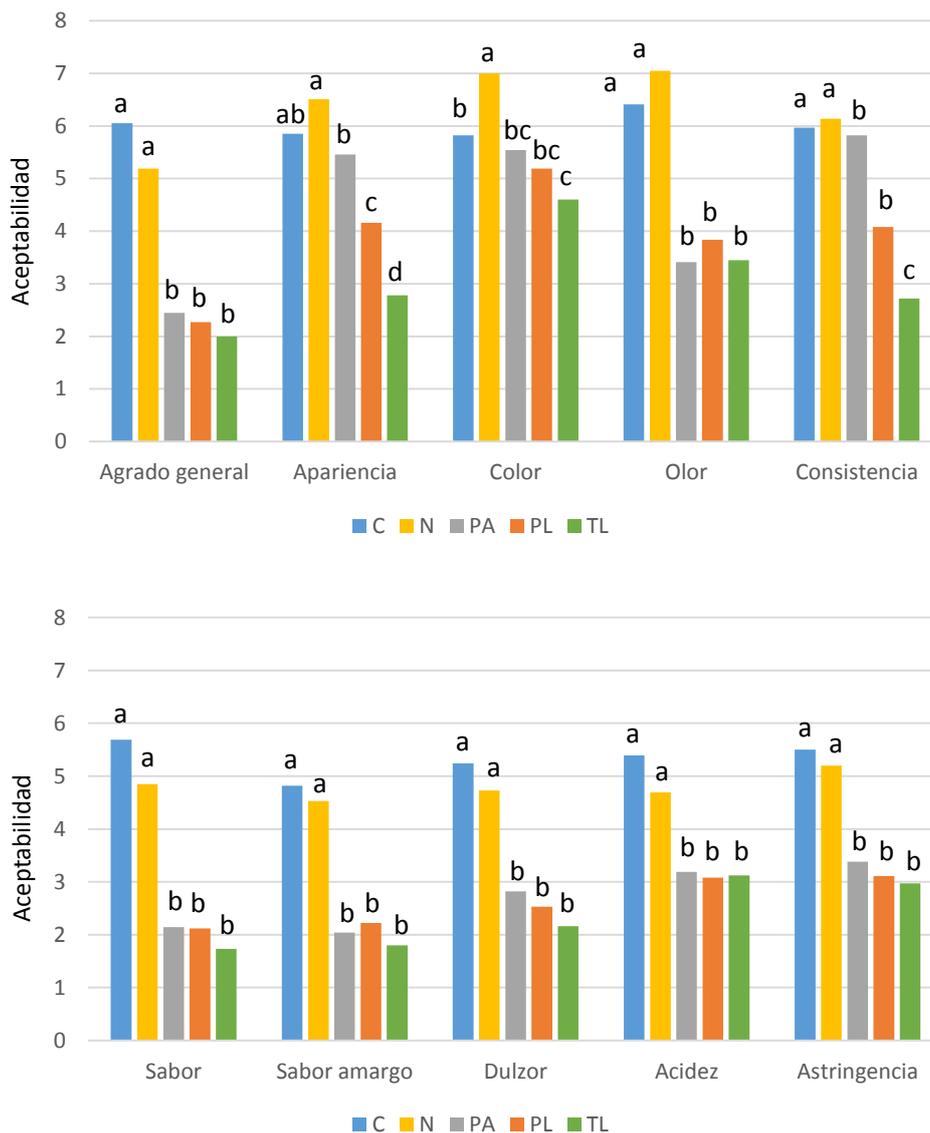


Figura 10. Grado de aceptación de las muestras en base a los distintos parámetros analizados (C: Comercial; N: Natural; PA: Polvo atomizado; PL: Polvo liofilizado; TL: Torta liofilizado). a-d: Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos.

A continuación, estos once atributos se usaron para realizar un Análisis de Correspondencia (CA) (Fig. 11). Las dos primeras dimensiones del gráfico CA explican el 92,10% de la variabilidad total del conjunto de datos. La primera y segunda dimensión representan el 66,54% y el 25,56% de la variabilidad total, respectivamente.

Como se muestra en la Fig. 11 los términos “olor a pomelo” y “sabor a pomelo” fueron asociados al zumo natural y al comercial. Por otro lado, la percepción general de las muestras liofilizadas (torta y polvo) y atomizadas es que son diferentes en comparación con el zumo recién exprimido debido a los diferentes procesos a los que se sometió el pomelo. Los atributos “no demasiado dulce” y “amargo” fueron asociados a los zumos rehidratados a partir de polvo, tanto atomizado como liofilizado. Al zumo procedente de polvo atomizado se le atribuyeron características similares a los zumos natural y comercial, siendo descrito como “ácido”, “líquido” pero también la de “sabor artificial”. En cambio, en lo que respecta a los

zumos liofilizados (torta y polvo) fueron descritos con atributos semejantes como “con pulpa”, “viscoso” y “turbio”. Además, el término “sabor agradable” aparece alejado en el gráfico, más asociado a la muestra comercial.

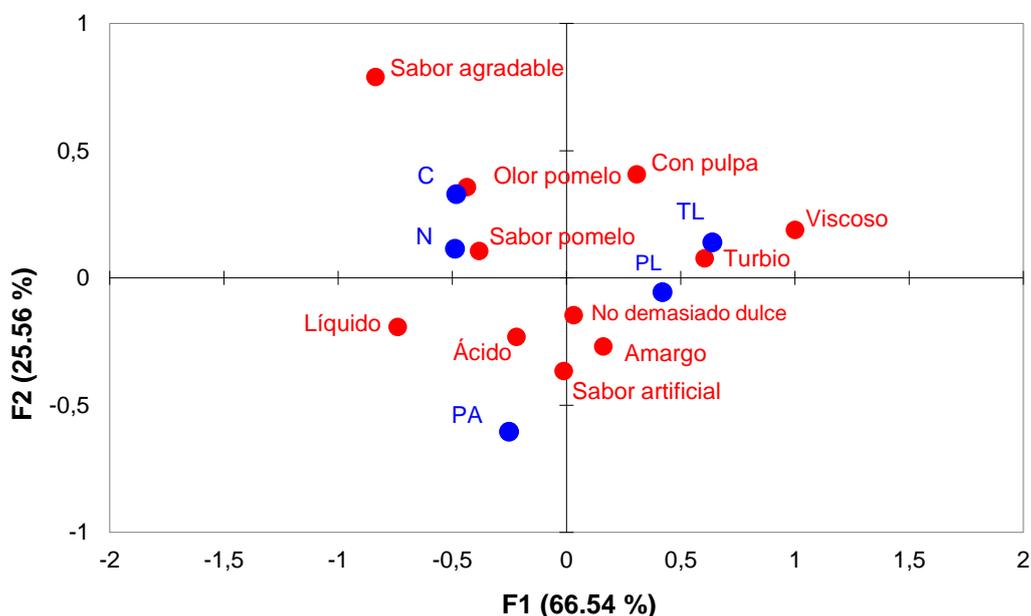


Figura 11. Análisis de correspondencia de las preguntas tipo CATA para la evaluación de las muestras zumo de pomelo. (C: Comercial; N: Natural; PA: Polvo atomizado; PL: Polvo liofilizado; TL: Torta liofilizado).

Para entender qué características sensoriales fueron relacionadas con la aceptabilidad, los datos sensoriales de la pregunta CATA fueron estudiados en combinación con los datos de aceptabilidad de los consumidores. Es posible que los consumidores empleen los términos de la pregunta CATA de manera distinta lo que indica posibles diferencias en la percepción de los zumos, causando diferencias en la aceptabilidad de los mismos. Se llevó a cabo un Análisis Multifactorial (MFA) (Fig. 12) considerando las respuestas a las preguntas tipo CATA y su puntuación de aceptabilidad correspondiente. Las dos primeras dimensiones del MFA representan el 84,49% de la variabilidad total de los datos experimentales. La primera y segunda dimensión explican el 57,54% y el 26,95% de la variabilidad total, respectivamente. El zumo natural y el comercial fueron los que más gustaron a los consumidores y fueron percibidos con “olor a pomelo”, “sabor a pomelo” y “sabor agradable”. Por el contrario, las muestras con menor grado de aceptación fueron las que se sometieron a los tratamientos en estudio (liofilización y atomización), siendo en el caso del zumo procedente de la torta liofilizada debido a su carácter más “turbio” y “viscoso”.

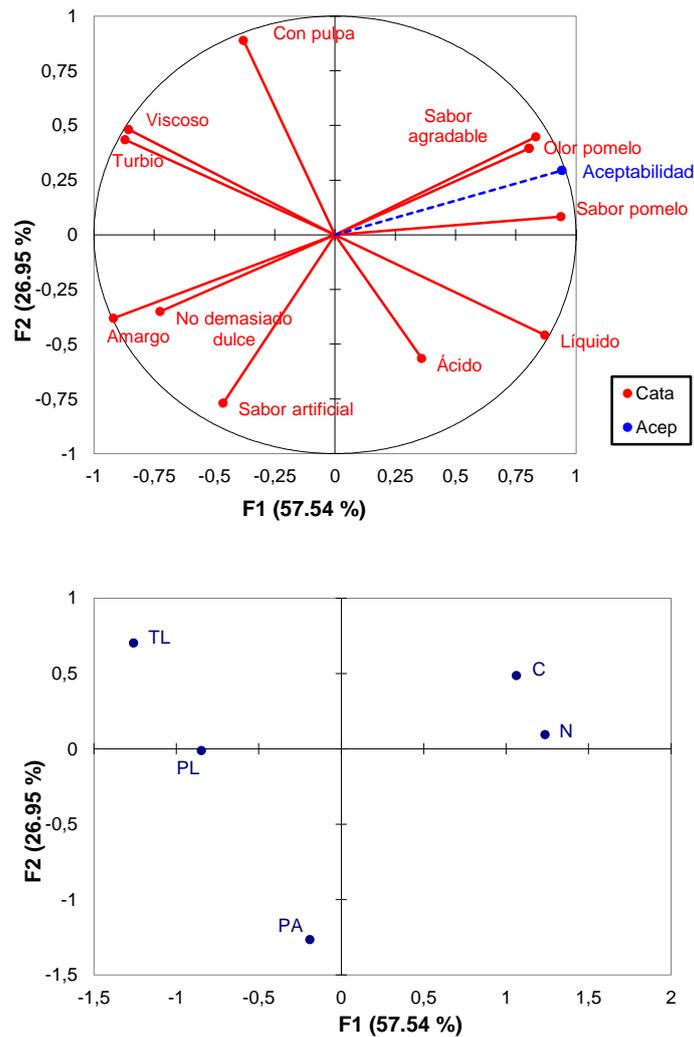


Figura 12. Análisis multifactorial empleando las puntuaciones de aceptabilidad y los datos de las preguntas CATA. (C: Comercial; N: Natural; PA: Polvo atomizado; PL: Polvo liofilizado; TL: Torta liofilizado).

4.4.2. Escalas JAR y Análisis de Penalización

Para analizar los resultados obtenidos de los atributos evaluados con la escala JAR, se redujo la escala de 5 puntos a una de 3 puntos para una mejor visualización de las respuestas:

- Demasiado poco: 1 y 2 de la escala
- Está bien así (JAR): 3 de la escala
- Demasiado: 4 y 5 de la escala

A continuación, para determinar si hay que modificar algunos de los atributos evaluados con esta escala se realizó un Análisis de Penalización. El análisis de penalización se realiza para comparar los datos de agrado general con los obtenidos para los atributos evaluados con las escalas JAR. La hipótesis de este análisis es que el mayor valor de grado de aceptabilidad lo pondrá un consumidor cuando crea que la muestra “está bien así”, o sea en el punto medio de la escala JAR (*just about right*). Lo que compara el análisis de penalización es la diferencia entre

el grado de aceptación que mostraron los consumidores que encontraron al producto “poco...” o “muy...” para un determinado atributo. En otras palabras, analiza cuanto cae la aceptabilidad con los diferentes “defectos” encontrados en las muestra respecto de dichos atributos. El análisis de penalización toma como significativos los atributos que se encontraron desviados del punto medio “está bien así” más de un 20% de los consumidores y, en general, esto sumado a una caída de más de un punto en la aceptabilidad se ve como un atributo susceptible de mejora.

La Fig. 13 muestra los análisis de penalización que se han realizado para cada una de las muestras. El zumo rehidratado a partir de torta liofilizada no se ha tenido en cuenta en el presente análisis puesto que es la muestra peor puntuada y apenas tuvo probabilidad de compra.

Un zumo con un atributo en la esquina superior derecha del gráfico de penalización es considerado peor que un atributo localizado en la esquina inferior izquierda. La situación perfecta sería encontrar todos los atributos en el área inferior izquierda del gráfico ya que esto significaría que solo unos pocos consumidores piensan que el nivel del atributo en cuestión no es correcto y el impacto sobre el gusto total es pequeño. El zumo natural está en una situación favorable con porcentajes bajos de consumidores que encuentran atributos que se han desviado de su ideal y, por tanto, con menores penalizaciones. La situación contraria sería que todos los atributos se situasen en la esquina superior derecha y serían los susceptibles de cambio para obtener nuevas formulaciones del producto. Estas características son las responsables de la caída en la aceptabilidad y de los altos porcentajes de consumidores que consideran que dichos atributos no son correctos.

En general, los atributos que más se desvían del punto idóneo, es decir, de “está bien así” en todos los zumos son “demasiado” astringente y “demasiado poco” dulce. Además también se aleja del punto medio la acidez, a excepción del zumo de polvo atomizado. Alrededor del 60% de los consumidores consideran que los atributos de astringencia y acidez del zumo procedente de polvo liofilizado no son correctos y esto hace que la aceptabilidad caiga en 1,7 puntos. Otro atributo relacionado con la baja aceptabilidad de esta muestra es el dulzor, penalizado por el 90% de las personas que lo probaron.

El zumo rehidratado a partir de polvo atomizado es el que menos atributos mejorables presenta, siendo sus penalizaciones en la aceptabilidad cercanas a la unidad. En cuanto al dulzor de esta muestra, casi el 90% de los consumidores consideran que debería ser mucho más dulce y, a diferencia de los demás zumos, la acidez no es un parámetro penalizado.

Es destacable la penalización del sabor dulce y ácido en el zumo comercial ya que es la única muestra que presenta en su formulación azúcar. A pesar de ello, esto hace que su aceptabilidad caiga 1,5 puntos en la escala. Por otro lado, astringencia de esta muestra se encuentra prácticamente en los límites de aceptabilidad del gráfico.

Por último, el zumo natural es concebido como “demasiado poco” dulce y “demasiado” ácido por entorno a un 60% de los consumidores, disminuyendo el gusto total en 2,5 puntos. Además, el 35% de las personas que probaron la muestra la califican como “demasiado” astringente.

El pomelo es un cítrico que destaca por su acidez natural, por ello las muestras obtenidas con los procesos en estudio son percibidas como ácidas y poco dulces. Sin embargo, este problema se podría resolver realizando nuevas formulaciones de los productos, por ejemplo adicionando distintas concentraciones de azúcar a las muestras con el objetivo de obtener el producto más aceptado con independencia de la probabilidad de compra. Cabe destacar que el atributo de dulzor ha sido penalizado en todas las muestras con una caída en la aceptabilidad de entre 1,5

y 2 puntos. No obstante, como se ha indicado anteriormente, la muestra comercial posee azúcar y el resto no, por esta razón los zumos obtenidos por procesos de liofilización y atomización son más saludables.

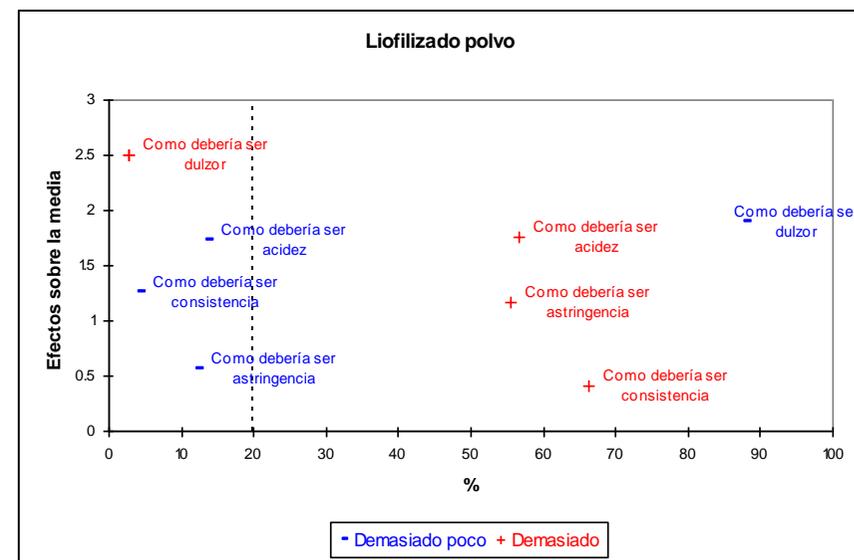
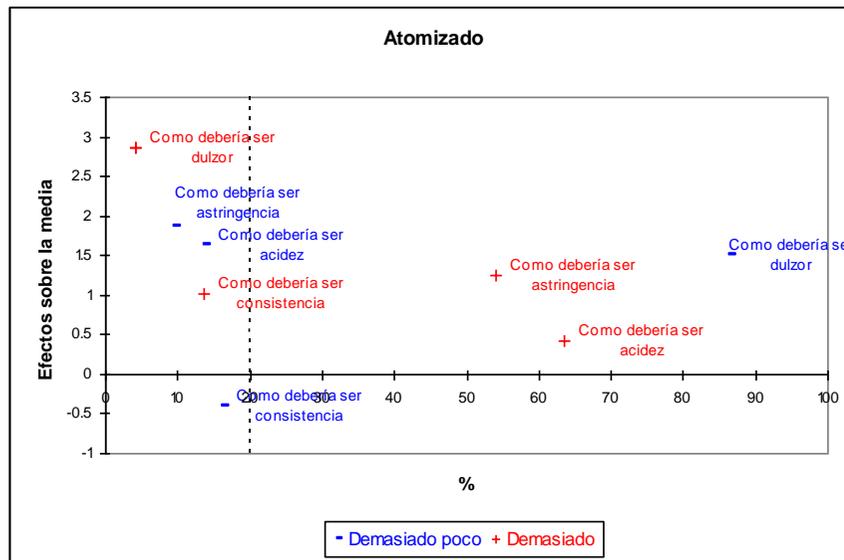
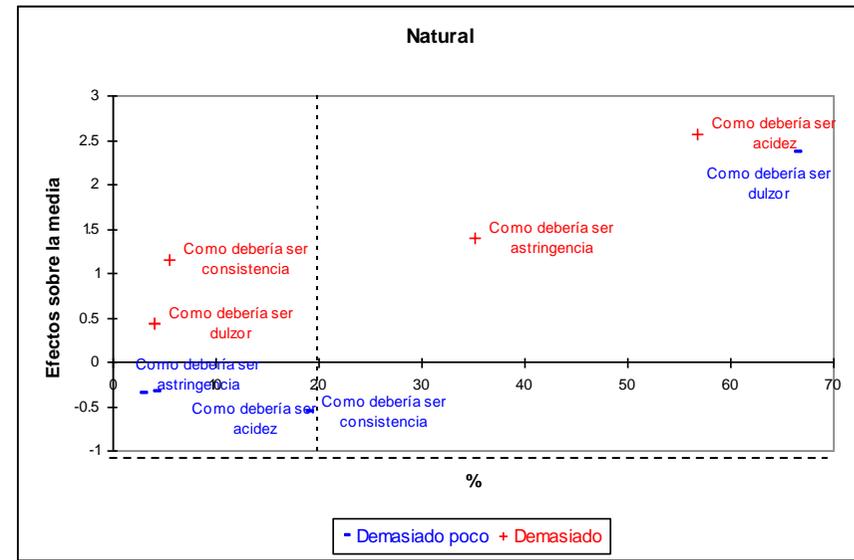
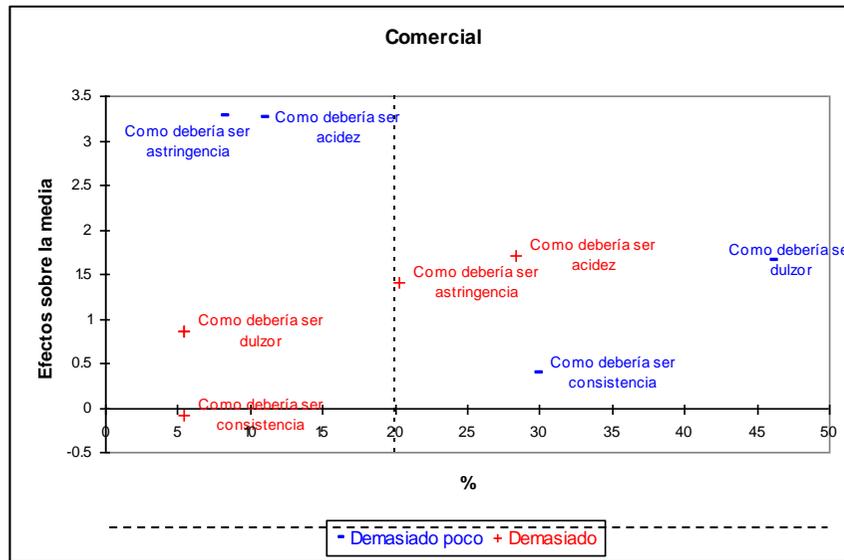


Figura 13. Análisis de penalización. El punto de corte era el 20% de los consumidores que declaran que un atributo no era “bastante” (-) o “demasiado” (+). Solo es importante tomar la desviación por encima de este punto (> 20% de consumidores).

5. CONCLUSIONES

Las muestras obtenidas mediante los procesos estudiados presentan, en general en todos los parámetros analizados, diferencias significativas. Hay que tener en cuenta que los productos obtenidos por liofilización y atomización contienen goma arábiga y fibra de bambú que afectan tanto al color como al comportamiento reológico. Además en el caso del liofilizado está presente toda la pulpa de la fruta, que no lo está en ninguno de los otros zumos, y en el caso del atomizado se ha obtenido a partir de licuado que no lleva nada de pulpa. Esto justificaría la mayor viscosidad del liofilizado, especialmente cuando se obtienen por rehidratación de la torta, y la menor del atomizado. La presencia de la pulpa justificaría también la mayor diferencia global de color del zumo obtenido a partir del producto liofilizado con respecto al zumo recién exprimido, a pesar de la tonalidad amarilla-naranja de todos los zumos. Estas mismas diferencias pueden justificar las diferencias encontradas en las características sensoriales de los zumos analizados. Por lo general, los consumidores detectan problemas en la acidez, astringencia y dulzor de todos los productos, pero todo ello puede ser debido al bajo consumo declarado de esta fruta. Quizás, podría bastar con la adición de azúcar para mejorar esos atributos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo, C., Igual, M., Camacho, M.M., Martínez-Navarrete, N. (2016). Effect of process technology on the functional and physical quality of grapefruit powder. *Food Science and Technology International*, In press.
- Ares, G., Barreiro, C., Deliza, R., Giménez, A., & Gámbaro, A. (2010). Application Of A Check-All-That-Apply Question To The Development Of Chocolate Milk Desserts. *Journal of Sensory Studies*, 25(s1), 67-86.
- Asozumos. El Mercado y sus cifras. Dirección URL: http://www.asozumos.org/zumo/cifras/el-mercado-y-sus-cifras_9598_17_11124_0_1_in.html [Consulta: 10/06/2016].
- Barbosa-Cánovas, G.; Ortega-Rivas, E.; Juliano, P.; Yan, H. 2005. Food powders: physical properties, processing and functionality. Kluwer Academic/Plenum Publisher New York.
- Bennett, L. E.; Jegasothya, H.; Konczakb, I.; Frankb, D.; Sudharmarajana, S.; Clingefferc, P. R. 2011. Total polyphenolics and anti-oxidant properties of selected dried fruits and relationships to drying conditions. *Journal of functional foods*, 3(2), 115-124.
- Bruhn, C.M., Cotter, A., Diaz Knauf, K., Sutherlin, J., West, E., Wightman, N., Williamson, E., & Yaffee, M. (1992). Consumer attitudes and market potential for foods using fat substitutes. *Journal Dairy Science*, 75, 2569-2577.
- Caporale, G., & Monteleone, E. (2001). Effect of expectations induced by information on origin and its guarantee on the acceptability of a traditional food: olive oil. *Sciences des aliments*, 21(3), 243-254.
- Di Monaco, R., Ollila, S., & Tuorila, H. (2005). Effect of price on pleasantness ratings and use intentions for a chocolate bar in the presence and absence of a health claim. *Journal of Sensory Studies*, 20(1), 1-16.
- Dow CA, Going SB, Chow HS, Patil BS, Thomson CA. (2012). The effect of daily consumption of grapefruit on body weight, lipids, and blood pressure in healthy, overweight adults. *Metabolis* 61, 1026–1035.
- FAO. (2003). Proyecciones de la producción y consumo mundiales de cítricos en el año 2010. 13ª reunión grupo intergubernamental sobre frutos cítricos. La Habana, Cuba.
- Fazaeli, M.; Emam-Djomeh, Z.; Kalbasi, A. A.; Omid, M. 2012. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food and bioproducts processing*, 90(4), 667-675.
- Hagen, R.E., Dunlap, W.J., Wender, S.H. (1966). Seasonal variation of naringin and certain other flavanone glycosides in juice sacs of Texas Ruby Red grapefruit. *Journal of Food Science*, 31(4), 542–543.
- Heldman, DR. (2004). Identifying food science and technology research needs. *Food Technology*, 58, 32-34.
- Horszwald, A.; Julien, H.; Andlauer, W. 2013. Characterisation of Aronia powders obtained by different drying Processes. *Food Chemistry*, 141(3), 2858–2863.

- IFT Sensory and Consumer Sciences Division. (2009). Dirección URL: <http://www.ift.org/knowledge-center/core-sciences/sensoryscience.aspx>. [Consulta: 03/10/2011].
- Igual, M.; García-Martínez, E.; Camacho, M. M.; Martínez-Navarrete, N. 2010. Effect of thermal treatment and storage on the stability of organic acids and the functional value of grapefruit juice. *Food Chemistry*, 118(2), 291-299.
- Infoagro. El cultivo del pomelo. Dirección URL: <http://www.infoagro.com/citricos/pomelo.htm> [Consulta: 22/04/2016].
- ISO. 2007. General guidance for the design of test room. Standard No. 8589:2007 Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Krishnan, S.; Kshirsagar, A.; Singhal, R. 2005, The use of gum arabic and modified starch in 18 the microencapsulation of a food flavoring agent. *Carbohydrate Polymers*, 62, 309–315.
- MAGRAMA. Dirección URL: <http://www.magrama.gob.es/es/>. [Consulta: 22/04/2016]
- Mertens-Talcott SU, Zadezensky I, De Castro WV, Derendorf H, Butterweck V. (2006). Grapefruit-drug interactions: can interactions with drugs be avoided? *Journal Clinical Pharmacology* 46, 1390–1416.
- Moraga, G.; Igual, M.; García-Martínez, E.; Mosquera, L.H.; Martínez-Navarrete, N. 2012. Effect of relative humidity and storage time on the bioactive compounds and functional properties of grapefruit powder. *Journal of Food Engineering*, 112(3), 191-199.
- Moraga, M.J. 2008. Desarrollo de un producto gelificado con pomelo (var. star ruby) empleando tratamientos osmóticos. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Mosquera, L. H. 2010. Influencia de la humedad y la adición de solutos (maltodextrina o goma arábica) en las propiedades fisicoquímicas de borjón y fresa en polvo. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Nandiyanto, A.; Okuyama, K. 2011. Progress in developing spray-drying methods for the production of controlled morphology particles: From the nanometer to submicrometer size ranges. *Advanced Powder Technology*, 22, 1–19.
- Ozdikicierler, O.; Nur, S.; Pazir, F. 2014. The effects of spray drying process parameters on the characteristic process indices and rheological powder properties of microencapsulated plant (*Gypsophila*) extract powder. *Powder Technology*, 253, 474– 480.
- Ratti, C., 2001. Hot air freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering* 49, 311-319.
- Ruiz, E. (2015) Valor funcional de un zumo obtenido a partir de pomelo en polvo. Trabajo fin de Master. Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural
- Silva, A. (2015) Estudio del comportamiento reológico de zumo de fruta obtenido a partir de pomelo liofilizado. Trabajo fin de Máster. Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural.
- Stone, H. y Sidel, J.L. (2004). Descriptive analysis. En *Sensory evaluation practices*. (3ª eds.). Londres: Academic Press, pp. 201-244.

- Varela, P., Ares, G., Giménez, A. & Gámbaro, A. (2010). Influence of brand information on consumers' expectations and liking of powdered drinks in central location tests. *Food Quality and Preference*, 21, 873–880
- Wilcock, A., Pun, M., Khanona, J., & Aung, M. (2004). Consumer attitudes, knowledge and behaviour: a review of food safety issues. *Trends in Food Science & Technology*, 15(2), 56-66.
- Xu, G.; Liu, D.; Chen, J.; Ye, X.; Ma, Y.; Shi, J., 2008. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chemistry* 106, 545-551.
- Zeki Berk, 2013. Chapter 23 – Freeze Drying (Lyophilization) and Freeze Concentration. A volume in *Food Science and Technology*, 567–581.
- Zulueta, A.; Esteve, M. J.; Frasquet, I.; Frígola, A. 2007. Vitamin C, vitamin A, phenolic compounds and total antioxidant capacity of new fruit juice and skim milk mixture beverages marketed in Spain. *Food Chemistry*, 103(4), 1365–1374.