



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

***INFLUENCIA DE LA MATRIZ EN LA
ESTABILIDAD DE LA VITAMINA C
DURANTE LA LIOFILIZACIÓN DEL
SUBPRODUCTO OBTENIDO DE LA
EXTRACCIÓN DEL ZUMO DE NARANJA***

**Trabajo de Fin de Máster en Gestión de la Seguridad y
Calidad Alimentaria**

Alumno:

Rebeca Martínez Valdivieso

Tutores académicos:

M^a del Mar Camacho Vidal y Nuria Martínez Navarrete

Curso académico:

2019-2020

Valencia, 07 de julio de 2020

INFLUENCIA DE LA MATRIZ EN LA ESTABILIDAD DE LA VITAMINA C DURANTE LA LIOFILIZACIÓN DEL SUBPRODUCTO OBTENIDO DE LA EXTRACCIÓN DEL ZUMO DE NARANJA

Rebeca Martínez Valdivieso; Nuria Martínez Navarrete; María del Mar Camacho Vidal.

Grupo CUINA (Grupo de Investigación e Innovación Alimentaria). Departamento de Tecnología de Alimentos. Universitat Politècnica de València. C/ Camino de Vera s/n, 46022 Valencia (España).

RESÚMEN

La industria de la transformación de las frutas en general y de las naranjas en particular nace de la necesidad de utilizar dicha fruta que, por su carácter perecedero, se perdería. Estas industrias, como por ejemplo las del zumo de naranja, generan grandes cantidades de residuos que, por sus características nutricionales, se utilizan sobre todo para la alimentación animal. Este uso, sin embargo, es limitado y podría ampliarse a la alimentación humana con valor añadido, debido a la riqueza de los subproductos en cuanto a fibra o compuestos bioactivos, como la vitamina C, con propiedades antioxidantes y funcionales. Este producto podría utilizarse para la obtención de nuevos alimentos o para la obtención de extractos. Por otra parte, por su carácter perecedero, se hace imprescindible su conservación mediante tecnologías como por ejemplo la deshidratación. En esta investigación se utilizó la liofilización. En este sentido, el objetivo de este estudio ha sido ver la influencia de la liofilización de los subproductos obtenidos tras la extracción del zumo de la naranja en la estabilidad de la vitamina C y estudiar cómo influye la matriz. Para ello, se ha comparado el contenido de vitamina C de los subproductos y de los extractos de vitamina C liofilizados. Los resultados indican que los subproductos tienen un alto contenido de vitamina C y que, para una mejor conservación de ésta, sería recomendable la liofilización del subproducto y la posterior extracción del compuesto, en lugar de la liofilización del compuesto previamente extraído.

PALABRAS CLAVE: subproducto, zumo de naranja, vitamina C, ácido ascórbico, liofilización.

SUMMARY

The fruit processing industry in general, and oranges in particular, arose from the need to use such fruit, which, due to its perishable nature, would be lost. These industries, such as those of orange juice, generate large amounts of waste that, due to their nutritional characteristics, are mainly used for animal feed. This use, however, is limited and could be extended to human

consumption with added value, due to the richness of by-products in terms of fibre or bioactive compounds, such as vitamin C, with antioxidant and functional properties. This product could be used to obtain new foods or to obtain extracts. On the other hand, due to its perishable nature, its preservation through technologies such as dehydration is essential. Freeze drying was used in this research. In this sense, the objective of this study has been to see the influence of freeze drying of the by-products obtained after the extraction of orange juice on the stability of vitamin C and to study how the matrix influences. For this, the content of vitamin C of the freeze dried by-products and vitamin C extracts have been compared. The results indicate that the by-products have a high content of vitamin C and that for it better preservation, freeze drying of the by-product and subsequent extraction of the compound would be recommended, rather than freeze drying of the previously extracted compound.

KEY WORDS: by-product, orange juice, vitamin C, ascorbic acid, freeze drying.

RESUM

La indústria de la transformació de les fruites en general i de les taronges en particular neix de la necessitat de la utilització d'aquesta fruita que, pel seu caràcter perible, es perdria. Aquestes indústries, com ara les del suc de taronja, generen grans quantitats de residus que, per les seves característiques nutricionals, s'utilitzen sobretot per a l'alimentació animal. Aquest ús, però, és limitat i podria ampliar-se a l'alimentació humana amb valor afegit, a causa de la riquesa dels subproductes pel que fa a fibra o compostos bioactius, com la vitamina C, amb propietats antioxidants i funcionals. Aquest producte podria utilitzar-se per a l'obtenció de nous aliments o per a l'obtenció d'extractes. D'altra banda, pel seu caràcter perible causa de la seva composició i alt contingut en aigua, sobretot, es fa imprescindible la seva conservació mitjançant tecnologies com ara la deshidratació. En aquesta investigació es va utilitzar la liofilització. En aquest sentit, l'objectiu d'aquest estudi ha estat veure la influència de la liofilització dels subproductes obtinguts després de l'extracció del suc de la taronja en l'estabilitat de la vitamina C i estudiar com influeix la matriu. Per a això, s'ha comparat el contingut de vitamina C dels subproductes i el dels extractes de vitamina C liofilitzats. Els resultats indiquen que els subproductes tenen un alt contingut de vitamina C i que per a una millor conservació de la vitamina C, seria recomanable la liofilització del subproducte i la posterior extracció del compost, en lloc de la liofilització del compost prèviament extret.

PARAULES CLAU: subproducte, suc de taronja, vitamina C, àcid ascòrbic, liofilització, humitat.

1. INTRODUCCIÓN

Las frutas y las verduras son componentes esenciales de nuestra dieta diaria. Son una fuente de nutrientes tales como fibra dietética, minerales, vitaminas y otras sustancias beneficiosas, como flavonoides y otros antioxidantes. Su consumo variado ayuda a asegurar una dieta equilibrada y a cubrir los requerimientos nutricionales del ser humano. La OMS recomienda que, para cumplir con esta dieta equilibrada, baja en grasas y azúcares, se consuma más de 400 gramos de frutas y verduras diarias. De esta forma, además, se disminuye el riesgo de padecer numerosas enfermedades no transmisibles. Actualmente, existen cada vez más estudios que prueban que el consumo de frutas y verduras es beneficioso para la prevención de enfermedades cardiovasculares, principalmente (Hartley et al., 2013). En este trabajo vamos a centrarnos en una fruta, la naranja, y en el valor nutricional y comercial de su subproducto.

La naranja es una fruta con unas características económicas y dietético-saludables idóneas. Lo primero se debe a que es una fuente apta para la industria del procesado de cítricos, la elaboración de comidas para animales y otras industrias de bajo interés alimentario (Stern et al, 2005). Lo segundo se refiere a que tiene un bajo contenido lipídico, un escaso poder calórico y un alto valor en fibra soluble. Contiene carotenoides con y sin actividad pro vitamínica A, abundan los ácidos orgánicos y son ricas en flavonoides (Ávila et al, 2013). Pero, sin duda, lo más destacable de su composición, es su gran cantidad de vitamina C. Una naranja de tamaño mediano proporciona 82 mg de vitamina C (Del Pozo et al, 2010), mientras que la ingesta diaria recomendada ronda los 75-90 mg dependiendo de la edad y el sexo (FAO, 2011).

La vitamina C es una sustancia hidrosoluble que tiene un gran potencial antioxidante, protegiendo las células frente al daño que pueden generar los radicales libres. Esta vitamina puede ser sintetizada por el ser humano y resulta de vital importancia para un correcto desarrollo de las funciones vitales (Stern et al, 2005). Nuestro cuerpo necesita esta vitamina para producir colágeno, proteína que participa en la cicatrización, para absorber hierro presente en otros alimentos de origen vegetal y para velar por un correcto funcionamiento del sistema inmune (ODS, 2016).

Debido a las nuevas y cambiantes necesidades del mercado y del consumidor, es cada vez es más importante investigar y desarrollar nuevos productos que satisfagan sus necesidades y mantengan la calidad. La industria de los zumos, mermeladas, etc. nace de la necesidad de utilización de la fruta que, por su carácter perecedero, se perdería. Estas industrias generan grandes cantidades de residuos que, por sus características nutricionales, se utilizan sobre todo para alimentación animal. Este uso, sin embargo, es limitado y podría ampliarse, debido a la riqueza de los subproductos en cuanto a fibra o compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes y funcionales, para alimentación humana con valor añadido. Los residuos de las naranjas, así como de otros cítricos, están compuestos por azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa y xilosa), almidón, celulosa, hemicelulosa, pectinas, lignina, cenizas, proteínas y aceites esenciales

(Ayala et al, 2016), además de tener un alto contenido en flavonoides, vitaminas (sobre todo la vitamina C), minerales y carotenoides (Galindo, 2019).

Por otra parte, debido al elevado contenido en agua de estos productos su vida útil es muy corta. Es por ello que se deben de utilizar métodos para aumentarla. Las técnicas de secado se utilizan en la industria alimentaria no solo para la preservación sino para que los alimentos tengan unas determinadas características (Betoret et al, 2016). Mediante estas técnicas obtendremos alimentos seguros a nivel microbiológico que, en el caso de las frutas, también tendrán una destacable concentración de nutrientes (Keping et al, 2004). Existen muchos métodos para el secado de alimentos, pero, en este trabajo, nos centraremos en la liofilización.

La liofilización es una técnica de conservación que se realiza mediante deshidratación al vacío. El procedimiento en el que deshidrata el producto en cuestión sigue tres fases distintas: primero, el producto se somete a una rápida congelación; después, se elimina el hielo mediante la aplicación de vacío; y, por último, se elimina el agua no congelada mediante la desorción. Este procedimiento necesita tanto del calor latente de la sublimación como del de la evaporación (Tang y Pikal, 2004). Al utilizar bajas presiones, los procesos anteriormente mencionados harán que haya una disminución de la a_w manteniendo la calidad nutricional del alimento, prolongando la vida útil del mismo y ralentizando o evitando la multiplicación microbiana. Es por todo esto que esta técnica de conservación es muy interesante y proporciona, además, un alimento más fácil de transportar y almacenar, y un modo muy diferente de presentar el producto ante el consumidor (Tang y Pikal, 2004). Sin embargo, en productos con alto contenido en azúcares de bajo peso molecular, como es el caso de la naranja y de sus subproductos (Pacheco et al., 2019), la eliminación rápida de agua por sublimación provoca una matriz amorfa que puede sufrir cambios relacionados con la temperatura de transición vítrea (T_g) como pegajosidad, apelmazamiento y gomosidad, lo que hace que el producto obtenido sea inestable (Telis & Martínez-Navarrete, 2012). Para evitar este problema se pueden incorporar biopolímeros de alto peso molecular, antes de la liofilización, para aumentar su T_g . La goma arábica y la fibra de bambú son algunos de estos biopolímeros que, además pueden actuar también como encapsulantes (Riguetto and Netto, 2006). La goma arábica es un polisacárido de origen natural (E-414) que suele emplearse en la alimentación por sus cualidades estabilizantes y gelificantes, entre otras. No tan frecuente suele ser el uso de la fibra de bambú, fibra vegetal con un alto poder de retención de agua y que por su estructura puede desempeñar un papel estérico.

En este trabajo se pretende ver la influencia del proceso de liofilización y de la composición de la matriz en la estabilidad de la vitamina C, del ácido ascórbico y del ácido dehidroascórbico del subproducto obtenido de la extracción del zumo de naranja. Se ha seleccionado como compuesto bioactivo la vitamina C por su utilización habitual como indicador nutricional. Por otra parte, y teniendo en cuenta la composición de los subproductos, también se ha investigado la influencia del procesado, en concreto del grado

de trituración de las muestras, en la extracción del compuesto bioactivo de estudio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materias primas y preparación de la muestra

Para este trabajo se ha empleado el subproducto procedente del zumo de naranja (*Citrus sinensis*). Este subproducto había sido triturado en un robot de cocina (Thermomix TM221 Vorwerk, España) durante 4 minutos a velocidad 2, durante 40 segundos a velocidad 9 y posteriormente almacenado en congelación. El subproducto, una vez descongelado, se dividió en dos lotes a uno de los cuales se le incorporaron los biopolímeros. Estos biopolímeros se agregaron en función de la proporción total de triturado (Algarra, 2017): 5g de goma arábiga (GA) y 1g de fibra de bambú (FB) por cada 100g de producto triturado. De esta forma se obtuvieron las muestras SBZ y SBZ+BP. Por otro lado, una parte de cada una de estas dos muestras se trituró de nuevo en el mismo robot de cocina utilizado anteriormente durante 30 segundos a velocidad 4 a temperatura ambiente, obteniéndose las muestras SBZ+TR y SBZ+BP+TR. La finalidad de esto fue comparar las muestras más y menos trituradas para conocer si aumentando el triturado se liberan más nutrientes.

2.2. Liofilización

Para realizar la liofilización, se distribuyeron las diferentes muestras en recipientes de aluminio con las siguientes medidas: 10cm de largo x 7cm de ancho x 5cm de alto. Se vertió la muestra hasta alcanzar una altura de 1cm en cada uno y se llevó a congelar en un arcón congelador (Liebherr LGT 2325, Alemania) a -45°C durante un mínimo de 24 horas. Posteriormente, las muestras congeladas se introdujeron en la cámara del liofilizador (Teslar Lyo Quest-55, España) con una temperatura de condensador de -55°C y una presión de la cámara de 0,050 mbar durante 24 horas. Después se retiraron del liofilizador y se almacenaron en bolsas zip a 4°C hasta su análisis.

2.3. Determinaciones analíticas

2.3.1. VITAMINA C, ÁCIDO ASCÓRBICO Y ÁCIDO DEHIDROASCÓRBICO

El análisis de vitamina C (VC) se realizó teniendo en cuenta las dos formas activas: el ácido ascórbico (AA) y el ácido dehidroascórbico (DHAA).

Para la extracción y determinación de AA, se tomó 1g de la muestra y se le añadieron 9 mL de ácido oxálico al 0,1%. La mezcla se homogeneizó manualmente y se dejó en reposo 3 minutos en oscuridad. Posteriormente, se filtró mediante un filtro de membrana (Scharlau, España) de 0,45µm para la determinación del AA mediante HPLC (Jasco Equipment, Italia). El cromatógrafo trabajó con una fase móvil de ácido oxálico 0,1%, una columna

KromaPhase 100C 18,5 μ m (250x4,6mm) (Scharlau, España) y la velocidad de flujo utilizada fue de 1mL/min. La identificación se hizo a una longitud de onda de 243nm (Xu et al, 2008).

Para la extracción de la VC (AA+DHAA) y su posterior determinación se realizó, en primer lugar, una reducción del DHAA a AA con reactivo DL-ditiotreitol (DTT) (Sánchez-Mata et al, 2000; Sánchez-Moreno et al, 2003). Para ello, Se tomaron 0,5g de muestra antes de liofilizar, o 0,075g de muestra ya liofilizada, y se le añadieron 2mL de disolución de DTT (20g/L). Se homogenizó la mezcla de forma manual y se dejó durante dos horas en oscuridad y a temperatura ambiente. Pasado este tiempo se tomó 1g de la mezcla y se le añadieron 9 mL de ácido oxálico al 0,1%. A partir de aquí el procedimiento fue el mismo que para la determinación de AA descrito anteriormente.

El DHAA se determinó mediante el cálculo de la diferencia de concentración de VC y AA.

Los valores de VC, AA y DHAA, tanto de las muestras antes de liofilizar como las liofilizadas, se expresaron en mg compuesto/100 g muestra sin liofilizar y sin biopolímeros.

2.3.2. HUMEDAD

Para determinar la humedad (X_w) se empleó el método 934.06 utilizando una estufa de vacío (Vacioterm, J.P. Selecta, España) a 60 ± 1 °C a una presión de <100 mm Hg hasta peso constante (AOAC, 1990).

2.3.3. GRADOS BRIX

Los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) se determinaron a 20 °C mediante un refractómetro Refracto 30PX (Mettler Toledo, Japón).

2.4. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, para medir las diferencias entre las muestras analizadas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa Statgraphics Centurion versión XVII con un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización de la materia prima

En la tabla 1 se muestra el contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), humedad, VC, AA y DHAA de los subproductos de la extracción del zumo antes de ser liofilizados. Se observa que tanto el contenido de agua como el de vitaminas, en general, es muy similar en ambos tipos de muestra sin encontrarse diferencias significativas ($p < 0,05$), es decir que la incorporación de Bp no afectó a estos parámetros. Sin embargo, el contenido de sólidos

solubles sí que varía con la incorporación de biopolímeros ($p < 0.05$), como era de esperar, pudiendo observarse cómo la muestra que los contiene tiene los °Brix más altos.

TABLA 1. Concentración de sólidos solubles (°Brix), humedad (Xw, g agua/100g de subproducto sin Bp), vitamina C (VC, mg/100g de subproducto sin biopolímeros), ácido ascórbico (AA, mg/100g de subproducto sin biopolímeros) y ácido dehidroascórbico (DHAA, mg/100g de subproducto sin biopolímeros) para los subproductos antes de liofilizar sin (SBZ) y con biopolímeros (SBZ+BP). Superíndices de letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras ($p < 0,05$) para el ANOVA realizado.

Muestra	° Brix	Xw	VC	AA	DHAA
SBZ	6,4±0,17 ^a	86,23±0,32 ^a	103,78±12,71 ^a	25,6±0,75 ^a	78,18
SBZ+BP	9,63±0,05 ^b	85,92±0,12 ^a	102,82±4,07 ^a	26,26±0,91 ^a	76,56

Los valores obtenidos de VC para los subproductos fueron mucho más altos que los reportados por otros autores para el zumo de naranja. Silva-Espinoza et al. (2015) obtuvieron valores entre 48-51 mg VC/100 g de zumo, la mitad que lo obtenido para los subproductos.

En un estudio anterior realizado con la misma naranja utilizada en este trabajo (Camacho et al., 2019), se analizó el contenido de VC para el zumo encontrándose un valor de 48.6±1.9 mg VC/100 g zumo que, teniendo en cuenta los rendimientos del proceso, supuso 24±2 mg VC/100 g de naranja entera, con la parte comestible y la no comestible. Al hacer el mismo cálculo para nuestro subproducto sin Bp, se obtienen 38.07 mg/100 g de naranja. Esto supone que, de toda la vitamina C de la naranja entera, aproximadamente un 25% se encuentra en la parte comestible y un 75 % en el subproducto.

Por otra parte, Escobedo-Avellaneda et al. (2014) encontraron que, aunque los valores de VC son más altos en el subproducto que en el zumo, la proporción de AA y DHAA son diferentes en ambos productos. Casi toda la VC del zumo está compuesta por AA mientras que la del subproducto está compuesta por DHAA.

Podemos concluir entonces que el subproducto tiene más VC que el zumo de naranja pero que la fracción mayoritaria que conforma a esta vitamina es de DHAA. Tanto el AA como el DHAA tienen funciones biológicas y, aunque el AA es la especie más reducida de ambos, el DHAA parece tener propiedades antioxidantes también muy interesantes. Se ha descrito que el DHAA protege ante el desarrollo de la aterosclerosis humana, tiene un potente efecto anticancerígeno, un efecto vasodilatador y un efecto antiescorbútico (Retski, Freeman, & Frei, 1993; Deutsch, 2000; Sibmooh, Piknova, Rizzatti, & Schechter, 2008; Toohey, 2008).

3.2. Efecto de la trituración en la extracción de vitamina C

La composición de los subproductos, con una gran cantidad de fibra, ceras y aceites esenciales, entre otros, hace que la preparación de la muestra para la extracción de compuestos influya en gran medida. Uno de los pasos importantes y que se realiza para favorecer la extracción es la trituración. Es por esto por lo que se estudió la influencia del grado de trituración en la extracción de los compuestos estudiados.

La Figura 1 muestra el contenido de VC, en cada una de las muestras estudiadas, como la suma del AA y el DHAA, antes de su liofilización. Podemos observar que el contenido en AA se mantiene constante y sin diferencias significativas ($p>0.05$) en todas las muestras, independientemente de su nivel de trituración y la adición de biopolímeros. Sin embargo, no ocurre lo mismo con el DHAA. El producto más triturado presenta una mayor cantidad de este compuesto ($p<0.05$) independientemente de que lleve Bp o no en su formulación. Esto se traduce en una mayor cantidad de vitamina C en el subproducto más triturado ($p<0.05$). Por tanto, podemos concluir que la trituración favorece la extracción y es un parámetro que tenemos que controlar para que el análisis sea fiable.

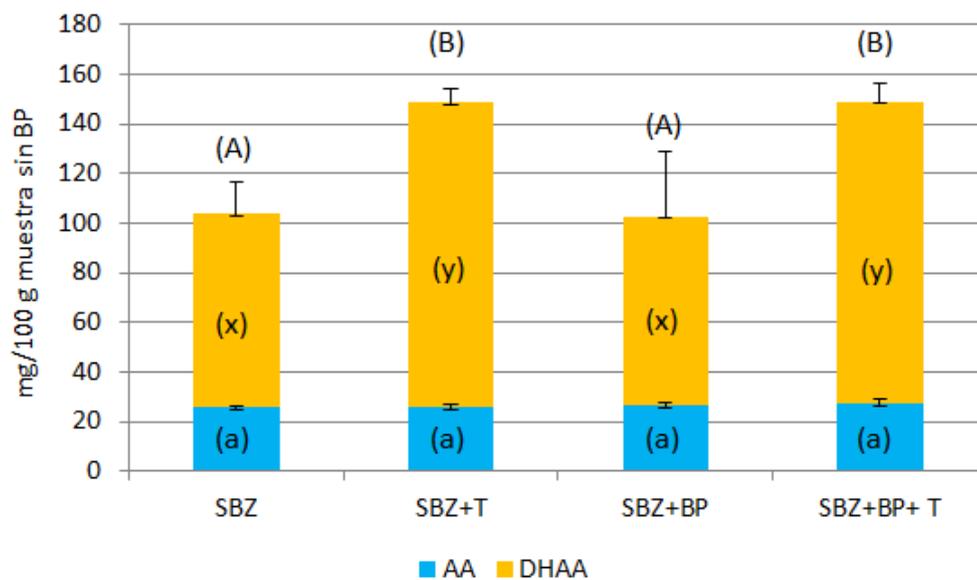


FIGURA 1. Contenido en vitamina C (VC), ácido ascórbico (AA) y ácido dehidroascórbico (DHAA) en los subproductos con y sin Bp (SBZ y SBZ+BP) y con diferente trituración (+T). Las diferentes letras indican diferencias significativas ($p<0,05$) para el ANOVA realizado entre las muestras: A-B para VC, x-y para DHAA y a para AA.

Las muestras SBZ+T y SBZ+T+BP presentaron, como era de esperar, los mismos °Brix que SBZ y SBZ+BP y su humedad fue de 88,31 y 86,25 g agua/100 g de muestra sin biopolímeros respectivamente.

3.3. Efecto de la matriz en la estabilidad de la vitamina C

Como hemos visto, el subproducto es una fuente de VC interesante, más rico en DHAA que en AA, que podría utilizarse para la obtención de nuevos productos o para la obtención de extractos. Sin embargo, por su carácter perecedero, se ha elegido, para su conservación, la liofilización, tecnología muy estudiada en el grupo de investigación donde se está realizando este trabajo y conocida por su bajo impacto en los compuestos bioactivos que se degradan fácilmente si se utiliza otro proceso más convencional como puede ser el secado por aire caliente. Sin embargo, para poder conocer la mejor manera de conservar estos compuestos, es necesario estudiar el efecto de la matriz en su estabilidad. Para ello, tal y como se explica en el apartado de materiales y métodos, se comparó el contenido de VC de las muestras más trituradas con y sin biopolímeros, es decir, las muestras con toda la matriz, con las muestras extraídas de esas matrices, todas ellas liofilizadas.

En la Figura 2 se presentan los resultados del contenido de VC, AA y DHAA para las muestras liofilizadas con toda la matriz (P SBZ+T y P SBZ+BP+T) y sus extractos (PE SBZ+T y PE SBZ+BP+T).

Si comparamos estos resultados con los obtenidos para los productos sin liofilizar (Figura 1), se observa una disminución del total de VC a expensas del DHAA. Esto puede ser debido a que el contenido mínimo de agua en estas muestras impide la oxidación del AA pero, sin embargo, hace más inestable al DHAA. Leung (1987) describe que en productos con actividad del agua de hasta 0,4, superiores a los de los productos liofilizados, la oxidación de AA es mínima en valores. La inestabilidad del DHAA fue descrita por Shephard et al. (1999).

Por otra parte, se observa una disminución significativa ($p < 0,05$) del contenido de VC de los extractos liofilizados (PE SBZ+T y PE SBZ+BP+T) en comparación con las otras muestras liofilizadas. En este caso, tanto el AA como el DHAA se pierden, aunque la incorporación de Bp parecen actuar como protectores de la vitamina ($p < 0,05$).

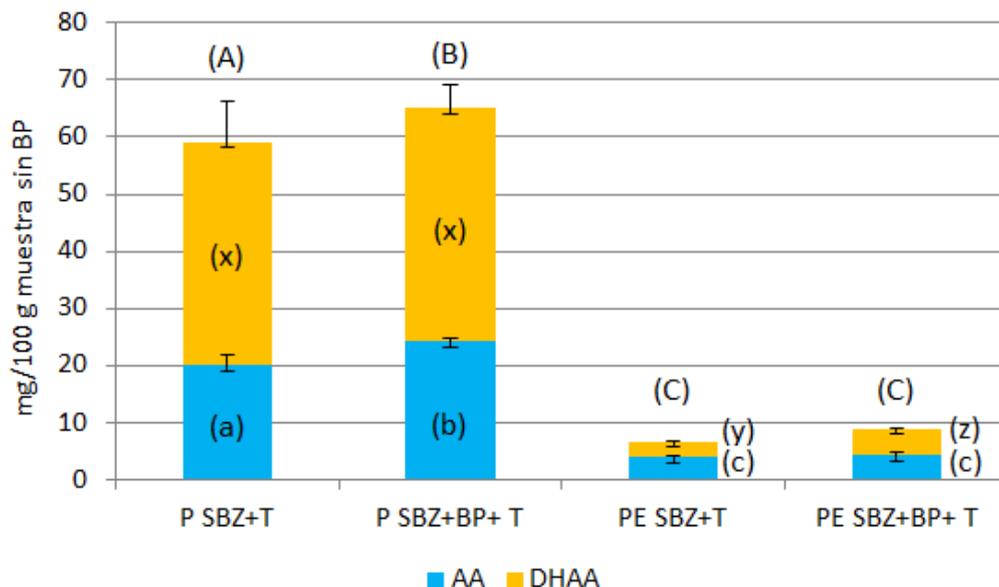


FIGURA 2. Contenido en Vitamina C (VC), ácido ascórbico (AA) y ácido dehidroascórbico (DHAA) en las muestras liofilizadas más trituradas con (P SBZ+T) y sin Bp (P SBZ+BP+T) y sus extractos (PE SBZ+T y PE SBZ+BP+T). Los contenidos están expresados en mg/100 g muestra antes de liofilizar y sin Bp. Las diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para el ANOVA realizado entre las muestras: A-C para VC, x-z para DHAA y a-c para AA.

4. CONCLUSIONES

Los subproductos tienen un mayor contenido de VC, más ricos en DHAA que en AA, que la parte comestible de la naranja.

La mayor trituración de las muestras no influye en el contenido de AA pero sí aumenta el de DHAA y, por tanto, de VC.

Los extractos liofilizados son físicamente inestables, lo que hace que sea muy difícil trabajar con ellos y, además, tienen un contenido muy pobre de VC.

La VC es mucho más estable y se conserva mejor en su matriz original.

La incorporación de biopolímeros no afecta significativamente al contenido de VC en el caso de las muestras antes de ser liofilizadas pero sí parece proteger al AA en las muestras liofilizadas.

Para una mejor conservación de la vitamina C, se recomienda la liofilización del subproducto y la posterior extracción del compuesto, en lugar de la liofilización del compuesto previamente extraído.

5. REFERENCIAS

- Algarra, E. 2017. Viscosidad del zumo obtenido por rehidratación de naranja en polvo en función de su tamaño de partícula. Trabajo de Fin de Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia.
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 2 vols. 15th ed. Washington DC, USA: Horwitz, W.
- Ávila J.M.; Estalrich P. 2013. La naranja, [en línea]. Fundación Española de la Nutrición. Dirección URL: <<http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/naranja.pdf>>. [Consulta: 24 de May. 2019].
- Ayala, J.R.; Montero, G.; Campbell, H.E.; Sagaste, C.A.; León, J.A.; Coronado, M.A.; García, C.; Torres, R. 2016. Aprovechamiento de los residuos de cáscara de naranja para la obtención de azúcares. Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química.
- Betoret, E.; Calabuig-Jiménez, L.; Barrera, C.; Dalla Rosa, M. 2016. Sustainable drying technologies for the development of functional foods and preservation of bioactive compounds. IntechOpen, DOI: 10.5772 / 64191.
- Camacho, M.M.; Igual, M.; Chis, M.S.; Martínez-Navarrete, N. 2019. Estabilidad de la vitamina c de los coproductos del zumo y puré de naranja liofilizados. X Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CyTA/CESIA 2019). León, Spain.
- Del Pozo, S.; Ávila, J.M.; Ruiz, E.; Valero, T.; Varela-Moreiras, G. 2010. Valor nutricional de las naranjas y clementinas, [en línea]. Fundación Española de la Nutrición. Dirección URL: < <https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/432011819.pdf>>. [Consulta: 24 de May. 2019].

- Deutsch, J.C. 2000. Review. Dehydroascorbic acid. *Journal of Chromatography A*, 881:299–307.
- Escobedo-Avellaneda, Z.; Gutiérrez-Urbe, J.; Valdez-Fragoso, A.; Torres, J.A.; Welti-Chanes, J. 2014. Phytochemicals and antioxidant activity of juice, flavedo, albedo and comminuted orange. *Journal of Functional Foods*, 6:470-481.
- FAO, 2011. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 07 de Junio de 2011. De la huerta a la mesa: Promoción del consumo de frutas y vegetales a partir de huertas familiares. Dirección URL: <<http://www.fao.org/3/a-i2122s.pdf>>. [Consulta: 24 de May. 2019].
- Galindo, R. 2019. Estabilidad de la vitamina c y la hesperidina de los coproductos del zumo y puré de naranja liofilizados. Trabajo de Fin de Máster Universitario en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia.
- Hartley, L.; Igbinedion, E.; Holmes, J.; Flowers, N.; Thorogood, M.; Clarke, A.; Stranges, S.; Hooper, L.; Rees, K. 2013. Increased consumption of fruit and vegetables for the primary prevention of cardiovascular diseases. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Jun 4(6):CD009874.
- Keqing, X. 2004. Optimización del secado por aire caliente de pera (variedad blanquilla). Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Leung, H.K. 1987. Influence of water activity on chemical reactivity, Water activity: Theory and Applications to Food. L.B. Rockland and L.R. Beuchat (Eds.). Marcel Dekker, Inc., New York, NY. 27-54.
- ODS, 2016. Datos sobre la vitamina C, [en línea]. Office of Dietary Supplements. National Institutes of Health U.S. Dirección URL: <<https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/VitaminC-DatosEnEspañol.pdf>>. [Consulta: 25 de May. 2019].
- Pacheco, M. T.; Moreno, F. J.; Villamiel, M. 2019. Chemical and physicochemical characterization of orange by-products derived from industry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(2):868–876.
- Retski, K.L.; Freeman, M.W.; Frei, B. 1993. Ascorbic acid oxidation product (s) protect human low density lipoprotein against atherogenic modification. Anti-rather than prooxidant activity of vitamin C in the presence of transition metal ions. *Journal of Biological Chemistry*, 268:1304-1309.
- Righetto, A.M.; Netto F.M. 2006. Vitamin C stability in encapsulated green West Indian cherry juice and in encapsulated synthetic ascorbic acid. *J. Sci. Food Agric.* 86(8).
- Sanchez-Mata, M.C.; Camara-Hurtado, M.; Diez-Marques, C.; Torija-Isasa, M.E. 2000. Comparison of high-performance liquid chromatography and spectrofluorimetry for vitamin C analysis of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Food Research and Technology*, 210(3):220-225.
- Sánchez-Moreno, C.; Plaza, L.; de Ancos, B.; Cano, M.P. 2003. Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juice. *Journal of the Food Science and Agriculture*, 83:430-439.
- Shephard, A.B.; Nichols, S.C.; Braithwaite, A. 1999. Moisture induced solid phase degradation of L-ascorbic acid Part 1: A kinetic study using tristimulus colorimetry and a quantitative HPLC assay, *Talanta*. 48:585–593.
- Sibmooch, N.; Piknova, B.; Rizzatti, F.; Schechter, A.N. 2008. Oxidation of iron-nitrosyl-hemoglobin by dehydroascorbic acid releases nitric oxide to form nitrite in human erythrocytes. *Biochemistry*, 4:2989-2996.
- Silva-Espinoza, M.A. 2015. Estudio del comportamiento reológico de zumo de fruta obtenido a partir de pomelo liofilizado. Trabajo de Fin de Máster Universitario en Gestión de la Seguridad y Calidad Alimentaria. Universidad Politécnica de Valencia.
- Stern, D.; Ortolá, M.D.; Fito, P. 2005. Desarrollo de métodos analíticos para la detección de cambios metabólicos frente a situaciones de estrés en fruta fresca. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Tang, X.; Pikal, M. J. 2004. Design of freeze-drying processes of pharmaceuticals: practical advice. *Pharmaceutical Research*, 21(2).
- Telis, V. R. N.; Martínez-Navarrete, N. 2012. Biopolymers used as drying aids in spray-drying and freeze-drying of fruit juices and pulps. *Biopolymer Engineering in Food Processing*, 279–325.

- Toohey, J.I. 2008. Dehydroascorbic acid as an anti-cancer agent. *Cancer Letters*, 263:164–169.
- 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(2), 545–551.