

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESTUDIO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE UN ZUMO DE ARÁNDANO DE ALTA CALIDAD

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA E
INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

ALUMNO/A:
Carmen Fernández Túñez

TUTOR/A ACADEMICO:
Noelia Betoret Valls

COTUTOR/A:
Cristina Barrera Puigdollers

Curso Académico: 2015-2016

VALENCIA, SEPTIEMBRE 2016

ESTUDIO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE UN ZUMO DE ARÁNDANO DE ALTA CALIDAD

Carmen Fernández Túñez, Noelia Betoret Valls y Cristina Barrera Puigdollers.

RESUMEN

El consumo de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) despierta en la actualidad un gran interés debido a los efectos beneficiosos que recientes estudios han demostrado que tienen para la salud. Entre otros, se les atribuyen propiedades farmacológicas y funcionales relacionadas con la reducción de la incidencia de enfermedades cardiovasculares, capacidad anticarcinogénica y antioxidante, mejora de la memoria o tratamiento de desórdenes del tracto urinario. Dichos efectos son debidos al alto contenido en compuestos antioxidantes, principalmente en antocianinas, presentes en los arándanos. Dado que la demanda de este producto se ha visto incrementada, en los últimos años se han realizado estudios dirigidos a la mejora del proceso de obtención de zumo de arándano de alta calidad. En el presente trabajo se aplica una etapa de despectinización y se estudia el efecto que diferentes tratamientos térmicos ejercen sobre el zumo de arándano para su posterior conservación en condiciones óptimas el mayor tiempo posible. Someter el zumo a dichos tratamientos puede afectar a las propiedades organolépticas, físico-químicas, funcionales y a la estabilidad microbiológica del producto final. En este caso, se ha demostrado que el tratamiento térmico más adecuado es una pasteurización a 75 °C durante 2,5 minutos seguida de un almacenamiento en frío a 4 °C.

PALABRAS CLAVE: zumo, arándano, despectinización, calidad, pasteurización, homogeneización, antioxidantes.

RESUM

El consum de nabius (*Vaccinium corymbosum*) desperta en l'actualitat un gran interès degut als efectes beneficis que estudis recents han demostrat que té per a la salut. Entre altres, se'ls atribueixen propietats relacionades amb la incidència de malalties cardiovasculars, capacitat anticarcinogènica i antioxidant, millora de la memòria o tractament d'alteracions del tracte urinari. Aquestos efectes son deguts al alt contingut en components antioxidants, principalment antocianines, que tenen els nabius. Donat que la demanda d'aquesta fruita ha augmentat, en els últims anys s'han portat a terme estudis dirigits a la millora del procés d'obtenció de suc de nabiu d'alta qualitat. En aquest treball s'aplica una etapa de despectinització i s'estudia l'efecte que diferents tractaments tèrmics provoquen en el suc de nabiu per a la posterior conservació en condicions òptimes el major temps possible.

Sotmetre el suc a eixos tractaments pot afectar les propietats organolèptiques, fisico-químiques, funcionals i a l'estabilitat microbiològica del producte final. En aquest cas, s'ha demostrat que el tractament tèrmic més adequat és una pasteurització a 75°C durant 2,5 minuts seguida del emmagatzematge en fred a 4°C.

PARAULES CLAU: suc, nabiu, despectinització, qualitat, pasterització, homogeneïtzació, antioxidants.

ABSTRACT

Blueberries (*Vaccinium corymbosum*) consumption is nowadays gaining relevance due to their proven beneficial effects on human health. Blueberry pharmacological and functional properties include reduction of cardiovascular diseases incidence, cancer prevention, antioxidant capacity, memory improvement and reduction of urinary tract illnesses. All of these properties are related to the high content of antioxidant compounds, especially anthocyanins, in blueberries. Since the demand for blueberry by-products has increased, numerous studies have been performed in the last years with the aim of improving the process for high quality blueberry juice manufacture. In the present work, different thermal treatments were applied to blueberry juice after crushing, depectinization and sieving. The effect that these treatments had on blueberry juice organoleptic, physicochemical, functional and microbiological properties along its storage both in refrigeration and at room temperature was evaluated. Pasteurization at 75 °C for 2.5 minutes followed by cold storage at 4 °C resulted the most suitable combination.

KEYWORDS: juice, blueberry, depectinization, quality, pasteurization, homogenization, antioxidant

1. INTRODUCCIÓN

El arándano es una fruta perteneciente al género *Vaccinium*, de la familia de las Ericáceas (García, 2005). Este género contiene aproximadamente 450 especies distribuidas por el Hemisferio Norte, principalmente en Norteamérica, Europa Central y Eurasia (Abreu Guirado et al., 2008). Chile es considerado también uno de los mayores productores de arándanos, siendo además el primer exportador mundial de arándanos frescos en el hemisferio sur (Figura 1).

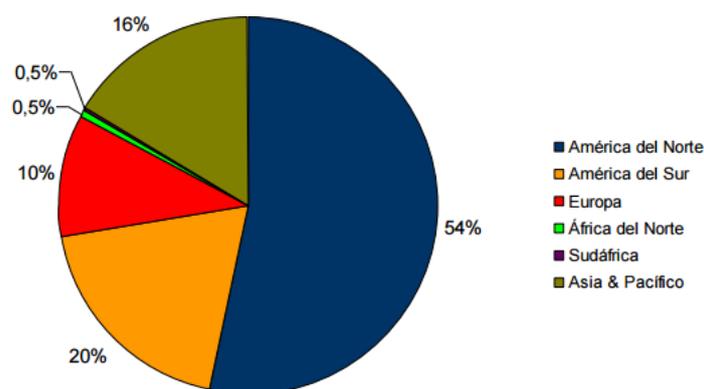


FIGURA 1. Distribución geográfica del cultivo del arándano. Fuente: Rconsulting S.A., 2014

En los últimos años, el cultivo del arándano en Europa se encuentra concentrado en España, Polonia, Alemania, Francia, Portugal, Holanda, Italia y Gran Bretaña (García et al., 2010). En España, las principales zonas productoras de arándano son Asturias, Huelva y Cantabria (García, 2010), siendo *V. mirtyllus* L. la especie más cultivada.

A pesar de que actualmente el cultivo del arándano se considera minoritario, se cree que su consumo aumentará en gran medida en los próximos años debido a su elevado contenido en antioxidantes y otros compuestos beneficiosos para la salud. De hecho, la producción mundial de arándanos ha aumentado notablemente en la última década hasta alcanzar una producción total de aproximadamente 342.000 toneladas.

El arándano es un fruto de pulpa jugosa y más o menos ácido dependiendo del cultivar. Contiene, por 100 g, en torno a 84 g de agua, 9,7 g de carbohidratos, 0,6 g de proteínas y 0,4 g de grasa (Michalska y Łysiak, 2015). Es rico en fibra, potasio, vitamina C, hierro, calcio y ácidos orgánicos. Es también una importante fuente de compuestos beneficiosos para la salud, principalmente polifenoles, lo que convierte al arándano en un alimento funcional, esto es un alimento que, además de nutrir, produce un efecto beneficioso sobre el organismo humano, mejorando el estado de salud y reduciendo el riesgo de padecer ciertas enfermedades. Entre otras propiedades funcionales y farmacológicas, al arándano se le atribuye capacidad para reducir la incidencia de enfermedades cardiovasculares y determinados tipos de cáncer, así como para mejorar la visión y la memoria

o para tratar desórdenes del tracto urinario (Beattie et al., 2016; Pedersen et al., 2000).

Desde el punto de vista nutricional, su escaso aporte en hidratos de carbono convierte al arándano en un alimento de bajo valor calórico. Además, la Food and Drug Administration (FDA) lo considera un alimento bajo en grasas y sodio, rico en fibras alimentarias y vitamina C.

Como ya se ha comentado anteriormente, las propiedades funcionales del arándano se deben en gran parte al elevado contenido en compuestos fenólicos y a sus propiedades antioxidantes u óxido-reductoras, por las que los fenoles son capaces de desactivar o capturar radicales libres y eliminarlos totalmente (Concenço et al., 2014). Entre los compuestos fenólicos se encuentran los flavonoides y en este grupo es importante destacar las antocianinas (Lee et al., 2002), potentes antioxidantes que confieren una tonalidad azulada al fruto. Se trata de compuestos generalmente sensibles a las altas temperaturas, la presencia de oxígeno o la variación en el pH del medio, por lo que su concentración puede verse reducida en los productos elaborados a partir de arándano fresco.

El proceso de elaboración del zumo de arándano a nivel industrial comprende una serie de operaciones unitarias: trituración, despectinización, tamizado, tratamiento térmico y envasado.

En la mayoría de los casos, los arándanos llegan a la planta congelados y se almacenan a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su posterior uso. Una vez descongelados, se someten a un triturado grueso y a un tratamiento de despectinización con enzimas pectolíticas. Esta operación es fundamental en la elaboración del zumo de arándano para prevenir la gelificación causada por la elevada concentración de pectinas y el bajo pH del fruto, lo que podría dificultar el posterior procesado del zumo y disminuir el rendimiento. La despectinización aumenta el volumen de zumo obtenido, además de disminuir su viscosidad y reducir la formación de la nube en el mismo (Pasha et al., 2013). Para llevar a cabo esta operación se emplean preparados enzimáticos (pectinasas, proteinasas y amilasas) autorizados para la producción de zumos de frutas según el Reglamento (CE) N^o 1332/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre enzimas alimentarias. Tras la despectinización, se separa el zumo primario del bagazo en un decantador. Una vez obtenido el jugo, se aplican procesos de estabilización previos al envasado (pasteurización, homogeneización a altas presiones, esterilización...). Estos tratamientos, además de eliminar patógenos y otros microorganismos responsables del deterioro, permiten neutralizar las enzimas naturales y añadidas y estabilizar la nube, disminuyendo así la precipitación de la pulpa. Generalmente, a los zumos se les aplica una esterilización a $121\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 2-3 segundos o una pasteurización a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 30 minutos, lo que suele tener efectos adversos sobre las propiedades organolépticas y funcionales del mismo. Resulta necesario, por tanto, desarrollar nuevas tecnologías que sean más respetuosas con el producto final como alternativa a las convencionales (pasteurización).

Por una parte, la pasteurización suave a $70\text{-}75\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 2-3 minutos provoca una mejora significativa en las propiedades organolépticas del zumo, disminuyendo además la formación de la nube después de un periodo

de almacenamiento considerable (Rabie et al., 2015). Sin embargo, aunque el recuento microbiano en los zumos procesados por pasteurización suave es menor que en el zumo no tratado, el tiempo de vida útil es menor que en un zumo sometido a un proceso de pasteurización a altas temperaturas.

Por otra parte, la homogeneización de zumos a altas presiones (> 150 MPa) está cobrando importancia en la actualidad por su efecto beneficioso sobre la conservación del color y del contenido en fenoles totales, de manera que incluso aumenta la capacidad antioxidante del producto final (Vega-Gálvez et al., 2014). Concretamente en zumo de arándano esta técnica garantiza su estabilidad fisicoquímica y microbiológica durante el almacenamiento en refrigeración (Si, 2015).

De acuerdo a todo lo comentado anteriormente, el presente trabajo se propone con el objeto de identificar la operación de estabilización más adecuada para la obtención de zumo de arándano de alta calidad para comercialización inmediata. Para tal fin, se analizará el efecto que diferentes tratamientos (esterilización, homogeneización, pasteurización suave y la combinación de estos dos últimos) ejercen sobre las propiedades físico-químicas, antioxidantes, microbianas y sensoriales del zumo de arándano durante su almacenamiento a temperatura ambiente o en condiciones de refrigeración.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material

Como materia prima para la producción del zumo se empleó arándano negro congelado entero de la variedad "DUKE", cultivado en Navarra y comprado a granel en bolsas de 20 kg a la empresa Importaciones Samanes S.L.

Para llevar a cabo la etapa de despectinización se utilizó un preparado enzimático comercial: Viscozyme® L. Se trata de un complejo multi-enzimático procedente de cepas seleccionadas de *Aspergillus aculeatus*, que presentan alta actividad pectinolítica. Se utilizó la enzima en formato líquido y la dosis seleccionada fue de 1 mililitro de enzima por litro de zumo.

2.2. Obtención del zumo de arándano

En la Figura 2 se muestra el diagrama de flujo empleado en el proceso de extracción de zumo a partir de arándano congelado.

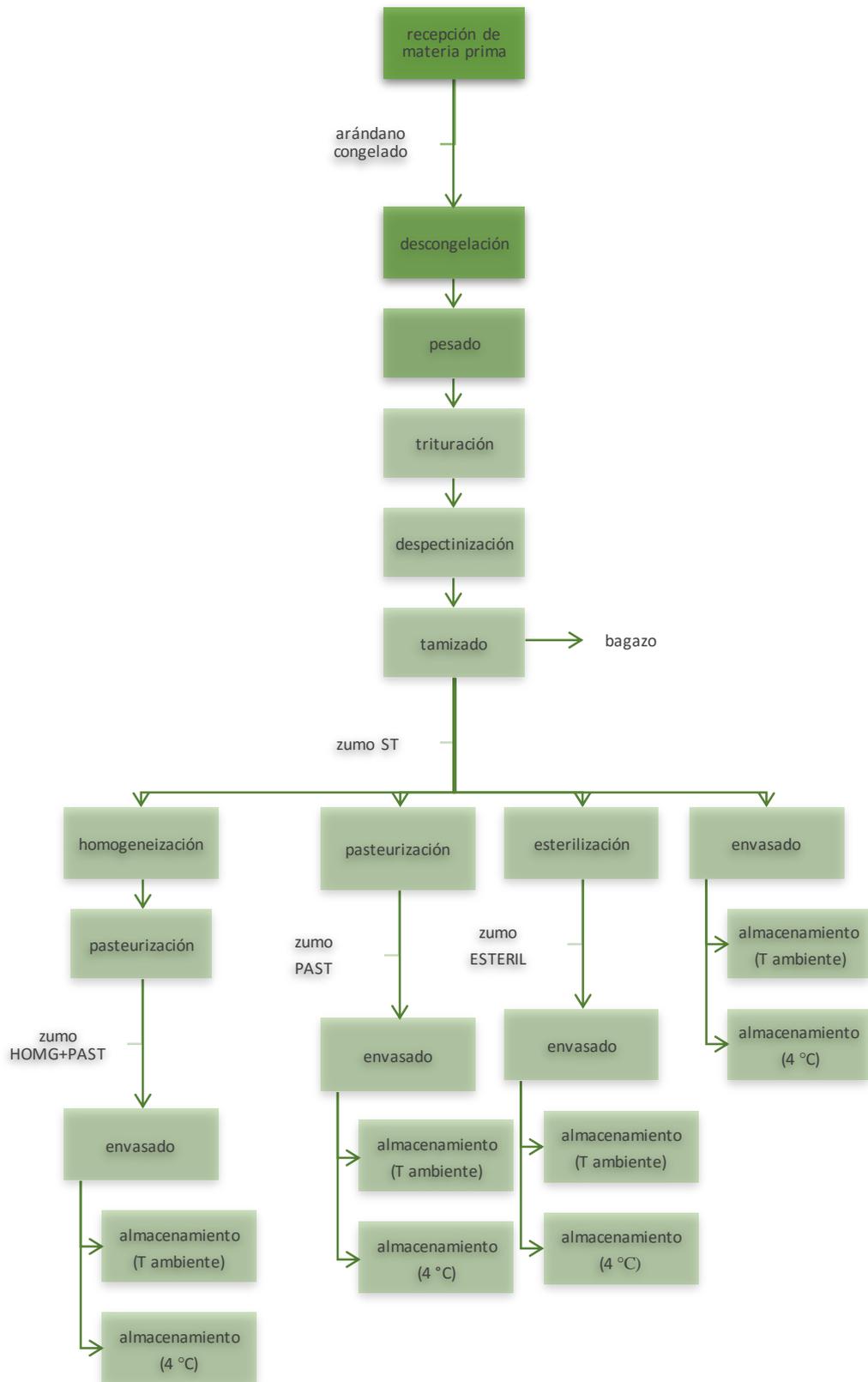


FIGURA 2. Diagrama de flujo del procesado de zumo de arándano

Se partió de arándano congelado a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y, tras su descongelación, se pesó la cantidad de fruta necesaria para producir el zumo (doble cantidad de arándanos que de zumo) y se trituró durante 10-15 segundos a 5650 revoluciones por minuto utilizando una Termomix Vorwerk. A continuación, los arándanos triturados se introdujeron en un baño a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se procedió al tratamiento de despectinización durante 150 minutos en agitación constante. Trascurrido este tiempo, la mezcla se pasó por un tamiz de 0,7 mm de diámetro para eliminar la pulpa. El zumo obtenido fue sometido a diferentes tratamientos de estabilización: una parte del zumo se pasteurizó en un baño de agua a $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 2,5 minutos (zumo PAST); otra parte se homogeneizó a 150 MPa en un equipo de altas presiones a escala de laboratorio (Panda Plus 2000, GEA Niro Soavi, Parma, Italia) y seguidamente se pasteurizó en un baño de agua a $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 2,5 minutos (zumo HOMG+PAST) y otra parte se esterilizó en un autoclave a $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 15 minutos (zumo EST). Finalmente, tanto el zumo tratado como el zumo sin tratar (zumo ST) se envasó en tarros de vidrio estériles y se almacenó a temperatura ambiente o a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un máximo de 30 días. Las determinaciones analíticas se llevaron a cabo a diferentes tiempos a lo largo del almacenamiento.

2.3. Determinaciones analíticas

Todas las determinaciones analíticas descritas en este apartado se realizaron por duplicado. En el caso del zumo control (zumo ST), el zumo pasteurizado (zumo PAST) y el procesado por homogeneización y posterior pasteurización suave (zumo HOMG+PAST), las propiedades físico-químicas y funcionales se midieron cada 48 horas durante un periodo de 15 días. El zumo esterilizado (zumo EST) se analizó 2, 5, 7, 14 y 30 días después de su producción.

2.3.1. PH

El pH se midió con un conductímetro digital Mettler Toledo, el cual fue calibrado previamente con disoluciones tampón de pH 4 y 7.

2.3.2. SÓLIDOS SOLUBLES

El contenido en sólidos solubles se midió en forma de grados Brix a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ con un refractómetro digital PolyScience. La escala Brix se utiliza para medir la cantidad aproximada de azúcares. En zumos de fruta, 1 grado Brix indica aproximadamente un 1-2% de azúcar en peso.

2.3.3. COLOR

Para medir el color se utilizó un espectrocolorímetro MINOLTA CM-3600d (KONICA MINOLTA). Las muestras se colocaron en cubetas de plástico de 25 mL y 2 mm de espesor. Las medidas se realizaron sobre fondo negro utilizando el iluminante D65 y el observador 10° como sistema de referencia. A partir de las coordenadas CIE $L^*a^*b^*$ se calculó la variación de color de las

muestras durante el almacenamiento (ecuación 1), utilizando como referencia en cada caso el color del zumo recién procesado (tiempo 0).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

donde: ΔE es la diferencia de color total, ΔL^* es la variación en luminosidad u oscuridad (L^* de la muestra - L^* del estándar), Δa^* es la variación en la cantidad de rojo o verde del color (a^* de la muestra - a^* del estándar) y Δb es la variación en la cantidad de amarillo o azul del color (b^* de la muestra - b^* del estándar).

2.3.4. PROPIEDADES REOLÓGICAS

El comportamiento reológico de los diferentes zumos se analizó con un reómetro rotatorio HAKKE RheoStress 1, utilizando un sensor de cilindros concéntricos (Z34 DIN Ti) y un baño con control de temperatura (HAKKE Phoenix 2). El gradiente de velocidad varió entre 0,01 y 150 s^{-1} , realizando 20 medidas cada 60 segundos, dejando siempre un tiempo de reposo del fluido de 5 minutos antes de arrancar cada medición. Todas las medidas se realizaron a 50 °C, por ser ésta la temperatura a la que se llevó a cabo el tratamiento de despectinización. Dado que todos los zumos presentaron un comportamiento newtoniano, la viscosidad se calculó a partir de la ley de Newton (ecuación 2).

$$\tau_{xy} = \mu \cdot \gamma \quad (2)$$

donde: τ_{xy} es el esfuerzo cortante (Pa), μ es la viscosidad (Pa·s) y γ es el gradiente de velocidad (s^{-1}).

2.3.5. PULPA Y TURBIDEZ

La pulpa suspendida en el zumo se determinó como porcentaje en peso de la pulpa separada por centrifugación con respecto al peso total de la muestra. Para ello se centrifugaron 10 mL de muestra en una centrífuga MEDIFRIGER NL-S a 370 G durante 10 minutos y a 27 °C. A continuación, se pesó la pulpa precipitada y se midió la turbidez, esto es, la absorbancia del sobrenadante a 650 nm, en un espectrofotómetro HELIOS ZETA-Thermo Scientific.

2.3.6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se realizó un análisis microbiológico para determinar la vida útil de los productos. En primer lugar, se prepararon los tubos correspondientes con 9 mL de agua de peptona y los medios de cultivo (Plate Count Agar y Sabouraud). Todo el material necesario para la posterior siembra se esterilizó en autoclave a 121 °C durante 15 minutos. Una vez esterilizado al

material se procedió a la siembra de las muestras en una campana de flujo laminar.

Se preparó una dilución 1/10 (1 mL de zumo en 9 mL de agua de peptona) y a partir de esta dilución madre se prepararon las diluciones 1/100 y 1/1000 para su posterior siembra en placa. Para ello se pipeteó 0,1 mL de cada dilución en las placas estériles que contenían el medio de cultivo solidificado (*Plate Count Agar* para aerobios mesófilos y *Sabouraud Agar* para mohos y levaduras) y se extendió con la ayuda de un asa de siembra. A continuación, las placas se incubaron en una estufa a 30 °C durante 3 días en el caso de aerobios mesófilos y de 3 a 5 días en el caso de mohos y levaduras. Trascurrido este tiempo, se realizó un recuento de número de unidades formadoras de colonias (UFC) y se multiplicó por el factor de dilución, expresando el número total de colonias en UFC/mL.

Debido a que la legislación específica sobre zumos de frutas no recoge normas microbiológicas, se utilizó la legislación correspondiente a comidas preparadas sometidas a tratamiento térmico (R.D. 3484/2000, B.O.E. 12/01/01) para establecer el límite de aerobios mesófilos (10^4 UFC/mL). Dado que en dicho documento no aparece recogido tampoco el máximo posible de mohos y levaduras presentes en un zumo, se siguió la norma establecida en el Reglamento Sanitario de los Alimentos DTO. 977/96 referente a preparados de frutas (10^3 UFC/mL).

2.3.7. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

La actividad antirradical se determinó empleando el método del radical libre (Brand-Williams *et al.*, 1995), el cual se basa en la reducción de la absorbancia del DPPH (radical 2,2-diphenol-1-picrilhidrazilo) medida a 517 nm por parte de los antioxidantes presentes en la muestra analizada. Para ello se utilizó un espectrofotómetro HELIOS ZETA-Thermo Scientific.

En primer lugar, se preparó la disolución de DPPH en metanol (0,04 g/L). A continuación, se preparó la cubeta correspondiente al blanco que contenía 2 mL de la disolución de DPPH Y 1 mL de metanol. En las cubetas correspondientes a las muestras de zumo se añadieron 2 mL de la disolución DPPH, 900 μ L de metanol y 100 μ L de muestra. Los valores de absorbancia fueron medidos tras 30, 60 y 90 minutos de reacción, aunque sólo se analizó el porcentaje de inhibición del zumo a los 90 minutos, calculado a partir de la siguiente ecuación.

$$\% INHIB = \frac{Abs_{DPPH} - Abs_{muestra}}{Abs_{DPPH}} \cdot 100 \quad (3)$$

donde: Abs_{DPPH} es la absorbancia de la disolución de DPPH a tiempo t (30, 60 ó 90 minutos) y $Abs_{muestra}$ es la absorbancia de la muestra decolorada a tiempo t (30, 60 ó 90 minutos).

2.3.8. ANÁLISIS SENSORIAL

Para llevar a cabo el análisis sensorial se utilizó la Norma UNE-ISO 4121: 2003, referente a las directrices para la utilización de escalas de respuesta

cuantitativa. Esta norma es aplicable a todas las valoraciones cuantitativas, tanto globales como específicas, objetivas o hedónicas.

En este caso, se utilizó una escala de intervalo mixta, por ser la más usada en análisis sensorial. Los tramos se escogieron de manera que a intervalos iguales correspondieran diferencias de percepción sensorial iguales. Al ser una escala mixta, cada punto de la escala se define con un número y una expresión descriptiva, tal y como se muestra en la Tabla 1.

TABLA 1. Escala hedónica mixta empleada en este estudio.

1	Me gusta mucho
2	Me gusta moderadamente
3	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta moderadamente
5	Me disgusta mucho

Se evaluaron de forma global muestras de los cuatro tipos de zumo almacenados durante doce horas a 4 °C. Las muestras se presentaron en vasos de plástico de 250 mL marcados con códigos aleatorios de tres dígitos y fueron evaluadas por un panel de 20 catadores no expertos. Cada muestra de zumo fue analizada individualmente y puntuada de acuerdo a la escala que se muestra en la Tabla 1. El análisis sensorial se llevó a cabo en una sala de catas que cumple los requisitos indicados en la Norma UNE 87-004.

2.3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa STATGRAPHICS Centurion. Para cada una de las dos temperaturas de almacenamiento (ambiente y 4 °C), se realizaron análisis de varianza ANOVA multifactoriales para evaluar el efecto que el tiempo de almacenamiento y los diferentes tratamientos de estabilización (pasteurización suave, homogeneización y posterior pasteurización y esterilización) ejercen sobre las propiedades físico-químicas y funcionales del zumo de arándano. Se utilizó un nivel de confianza del 95%, siendo estadísticamente significativos aquellos valores-P menores de 0,05.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Figuras 3 y 4 se muestran los resultados de los análisis microbiológicos realizados sobre los diferentes zumos a lo largo de los 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente o en frío (4 °C). Como puede observarse, tanto el recuento de aerobios mesófilos como el de mohos y levaduras de determinados productos (zumos ST, PAST y HOMG+PAST conservados a temperatura ambiente y el zumo ST conservado a 4 °C) superó en los primeros días de almacenamiento el límite máximo de microorganismos establecido en la normativa empleada como referencia en este estudio (10^4 UFC/mL para microorganismos aerobios y

10³ UFC/mL para mohos y levaduras). Esto llevó a descartar dichos tratamientos con la finalidad de procesar el zumo de arándano para su posterior comercialización. Teniendo en cuenta que el objetivo es elaborar un zumo fresco lo más similar posible al producto natural, se considera que entre 5 y 7 días es un tiempo de almacenamiento adecuado para un producto con estas características.

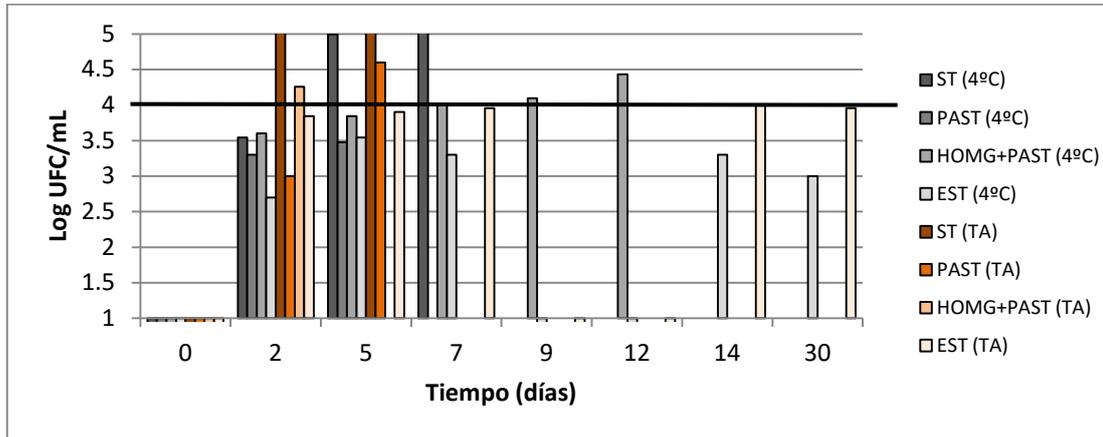


FIGURA 3. Recuento de aerobios mesófilos en zumo de arándano a lo largo del almacenamiento. Donde ST: zumo sin tratamiento; PAST: zumo pasteurizado; HOMG+PAST: zumo homogeneizado y pasteurizado; EST: zumo esterilizado.

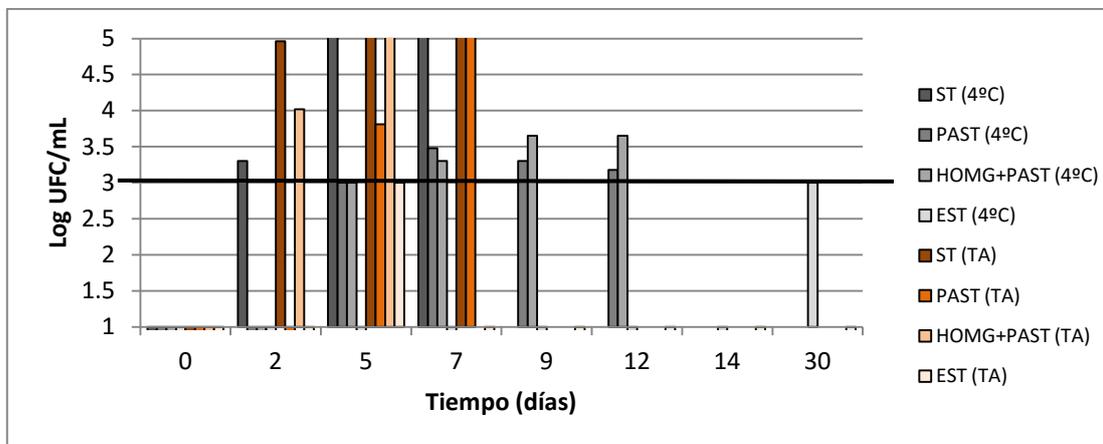


FIGURA 4. Recuento de mohos y levaduras en zumo de arándano a lo largo del almacenamiento. Donde ST: zumo sin tratamiento; PAST: zumo pasteurizado; HOMG+PAST: zumo homogeneizado y pasteurizado; EST: zumo esterilizado.

A continuación, se muestran los resultados correspondientes a la caracterización físico-química y funcional de los diferentes zumos de arándano. Pese a que se analizaron tanto los zumos almacenados a temperatura ambiente como los almacenados en condiciones de refrigeración, se ha considerado oportuno mostrar únicamente los resultados correspondientes a los zumos refrigerados puesto que, a tenor de los recuentos realizados, ninguno de los almacenados a temperatura ambiente llegaría al final de su vida útil (entre 5 y 7 días) con una carga microbiana

aceptable. De todas formas, en los anexos se encuentran recogidos los resultados correspondientes al zumo almacenado a temperatura ambiente.

Comenzando con los valores de pH y Brix (Tablas 2 y 3), éstos resultaron similares a los reportados por otros autores en condiciones similares (Barba et al., 2013). En relación al efecto de las variables de proceso, el análisis estadístico puso de manifiesto que tanto el tratamiento de estabilización aplicado como el tiempo de almacenamiento afectaron de forma significativa (p -valor $< 0,05$) a estos parámetros. En el caso del contenido en sólidos solubles, las diferencias observadas en función del tratamiento térmico o del tiempo de almacenamiento no resultaron relevantes a efectos prácticos.

TABLA 2. Efecto del tratamiento y del tiempo de almacenamiento sobre el pH del zumo de arándano almacenado a 4 °C. Valores expresados como media \pm desviación típica.

t (días)	ST	PAST	HOMG+PAST	EST
0	3,25 \pm 0,03	3,220 \pm 0,014	3,205 \pm 0,007	3,185 \pm 0,007
2	3,185 \pm 0,007	3,2 \pm 0,2	3,175 \pm 0,007	3,205 \pm 0,007
5	3,27 \pm 0,02	3,245 \pm 0,007	3,21 \pm 0,12	3,245 \pm 0,007
7	3,19 \pm 0,12	3,25 \pm 0,12	3,225 \pm 0,007	3,26 \pm 0,12
9	3,215 \pm 0,007	3,15 \pm 0,04	3,185 \pm 0,007	-
12	3,195 \pm 0,007	3,260 \pm 0,014	3,135 \pm 0,007	-
14	3,165 \pm 0,007	3,24 \pm 0,12	3,095 \pm 0,007	3,125 \pm 0,007
30	-	-	-	3,155 \pm 0,007

TABLA 3. Efecto del tratamiento y del tiempo de almacenamiento sobre los Brix del zumo de arándano almacenado a 4 °C. Valores expresados como media \pm desviación típica.

t (días)	ST	PAST	HOMG+PAST	EST
0	11,95 \pm 0,07	12,6 \pm 0,2	11,90 \pm 0,14	12,40 \pm 0,12
2	12,30 \pm 0,12	12,75 \pm 0,07	11,90 \pm 0,14	12,2 \pm 0,2
5	12,7 \pm 0,3	12,88 \pm 0,04	12,25 \pm 0,07	12,55 \pm 0,07
7	12,25 \pm 0,07	12,75 \pm 0,07	12,30 \pm 0,12	12,40 \pm 0,14
9	12,15 \pm 0,07	12,75 \pm 0,07	12,15 \pm 0,07	-
12	12,30 \pm 0,12	12,90 \pm 0,12	12,20 \pm 0,12	-
14	12,30 \pm 0,12	12,80 \pm 0,12	11,95 \pm 0,07	11,50 \pm 0,12
30	-	-	-	11,70 \pm 0,12

Como puede observarse en la Tabla 2, el pH del zumo disminuyó con el tiempo de almacenamiento en todos los casos excepto en el zumo pasteurizado, en el que los valores de pH se mantuvieron prácticamente constantes después de un periodo de almacenamiento de 14 días. Esta bajada de pH podría estar asociada al crecimiento microbiano, pues la aparición de ciertas bacterias está relacionada con la liberación de ácidos orgánicos de cadena corta (fórmico, acético o láctico).

En la Tabla 3 se observa como el contenido en sólidos solubles se mantuvo prácticamente constante con el paso del tiempo, a pesar de la presencia de microorganismos capaces de desarrollar procesos fermentativos que podrían haber provocado una importante bajada en los

grados Brix como consecuencia de la transformación de hidratos de carbono en alcohol.

En las Tablas 4 y 5 se muestran los valores de pulpa y turbidez de los zumos sometidos a diferentes tratamientos de estabilización y almacenados a 4 °C. De nuevo el análisis multifactorial de la varianza puso de manifiesto que tanto el tipo de tratamiento como el tiempo de almacenamiento afectaron de forma significativa (p -valor < 0,05) al valor de estos parámetros. El hecho de que en la mayoría de los casos fuera posible separar la pulpa del sobrenadante tras la centrifugación del zumo a 370 G indica la baja estabilidad de la misma, de manera que un elevado contenido en pulpa estaría asociado a una mayor cantidad de partículas inestables capaces de precipitar. La presencia de la pulpa en zumos es de gran importancia, pues se relaciona con la mejora de las funciones cognitivas y motoras, ya que se ha demostrado que su alto contenido en polifenoles, debido a que la pulpa actúa como soporte de compuestos funcionales, reduce el estrés oxidativo y la inflamación (Poulose et al., 2012). Además, desde el punto de vista del consumidor, se tiende a relacionar los zumos con pulpa con una mayor calidad del producto final.

La transmitancia es la cantidad de luz transmitida a través de una disolución. Así pues, cuanto mayor sean los valores de transmitancia, mayor será la cantidad de luz capaz de atravesar la muestra de zumo (valores bajos de absorbancia) y, por lo tanto, la cantidad de pulpa suspendida será menor. Teniendo en cuenta los estudios realizados por otros autores (Betoret et al., 2009), quienes demuestran que el efecto de la operación de homogeneización disminuye el tamaño de las partículas suspendidas estabilizando así la nube, cabría esperar que el zumo homogeneizado y pasteurizado presentase poca pulpa precipitada y valores altos de absorbancia como consecuencia de la pulpa que se queda en suspensión y aumenta la turbidez del zumo. Según los resultados obtenidos, se observa como en la mayoría de las mediciones realizadas a distintos tiempos, el zumo HOMG+PAST es de los cuatro zumos analizados el que presenta los valores más elevados de absorbancia (baja transmitancia). En contra de lo esperado, se obtuvieron valores altos del porcentaje de pulpa precipitada. Esto podría ser debido a que las operaciones de despectinización y tamizado se realizaron de forma manual y sin un control exhaustivo, por lo que podría existir cierta variabilidad en cada partida de zumo producida, lo que podría conllevar a errores en las mediciones realizadas. Además, las pectinas son más inestables cuanto más elevada sea la temperatura (Calvo, 2011), por lo que como el zumo homogeneizado es posteriormente pasteurizado, podría ocurrir que la elevada temperatura de la pasteurización provoque la precipitación de pectinas que no se hubiesen despolimerizado correctamente en la etapa previa de despectinización.

TABLA 4. Efecto del tratamiento y del tiempo de almacenamiento sobre el porcentaje de pulpa precipitada del zumo de arándano almacenado a 4 °C. Valores expresados como media \pm desviación típica.

t (días)	ST	PAST	HOMG+PAST	EST
0	3,45 \pm 0,02	12,70 \pm 0,10	18,35 \pm 0,05	-
2	9,8 \pm 0,2	10,50 \pm 0,06	20,2 \pm 0,2	8,00 \pm 0,10
5	9,50 \pm 0,07	10,50 \pm 0,06	26,65 \pm 0,05	21,40 \pm 0,10
7	8,2 \pm 0,2	11,15 \pm 0,06	19,10 \pm 0,10	28,60 \pm 0,10
9	4,7 \pm 0,3	2,050 \pm 0,007	31,9 \pm 0,3	-
12	3,3 \pm 0,2	8,7 \pm 0,9	21,1 \pm 0,5	-
14	2,80 \pm 0,09	4,2 \pm 0,3	19,45 \pm 0,03	9,9 \pm 0,2
30	-	-	-	5,2 \pm 0,3

TABLA 5. Efecto del tratamiento y del tiempo de almacenamiento sobre la absorbancia medida a 650 nm del zumo de arándano almacenado a 4 °C. Valores expresados como media \pm desviación típica.

t (días)	ST	PAST	HOMG+PAST	EST
0	0,5 \pm 0,3	0,6 \pm 0,2	1,61 \pm 0,08	1,700 \pm 0,014
2	0,645 \pm 0,010	0,429 \pm 0,002	1,15 \pm 0,07	1,81 \pm 0,02
5	0,6 \pm 0,2	0,40 \pm 0,02	1,6 \pm 0,2	3,4 \pm 0,6
7	1,79 \pm 0,04	1,98 \pm 0,06	0,60 \pm 0,10	2,2 \pm 0,2
9	1,5 \pm 0,3	1,7 \pm 0,2	1,1 \pm 0,2	-
12	1,2 \pm 0,3	0,8 \pm 0,2	1,06 \pm 0,09	-
14	1,5 \pm 0,4	1,8 \pm 0,2	0,58 \pm 0,04	2,3 \pm 0,4
30	-	-	-	2,10 \pm 0,10

La capacidad antioxidante expresada como porcentaje de inhibición a 517 nm se muestra en la Figura 5.

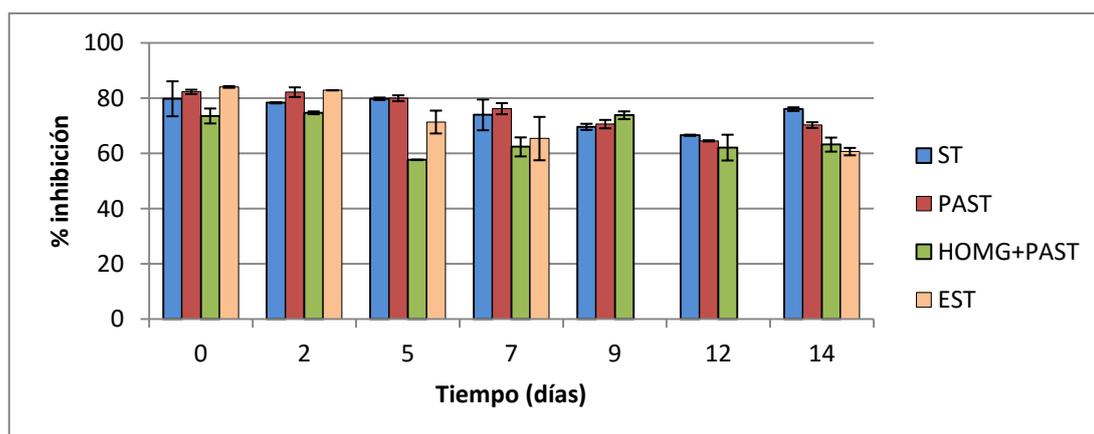


FIGURA 5. Actividad antioxidante expresada como porcentaje de inhibición con respecto al tiempo de almacenamiento. Donde ST: zumo sin tratamiento; PAST: zumo pasteurizado; HOMG+PAST: zumo homogeneizado y pasteurizado; EST: zumo esterilizado.

Al igual que en los casos anteriores, el análisis estadístico realizado reveló que el tipo de tratamiento y el tiempo de almacenamiento tuvieron un

efecto significativo sobre la capacidad antioxidante con un nivel de confianza del 95%. Teniendo en cuenta el método del radical libre (Brand-Williams et al., 1995), cuanto mayor sea el porcentaje de inhibición, mayor será la actividad antioxidante de la muestra. Como puede apreciarse en la Figura 5, el porcentaje de inhibición a tiempo cero de todas las muestras osciló entre el 72 y el 85 %, siendo el zumo esterilizado el que presentó una mayor actividad antioxidante, seguido del pasteurizado. A medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, la capacidad antioxidante de los zumos va disminuyendo, con mayor intensidad en los zumos tratados térmicamente que en el zumo sin tratar. El hecho de que el zumo esterilizado sea el que en un principio presenta una mayor capacidad antioxidante puede relacionarse con los resultados de pulpa y turbidez mostrados anteriormente. Como ya se ha comentado, el zumo esterilizado es el más turbio de los cuatro zumos analizados debido a la presencia de partículas de pequeño tamaño en suspensión. Esto hace que a tiempo cero la actividad antioxidante sea elevada debido a que los compuestos fenólicos están más disponibles para reaccionar con el DPPH, pero disminuye con el paso del tiempo porque los compuestos fenólicos son también más sensibles a las condiciones adversas de almacenamiento y sufren un mayor deterioro. Finalmente, de los zumos procesados térmicamente, el zumo pasteurizado fue el que presentó una mayor actividad antioxidante después de un periodo de almacenamiento de 14 días.

Los valores de porcentaje de inhibición obtenidos coinciden con los obtenidos en otro estudio realizado anteriormente en zumo de arándano sometido a un tratamiento de homogeneización (Antequera, 2013).

En la Tabla 6 se muestran las coordenadas CIE L*a*b* de cada zumo a tiempo 0, siendo éstos los valores que se utilizaron como estándares para calcular las diferencias de color (ΔE^*) a lo largo del almacenamiento.

TABLA 6. Coordenadas CIE L*a*b* de cada zumo a tiempo 0. Valores expresados como media \pm desviación típica.

TRATAMIENTO	L*	a*	b*
ST	17 \pm 9	10 \pm 5	2 \pm 2
PAST	15 \pm 3	10 \pm 2	3,7 \pm 0,3
HOMG+PAST	17 \pm 1	14,6 \pm 0,8	3,2 \pm 0,8
EST	10 \pm 3	6,3 \pm 1,2	3 \pm 0,2

Los valores de las coordenadas CIE L*a*b* obtenidos para cada zumo permiten situarlo entre colores pardos-rojizos, siendo el zumo esterilizado el que presenta un color más amarronado.

La Tabla 7 muestra los valores de ΔE^* obtenidos a partir de las coordenadas CIE L*a*b* medidas con el colorímetro.

La denominada diferencia total de color (ΔE^*) es una herramienta útil para evaluar los cambios de color producidos en el zumo con el paso del tiempo. Según esta teoría se considera que dos colores son diferentes a partir de diferencias totales de color $\Delta E^* = \pm 3,3$. De todas formas, es posible que midiendo diferencias de color menores a 3,3, dos colores se perciban como diferentes, por lo que además de las medidas colorimétricas, las

diferencias visuales son definitivas a la hora de juzgar diferencias entre colores (Vichi et al., 2004).

Como puede observarse en la Tabla 7, durante el periodo de almacenamiento, el zumo control y el esterilizado presentaron valores de ΔE^* mayores de 3,3, lo que indica que en estos casos se produjo un cambio relevante de color. Dichas diferencias de color pueden ser debidas a fenómenos de oxidación. Según los datos obtenidos, el zumo pasteurizado y el homogeneizado+pasteurizado serían los únicos zumos que, tras una semana de almacenamiento, mantendrían las propiedades colorimétricas similares a las del zumo recién procesado. Los análisis ANOVA multivarianza realizados ponen de manifiesto que tanto el tiempo de almacenamiento como el tipo de tratamiento afectan de forma significativa al cambio de color del zumo con un nivel de confianza del 95%.

TABLA 7. Efecto del tratamiento y del tiempo de almacenamiento sobre el cambio de color (ΔE^*) del zumo de arándano almacenado a 4 °C. Valores expresados como media \pm desviación típica.

t (días)	ST	PAST	HOMG+PAST	EST
0	-	-	-	-
2	3 \pm 1	3,2 \pm 0,7	1,2 \pm 0,5	2,5 \pm 0,2
5	4 \pm 2	2,6 \pm 0,6	1,3 \pm 0,3	6,6 \pm 0,2
7	4,8 \pm 0,5	2,40 \pm 0,06	1,32 \pm 0,13	6,2 \pm 0,2
9	4,02 \pm 0,04	4 \pm 3	1,8 \pm 0,2	-
12	6,1 \pm 0,2	6 \pm 2	1,9 \pm 0,3	-
14	8 \pm 1	5 \pm 3	2 \pm 2	11,2 \pm 0,9
30	-	-	-	11,3 \pm 0,7

En la Figura 6 se muestra el comportamiento reológico del zumo de arándano. A pesar de que la gráfica hace referencia a una única muestra de zumo, el comportamiento fue muy similar en todas las muestras procesadas con los cuatro tratamientos y almacenadas a diferentes tiempos y temperaturas. En todos los casos se obtuvo una relación lineal entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad aplicado como la que puede observarse en la Figura 6, lo que indica que el zumo de arándano obtenido en el laboratorio se comporta a 50 °C como si fuera un fluido newtoniano. Se eliminaron los primeros puntos de la gráfica correspondientes al tiempo de reposo del fluido antes de iniciar la medición.

Los valores de viscosidad obtenidos se mantuvieron en todos los casos entre 0,0025 y 0,0033 Pa·s. Son valores de viscosidad relativamente bajos, debido a que el comportamiento reológico fue medido a 50 °C y la viscosidad disminuye a medida que aumenta la temperatura (Antonio et al., 2009). El análisis reológico puso de manifiesto que se trata de un zumo poco viscoso, muy líquido, como puede apreciarse a simple vista. Aun así, como era de esperar, la viscosidad medida del zumo de arándano fue siempre superior a la viscosidad del agua a 50 °C (0,0005 Pa·s).

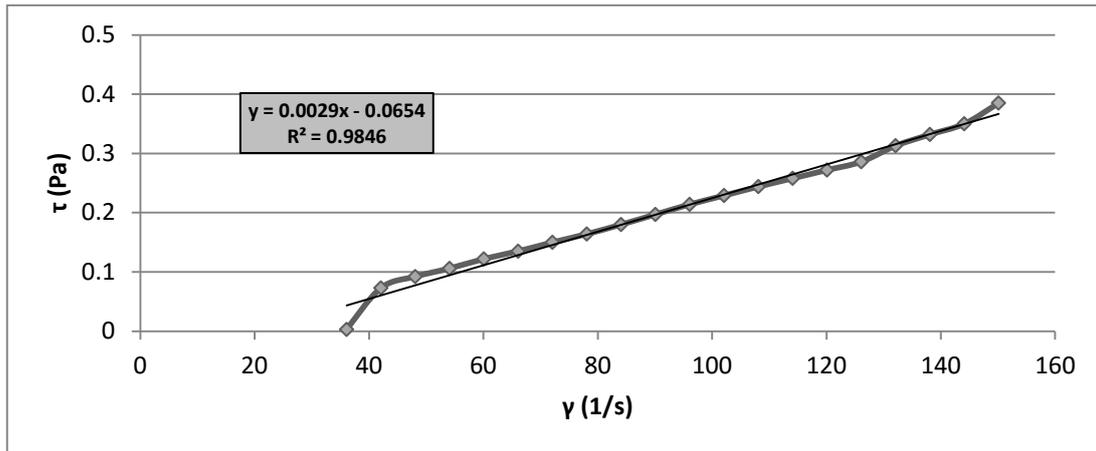


FIGURA 6. Representación de τ frente a γ en una muestra de zumo almacenado 5 días a 4°C.

Los análisis ANOVA realizados indican en este caso que el tipo de tratamiento al que fue sometido el zumo tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el comportamiento reológico del mismo con un nivel de confianza del 95%, a pesar de que dichas diferencias no son influyentes desde el punto de vista tecnológico. El tiempo de almacenamiento, por el contrario, no influyó en la viscosidad del zumo.

Los resultados obtenidos a partir del análisis sensorial realizado se muestran en la Figura 7.

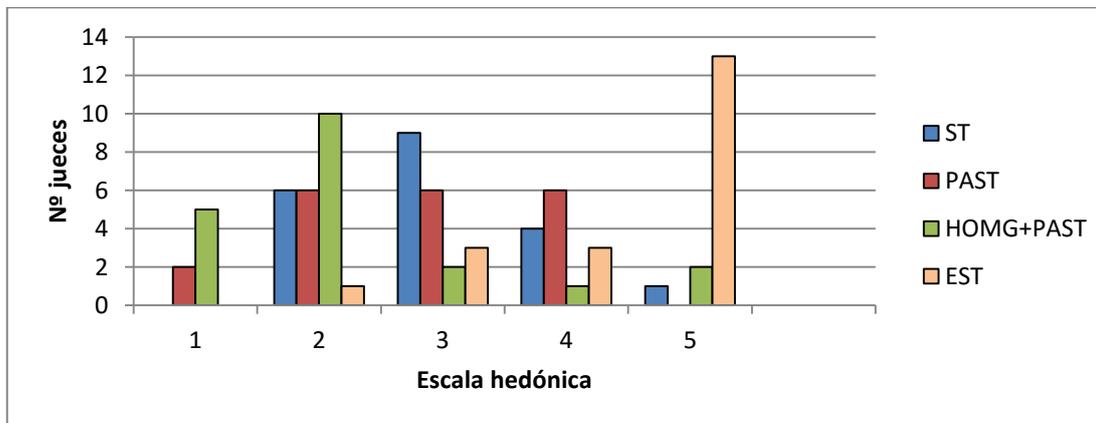


FIGURA 7. Representación gráfica del análisis sensorial. Donde 1: me gusta mucho; 2: me gusta moderadamente; 3: ni me gusta ni me disgusta; 4: me disgusta moderadamente; 5: me disgusta mucho. Donde ST: zumo sin tratamiento; PAST: zumo pasteurizado; HOMG+PAST: zumo homogeneizado y pasteurizado; EST: zumo esterilizado.

Como puede observarse, el zumo sometido a un proceso de homogeneización y posterior pasteurización fue el mejor valorado sensorialmente, siendo 5 jueces de 20 los que lo evaluaron como “me gusta mucho” y 10 como “me gusta moderadamente”. Así pues, un total de 15 catadores de 20 evaluaron de forma positiva dicho zumo. El zumo pasteurizado obtuvo también buenas puntuaciones, siendo éstas algo más bajas que al añadir el tratamiento de homogeneización, lo que indica que la

homogeneización a 150 MPa mejora las propiedades organolépticas del producto. Es importante añadir que los zumos homogeneizados y pasteurizados obtuvieron en todos los casos puntuaciones iguales o mayores que el zumo control (sin tratamiento), indicando así que dichos tratamientos no alteran o incluso mejoran las propiedades organolépticas del zumo. Por último, el zumo esterilizado, como era de esperar, fue el peor evaluado con un total de 16 valoraciones negativas. Esto es debido a que, durante el tratamiento de esterilización, al someter al zumo a temperaturas muy elevadas para eliminar totalmente la carga microbiana, se ven afectadas en gran medida las propiedades olfato-gustativas e incluso el color, obteniendo en este caso un zumo mucho más oscuro que en los casos anteriores.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo desde el punto de vista físico-químico, funcional y microbiológico permiten concluir que el tratamiento más adecuado de conservación del zumo de arándano es un tratamiento de pasteurización a 75 °C durante 2,5 minutos, seguido por un almacenamiento en refrigeración a 4 °C durante un periodo de 5 a 7 días previos a su comercialización. Dicho tratamiento permite mantener las características organolépticas lo más semejantes posibles al zumo control (ST), así como asegurar que el crecimiento microbiano esté dentro de los límites establecidos por la normativa. A partir del estudio sensorial realizado se demostró como la combinación del tratamiento de homogeneización a 150 MPa y pasteurización suave mejora las propiedades organolépticas del zumo de arándano.

Como propuesta para investigaciones futuras, podría estudiarse la posibilidad de utilizar el residuo sólido resultante de la extracción del zumo de arándano para la producción de mermelada, snacks deshidratados, etc.

5. REFERENCIAS

- Abreu Guirado, O.; Cuéllar, A.; Prieto, S. 2008. Fitoquímica del género *Vaccinium* (Ericaceae). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, **13**: 1–11.
- Antequera, L. 2013. Determinación de aspectos nutricionales y tecnológicos del arándano y de su zumo para su posterior aplicación en productos funcionales. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Antonio, G.C.; Faria, F.R.; Takeiti, C.Y.; Park, K.J. 2009. Rheological behavior of blueberry. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, **29**: 732–737.
- Barba, F.J.; Esteve, M.J.; Frigola, A. 2013. Physicochemical and nutritional characteristics of blueberry juice after high pressure processing. *Food Research International*, **50**: 545–549.

- Beattie, J.; Crozier, A.; Duthie, G. 2016. Potential health benefits of berries. *Current Nutrition & Food Science*, **1**: 71-86.
- Betoret, E.; Betoret, N. Carbonell, J.V. 2009. Efecto de la presión de homogeneización sobre el tamaño de partícula y las propiedades funcionales de los zumos cítricos. <<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12533/Ester%20Betoret%20Tesis%20Master.pdf?sequence=1>>.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, **28**: 25–30.
- Calvo, M. 2011. Bioquímica de los alimentos (pectinas). Dirección URL: <<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/pectinas.html>>. [Consulta: 17 de Agosto 2016].
- Concenço, F.I.R.; Stringheta, P.C.; Ramos, A.M.; Oliveira, I.H.T.O. 2014. Blueberry: Functional Traits and Obtention of Bioactive Compounds. *American Journal of Plant Sciences*, **5**: 2633–2645.
- García, J.C.G.G. 2005. Orientaciones para el cultivo del arándano. *Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA)*, **32**.
- García, J.C. 2010. Comercialización del arándano. Dirección URL: <<http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5221>>. [Consulta: 16 de Julio 2016].
- García, J.C.; García, G.; Ciordia, M. 2010. Situación actual del cultivo del arándano en el mundo. Dirección URL: <<http://www.serida.org/pdfs/5566.pdf>>. [Consulta: 20 de Julio 2016].
- Grupo de Alimentos de la Sociedad Española de Microbiología. Normas microbiológicas por alimentos. Dirección URL: <http://www.adiveter.com/ftp_public/legislacion260.pdf>. [Consulta: 15 de Julio 2016].
- Lee, J.; Durst, R.W.; Wrolstad, R.E. 2002. Impact of Juice Processing on Blueberry Anthocyanins and Polyphenolics: Comparison of Two Pretreatments. *Journal of Food Science*, **67**: 1660–1667.
- Michalska, A. y Łysiak G. 2015. Bioactive compounds of blueberries: Post-harvest factors influencing the nutritional value of products. *International Journal of Molecular Sciences*, **16**: 18642–18663.
- Pasha, K.M.; Anuradha, P.; Subbarao, D. 2013. Applications of Pectinases in Industrial Sector Biotechnological Applications of Microbial Pectinases. *International Journal of Pure Applied Sciences and Technology*, **16**: 89–95.
- Pedersen, C.B.; Kyle, J., Jenkinson, M.; Gardner, P.T.; McPhail, D.B.; Duthie, G.G. 2000. Effects of blueberry and cranberry juice consumption on the plasma antioxidant capacity of healthy female volunteers. *European journal of clinical nutrition*, **54**: 405–408.
- Poulose, SM.; Fisher, DR.; Larson, J.; Bielinski, DF.; Rimando, AM.; Carey, AN.; Schauss, AG.; Shukitt-Hale, B. 2012. Anthocyanin-rich Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) Fruit Pulp Fractions Attenuate Inflammatory Stress Signaling in Mouse Brain BV-2 Microglial Cells. *J. Agric. Food Chem.*, **60** (4): 1084–1093.

- Rabie, M.A.; Soliman, A.Z.; Diaconeasa, Z.S.; Constantin, B. 2015. Effect of Pasteurization and Shelf Life on the Physicochemical Properties of Physalis (Physalis peruvianaL.) Juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, **39**: 1051–1060.
- Rconsulting S.A. Situación mundial de los arándanos frescos y procesados y y perspectivas próxima temporada 2013/2014. Dirección URL: <
<http://www.sierraexportadora.gob.pe/wp-content/uploads/biblioteca-virtual/Oportunidades%20en%20Mercados%20Laborales/SITUACION%20MUNDIAL%20DE%20LOS%20ARANDANOS%20FRESCOS.pdf>>. [Consulta: 20 de Julio 2016].
- Reglamento (CE) Nº 1332/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre enzimas alimentarias.
- Reglamento Sanitario de los Alimentos (D.T.O. 977/96). Dirección URL: <
<http://www.sernac.cl/wp-content/uploads/2012/11/reglamento-sanitario-alimentos-2011.pdf>>. [Consulta: 16 de Julio 2016]
- Si, P. 2015. Comparison of high hydrostatic pressure and thermal processing on physicochemical and antioxidant properties of Maoberry (*Antidesma thwaitesianum* Müell. Arg) juice, **22**: 1993–2001.
- UNE 87-004-79. Análisis sensorial. Guía para la instalación de una sala de cata.
- UNE-ISO 4121:2006. Análisis sensorial. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas. (ISO 4121:2003).
- Vega-Gálvez, A.; López, J.; Torres-Ossandón, M.J.; Galotto, M.J.; Puente-Díaz, L.; Quispe-Fuentes, I.; Di Scala K. 2014. High hydrostatic pressure effect on chemical composition, color, phenolic acids and antioxidant capacity of Cape gooseberry pulp (*Physalis peruviana* L.). *LWT - Food Science and Technology*, **58**: 519–526.
- Vichi, A.; Ferrari, M.; Davidson, C. 2004. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dental Materials*. **20**: 530-34.

ANEXOS

TABLA 1. Efecto del tratamiento y del tiempo de almacenamiento sobre el pH del zumo de arándano almacenado a temperatura ambiente. Valores expresados como media \pm desviación típica.

t (días)	ST	PAST	HOMG+PAST	EST
0	-	-	-	-
2	3,20 \pm 0,02	3,26 \pm 0,04	3,065 \pm 0,007	3,200 \pm 0,014
5	3,155 \pm 0,007	3,265 \pm 0,007	3,145 \pm 0,007	3,225 \pm 0,007
7	3,155 \pm 0,007	3,25 \pm 0,02	3,03 \pm 0,04	3,235 \pm 0,007
9	3,215 \pm 0,007	2,78 \pm 0,02	3,025 \pm 0,007	-
12	2,96 \pm 0,03	3,26 \pm 0,04	3,085 \pm 0,007	-
14	2,915 \pm 0,007	3,27 \pm 0,04	3,110 \pm 0,014	3,145 \pm 0,007
30	-	-	-	3,18 \pm 0,06

TABLA 2. Efecto del tratamiento y del tiempo de almacenamiento sobre los Brix del zumo de arándano almacenado a temperatura ambiente. Valores expresados como media \pm desviación típica.

t (días)	ST	PAST	HOMG+PAST	EST
0	-	-	-	-
2	12,30 \pm 0,12	12,80 \pm 0,12	12,00 \pm 0,14	12,0 \pm 0,2
5	12,6 \pm 0,4	12,85 \pm 0,07	10,95 \pm 0,07	12,45 \pm 0,07
7	12,25 \pm 0,07	12,50 \pm 0,14	4,60 \pm 0,14	12,45 \pm 0,07
9	10,20 \pm 0,14	12,50 \pm 0,12	4,45 \pm 0,07	-
12	4,60 \pm 0,14	12,55 \pm 0,07	4,45 \pm 0,07	-
14	5,7 \pm 0,3	12,80 \pm 0,12	4,50 \pm 0,12	12,30 \pm 0,14
30	-	-	-	12,35 \pm 0,07

TABLA 3. Efecto del tratamiento y del tiempo de almacenamiento sobre la absorbancia medida a 650 nm del zumo de arándano almacenado a temperatura ambiente. Valores expresados como media \pm desviación típica.

t (días)	ST	PAST	HOMG+PAST	EST
0	-	-	-	-
2	0,5 \pm 0,5	0,3730 \pm 0,0014	1,00 \pm 0,02	2,1 \pm 0,3
5	0,6 \pm 0,2	0,362 \pm 0,017	1,06 \pm 0,08	3,265 \pm 0,106
7	1,0 \pm 0,4	1,184 \pm 0,008	0,3740 \pm 0,1004	2,10 \pm 0,02
9	1,69 \pm 0,09	0,91 \pm 0,03	0,60 \pm 0,07	-
12	0,9 \pm 0,3	0,54 \pm 0,03	0,64 \pm 0,08	-
14	0,9 \pm 0,3	1,0 \pm 0,3	0,53 \pm 0,14	1,810 \pm 0,014
30	-	-	-	2,15 \pm 0,07

TABLA 4. Efecto del tratamiento y del tiempo de almacenamiento sobre el porcentaje de pulpa precipitada del zumo de arándano almacenado a temperatura ambiente. Valores expresados como media \pm desviación típica.

t (días)	ST	PAST	HOMG+PAST	EST
0	-	-	-	-
2	4,8 \pm 0,4	10,65 \pm 0,04	21,00 \pm 0,12	24,6 \pm 0,5
5	5,9 \pm 0,5	10,950 \pm 0,007	25,7 \pm 0,5	25,7 \pm 0,3
7	9,9 \pm 0,4	9,9 \pm 0,4	16,300 \pm 0,014	8,85 \pm 0,06
9	9,20 \pm 0,14	12,45 \pm 0,09	19,35 \pm 0,07	-
12	10,35 \pm 0,15	11,2 \pm 0,2	16,00 \pm 0,12	-
14	7,45 \pm 0,15	7,6 \pm 0,5	17,05 \pm 0,04	3,150 \pm 0,007
30	-	-	-	13,8 \pm 0,4

TABLA 5. Efecto del tratamiento y del tiempo de almacenamiento sobre el cambio de color (ΔE^*) del zumo de arándano almacenado a temperatura ambiente. Valores expresados como media \pm desviación típica.

t (días)	ST	PAST	HOMG+PAST	EST
0	-	-	-	-
2	3 \pm 2	2,7 \pm 0,7	2,3 \pm 0,3	5,2 \pm 0,2
5	7,6 \pm 0,3	4 \pm 2	3,0 \pm 0,3	7,39 \pm 0,06
7	6 \pm 3	5 \pm 6	3,1 \pm 3	11 \pm 1
9	4,4 \pm 0,7	1,9 \pm 0,2	3,68 \pm 0,03	-
12	5,7 \pm 0,5	1,3 \pm 0,6	3,398 \pm 0,107	-
14	2,8 \pm 0,3	2,046 \pm 0,109	2,87 \pm 0,17	3,5 \pm 0,3
30	-	-	-	6,9 \pm 0,4

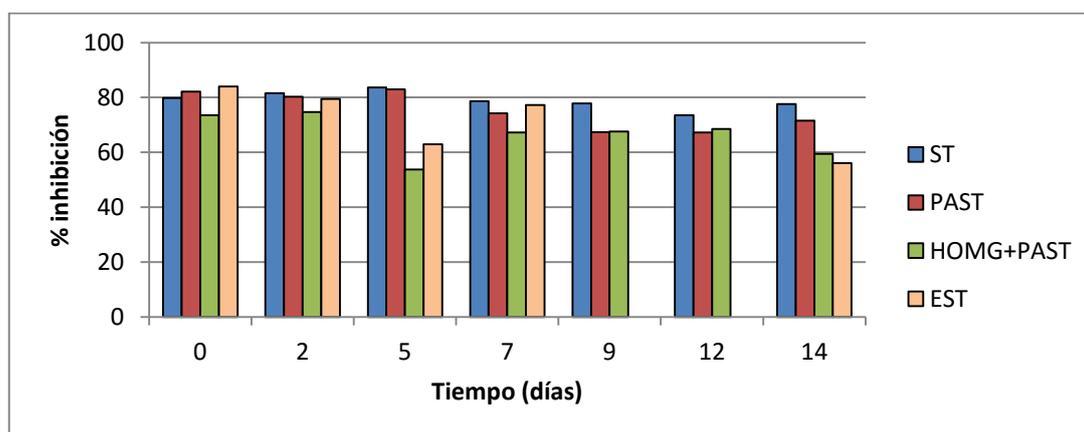


FIGURA 1. Actividad antioxidante del zumo almacenado a temperatura ambiente expresada como porcentaje de inhibición con respecto al tiempo de almacenamiento. Donde ST: zumo sin tratamiento; PAST: zumo pasteurizado; HOMG+PAST: zumo homogeneizado y pasteurizado; EST: zumo esterilizado.