

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y ESTABILIDAD MICROBIOLÓGICA DE MERMELADAS DE FRESA FORMULADAS CON POLVO DE PIEL MANDARINA EMPLEADO COMO INGREDIENTE FUNCIONAL Y SOSTENIBLE

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA E
INGENIERÍA DE ALIMENTOS

ALUMNA: EVELYN JIMENA ARGUERO AULESTIA

TUTORA ACADEMICO: Dra. LUCÍA SEGUÍ GIL
COTUTORA: Dra. CRISTINA BARRERA PUIGDOLLERS

Curso Académico: 2017/18

VALENCIA, JULIO DE 2018

PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y ESTABILIDAD MICROBIOLÓGICA DE MERMELADAS DE FRESA FORMULADAS CON POLVO DE PIEL MANDARINA EMPLEADO COMO INGREDIENTE FUNCIONAL Y SOSTENIBLE

Evelyn Jimena Arguero Aulestia¹, Lucía Seguí Gil¹, María Cristina Barrera Puigdollers¹

¹Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo (IUIAD)

RESUMEN

La industria alimentaria genera un gran volumen de residuos con elevado contenido en compuestos bioactivos, que interesa sean reintroducidos en la cadena alimentaria para obtener productos de alto valor añadido. En el presente estudio se plantea el empleo de un polvo obtenido mediante secado y triturado de piel de mandarina, como ingrediente funcional y sostenible, en la formulación de mermelada de fresa en diferentes proporciones (0, 2,5 y 5 g/100 g de fruta), con el fin de evaluar el efecto del polvo y del tiempo de almacenamiento (1 mes a temperatura ambiente y 3 semanas de envejecimiento acelerado a 37 °C), sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y funcionales de las mermeladas.

Los productos obtenidos presentaron unos valores de pH y Brix dentro de los límites establecidos por el Real Decreto 670/90 para mermeladas de frutas. Por otro lado, no se evidenciaron diferencias notables en las propiedades fisicoquímicas básicas (pH, Brix, a_w , x_w) con respecto a la adición del polvo, constatándose pequeñas diferencias durante el almacenamiento. En relación a las propiedades antioxidantes, los resultados mostraron una mejora del contenido en fenoles y flavonoides con la adición de polvo y tras un mes de almacenamiento, evidenciándose que el polvo aporta este tipo de compuestos a la muestra y que pueden existir reacciones o sinergias que aumentan su valor durante el almacenamiento. Sin embargo, se observó un descenso significativo tras el envejecimiento acelerado, posiblemente debido a la sensibilidad térmica de algunos de estos compuestos. La capacidad antioxidante se comportó de forma similar con respecto al tiempo de almacenamiento, pero no se evidenció una mejora de la misma en relación a la adición de polvo. Con respecto a las propiedades ópticas y mecánicas de las mermeladas obtenidas, se constataron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras, siendo éstas más notables con el tiempo de almacenamiento. Los resultados sugieren que las partículas de polvo de piel de mandarina se hidratan a lo largo del almacenamiento debido a su contenido en fibra influyendo de forma definitiva en el color de las muestras, y que el tiempo contribuye a la formación de un gel más firme. Con respecto a los análisis microbiológicos, se comprobó que la adición de polvo de piel de mandarina limita el crecimiento microbiano para las mermeladas sometidas a un envejecimiento acelerado, confirmando el efecto conservante del polvo.

Como conclusión general de trabajo se extrae que el polvo de piel de mandarina puede emplearse para formular alimentos con el fin de mejorar su estabilidad microbiológica, pudiendo también contribuir a mejorar las

propiedades nutricionales del producto final. Finalmente, el uso del polvo de piel de mandarina como conservante podría presentar un interés mayor en la fabricación de mermeladas o untables procesados a bajas temperaturas o con un menor contenido de azúcares, ya que se trataría de productos más susceptibles al desarrollo de microorganismos no deseados.

Palabras clave: polvos de frutas, aprovechamiento de residuos, mermelada, ingrediente funcional, antioxidantes, mandarina.

ABSTRACT

The food industry generates a large volume of waste with a high content of bioactive compounds, which could be used to obtain products with added value, and reintroduced into the food chain. Specifically in this study, the use of a powder obtained by drying and crushing mandarin peel, in the formulation of strawberry jam in different proportions (0, 2.5 and 5 g / 100 g of fruit), is proposed. In order to evaluate the effect of dust and storage time (1 month at room temperature and 3 weeks of accelerated aging at 37 ° C) on the main physicochemical, microbiological and functional properties of jams. All the products obtained presented pH and Brix values within the limits established by Royal Decree 670/90 for fruit marmalades. On the other hand, no noticeable differences were observed in the basic physicochemical properties (pH, Brix, aw, xw) with respect to the addition of the powder, with small differences being observed during storage. In relation to physicochemical properties, the results showed an improvement in the content of phenols and flavonoids with the addition of powder and after one month of storage, evidencing that the powder contributes this type of compounds to the sample and that there may be reactions or synergies that increase their value. However, a significant decrease was observed after accelerated aging, probably due to the thermal sensitivity of some of these compounds. The antioxidant capacity behaved in a similar way with respect to the storage time, but there was no evidence of improvement in relation to the addition of powder. With regard to the optical and mechanical properties of the marmalades obtained, statistically significant differences were found between the samples, these being more notable with the storage time. The results suggest that tangerine skin powder particles are hydrated throughout storage, probably due to their fiber content, definitively influencing the color of the samples, and that the time contributes to the formation of a gel more firm. With respect to microbiological analyzes, the addition of mandarin skin powder limited microbial growth in jams subjected to accelerated aging, confirming the preservative effect of the powder.

As a general conclusion it is extracted that the mandarin skin powder can be used as a food ingredient so as to its microbiological stability, and it can also contribute to improve the nutritional properties. While it is true, the second effect has not been so obvious in strawberry jam due to the richness in antioxidant compounds naturally present in this fruit. Finally, the use of tangerine skin powder as a preservative could present a greater interest in the manufacture of jams or spreads processed at low temperatures or with a lower content of sugars, since these are more susceptible to microorganism growth.

Keywords: fruit powder, waste valorization, jam, functional ingredients, antioxidants, mandarin.

INTRODUCCIÓN

Aproximadamente un tercio de las partes comestibles de los alimentos producidos para el consumo humano se pierde, lo que representa alrededor de 1.300 millones de toneladas al año. Se conoce que la industria alimentaria es responsable del 40% de los residuos generados (Mirabella et al., 2014), los cuales pueden ser aprovechados de diversas maneras. Según la FAO, en Europa las industrias relacionadas con las raíces y tubérculos son las que representan el mayor porcentaje de residuos con un 15% en la etapa de procesamiento y envasado, seguida de las industrias cárnica con un 5%, industrias de frutas y hortalizas con un 2% y finalmente la industria láctea con un porcentaje del 1% (FAO, 2012).

La búsqueda de compuestos naturales como agentes beneficiosos para la salud, así como el interés social por la conservación del medio ambiente están promoviendo a la utilización de residuos agroindustriales, entre ellos la cáscara de cítricos debido a su contenido en antioxidantes, flavonoides, proteínas, mejorando la calidad nutricional de los productos (Calderón, 2014). Por lo que es importante mencionar que los residuos procedentes de frutas son una fuente importante de antioxidantes los cuales actúan como defensa para prevenir efectos desfavorables sobre las funciones fisiológicas del organismo del ser humano eliminando o neutralizando los radicales libres y evitando posibles problemas respiratorios, envejecimiento celular, inflamaciones, diabetes y problemas cardiacos. Las frutas son alimentos con un alto contenido de agua, bajo valor calórico y bajo contenido en grasa; constituyendo una fuente natural de vitaminas y fibra dietética (De Paula *et al*, 2010).

De acuerdo con la FAO, España es el principal exportador de cítricos en el mundo, reservando más de la mitad de su producción a la exportación. La Comunidad Valenciana produce mayoritariamente mandarinas y naranjas con un 50% y 45% de la producción total de cítricos, respectivamente (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, 2018). Uno de los frutos cítricos de mayor consumo en el mundo es la mandarina, por su sabor dulce, su fácil pelado y sobre todo por su elevado valor nutricional (Gutiérrez y Pascual, 2016). España ocupa la segunda posición mundial en cuanto a producción de mandarina, con 2.510.000 toneladas al año; siendo la Comunidad Valenciana la principal productora de esta fruta, con un aproximado de 1.700.000 toneladas anuales (FAO, 2012). Esta fruta aporta un alto contenido de ácido fólico (en comparación al resto de cítricos), vitamina que dentro del organismo favorece a la producción de glóbulos rojos y blancos; además la mandarina contiene flavonoides entre los cuales se destacan la hesperidina, neohesperidina, nobiletina y tangeretina (Peterson *et al*, 2016). Con respecto a la hesperidina (flavanona), varios estudios realizados en animales aseguran que posee efectos antiinflamatorios, diuréticos, analgésicos y antihipertensivos. En cuanto a la tangeretina y nobiletina, algunos estudios han revelado que podrían tener un papel protector en el desarrollo del cáncer. No todos los nutrientes que contiene la mandarina se encuentran en la parte comestible, también están presentes en la piel y en las semillas. En particular la piel es fuente de fibra y compuestos antioxidantes tales como la

criptoxantina (caroteno), que transforma la vitamina A en el organismo y disminuye el desarrollo de enfermedades cardiovasculares. La mayor parte de la tangeretina y nobiletina se concentra en la piel de esta fruta, es por ellos que la utilización de este subproducto presenta ventajas no solo a nivel medioambiental sino también a nivel nutricional (Sahin y Sumnu, 2009).

Existe un creciente interés en la fabricación de polvos de frutas, debido fundamentalmente a su riqueza en compuestos bioactivos, así como a su versatilidad (García, 2016). En este sentido, los polvos obtenidos a partir de bagazos o piel de frutas presentan la doble ventaja de contribuir a la sostenibilidad de los procesos alimentarios y de proporcionar un ingrediente de valor añadido, que podría ser reincorporado con éxito a la cadena alimentaria (Rodríguez, 2011).

Así pues, la fabricación de polvos a partir de pieles y bagazos de frutas es un tema de creciente interés. Se trata de ingredientes con una elevada estabilidad física, química y microbiológica, que pueden utilizarse como ingrediente funcional en alimentos o incluso directamente como aliño o aderezo. El presente trabajo se ha desarrollado en el marco del proyecto AICO/2017/049 (Desarrollo tecnológico del proceso de obtención de polvos para uso alimentario y con propiedades funcionales a partir de subproductos de mandarina, caqui y arándano) que tiene como finalidad de obtener polvos de uso alimentario y valorar sus aplicaciones. En estudios previos, se han determinado las condiciones óptimas de secado y molienda para obtener polvos de piel de mandarina, y se han analizado las propiedades del polvo habiendo resultado un polvo con un elevado contenido en fibra y con posible efecto antimicrobiano debido a su contenido en antioxidantes y aceites esenciales (Sáez, 2017).

Por todo lo anterior, el objetivo que plantea el presente trabajo es la utilización de polvo de piel de mandarina como ingrediente **sostenible** y **funcional** con efecto conservante, con el fin de mejorar las propiedades funcionales antioxidantes y mantener la estabilidad física, química y microbiológica de mermelada de fresa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Materias primas

Para el desarrollo de este estudio se utilizó como materia prima la fresa, elegida por sus características nutricionales y porque es una de las frutas más consumidas en forma de mermelada. Su adquisición fue en un supermercado local el mismo día de la elaboración de las muestras. Tras una selección visual por color, tamaño y ausencia de daños físicos, fueron desprovistas del pedículo y los sépalos, lavadas con agua y cortadas en cuartos para un triturado más homogéneo. Se escogió como endulzante al azúcar blanco, debido a que es el más utilizado en la fabricación de mermeladas. Las fresas se añadieron a la formulación en una relación 1:1 (g azúcar: g fruta fresca). Como ingrediente para mejorar las propiedades antioxidantes de la mermelada y retrasar la proliferación de microorganismos responsables de

deterioro, se decidió utilizar polvo de piel de mandarina, el cual se obtuvo en el laboratorio a partir de las pieles de mandarina suministradas por una empresa dedicada a la fabricación de gajos de satsuma en conserva.

Luego de ser descongeladas y lavadas con agua jabonosa para eliminar suciedad y residuos de plaguicidas que pudiesen quedar adheridos a la superficie (Coronado y Hilario, 2001), las pieles fueron sometidas a un proceso de secado a una temperatura de 70 °C, alcanzando una actividad del agua inferior a 0,25. Finalmente, la piel seca obtenida se trituró con ayuda del procesador de alimentos Thermomix Vorwerk hasta obtener un polvo fino. Para evaluar el efecto de la adición del polvo de piel de mandarina se emplearon concentraciones de 0%, 2,5% y 5% de polvo las formulaciones, g polvo/100 g de fruta fresca. Para la selección de las cantidades de polvo añadir, se realizó un estudio preliminar en el que se evaluaron los grados Brix, a_w y apariencia de mermeladas de fresa a las que se añadieron cantidades de polvo entre 0 y 10 g/100 gramos de fruta. Los resultados preliminares obtenidos sugirieron que concentraciones superiores al 5% provocaban en las mermeladas de fresa cambios de color que podrían reducir significativamente su aceptabilidad, así como una textura granulosa. Por este motivo, se decidió fijar los niveles de esta variable en 0, 2,5 y 5%.

Por último, los ensayos preliminares sirvieron para seleccionar la cantidad de pectina adicionada a la formulación, resultando finalmente en 3 g de pectina de manzana por cada 100 g de fresa fresca. Se utilizó pectina de manzana porque es una de las pectinas comerciales de mayor calidad con una óptima capacidad de gelificación y con un adecuado aporte de consistencia firme y gelatinosa.

Proceso de elaboración de las mermeladas

Como primer paso para la elaboración de las mermeladas se separó la parte comestible del pedúnculo y se troceó la fruta manualmente según su grado de madurez y estado sanitario. A continuación, estas fueron lavadas y colocadas en el procesador de alimentos Thermomix Vorwerk. Se trituró la fruta a velocidad 5 durante 25 segundos y se mezcló con el resto de los ingredientes procesados a 100 °C durante 20 minutos a velocidad 2, con el cubilete perforado para la evaporación parcial del agua. Por último, la mermelada caliente se vertió en botes de vidrio estériles, que se invirtieron para garantizar la esterilidad del envasado. Con el fin de estudiar la estabilidad de las mermeladas, las muestras obtenidas se analizaron a las 24 horas y tras 1 mes de almacenamiento a temperatura ambiente y en oscuridad. Del mismo modo, con el fin de prolongar el estudio de estabilidad hasta los 6 meses, se decidió emplear un método de envejecimiento acelerado (EA), resultado de colocar las muestras en una estufa a 37 °C durante 3 semanas para simular un almacenamiento equivalente a 6 meses (Castro, 2012).

Determinaciones analíticas

Las muestras de mermelada se analizaron tanto a nivel microbiológico como fisicoquímico (humedad, °Brix, pH, actividad del agua, color, textura,

fenoles totales, flavonoides totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante por los métodos DPPH y ABTS) a los tres tiempos definidos (24 horas, 1 mes, EA equivalente a 6 meses). También se evaluó la carga microbiana y las propiedades antioxidantes de los polvos de piel de mandarina y del triturado de fresa empleados en la elaboración de las mermeladas.

ACTIVIDAD DEL AGUA (a_w)

La actividad del agua se determinó con ayuda de un higrómetro de punto de rocío (Aqualab 4TE; Decagon devices Inc., Pullman WA, USA), con una precisión de $\pm 0,003$, previamente calibrado con una disolución saturada de referencia (acetato de potasio) a una temperatura de 25 °C.

SÓLIDOS SOLUBLES (°Brix)

El contenido en sólidos solubles presentes en las muestras se determinó por refractometría, empleando un refractómetro de mesa termostatado a 20 °C (ABBE ATAGO, 3-T, Japón), para la obtención de los grados Brix.

PH

El pH se midió a temperatura ambiente directamente sobre la muestra mediante la utilización de un pH-metro (SEVEN EASY, METTLER TOLEDO), previamente calibrado con soluciones tampón a pH 4 y 7.

HUMEDAD (x_w)

Se determinó la humedad de las muestras según el método establecido en la norma AOAC 20.103 (1980). Las muestras fueron colocadas en recipientes y trasladadas a una estufa de vacío a 60 °C y 133 mbar durante 7 días. A partir de la pérdida de peso experimentada durante su secado se calculó el contenido en agua mediante la siguiente ecuación (Ecuación 1):

$$x_w = \frac{(M1 - M2)}{(M1 - M0)} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

M0: peso del recipiente vacío (g)

M1: peso del recipiente y la muestra antes de su secado en estufa (g)

M2: peso del recipiente y la muestra tras su secado en estufa (g)

PROPIEDADES MECÁNICAS

Para analizar las propiedades mecánicas de las mermeladas se aplicó un ensayo de retro-extrusión con el analizador de textura ANAME (Texture Analyser TA-XT2). El cual consistió en avanzar un émbolo de base plana de 35 mm de diámetro y a una velocidad de 1 mm/s sobre una cantidad de muestra conocida comprimiéndola a lo largo de 15 mm. Finalmente se obtuvieron las curvas fuerza vs. tiempo típicas de un ensayo de retro-

extrusión, dichas curvas permitieron calcular los parámetros: fuerza máxima y adhesividad o relación entre la consistencia y la viscosidad del producto (relacionada con el área bajo la curva en el tramo de fuerzas positivas y negativas) (Cervera, 2015).

PROPIEDADES ÓPTICAS

Para determinar las propiedades ópticas de las muestras de mermelada y del triturado de fresa, se midió el color utilizando un espectrocromómetro (MINOLTA, mod CM-3600d). Las coordenadas del espacio de color CIEL*a*b* se consiguieron por reflectancia a partir del espectro de absorción proporcionado por el equipo entre 380 y 770 nm con el sistema de referencia: iluminante D65 y observador 10°. Las medidas se realizaron por triplicado sobre fondo negro, colocando cada muestra en una cubeta de plástico transparente de 20 mm de espesor y 50 mL de capacidad (Cervera, 2015).

Propiedades antioxidantes

Para evaluar las propiedades antioxidantes se obtuvieron las muestras de mermelada en proporción 2:10 (m/v) empleando como disolvente metanol/agua 80/20 (v/v), centrifugándose posteriormente a 10000 rpm durante 5 minutos a 4 °C, con el fin de extraer los compuestos antioxidantes presentes en las muestras.

FENOLES TOTALES

Para medir el contenido en fenoles totales se utilizó el método espectrofotométrico del reactivo Folin - Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1999). Se añadió a una cubeta de espectrofotómetro 0,125 mL del sobrenadante junto con 0,5 mL de agua bidestilada y 0,125 mL del reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich). Después de 6 minutos en oscuridad se paró la reacción añadiendo 1,25 mL de Na₂CO₃ al 7% en agua bidestilada y 1 mL de agua bidestilada (para completar los 3 mL de capacidad de la cubeta). Tras 90 minutos en oscuridad, se midió la absorbancia a 760 nm con un espectrofotómetro Helios Zeta UV/Vis Thermo scientific. Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo (mg EAG/g), para lo que fue necesario obtener la recta de calibrado en el intervalo de concentraciones comprendido entre 0 y 400 ppm.

FLAVONOIDES TOTALES

Para medir el contenido en flavonoides totales se utilizó el método colorimétrico modificado de cloruro de aluminio (Luximon-Ramma et al., 2005). A continuación, se añadió a una cubeta de espectrofotómetro 1,5 mL del sobrenadante junto con 1,5 mL de una disolución de AlCl₃·3H₂O al 2% en metanol. Tras su reacción de 90 minutos en la oscuridad se midió la absorbancia a 337 nm con un espectrofotómetro Helios Zeta UV/Vis Thermo scientific. Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de

quercetina por gramo (mg EQ/g), por lo que fue necesario realizar la recta de calibrado en el intervalo de concentraciones comprendido entre 0 y 300 ppm.

ANTOCIANINAS TOTALES

El contenido de antocianinas totales (TA) se determinó mediante el método espectrofotométrico propuesto por Meyers et al. (2003). El extracto obtenido por el procedimiento descrito anteriormente se añadió a una cubeta de espectrofotómetro 0,3 ml de extracto y 2,7 de disolución, tanto para igualarlo con cloruro potasio 0,025M a pH 1 como con acetato de sodio 0,4 M a pH 4,5. La absorbancia se midió para cada solución a 510 y 700 nm por medio de la utilización de un espectrofotómetro. El contenido en antocianinas se calculó a partir de la siguiente ecuación (Ecuación 2). Los resultados obtenidos en la determinación de las antocianinas totales se expresan en mg antocianinas/Kg de muestra.

$$TA = [(A_{510} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH4.5}] \times PM \times DF \times 1000 / \epsilon \times L \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

A: absorbancia medida en el espectrofotómetro (nm)

PM: peso molecular de la pelargonidina-3-glucósido (433 g/mol)

DF: factor de dilución

ϵ : coeficiente de extinción (22400 L/mol x cm)

L: longitud de la cubeta en cm (1 cm)

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La capacidad antioxidante se determinó por medio de dos métodos: el método del radical libre 2,2-Difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), reportado por Brand-Williams et al. (1995), y el método de decoloración del ácido 2,2'-azinobis-3. etilbenzotiazoline-6-sulfónico (ABTS), reportado por Re et al., 1999. Para desarrollar el método DPPH se mezclaron en una cubeta de espectrofotómetro 100 μ L de extracto y 2,9 mL de una disolución 0,06 mM de DPPH en metanol. Tras 120 minutos de reacción y se midió la absorbancia a 515 nm en un espectrofotómetro Helios Zeta UV/Vis Thermo scientific. A partir de los resultados obtenidos tras 120 minutos de reacción, se obtuvo el porcentaje de inhibición mediante la ecuación 3. Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de Trólox por gramo (mg de Trólox/g), para lo cual fue necesario calcular el porcentaje de inhibición del DPPH relación a la concentración de trólox en el intervalo de concentraciones comprendido entre 0 y 225 ppm.

$$\%I = \frac{Abs_m - Abs_0}{Abs_0} \times 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

%I: porcentaje de inhibición del DPPH

Abs_m: absorbancia de la muestra

Abs₀: absorbancia del blanco

Para el método del radical ABTS se añadieron 90 µL de extracto a 2,91 mL de una disolución 7 mM de ABTS y 2,45 mM de persulfato potásico, a la que se añadió tampón fosfato hasta conseguir una absorbancia de 0,7 a 734 nm. La mezcla se dejó reaccionar durante 30 minutos en oscuridad y se midió la absorbancia a 734 nm con un espectrofotómetro Helios Zeta UV/Vis Thermo scientific. Finalmente se preparó un blanco que contenía 90 µL de agua destilada en lugar de la muestra. Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de Trólox por gramo (mg ET/g), para lo que fue necesario obtener la recta de calibrado en el intervalo comprendido entre 0 y 1000 µM de concentración final en tampón fosfato.

Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos se realizaron con el fin de comprobar la capacidad antimicrobiana del polvo de piel de mandarina y determinar la vida útil del producto final. Se realizó el recuento de *Aerobios Mesófilos*, *Mohos* y *Levaduras*, utilizando una adaptación del método de análisis microbiológico para alimentos y aguas (Pascual y Calderón, 2000). Inicialmente se preparó agua de peptona, medios de cultivo (Plate Count Agar para *Aerobios Mesófilos* y Sabouraud Agar para *Mohos* y *Levaduras*), los cuales fueron diluidos en agua destilada, según las instrucciones del fabricante (Scharlau Microbiology) y tubos de ensayo de vidrio con 9 mL de agua de peptona para posteriormente proceder a la siembra en placa. Después de la preparación todo el material se esterilizó en un autoclave a 121 °C durante 2 horas. Se preparó la primera dilución 10^{-1} en una bolsa de Stomacher, en donde se añadieron 2 g de muestra y 18 mL de agua de peptona y se homogenizó la mezcla durante 1 minuto. A partir de esta dilución madre, se prepararon las diluciones 10^{-2} y 10^{-3} . Para la siembra en superficie se colocaron 0,1 mL de cada dilución en placas estériles que contenían el medio de cultivo ya solidificado. Después de este proceso se incubaron en una estufa a 30 °C durante 72 horas para *Aerobios Mesófilos* y de 3 a 5 días para *Mohos* y *Levaduras*. Finalmente se realizó el recuento del número de unidades formadoras de colonias (UFC) en aquellas placas que presentaron entre 30 y 300 UFC, en el caso de los *Aerobios Mesófilos*, y entre 0 y 30, para *Mohos* y *Levaduras*. Estos resultados se multiplicaron por el factor de dilución, de forma que el número total de colonias se expresó en UFC/g.

Análisis Estadístico de Resultados.

Se utilizó el programa Statgraphics® Centurion XV (StatPoint Technologies Inc., USA) para realizar los análisis de la varianza (ANOVA) de los resultados obtenidos. Se analizó ANOVA multifactorial para valorar el efecto de los factores porcentaje de polvo y tiempo de almacenamiento, así como la interacción entre ambos, y ANOVA simples para realizar el contraste múltiple de rango entre las medias de cada combinación de variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las materias primas

A continuación, se muestran los resultados de los análisis realizados a las materias primas utilizadas para la elaboración de las mermeladas. En la siguiente tabla, se presentan los resultados correspondientes a las propiedades antioxidantes. Los resultados obtenidos para el triturado de fresa están en la línea de los publicados por otros autores (Chordi, 2013), mientras que los valores obtenidos para el polvo tienen un mayor contenido en compuestos antioxidantes en comparación con otros estudios (Sáez, 2018), probablemente debido a que se trata de un producto concentrado por deshidratación.

Tabla 1. Propiedades Antioxidantes del triturado de fresa y polvo de piel de mandarina utilizados como ingredientes para la elaboración de las mermeladas. EAG: Equivalentes de ácido gálico; EQ: Equivalentes de quercetina; ET: Equivalentes de Trólox.

Análisis / Muestra	Triturado de Fresa	Polvo de piel de mandarina
Fenoles Totales (mg EAG/g)	1,14 ± 0,08	1,23 ± 0,05
Flavonoides Totales (mg EQ/g)	0,602 ± 0,013	2,13 ± 0,07
Cap. Antioxidante DPPH (mg ET/g)	0,38 ± 0,06	0,61 ± 0,02
Cap. Antioxidante ABTS (mg ET/g)	0,9 ± 0,2	1,32 ± 0,04
Antocianinas (mg antocianinas/g)	0,27 ± 0,03	-

En la Tabla 2 se muestran los resultados microbiológicos de los análisis realizados a las materias primas. Todos los valores obtenidos tanto para Aerobios Mesófilos como para Mohos y Levaduras se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecido por la Norma Sanitaria de Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo humano (2003), para frutas, hortalizas, frutos secos y similares. Estas determinaciones microbiológicas se realizaron como una medida de control de la calidad de las materias primas empleadas para la elaboración de las mermeladas.

Tabla 2. Análisis Microbiológico del triturado de fresa y polvo de piel de mandarina utilizados como ingredientes para la elaboración de las mermeladas

Muestra	Aerobios mesófilos (UFC/g)	Mohos y Levaduras (UFC/g)
Triturado de Fresa	< 10 ³	< 10 ³
Polvo de piel de mandarina	< 10 ³	< 10 ³

Caracterización de las mermeladas

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

En la Tabla 3 se muestra los resultados correspondientes a grados Brix, pH, actividad del agua y humedad de las mermeladas formuladas. Es importante mencionar que los valores obtenidos en el análisis de las características fisicoquímicas se encuentran dentro de los parámetros establecidos en el Real Decreto 670/90 de España, para mermeladas en el que se detalla que los valores de pH deben estar entre 3,2 y 4 y el contenido de materia seca soluble, determinado por refractometría, debe ser igual o superior al 40% e inferior al 60%.

Los valores obtenidos para los °Brix no varían en función de la concentración de polvo ni del tiempo de almacenamiento lo cual quedó comprobado con el análisis estadístico que reveló que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) en cuanto a esta variable. Con respecto al pH de las muestras, se constató que se trata de muestras ácidas, lo cual, junto con la elevada concentración de azúcares, limitaría el crecimiento microbiano, asegurando una buena estabilidad de las mermeladas obtenidas (Sapper *et al*, 2015). El análisis estadístico indicó diferencias estadísticamente significativas entre las muestras, constatándose un ligero aumento del pH con la adición de polvo, que podría ser consecuencia de la degradación de los ácidos presentes principalmente en la fresa (Vera, 2012). Por otro lado, el incremento del pH asociado al tiempo de almacenamiento, podría relacionarse con la formación de un gel más firme, de manera que los compuestos ácidos estarían menos solubles o disponibles para su determinación analítica, o también a una mayor degradación de los ácidos orgánicos. Los valores obtenidos están en línea con los publicados por otros autores (Mendoza, 2007).

En cuanto a la actividad del agua (a_w), se observó un ligero descenso en función del tiempo de almacenamiento y la cantidad de polvo de piel de mandarina, lo cual se comprueba estadísticamente ($p < 0.05$). Este resultado podría deberse a que al contenido en fibra del polvo de mandarina y sus propiedades de interacción con el agua (Mosquera *et al*, 2010). La fibra presente en las partículas de polvo se hidrataría progresivamente, parte de las moléculas de agua presentes en las mermeladas, y ser este efecto más notable conforme aumenta el tiempo de almacenamiento, provocando un ligero descenso de la a_w . Con respecto a los valores de humedad, las diferencias observadas para esta variable estarían más asociadas a la variabilidad generada por el muestreo, el procesado o la sensibilidad del método analítico empleado.

Cabe destacar que, aunque las diferencias resultan estadísticamente significativas en algunos casos, los valores obtenidos demuestran que ni el tiempo de almacenamiento ni la adición de polvo de piel de mandarina modifican notablemente las características fisicoquímicas de las mermeladas con respecto a la mermelada de referencia.

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 2,5 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses).

Tiempo	%Polvo	°Brix	pH	a _w	Humedad (kg _w /kg _{total})
24 h	0%	58 ± 2 ^a	3,35 ± 0,02 ^a	0,889 ± 0,012 ^g	0,40 ± 0,02 ^d
	2,5%	58,0 ± 1,0 ^a	3,400 ± 0,015 ^b	0,887 ± 0,003 ^g	0,39 ± 0,02 ^d
	5%	60 ± 3 ^a	3,450 ± 0,015 ^c	0,88 ± 0,02 ^g	0,39 ± 0,03 ^d
1 mes	0%	58,7 ± 0,6 ^a	3,32 ± 0,03 ^a	0,880 ± 0,003 ^h	0,370 ± 0,007 ^e
	2,5%	59,0 ± 1,0 ^a	3,49 ± 0,02 ^e	0,881 ± 0,006 ^h	0,367 ± 0,008 ^e
	5%	60 ± 2 ^a	3,547 ± 0,015 ^f	0,89 ± 0,02 ^h	0,38 ± 0,03 ^e
EA	0%	56,33 ± 0,10 ^a	3,43 ± 0,05 ^g	0,879 ± 0,006 ^f	0,388 ± 0,010 ^f
	2,5%	57,67 ± 0,10 ^a	3,510 ± 0,010 ^e	0,8772 ± 0,0015 ^f	0,409 ± 0,010 ^f
	5%	59,33 ± 0,10 ^a	3,550 ± 0,010 ^f	0,868 ± 0,009 ⁱ	0,404 ± 0,019 ^f

a,b,c...Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%

PROPIEDADES ÓPTICAS

En la Tabla 4 se muestran los valores de las coordenadas cromáticas L*, a*, b* y C*, así como la diferencia de color (ΔE) calculada con respecto a la mermelada elaborada sin polvo de piel de mandarina y analizada tras 24 horas (mermelada control). Como se puede observar, la luminosidad (L*) de las mermeladas recién elaboradas (24 h) apenas varió con la concentración de polvo de piel de mandarina. Sin embargo, durante el almacenamiento las mermeladas experimentaron un oscurecimiento significativo (descenso en la coordenada L*), lo que se comprobó con los resultados estadísticos que apreciaban diferencias significativas ($p < 0.05$), el cual resultó especialmente acusado en las muestras que incluían mayor cantidad de polvo de piel de mandarina en su formulación. La coordenada b*, que presentó valores más elevados en las muestras formuladas con mayor cantidad de polvo de piel de mandarina, también disminuyó significativamente con el tiempo de almacenamiento. La coordenada a*, aunque también disminuyó ligeramente con el tiempo de almacenamiento, se vio principalmente afectada por la intensa coloración anaranjada del polvo de piel de mandarina, aumentando la concentración del mismo en la mermelada, lo que se pudo comprobar mediante el análisis estadístico que reveló diferencias significativas ($p < 0.05$). Estos cambios en las coordenadas cromáticas a* y b* sugieren que al aumentar la concentración de polvo de piel de mandarina el color de la mermelada evoluciona hacia tonos más anaranjados, pero con el tiempo de almacenamiento el color evoluciona hacia tonos más pardos (Telis y Martínez, 2010).

Con respecto a la diferencia de color (ΔE), calculada con respecto a la mermelada de referencia (0% de polvo, 24 horas), se observa en todos los casos un aumento significativo con la concentración de polvo, pero solo en las mermeladas formuladas con polvo se observa un aumento significativo con el tiempo de almacenamiento. Algo similar sucede con los valores de croma, lo que confirmaría la hipótesis anteriormente mencionada, según la cual, la hidratación de las partículas del polvo de piel de mandarina, debido a la

capacidad de retención de agua de la fibra contenida en éste, produce cambios importantes en el color de las mermeladas. El color anaranjado que presentan las muestras con mayor contenido en polvo de piel de mandarina tiende hacia colores más puros (mayor croma) debido a que la hidratación de las partículas del polvo tendría como consecuencia un mayor volumen relativo ocupado por éstas, los cambios con respecto a estas variables fueron corroborados con los análisis estadísticos que arrojaron diferencias significativas ($p < 0.05$).

Tabla 4. Análisis de las Propiedades Ópticas de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 25 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses).

Tiempo	% Polvo	L*	a*	b*	ΔE	C*
24 horas	0%	23,97 \pm 0,13 ^a	11,9 \pm 0,3 ^a	26,77 \pm 0,13 ^a	-	26,4 \pm 0,6 ^a
	2,5%	23,6 \pm 0,7 ^b	13,4 \pm 1,0 ^a	27,29 \pm 1,12 ^b	2 \pm 2 ^a	29,66 \pm 1,12 ^b
	5%	24,3 \pm 0,4 ^c	16,0 \pm 0,9 ^g	29,1 \pm 0,8 ^c	12 \pm 6 ^a	33,40 \pm 1,15 ^c
1 mes	0%	18,8 \pm 0,4 ^d	8,6 \pm 0,5 ^d	20,6 \pm 0,6 ^d	0,3 \pm 0,2 ^b	24,6 \pm 0,8 ^d
	2,5%	18,3 \pm 0,5 ^e	11,2 \pm 0,3 ^g	21,4 \pm 0,4 ^e	3,9 \pm 0,8 ^e	31,4 \pm 1,3 ^e
	5%	17,22 \pm 0,14 ^f	14,12 \pm 0,19 ^g	22,26 \pm 0,12 ^f	17,7 \pm 0,7 ^h	39,4 \pm 0,4 ^f
EA	0%	16,4 \pm 0,4 ^g	8,80 \pm 0,14 ^d	18,6 \pm 0,2 ^g	0,03 \pm 0,02 ^c	28,2 \pm 0,5 ^g
	2,5%	16,1 \pm 0,7 ^h	12,5 \pm 0,5 ^d	20,4 \pm 0,8 ^h	9 \pm 3 ^f	37,8 \pm 0,2 ^h
	5%	14,1 \pm 0,2 ⁱ	16,00 \pm 0,13 ^d	21,33 \pm 0,15 ⁱ	32,3 \pm 0,9 ⁱ	48,6 \pm 0,5 ⁱ

a,b,c...Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%

PROPIEDADES MECÁNICAS

A continuación se analizan los resultados obtenidos a partir de los ensayos de retro-extrusión aplicados sobre las muestras de mermelada. En la figura 1 se muestran los valores de fuerza máxima, relacionados con la dureza de las muestras o con la fuerza necesaria para atravesarlas (Lui et al., 2007). Como se puede observar, la dureza de las mermeladas no experimentó cambios significativos debidos a la adición de polvo de piel mandarina ni por el almacenamiento durante 1 mes en oscuridad y a temperatura ambiente. Sin embargo, tras 3 semanas de almacenamiento a 37 °C (EA) las mermeladas se endurecieron de forma significativa (p -valor $< 0,05$), especialmente al aumentar desde 0 hasta 5 g/100 g de fruta la concentración de polvo de piel de mandarina. Se observan tendencias similares para los valores de consistencia (área positiva de la curva fuerza vs. tiempo) y adhesividad (área negativa de la curva fuerza vs. tiempo), relacionados con la firmeza y la cohesividad o pegajosidad de las muestras de mermelada, respectivamente (Lui et al., 2007). De nuevo, el efecto de la adición de polvo de piel de mandarina sobre estos parámetros se hizo evidente tras el almacenamiento de las mermeladas en condiciones de envejecimiento acelerado. En concreto, las mermeladas con polvo de piel de mandarina se volvieron significativamente más consistentes y pegajosas, no observándose diferencias en función de la concentración de polvo empleada.

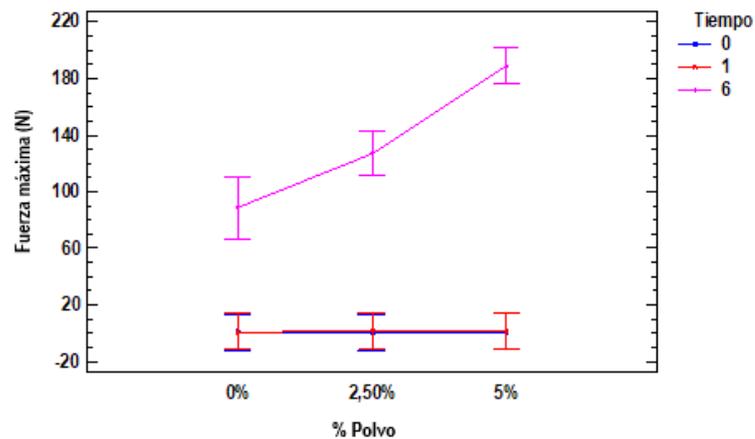


Figura 1. Fuerza Maxima (N) de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 2,5 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses). Gráfico de interacción.

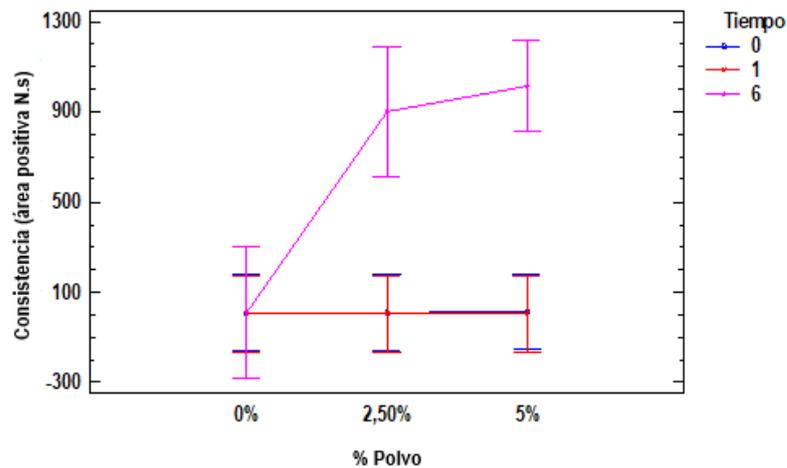


Figura 2. Consistencia, área positiva (N.s) de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 2,5 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses). Gráfico de interacción.

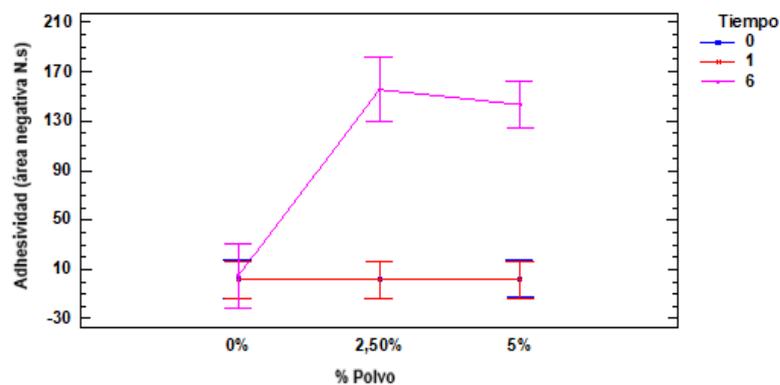


Figura 3. Adhesividad, área negativa (N.s) de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 2,5 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses). Gráfico de interacción.

Para poder explicar estos comportamientos hay que tener en cuenta que con el polvo de piel de mandarina se incorpora una gran cantidad de fibra a la formulación de la mermelada que, en condiciones de envejecimiento acelerado, absorbe parte del agua presente en el medio y origina un gel más firme y compacto (Agustí, 2011).

PROPIEDADES ANTIOXIDANTES

En las Figuras 4-8 se presentan los resultados correspondientes a propiedades antioxidantes de las mermeladas, según las determinaciones descritas en el apartado de material y métodos.

La adición de polvo de piel de mandarina provocó un ligero incremento del contenido en fenoles y flavonoides totales (figuras 4 y 5) probablemente por el aporte que éstos suponen con respecto a la formulación base. Con relación al tiempo de almacenamiento, resultando ambos factores estadísticamente significativos ($p < 0.05$). Los resultados obtenidos indicarían que la adición de polvo de piel de mandarina permite aumentar ligeramente el contenido en compuestos fenólicos de las mermeladas, aunque la mejora en las propiedades nutricionales de la mermelada de fresa es muy poco significativa, debido probablemente a que la fresa es una fruta especialmente rica en compuestos antioxidantes. Probablemente, el efecto de la adición de polvo sería más evidente en otro tipo de mermelada, obtenida con una fruta menos rica en compuestos antioxidantes.

Con respecto al tiempo de almacenamiento, es posible que se den reacciones o sinergias entre los componentes que aporta cada una de las materias primas, pudiendo existir cambios en la disponibilidad, conformación o contenido de los compuestos fenólicos presentes. No obstante, cabe recordar que los métodos espectrofotométricos de determinación de fenoles totales y flavonoides totales, aunque están muy generalizados, son poco específicos, pudiendo existir interferencias de distinta índole (azúcares, compuestos resultados de reacciones de Maillard, etc.) (Túquerres, 2005).

Por el contrario, el contenido en fenoles y flavonoides disminuye de forma acusada durante el envejecimiento acelerado lo que podría explicarse con la mayor temperatura empleada durante este almacenamiento, que podría conllevar a una degradación de los compuestos fenólicos presentes (Coronado et al., 2015).

En cuanto a los resultados de antocianinas (figura 6) se evidencia un aumento de las mismas con el tiempo de almacenamiento, siendo el porcentaje de polvo no significativo en este caso, lo cual era de esperar dado que las antocianinas están presentes en la fresa. La desviación de los valores promedio obtenidos no permite afirmar con seguridad que la disponibilidad de las antocianinas presentes aumente lo que, en cualquier caso, sería un resultado contrario al obtenido por otros autores (Wicklund et al., 2005), que reportan un descenso del contenido en antocianinas en mermelada de fresa durante su almacenamiento.

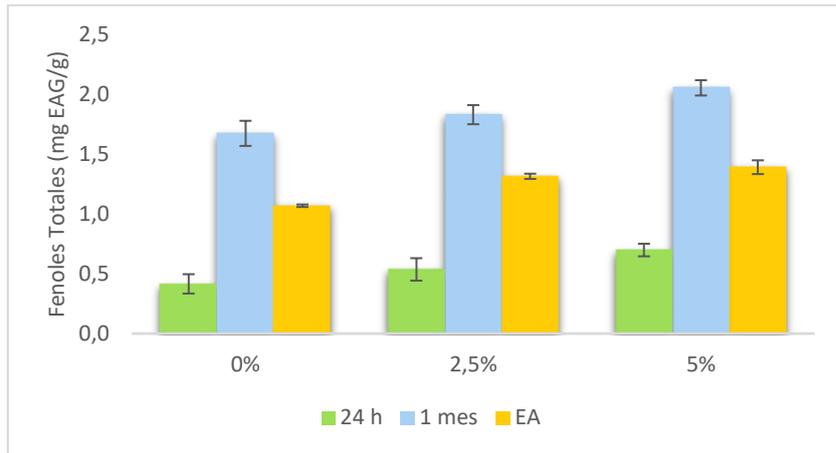


Figura 4. Fenoles totales (EAG: Equivalentes de ácido gálico), de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 2,5 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses).

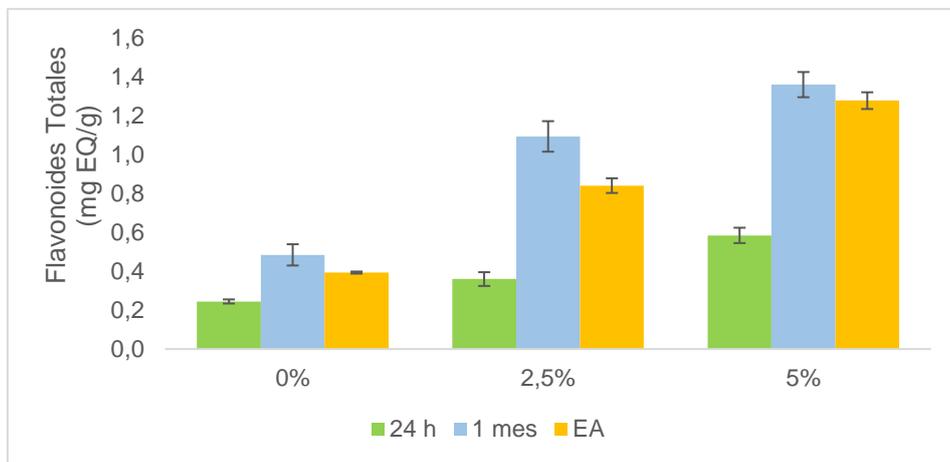


Figura 5. Flavonoides totales (EQ: Equivalentes de quercetina), de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 2,5 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses).

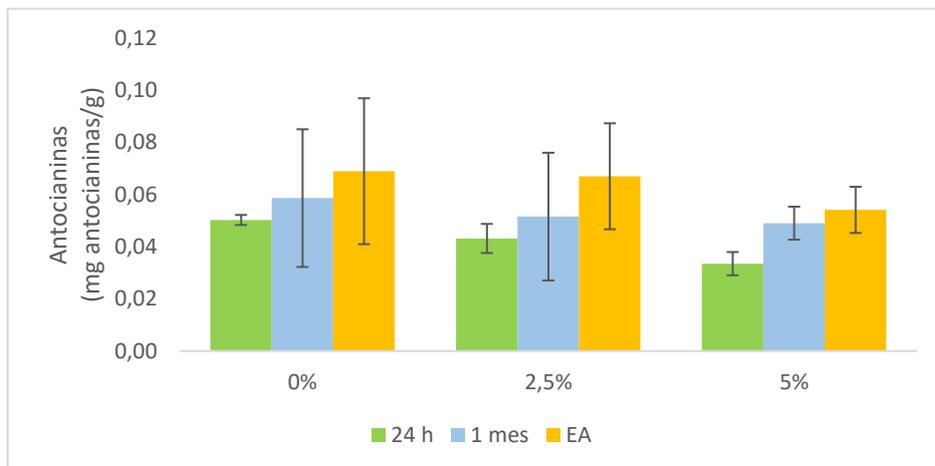


Figura 6. Contenido en antocianinas de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 2,5 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses).

Por lo que respecta a la capacidad antioxidante determinada por los métodos de ABTS y DPPH (figuras 7 y 8), ésta tiende a disminuir al incrementar la cantidad de polvo añadido, a pesar de que en los compuestos fenólicos analizados anteriormente ocurría lo contrario. Esta diferencia podría deberse a que la capacidad antioxidante de un alimento no depende únicamente de la suma de todos sus compuestos fenólicos (Torres, 2012). Otro factor importante podría ser consecuencia de la interacción entre los compuestos antioxidantes presentes en el polvo y en la mermelada de fresa, lo que puede producir efectos sinérgicos o antagónicos después del tiempo de almacenamiento y la adición de polvo (Tamayo, 2017). El análisis estadístico indica que las diferencias en cuanto la concentración de polvo son significativas ($p < 0.05$). Por otro lado, es importante mencionar que los antioxidantes del polvo de piel de mandarina podrían tener menor capacidad antioxidante y poseer mayor capacidad antifúngica o antimicrobiana (Argote et al., 2017). Por lo que respecta al tiempo de almacenamiento, la evolución que se observa es similar a la obtenida para el caso de fenoles y flavonoides, es decir, aumenta significativamente a las 24 horas y disminuye tras el proceso de envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses, consecuencia de la degradación o pérdida de los compuestos con capacidad antioxidante ($p < 0.05$).

Conviene mencionar que los valores obtenidos en los análisis después de la elaboración de las mermeladas disminuyen en relación a los obtenidos para el triturado de fresa y el polvo de piel de mandarina, lo cual podría deberse a que muchos compuestos antioxidantes son susceptibles de degradación por tratamientos térmicos (Coronado et al, 2015).

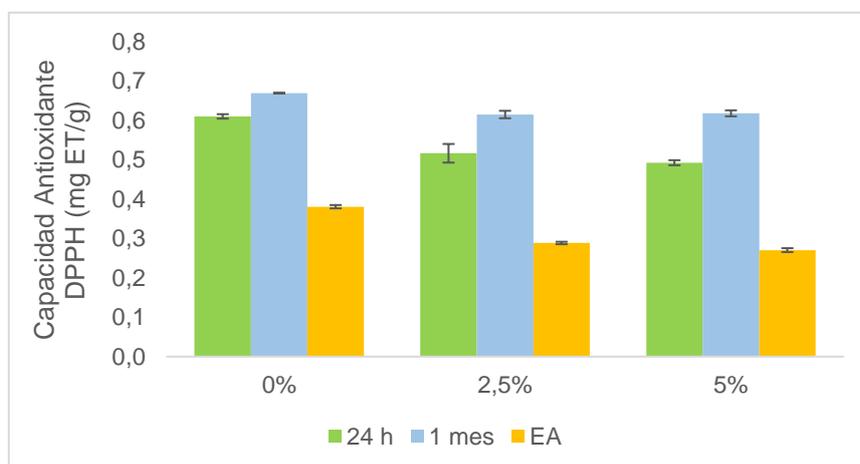


Figura 7. Capacidad Antioxidante DPPH (ET: Equivalentes de Trólox), de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 25 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses).

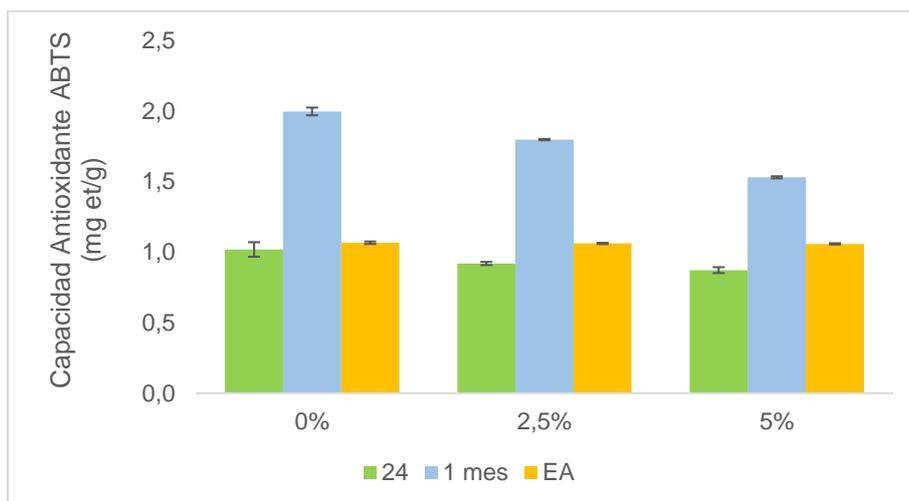


Figura 8. Capacidad Antioxidante ABTS (ET: Equivalentes de Trólox), de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 25 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses).

Análisis Microbiológico

Como se describe en el apartado de material y métodos, se evaluó el crecimiento microbiano en las mermeladas obtenidas con diferentes concentraciones de polvo de piel de mandarina y a tiempos de almacenamiento. Se tomó como referencia para estos análisis los límites establecidos por la Norma Sanitaria que Establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano, para Semiconservas de pH >4.6, ya que la legislación actual no determina parámetros microbiológicos para este tipo de productos. Tras la incubación y el recuento de UFC, se puede observar que los valores tanto para Aerobios Mesófilos como para Mohos y Levaduras después de 24 horas y 1 mes a diferentes concentraciones de polvo de piel de mandarina se encuentran dentro del límite máximo permisible (Tabla 5), esto se debe a que las muestras recibieron un tratamiento térmico antes de su envasado y almacenamiento manteniendo la estabilidad microbiológica del producto final.

No obstante, tras el envejecimiento acelerado que simula los 6 meses de almacenamiento las muestras, se evidenció un efecto de la presencia de polvo de piel de mandarina en las mermeladas. Las muestras con 0% y 2,5% de polvo presentaron valores superiores al límite máximo permisible en el caso de mohos y levaduras, mientras que las muestras con 5% se encontraron dentro de los límites, sugiriendo que el polvo adicionado podría haber actuado como conservante, confirmando la hipótesis de partida. Los compuestos fitoquímicos aportados por el polvo de piel de mandarina, tales como los aceites esenciales o compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Zhao et al., 2009), estarían actuando limitando el crecimiento microbiano.

Tabla 5. Recuento microbiano de aerobios mesófilos y mohos y levaduras (UFC/g) Microbiológico de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 2,5 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses).

Tiempo	% Polvo	Aerobios mesófilos (UFC/g)	Mohos y Levaduras (UFC/g)
24 horas	0%	$< 10^3$	$< 10^3$
	2,5%	$< 10^3$	$< 10^3$
	5%	$< 10^3$	$< 10^3$
1 mes	0%	$< 10^3$	$< 10^3$
	2,5%	$< 10^3$	$< 10^3$
	5%	$< 10^3$	$< 10^3$
EA	0%	$< 10^3$	$(1,8 \pm 0,2) \cdot 10^3$
	2,5%	$< 10^3$	$(1,0 \pm 0,2) \cdot 10^3$
	5%	$< 10^3$	$(0,03 \pm 0,14) \cdot 10^3$
Límite máximo permisible		1×10^3 ufc/g	1×10^3 ufc/g

CONCLUSIONES

Las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina y almacenadas en las condiciones expuestas en el presente trabajo no mostraron variaciones significativas con respecto a sus propiedades fisicoquímicas básicas (x_w , a_w , pH, Brix).

Con respecto a la actividad antioxidante, la adición de polvo de piel de mandarina permitió aumentar ligeramente el contenido en compuestos fenólicos de las mermeladas, aunque no se puede afirmar que exista una mejora significativa de las propiedades nutricionales de las mismas, debido probablemente a que la fresa es una fruta especialmente rica en compuestos antioxidantes. En general, tanto los compuestos antioxidantes analizados como la capacidad antioxidante evaluada aumentaron de forma significativa durante el primer mes de almacenamiento, sugiriendo que en este tiempo se desarrollan otros compuestos resultado de reacciones o sinergias entre las materias primas empleadas en la fabricación de las mermeladas. No obstante, el envejecimiento acelerado de las mermeladas provocó cambios muy significativos en todas las medidas relacionadas con la actividad antioxidante, actuando de forma negativa sobre estos compuestos.

Las propiedades ópticas y mecánicas de las mermeladas con un porcentaje de polvo de piel de mandarina presentaron cambios relevantes en comparación con las mermeladas sin este componente, principalmente durante el almacenamiento, por lo que sería conveniente realizar un estudio de aceptación de las mermeladas por parte del consumidor. Los análisis microbiológicos mostraron que el polvo de piel de mandarina posee efectos antimicrobianos, siendo un 5% la concentración más efectiva frente a mohos y levaduras en las condiciones de tiempo y temperatura estudiadas.

Como conclusión general de trabajo se extrae que el polvo de piel de mandarina podría emplearse para formular alimentos como aditivo conservante con el fin de mejorar su estabilidad microbiológica, pudiendo también contribuir a mejorar las propiedades nutricionales del producto final. No obstante, se requieren más estudios para confirmar esta hipótesis. Finalmente, el uso del polvo de piel de mandarina como conservante podría presentar un interés mayor en la fabricación de mermeladas o untables procesados a bajas temperaturas o con un menor contenido de azúcares, ya que se trataría de productos más susceptibles al desarrollo de microorganismos no deseados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Generalitat Valenciana por la financiación obtenida a través del proyecto AICO/2017/049 Desarrollo tecnológico del proceso de obtención de polvos para uso alimentario y con propiedades funcionales a partir de subproductos de mandarina, caqui y arándano.

REFERENCIAS

1. Argote, F.; Suarez, J.; Tobar, M.; Perez, A.; Hurtado, A. y Delgado, J. (2017). *Evaluation of the inhibitory capacity of essential oils in Staphylococcus aureus and Escherichia coli*. *Capacidade de avaliação inibitório de óleos essenciais em Staphylococcus aureus e Escherichia coli*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, pág. 52-60.
2. Agustí, R. (2011). *Influencia de los tratamientos térmicos en la elaboración de productos untables de tomate formulados con isomaltulosa-fructosa o sacarosa*. Universidad Politécnica de Valencia, pág. 13-17.
3. Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C., (1995) *Use of free radical method to evaluate antioxidant activity*. *Lebens.-Wiss.u.-Technol.*,28, 25-30.
4. Calderón, E. (2014). *Utilización de cáscara de mandarina (Citrus reticulata) en la elaboración de Shichimi Togarashi y la evaluación sensorial de jueces*. Colegio de Ciencias e Ingeniería, Universidad San Francisco de Quito. Quito – Ecuador.
5. Castro, E. (2012). *Apuntes sobre envejecimiento acelerado en la industria de las conservas*. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Depto. De Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química.
6. Cervera, L. (2015). *Evaluación del impacto de la sustitución parcial de azúcar blanco por azúcar de caña no refinado en mermeladas con propiedades antioxidantes mejoradas*. Universidad Politécnica de Valencia, pág. 29-35.
7. Chordi, S. (2013). *Contenido fenólico y capacidad antioxidante de fresa mínimamente procesada sometida a tratamientos de conservación por pulsos de luz de alta intensidad*. Facultad de Medicina Grado en Nutrición humana y dietética. Colombia.
8. CODEX ALIMENTARIUS. (2009). Codex Stan 296. Norma del Codex para las confituras, jaleas y mermeladas.
9. CODEX ALIMENTARIUS. (2009). Codex Stan 296. Norma general del Codex para los Aditivos Alimentarios.
10. Coronado, M. y Hilario, R. (2001). *Elaboración de mermeladas: procesamiento de alimentos para pequeñas y microempresas agroindustriales*. Perú. Lima. Centro de investigación, educación y desarrollo, CIED. 11:14p.
11. Coronado, H.; Salvador, V.; León, T.; Vázquez, F. y Radilla, V. (2015). *Antioxidants: present perspective for the human health*. Universidad Autónoma Metropolitana. Revista Chile Nutrición Vol. 42, N°2. México.
12. De Paula, C.; Simanca, M.; Pastrana, Y.; Carmona, A. y Lombana, B. (2010). *Condiciones de utilización del esteviosido en la elaboración de mermelada de guayaba dulce (Psidium guajava L.)*. Universidad de Córdoba. En línea. Recuperado el 01 de mayo de 2018, de: <http://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/46/44>

- 13.FAO. (2012). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención*. Roma. En línea. Recuperado el 01 de mayo de 2018: <http://www.fao.org/docrep/016/i2697s/i2697s.pdf>
- 14.García, A. (2016). *Caracterización del contenido y de la composición de carotenoides en frutos de nuevos híbridos de cítricos*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Tesis de máster.
- 15.Gutiérrez La Torre, E. y Pascual, C. (2016). *Characterization of mandarin peels powder and inclusion in bread making*. Departamento de Tecnología de Alimentos y Productos Agropecuarios, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima (Perú), pág. 776-780.
- 16.Instituto Valenciano de Investigaciones Agriarias. *Producción de cítricos*. En línea. Recuperado el 02 de mayo de 2018, de: <http://www.ivia.gva.es/>
- 17.Mendoza, J. (2007). *Elaboración de Mermeladas*. Alimentación y Cocina, pág. 3-24.
- 18.Mosquera, H.; Martínez-Navarrete, N.; Moraga Ballesteros, G. (2010). *Influencia de la humedad y de la adición de solutos (maltodextrina o goma arábica) en las propiedades fisicoquímicas de borojó y fresa en polvo*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- 19.Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. (2003). *Frutas, hortalizas, frutos secos y similares*. En línea, de: www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Proy_RM615-2003.pdf
- 20.Ordoñez, E.; Reátegui, D. y Villanueva, J. (2017). *Total polyphenols and antioxidant capacity of peel and leaves in twelve citrus*. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Perú.
- 21.Peterson, G.; Massone, A.; Rodenak, B.; Castro, M.; Montero, S.; Polo, M.; García, M. y Crespo R. (2016). *Los lípidos del aceite de cáscara de mandarina inhiben la proliferación de células tumorales A549 in vitro e in vivo*. Laboratorio de Patología Especial Veterinaria, Facultad de Ciencias Veterinarias UNLP.
- 22.Rodríguez, E. (2011). *Natural antimicrobial agent use in the preservation of fruits and vegetables*. Ingeniería Bioquímica en Alimentos, Instituto Tecnológico de Los Mochis. Universidad Autónoma Indígena de México, pág. 153-170.
- 23.Sáez, R. (2018). *Caracterización de polvos de piel de mandarina para su uso como ingrediente funcional en alimentos*. Máster Universitario en Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Valencia, pág. 15-25.
- 24.Sahin, S. y Sumnu, S. (2009). *Propiedades Físicas de los Alimentos*. Zaragoza. ACRIBIA.
- 25.Sapper, M.; Martínez, N. y Camacho, M. (2015). *Medida de las propiedades físicas de productos de fruta en polvo*. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Tesis de máster.
- 26.Tamayo, E. (2017). *Estudio de la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles en la extracción etanólica del polvo de hojas de guayusa (Ilex guayusa loes) deshidratada*. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito-Ecuador.
- 27.Telis, N. y Martínez, N. (2010). *Application of compression test in analysis of mechanical and color changes in grapefruit juice powder as related to glass transition and water activity*. LWT –Food Science and Technology, 43(5): 744-751.
- 28.Torres, M. (2012). *Determinación de la actividad antioxidante de los extractos clorofórmico, etanólico, y acuoso del arrayán, calaguala, canayuyo y tipo*. Riobamba, Ecuador.
- 29.Tuquerres, Q. (2005). *Deshidratación de azúcares. Reacciones de Maillard*. Universidad Salesiana. Facultad de Ingeniería, pág. 10-15.
- 30.Vera, M. (2012). *Elaboración de mermelada light de durazno*. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas Depto. de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química PRODUCTOS STEIN LTDA. Santiago de Chile.
- 31.Wicklund, H.; Rosenfeld, B. & Martinsen. (2005). *Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions*. Food Science and Technology, pág. 387-391.
- 32.Zhao, X.; Zhang, C.; Guigas, M.; Corrales, B. and Hu, M. (2009). *Composition, antimicrobial activity, and antiproliferative capacity of anthocyanin extracts of purple corn (Zea mays L.) from China*. Eur. Food Res. Technol. 228: 759-765.