

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y
DEL MEDIO NATURAL**



**FORMULACIÓN DE MERMELADA DE FRESA CON POLVO DE PIEL DE
MANDARINA: EFECTO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y LA
ESTABILIDAD MICROBIOLÓGICA**

TRABAJO FIN DE GRADO UNIVERSITARIO EN CIENCIA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

ALUMNA: BELÉN IGUAL IZQUIERDO

TUTORA: Dra. CRISTINA BARRERA PUIGDOLLERS

COTUTORA: Dra. LUCÍA SEGUÍ GIL

Curso Académico: 2018/19

VALENCIA, 20 DE JUNIO DE 2019

FORMULACIÓN DE MERMELADA DE FRESA CON POLVO DE PIEL DE MANDARINA: EFECTO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y LA ESTABILIDAD MICROBIOLÓGICA

Belén Igual Izquierdo¹, Lucía Seguí Gil¹, María Cristina Barrera Puigdollers¹

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

Resumen

La industria agroalimentaria es consciente de la necesidad de gestionar adecuadamente los residuos que genera, así como de la búsqueda de soluciones para poder reincorporar dichos residuos a la cadena alimentaria, generando productos de elevado valor añadido de una forma sostenible y contribuyendo a la economía circular del sector. El objetivo principal del presente trabajo fue el de evaluar el efecto de la incorporación de polvo de piel de mandarina como ingrediente funcional a la formulación de mermeladas de fresa. Para tal fin, se determinaron las propiedades fisicoquímicas, antioxidantes y sensoriales, así como la estabilidad microbiológica de mermeladas formuladas con diferentes proporciones de polvo (0, 2,5 y 5 g/100 g de fruta), tras su elaboración y después de un periodo de almacenamiento (1 mes a temperatura ambiente y envejecimiento acelerado a 37 °C durante 3 y 6 semanas).

Las mermeladas que se elaboraron presentaron unos valores fisicoquímicos dentro de los límites establecidos por el Real Decreto 670/1990, evidenciándose diferencias significativas tan solo en función del tiempo de almacenamiento. La adición de polvo supuso un aumento del contenido de fenoles y flavonoides, sin embargo, el contenido en antocianinas totales y capacidad antioxidante total disminuyeron al aumentar la proporción de polvo. El envejecimiento acelerado supuso un descenso en las propiedades antioxidantes de las mermeladas, posiblemente debido a la sensibilidad térmica de dichos compuestos. En relación a las propiedades ópticas y mecánicas, se evidenciaron importantes cambios entre las distintas muestras siendo estas más notorias en función del tiempo de almacenamiento que en función de la concentración de polvo añadida. Con respecto a los análisis microbiológicos, se pudo comprobar que la adición de polvo de piel de mandarina limitaba el crecimiento microbiano, confirmando su poder conservante.

El análisis sensorial reveló que la mermelada sin polvos adicionados era la mejor valorada por parte de los catadores, seguidas de las elaboradas con 5 y 2,5 g de polvo/ 100 g de fruta. Por otro lado, la intención de compra de los catadores encuestados mejoró significativamente entre los productos que eran considerados más saludables.

Como conclusión final, el polvo de piel de mandarina puede tener varias aplicaciones en la industria alimentaria como ingrediente funcional, desde la mejora de la estabilidad

microbiológica hasta el incremento de la capacidad antioxidante en aquellos untables o mermeladas elaborados con frutas de bajo contenido en este tipo de compuestos.

Palabras clave: Polvos de piel de mandarina, Mermelada, Antioxidantes, Ingrediente funcional, Industria Agroalimentaria, Mandarina.

FORMULATION OF STRAWBERRY JAMS WITH MANDARIN SKIN POWDER: EFFECT ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND MICROBIOLOGICAL STABILITY

Abstract

Food industry (Agro-food industry) is aware of the need to manage the produced wastes in a correct way. Its aim is to reincorporate those residues to the food chain whenever possible, to obtain products with added value in a sustainable way and to contribute to the circular economy of the sector.

The main objective of this assignment was to evaluate the effect of incorporating the mandarin skin powder as a functional ingredient for formulated strawberry jam.

For that purpose, the physicochemical, antioxidant and sensorial properties were determined, as well as the microbiological stability in formulated jams with different powder proportions (0; 0.2 and 5g/100g of fruit) after being elaborated and after storage period divided into one month kept in ambient temperature and from three to six weeks of accelerating aging getting 37 degrees.

Those jams which were elaborated showed their physicochemical values within the set limits by the Royal Degree 670/1990, appearing significant differences only in function of aging storage. The addition of powder meant an increase in the amount of phenols and flavonoids. However, the total anthocyanins content and total antioxidant capacity decreased when the powder amount increased.

The accelerated aging involved a decrease in the antioxidant properties of jam, possibly due to the thermal sensitivity of these compounds. As far as optical and mechanical properties are concerned, a range of important changes were showed between different samples which were more notorious regarding to the storage period of time than to the powder concentration added.

Focusing on the microbiological analysis, it can be checked that the addition of mandarin skin powder, limits the microbiological growth, confirming its preservative power.

The sensorial analysis highlighted that the jam with no added powder was the best valued by tasters, followed by those elaborated with 5 and 2.5g of powder/ 100g of fruit. On the other hand, the purchase willingness of the surveyed tasters, improved significantly among those products with we considered healthier.

As a final conclusion, the mandarin skin powder may have several applications in the food industry as a functional ingredient, since the improvement of the microbiological stability until the increase of the antioxidant capacity in spreadable products or jams made by low content fruits in this type of compounds.

Key words: mandarin skin powder, jam, antioxidants, functional ingredient, food industry, mandarin.

Agradecimientos

Me gustaría agradecer a mi familia el apoyo recibido durante toda la carrera, por su paciencia, motivación y ánimo incondicional.

A mis tutoras Cristina y Lucía por el ánimo y todo el aprendizaje que me han transmitido. También a Lady, compañera del laboratorio que en todo momento me ha ayudado y aconsejado.

Pero, sobre todo, me gustaría agradecerlo a aquellas personas con las que me he cruzado durante este tiempo, especialmente a las que han estado día a día apoyándome en esta aventura y se han convertido en grandes amigas, con las que he vivido viajes, alegrías y experiencias que me llevo para siempre.

Gracias por todo Mar, Triana, Patri, Nuria y Julia.

Índice

1.INTRODUCCIÓN	1
1.1. Situación del mercado cítrica	1
1.2. La mandarina. Variedad Satsuma.....	1
1.3. Residuos agroalimentarios: actualidad en la Industria Agroalimentaria y la deshidratación por aire caliente como solución	3
1.4. Polvo de piel de mandarina como ingrediente funcional	4
1.5. La mermelada: consumo y propiedades	5
1.6. Justificación de la elaboración de mermeladas con polvo de piel de mandarina como ingrediente funcional	6
2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO	7
2.1. Objetivo general	7
2.2. Objetivos específicos.....	7
2.3. Plan de trabajo	7
3. MATERIAL Y MÉTODOS	9
3.1. MATERIAS PRIMAS	9
3.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA MERMELADA.....	10
3.3. DETERMINACIONES ANALÍTICAS.....	11
3.3.1. Sólidos solubles	11
3.3.2. Humedad.....	11
3.3.3. Actividad del agua (a_w)	11
3.3.4. pH.....	11
3.3.5. Propiedades ópticas.....	11
3.3.6. Propiedades mecánicas	12
3.3.7. Propiedades antioxidantes.....	13
3.3.8. Análisis microbiológico.....	15
3.3.9. Análisis sensorial	16
3.3.10. Análisis estadístico	16
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1. Caracterización de las materias primas.....	17
4.2. Efecto de las variables de proceso sobre los valores de pH, Brix, a_w y humedad.....	18
4.3. Efecto de las variables de proceso sobre las propiedades ópticas	19
4.4. Propiedades mecánicas.....	21

4.5 Propiedades antioxidantes.....	23
4.6 Análisis microbiológico.....	26
4.7 Análisis sensorial	26
5. CONCLUSIONES	29
7. ANEXOS	30
6. BIBLIOGRAFÍA	32

Índice de figuras

Figura 1. Curva típica de fuerza vs. tiempo obtenida en un ensayo completo de compresión-descompresión. A_{1-2} : área positiva de la curva; A_{2-3} : área negativa de la curva.	12
Figura 2. Análisis de la diferencia de color de cada formulación de mermelada elaborada en comparación con la mermelada recién elaborada que no incluía polvo de piel de mandarina en su formulación (M0%, 24 horas).	21
Figura 3 y 4. Las figuras correspondientes muestran los Flavonoides totales (EQ: Equivalentes de quercetina) y los Fenoles totales (EAG: Equivalentes de ácido gálico) 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 6 meses: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses, EA 1 año: envejecimiento acelerado equivalente a 1 año).....	24
Figura 5. 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 6 meses: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses, EA 1 año: envejecimiento acerado equivalente a 1 año).....	25
Figura 6. 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 6 meses: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses, EA 1 año: envejecimiento acelerado equivalente a 1 año).....	25
Figura 7. 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 6 meses: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses, EA 1 año: envejecimiento acelerado equivalente a 1 año).....	25
Figura 8. Resultados del análisis sensorial con la escala hedónica de las distintas formulaciones de mermelada elaboradas representadas en un diagrama de araña.	27
Figura 9. Resultados del análisis sensorial en referencia a la intención de compra del consumidor del producto que se le presenta en función de las distintas formulaciones de mermelada elaboradas y resultados del análisis sensorial en referencia a la intención de compra del consumidor sabiendo que el producto es más saludable que el tradicional.....	28

Índice de tablas

Tabla 1: Composición nutricional de las mandarinas por 100 g de porción comestible (Calle <i>et al.</i> , 2012).	2
Tabla 2. Propiedades Antioxidantes y análisis microbiológico 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.	17
Tabla 3: Propiedades fisicoquímicas de las mermeladas formuladas con polvos de piel de mandarina (0,2,5 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA1: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses y EA2: envejecimiento acelerado equivalente a 12 meses).	18
Tabla 4. Análisis de las propiedades ópticas de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 2,5 y 5 g/100g de fruta), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA1: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses, EA2: envejecimiento acelerado equivalente a 12 meses).	20
Tabla 5: Análisis de las propiedades mecánicas de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 2,5 y 5 g/100g de fruta), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA1: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses, EA2: envejecimiento acelerado equivalente a 12 meses).	22
Tabla 6. Recuento microbiano de mohos y levaduras y aerobios mesófilos (UFC/g) 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 ₁ : envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses, EA ₂ : envejecimiento acelerado equivalente a 12 meses).....	28

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación del mercado cítrico

Dentro de la industria agroalimentaria, la producción de cítricos tiene una enorme importancia a nivel mundial en la que España destaca por ser uno de los principales países productores y exportadores de productos y subproductos cítricos más importantes (Federcitrus, 2018).

La cuenca mediterránea, en concreto las provincias de Valencia y Castellón, son punteras en este tipo de producción (Feliu, 2006) ya que producen alrededor de 1.700.000 toneladas anuales debido en gran parte a la idoneidad de las temperaturas que hacen que el producto pueda ser comercializado durante prácticamente 10 meses al año. Además, otra de las ventajas que tiene España en este mercado, es la proximidad al resto de los mercados internacionales más importantes, ya que la mayoría de ellos se encuentran en la Unión Europea (Ancillo y Medina, 2014).

1.2. La mandarina. Variedad Satsuma

La mandarina (*Citrus x tangerina*) es el fruto del mandarino. Pertenece al grupo de los cítricos y es considerada una de las frutas más apreciadas por su sabor aromático y propiedades nutricionales (**tabla 1**). La mandarina destaca por ser un fruto con elevada cantidad de vitamina C o ácido ascórbico, importante por su efecto antioxidante; también lo hace por su contenido en fibra y su cantidad de minerales como el potasio, magnesio y fósforo (Ambiente, 2014). Por otro lado, es importante destacar que no todos los nutrientes que posee la mandarina se encuentran en la parte comestible, sino que también se encuentran presentes en la piel y en las semillas. Más concretamente, la piel de la mandarina tiene importantes propiedades, destacando la criptoxantina (caroteno), un compuesto que tiene la capacidad de transformarse en vitamina A en nuestro organismo, el cual posee elevadas propiedades antioxidantes (Sahin y Sumnu, 2009). Además, la cáscara de la mandarina, es rica en aceites esenciales con importantes propiedades antimicrobianas que derivan de los isoprenos, alcoholes y otros hidrocarburos presentes (Mujica *et al.*, 2014).

Tabla 1. Composición nutricional de la mandarina por 100 g de porción comestible.

<i>Energía (kcal)</i>	43
<i>Proteína (g)</i>	0,8
<i>Hidratos de carbono (g)</i>	9
<i>Fibra (g)</i>	1,9
<i>Calcio (mg)</i>	36
<i>Hierro (mg)</i>	0,3
<i>Yodo (µg)</i>	trazas
<i>Magnesio (mg)</i>	11
<i>Zinc (mg)</i>	0,4
<i>Sodio (mg)</i>	2
<i>Potasio (mg)</i>	160
<i>Fósforo (mg)</i>	17,2
<i>Selenio (µg)</i>	trazas
<i>Tiamina (mg)</i>	0,07
<i>Riboflavina (mg)</i>	0,02
<i>Eq de niacina (mg)</i>	0,3
<i>Vitamina B6</i>	0,07
<i>Vitamina A (µg)</i>	56
<i>Folato (µg)</i>	21
<i>Vitamina C (mg)</i>	35

FUENTE: Calle et al. (2012)

Al igual que el resto de frutos, no todos los cítricos ni tampoco todas las variedades de mandarina se comercializan por igual. Dentro de la industria agroalimentaria, las variedades más producidas son aquellas que poseen una composición, tamaño, forma y/o rendimientos que resultan más atractivos para el consumidor.

Las mandarinas de variedad Satsuma (*C. unshiu* (Mak.) Marc.), las cuales han sido seleccionadas para llevar a cabo este proyecto, son frutos de gran aceptación en el mercado, ya que destacan por sus importantes propiedades nutricionales y también por su pulpa carnosa, azucarada y aromática, así como por la ausencia de semillas, un factor muy determinante y atractivo para el consumidor a la hora de su elección.

Por otro lado, este tipo de mandarinas tienen un pelado fácil debido a su cáscara suelta y su tamaño medio-grande (Alsina et al., 2012), resultando también muy interesante para la industria a la hora de aprovechar su cáscara como subproducto.

1.3. Residuos agroalimentarios: actualidad en la Industria Agroalimentaria y la deshidratación por aire caliente como solución

Como consecuencia de la elevada producción de la industria agroalimentaria tanto de cítricos, como de otros productos en general, la gran cantidad de residuos agroalimentarios que se generan, han sido y son un foco de atención a nivel mundial; tan solo en España estos residuos ascienden aproximadamente a 600.0000 toneladas anuales (Londoño *et al.*, 2015).

Además de suponer un problema a nivel ambiental, también suponen para las industrias un problema económico importante puesto que deben de gestionarlos correctamente y asumir elevados costes (Milena *et al.*, 2008).

Con el fin de reducir los costes económicos y el impacto ambiental que generan dichos residuos, la industria agroalimentaria está obligada a participar en la economía circular mediante su reincorporación a la cadena alimentaria para obtener productos de interés. Muchos de ellos, son sometidos a procesos de transformación y adecuación para convertirlos en un producto útil y de mayor valor agregado que solucione problemas y además genere ingresos económicos adicionales (Cury *et al.*, 2017).

En la actualidad, la gestión de los residuos agroalimentarios, radica en la alimentación al ganado, muchos de ellos son producidos a partir de cítricos los cuales son transformados en piensos con el fin de obtener un beneficio económico paralelo para la industria y por otro lado mejorar la dieta del ganado, incorporando fibra, vitaminas y aceites esenciales que actúan como antibióticos naturales (Boletín Agrario, 2012).

Muchos otros, y cada vez en mayor medida, derivan en la obtención de biocombustibles, compuestos antioxidantes, ingredientes alimentarios como la extracción de colorantes naturales, producción de enzimas y aceites esenciales, etc. Los procesos de valorización de estos subproductos suponen un coste que debe de ser compensado por el valor de la comercialización del producto generado, así como la reducción de los costes de gestión y consecuente valor medioambiental. En este sentido, el aprovechamiento integral de los residuos persigue obtener varios productos con valor añadido a partir de un determinado residuo o bien aprovecharlo en su totalidad (Villarán *et al.*, 2017).

Una de las técnicas actuales de valorización más importantes y con mayor aceptación por parte de la industria alimentaria es la deshidratación por aire caliente. Esta técnica de secado permite obtener polvos procedentes de partes que se consideran no comestibles de gran cantidad de frutos. Estos polvos, son utilizados ampliamente en la industria por su estabilidad físico-química y microbiológica, aportando cualidades organolépticas y contribuyendo a mejorar las propiedades reológicas de los alimentos; además, generan soluciones tecnológicas ya que son fáciles de conservar, transportar, almacenar, procesar, dosificar y utilizar (Cuq *et al.*, 2013).

Varios son los estudios que han analizado las ventajas que supone la obtención de productos en polvo mediante secado caliente a partir de partes no comestibles de frutas (Keqing, 2004; Serna-Cock, 2015) señalando las ventajas que supone la incorporación de este tipo de productos a la industria alimentaria.

1.4. Polvo de piel de mandarina como ingrediente funcional

Paralelamente a la importancia de la revalorización de residuos en la industria agroalimentaria, el interés por los alimentos y productos naturales, tanto por parte de la industria como por parte del consumidor, continúa en crecimiento exponencial (Martínez *et al.*, 2003).

Hoy en día, existen gran cantidad de alimentos designados como funcionales. Son aquellos que aportan algún beneficio en una o más funciones del organismo, más allá de sus efectos nutricionales, de forma que resulten relevantes para mejorar el estado de salud y bienestar y/o reducir el riesgo de enfermedades (Benavente-García, 2012). Es por eso que, cuando un ingrediente quiere incorporarse a otro producto para transformarlo en alimento funcional, es importante que cumpla unas características nutricionales adecuadas para mejorar lo mencionado con anterioridad.

Por eso, gran cantidad de estos residuos agroindustriales procedentes de frutas han sido y son sometidos a las transformaciones pertinentes para ser utilizados como ingredientes, con el fin de incrementar el contenido en antioxidantes, flavonoides, fibra (Calderón, 2014), incluso mejorar su vida útil, retrasando o inhibiendo el crecimiento microbiano.

El polvo de piel de mandarina, tal y como mencionan trabajos anteriores en los que se ha estudiado el secado de piel de mandarina para la obtención de polvo funcional (Sáez, 2018) y, una vez analizadas sus propiedades fisicoquímicas, presenta posibilidades como antimicrobiano y antioxidante para ser empleado como ingrediente funcional.

1.5. La mermelada: consumo y propiedades

Según el Real Decreto 863/2003, de 4 de julio, por el que se aprueba la Norma de calidad para la elaboración, comercialización y venta de confituras, jaleas, "marmalades" de frutas y crema de castañas, «marmalade» es la mezcla, con la consistencia gelificada apropiada, de agua, azúcares y uno o varios de los productos siguientes, obtenidos a partir de cítricos: pulpa, puré, zumo, extractos acuosos y pieles.

Tradicionalmente, la elaboración de este tipo de productos consiste en la mezcla de fruta con azúcar hasta obtener una cantidad de sólidos solubles que actualmente, va desde los 40 hasta los 100 grados Brix según la Norma de calidad para confituras, jaleas y mermelada de frutas, crema de castañas y mermelada de frutas.

Durante la cocción, el agua de la fruta se va evaporando absorbiendo azúcar y liberando pectina y ácidos que son los que van a conducir a la formación de un gel necesario para la estabilidad del producto (Rauch, 1987). En el mercado actual, para obtener consistencia deseada de la mermelada, se adiciona pectina y otro tipo de conservantes artificiales con el fin de mejorar la estabilidad y la vida útil del producto.

Las mermeladas destacan porque tienen un gran consumo y aceptación en muchas partes del mundo (Bas *et al.*, 2005). Además de la mezcla de fruta y azúcares, en los métodos de elaboración actuales la mermelada incorpora otro tipo de ingredientes como son los conservantes que ayudan a su estabilidad y alargan la vida útil del producto.

Con el fin de reducir el contenido en conservantes artificiales y dado que los consumidores actuales, como bien se ha comentado anteriormente y defienden diversos estudios (Food, 2017), optan por productos lo más naturales posibles, se pretende que estos conservantes sean sustituidos por antioxidantes naturales que tengan la misma finalidad.

Si bien es cierto, la incorporación de estos ingredientes en la formulación de productos ya existentes supone cambios en su formulación y que por tanto están asociados a cambios en las propiedades organolépticas y fisicoquímicas pudiendo suponer la no aceptación del producto final por parte de los consumidores.

1.6. Justificación de la elaboración de mermeladas con polvo de piel de mandarina como ingrediente funcional

El presente trabajo se desarrolla 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). En el caso particular del presente trabajo, se plantea emplear el polvo obtenido a partir de piel de mandarina Satsuma, mediante las operaciones de secado y molienda, sin necesidad de operaciones de extracción o purificación, como ingrediente funcional.

De este modo, se pretende aprovechar todos los compuestos presentes en la piel de mandarina (fibras, antioxidantes, agentes antimicrobianos), valorando su incorporación a productos ya existentes en el mercado con el fin de incrementar sus propiedades nutricionales manteniendo e incluso incrementando su estabilidad física, química y microbiológica. En dicho proyecto, se propone el secado por aire caliente como proceso de estabilización ya que resulta económicamente viable y garantiza la obtención de ingredientes con una buena estabilidad física, química y microbiológica, por reducción de la actividad de agua a niveles en los que los microorganismos no se pueden desarrollar.

2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

2.1. Objetivo general

El objetivo general del trabajo consistió en evaluar la posibilidad de alargar la vida útil y mejorar las propiedades antioxidantes de mermelada de fresa mediante la adición de polvo de piel de mandarina en su formulación.

2.2 Objetivos específicos

Para conseguir este objetivo general, se plantearon diferentes objetivos específicos:

- Evaluar el efecto de la concentración de polvo de piel de mandarina sobre las principales propiedades físico-químicas de la mermelada de fresa, incluida la capacidad antioxidante y el contenido en fenoles y flavonoides totales, tras su obtención y después de 1, 6 y 12 meses de almacenamiento.
- Evaluar el efecto de la concentración de polvo de piel de mandarina sobre el crecimiento de aerobios totales, mohos y levaduras en la mermelada de fresa almacenada durante 1, 6 y 12 meses.
- Evaluar el efecto de la concentración de polvo de piel de mandarina sobre la percepción sensorial y la intención de compra por parte del consumidor de mermelada de fresa.

2.3. Plan de trabajo

El plan de trabajo y las tareas específicas para el logro de los objetivos propuestos fueron:

- Revisar estudios previos de revalorización de subproductos procedentes del procesado industrial de frutas y hortalizas y de formulación de mermeladas con ingredientes nuevos para alargar su vida útil y/o mejorar sus propiedades nutritivas y organolépticas.
- Obtener el polvo de piel de mandarina a partir de residuo.
- Definir las concentraciones de polvo de piel de mandarina a emplear, según su impacto sobre el aspecto global y el crecimiento microbiano durante el almacenamiento en refrigeración de fresa triturada.
- Almacenar las mermeladas durante un tiempo equivalente a 12 meses, para lo que se aplicaron las condiciones de envejecimiento acelerado.
- A diferentes tiempos a lo largo del almacenamiento, analizar las propiedades físico-químicas, incluidas las antioxidantes y microbiológicas de las mermeladas de fresa.

- Evaluar la percepción sensorial y la intención de compra por parte del consumidor de la mermelada de fresa formulada con diferentes cantidades de piel de mandarina.
- Analizar y discutir los resultados obtenidos.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Materias primas

Para la realización de este estudio se emplearon como materias primas fresón (*Fragaria x angnassa*) en perfecto estado tanto sanitario como de madurez y polvo procedente de la deshidratación de piel de mandarina Satsuma (*Citrus unshiu*), además de azúcar y pectina de manzana.

El fresón, a pesar de su estacionalidad, se escogió por ser la fruta más consumida en forma de mermelada (Benítez, 2017). Se utilizó pectina de manzana debido a sus propiedades gelificantes (Cáceres y Rivas, 2004) ya que confiere las características reológicas y de turbidez deseadas por el consumidor y fabricante aportando una consistencia firme.

El polvo fino y deshidratado procedente de la piel de mandarina se utilizó como ingrediente en la formulación de las mermeladas con el fin de retrasar el crecimiento de los microorganismos responsables de su deterioro y para mejorar las propiedades antioxidantes de la misma. Para su obtención se emplearon pieles procedentes de una empresa dedicada a la fabricación de gajos de satsuma en conserva y suministradas congeladas por un intermediario en sacos a granel de 10-15 kg. Dichos sacos contenían trozos de piel irregulares de aproximadamente 10-15 cm. En primer lugar, se descongelaron las pieles manteniéndolas a temperatura ambiente durante 24 h.

A continuación, y con la finalidad de eliminar los residuos de plaguicidas, la piel de mandarina descongelada se lavó con una mezcla de agua y detergente (2 L de agua y 5 g de detergente por cada kg de piel de mandarina) a 40 °C.

Tras dos lavados consecutivos, se realizó un enjuagado con agua. Previo al secado, la piel se trituró con el procesador de alimentos Thermomix® Vorwerk mod. TM31 durante 5 s a máxima velocidad (10.000 rpm). Una vez triturado, el residuo se distribuyó de forma homogénea en rejillas de plástico con apertura nominal de 2 mm, en las que se secó con aire a 70 °C durante 24 h en un secador convectivo (Pol-ekoAparatura, Katowice, Polonia), hasta alcanzar una actividad del agua inferior a 0,3. Una vez seco, el bagazo se trituró a 1000 rpm durante 2 min, a intervalos de 30 s cada uno.

Finalmente, el polvo de bagazo se guardó en tarros de cristal con cierre twist-off envueltos con papel de aluminio para evitar su deterioro.

3.2 Proceso de elaboración de la mermelada

Para la elaboración de las distintas formulaciones de mermelada se empleó el procesador de alimentos Thermomix® Vorwerk mod. TM31. En primer lugar, los fresones seleccionados se lavaron y, tras eliminar la parte no comestible (pedúnculo), se trituraron a velocidad 5 (2.000 rpm) durante 20 s. Una vez triturada toda la fruta, se tomaron 250 g a los que se adicionaron 3 g de pectina y 250 g de azúcar (relación 1:1 entre la masa de fruta y la masa de azúcar). A continuación, se añadió la cantidad de polvo procedente de piel de mandarina hasta alcanzar concentraciones equivalentes a 0, 2,5 y 5 g de polvo/100 g de fruta fresca. Cabe resaltar que, para la selección de las concentraciones de polvo finalmente empleadas, se realizó un estudio previo en el que se añadieron hasta 10 g de polvo/100 g de fruta fresca y en el que se evaluó su efecto sobre el aspecto global del producto, así como sobre el crecimiento microbiano (aerobios totales, mohos y levaduras) durante su almacenamiento en refrigeración hasta el final de su vida útil.

Una vez mezclados los ingredientes, se cocieron a 100 °C durante 15 min a velocidad 2 (350 rpm), con el cubilete (accesorio del procesador de alimentos Thermomix® Vorwerk) colocado de manera que permitiese la correcta evaporación del agua.

Finalmente, las mermeladas calientes fueron vertidas en botes de vidrio estériles con cierre twist-off, los cuales se voltearon para garantizar unas condiciones adecuadas de asepsia en su interior. De esta forma, se almacenaron a temperatura ambiente y en oscuridad durante 1 mes. Por otra parte, se realizaron ensayos de envejecimiento acelerado (EA) en los que las muestras de mermelada se almacenaron a 37 °C y en oscuridad durante 3 ó 6 semanas (equivalentes a 6 y 12 meses de almacenamiento a temperatura ambiente, respectivamente), tal y como se describe en estudios previos (Castro, 2012).

3.3. Determinaciones analíticas

3.3.1. Sólidos solubles

La cantidad de sólidos solubles de las diferentes formulaciones de mermelada fue determinada en un refractómetro de mesa termostatado a 20 °C (*ABBE ATAGO, NAR T3*), a partir del cual se pudo realizar una medida directa del índice de refracción en °Brix.

3.3.2. Humedad

La humedad se determinó mediante el secado de una cantidad de muestra conocida en una estufa de vacío a 60 °C y 133 mbar durante 7 días hasta alcanzar un peso constante.

3.3.3. Actividad del agua (a_w)

La actividad del agua (a_w) se midió a 25 °C en un higrómetro de punto de rocío (Aqualab, Decagón Devices, Inc., model 4TE, Pullman, Washington, USA) con una precisión de $\pm 0,003$, previamente calibrado con una sal de actividad del agua similar a la esperada en la muestra a analizar.

3.3.4. pH

El pH de las formulaciones de mermelada fue determinado a temperatura ambiente con un pH-metro (*SEVEN EASY, METTLER TOLEDO*) previamente calibrado con las disoluciones tampón de pH 7,00 y 4,00.

3.3.5. Propiedades ópticas

Para medir el color de las mermeladas elaboradas, éstas se introdujeron en cubetas de 50 mL de capacidad y 20 mm de espesor. Las medidas se realizaron a temperatura ambiente y sobre fondo negro con un espectrocolorímetro (MINOLTA, CM 3600D, Tokio, Japón) correctamente calibrado.

Las coordenadas del espacio de color CIEL*a*b* se obtuvieron 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°. A partir de ellas se obtuvieron los valores de tono (h^*_{ab}) y croma (C^*_{ab}) (ecuaciones 1 y 2).

$$h^*_{ab} = \arctan \frac{b^*}{a^*} \quad (1)$$

$$C_{ab}^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

Además, se estimaron las diferencias de color (ΔE) con respecto a la mermelada recién procesada sin polvo de piel de mandarina añadido, causadas por la degradación de la mermelada a lo largo del tiempo (ecuación 3).

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

3.3.6. Propiedades mecánicas

Para analizar la textura de las diferentes formulaciones de mermelada se aplicó un ensayo de back-extrusión en un analizador de textura *ANAME, Texture Analyser TA-XT2*. Dicho ensayo consistió en comprimir la muestra colocada en un recipiente cilíndrico de plástico hasta una distancia equivalente a la mitad de su espesor. Para ello se empleó un émbolo de base plana de 35 mm de diámetro a una velocidad de 1 mm/s.

A partir de las curvas típicas de fuerza vs. tiempo obtenidas en el ensayo completo de compresión-descompresión (**figura 1**), se obtuvieron los valores de fuerza máxima ($F_{\text{máx}}$, en N), consistencia (A_{1-2} , área positiva de la curva en N·s) y adhesividad o relación entre la consistencia y la viscosidad (A_{2-3} , área negativa de la curva en N·s).

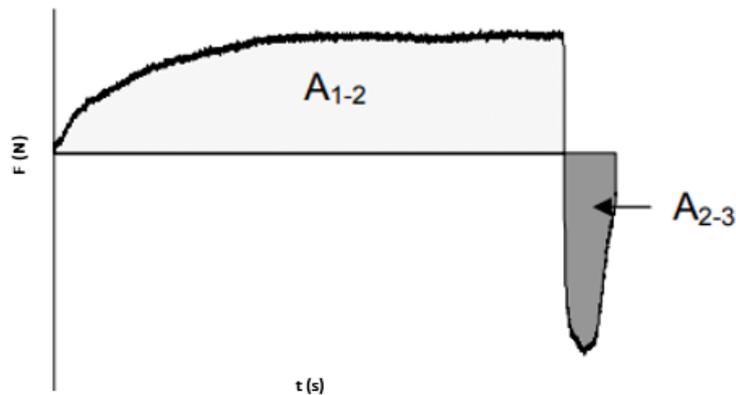


Figura 1. Curva típica de fuerza vs. tiempo obtenida en un ensayo completo de compresión-descompresión. A_{1-2} : área positiva de la curva; A_{2-3} : área negativa de la curva.

3.3.7. Propiedades antioxidantes

En este apartado se describen los métodos empleados para determinar el contenido en fenoles y flavonoides totales, además de la capacidad antioxidante tanto de las materias primas como de los productos elaborados. Dado que la actividad de los compuestos antioxidantes puede ser diferente en función del mecanismo de acción, del sistema de reacción o de las fuentes radicalaria y oxidante (Rock *et al.*, 2005), conviene que sea evaluada por más de un método.

Para la extracción de los diferentes compuestos con actividad antioxidante se prepararon diluciones 1:5 (m/v) en metanol al 80% que, tras su homogeneización en condiciones controladas, se centrifugaron a 10.000 rpm durante 5 min a 4 °C.

FENOLES TOTALES

El contenido en fenoles totales se determinó según el método espectrofotométrico del reactivo Folin–Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1999). Para ello, se pipetearon 0,125 mL de sobrenadante y se añadieron a una cubeta de espectrofotómetro, junto con 0,5 mL de agua bidestilada y 0,125 mL del reactivo Folin-Ciocalteu. Se dejó reaccionar el conjunto en oscuridad durante 5 min y 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 min de reposo 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 rango de concentraciones comprendido entre 0 y 400 ppm.

FLAVONOIDES TOTALES

Los flavonoides totales fueron medidos según el método colorimétrico modificado del cloruro de aluminio (Luximon-Ramma *et al.*, 2005). Para ello, se pipetearon 1,5 mL de sobrenadante y se añadieron a una cubeta de espectrofotómetro, junto con 1,5 mL de una disolución de AlCl₃·3H₂O al 2% en metanol.

Tras 90 min en 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), para lo que fue necesario obtener la recta de calibrado en el rango de concentraciones comprendido entre 0 y 300 ppm.

ANTOCIANINAS TOTALES

El contenido en antocianinas totales se determinó según el método espectrofotométrico descrito por Meyers et al., (2003). Para ello, de cada extracto se prepararon dos diluciones 1:10 (v/v): una con cloruro potásico 0,025 M y otra con acetato de sodio 0,4 M, ajustadas con ácido clorhídrico hasta pH 1 y 4,5, respectivamente. A continuación, se midió la absorbancia de ambas diluciones tanto a 510 como a 700 nm en un espectrofotómetro *Helios Zeta UV/Vis Thermo scientific*.

Finalmente, el contenido en antocianinas totales se calculó a partir de la Ecuación 4 y los resultados obtenidos se expresaron en mg antocianinas/Kg de muestra:

$$TA = \frac{[(A_{510} - A_{700})_{pH1} - (A_{510} - A_{700})_{pH4,5}] \cdot PM \cdot DF \cdot 1000}{\varepsilon \cdot L} \quad (4)$$

donde:

PM: peso molecular de la pelargonidina-3-glucósido (433 g/mol), por ser la antocianina más abundante en la fruta empleada como materia prima.

DF: factor de dilución

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

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

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO DPPH

El método 2,2-Difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), descrito por Brand-Williams *et al.* (1995), consistió en medir la absorbancia a 515 nm en un espectrofotómetro *Helios Zeta UV/Vis Thermo scientific* tras 120 min de reacción de 3 mL de una disolución preparada a partir de 100 μ L de extracto y 2,9 mL de una disolución 0,06 mM de DPPH en metanol y comparándola con la de un blanco que, en lugar de muestra, contenía 100 μ L de agua bidestilada.

Los resultados obtenidos fueron expresados como miligramos equivalentes de Trólox por gramo de nuestra (mg de Trólox/g). Para ello, se preparó una recta de calibrado que relacionaba la absorbancia con la concentración de trólox en el rango de concentraciones comprendido entre 0 y 20 ppm.

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR EL MÉTODO ABTS

El método de decoloración del ácido *2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazoline-6-sulfónico* (ABTS), descrito por Re *et al.*, (1999), consiste en hacer reaccionar 90 μ L de extracto con 2,91 mL de una disolución 7 mM de ABTS y 2,45 mM de persulfato potásico, a la que se había añadido tampón fosfato hasta conseguir 0,7 de absorbancia a 734 nm. Una vez transcurridos 30 min y siempre en oscuridad, se midió la absorbancia a 734 nm con un espectrofotómetro *Helios Zeta UV/Vis Thermo scientific* y se comparó con la de un blanco que, en lugar de muestra, contenía 90 μ L de agua destilada.

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 rango comprendido entre 0 y 1000 μ M de concentración final en tampón fosfato.

3.3.8. Análisis microbiológico

Para poder establecer la vida útil de la mermelada desde el punto de vista microbiológico se realizó un análisis basado en el método de dilución seriada y siembra en placa descrito para alimentos y aguas (Pascual y Calderón, 2000). Los resultados obtenidos se evaluaron comparándolos con la Norma Sanitaria de Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano (2003).

Para la primera dilución se pesaron 2 g de muestra en una bolsa de Stomacher y se añadieron 18 mL de agua de peptona. A partir de esta dilución madre se prepararon las diluciones 1/100 y 1/1000. Se pipeteó 0,1 mL de cada dilución de mermelada en placas estériles que contenían el medio de cultivo correspondiente: Sabouraud, para mohos y levaduras y Plate Count Agar, para aerobios mesófilos. A continuación, las placas se incubaron en estufa a 30 °C durante 72 h, en el caso de los aerobios mesófilos, y de 3 a 5 días, en el caso de mohos y levaduras.

Para la lectura de colonias se realizó un recuento expresado en UFC (Unidades Formadoras de Colonias). La lectura solamente se realizó en aquellas placas que presentaron rangos comprendidos entre 30 y 300 UFC y se multiplicó por el factor de dilución. De tal forma se obtuvo el número total de colonias en las muestras expresado en UFC/g.

3.3.9. Análisis sensorial

Se realizó un análisis sensorial con la finalidad de evaluar el nivel de agrado de las tres formulaciones de mermelada recién elaboradas (Normas UNE, 1997) por parte de un mínimo de 25 jueces no entrenados. Para ello se empleó una escala hedónica de 9 puntos (el 9 expresa el nivel más alto de aceptación y el 1 el más bajo) con la que se evaluaron los atributos de apariencia visual, aroma, color, textura, preferencia de sabor, dulzor, acidez, amargor, untabilidad, preferencia de textura en boca y, por último, una valoración global del producto. Finalmente, también se formularon preguntas con el fin de obtener más información acerca de la intención de compra de cada tipo de mermelada por parte de los catadores.

3.3.10. Análisis estadístico

Para evaluar el efecto que tanto de la concentración de polvo de piel de mandarina incorporado a la formulación de la mermelada como el tiempo de almacenamiento ejercen sobre cada una de las propiedades analizadas, se realizaron ANOVAS simples y multifactoriales con un nivel de confianza del 95% con ayuda del programa informático Statgraphics Centurion XVII (StatPoint Technologies Inc., USA).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de las materias primas

En la **tabla 2** se muestran los valores de las propiedades antioxidantes y microbianas analizadas en el polvo de piel de mandarina y en el triturado de fruta. Los resultados son similares a los obtenidos en trabajos previos (Cervera, 2015; Sáez, 2017).

Como se puede observar, el polvo de piel de mandarina es una fuente importante de compuestos antioxidantes, en concreto de compuestos fenólicos (Rock *et al.*, 2005), lo que le hace especialmente interesante para la formulación de alimentos funcionales con propiedades antioxidantes mejoradas.

Tabla 2. Propiedades antioxidantes y análisis microbiológico 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.

PROPIEDAD/DETERMINACIÓN	Polvo de mandarina	Triturado de fresa
Humedad (g agua/g total)	0,084 ± 0,006	0,896 ± 0,005
Flavonoides Totales (mg EQ/g ss)	1,342 ± 0,07	5,77 ± 0,013
Fenoles Totales (mg EAG/g ss)	2,32 ± 0,05	10,96 ± 0,08
Capacidad Antioxidante DPPH (mg ET/g ss)	3,67 ± 0,02	3,65 ± 0,06
Capacidad Antioxidante ABTS (mg ET/g ss)	1,44 ± 0,04	8,65 ± 0,2
Antocianinas (mg antocianinas/g ss)	-	2,59 ± 0,03
Aerobios mesófilos (UFC/g)	< 10 ³	< 10 ³
Mohos y Levaduras (UFC/g)	< 10 ³	< 10 ³

Tal y como se expresaron los resultados, se observó que el fresón es de por sí una fruta con elevada capacidad antioxidante (Castro, 2012), por lo que la finalidad de incorporar polvo de piel de mandarina en la formulación de mermelada a partir de esta fruta no sería tanto la de aumentar la actividad antirradical, sino la de alargar su vida útil o inhibir la proliferación de microorganismos durante el almacenamiento. Es por esto que se consideró interesante analizar las propiedades microbiológicas de las materias primas y comprobar que el contenido en aerobios mesófilos y mohos y levaduras se encontraba por debajo del límite máximo de 1000 UFC/g 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.

4.2. Efecto de las variables de proceso sobre los valores de pH, Brix, a_w y humedad

La **tabla 3** muestra los valores de pH, Brix, actividad del agua y humedad de las mermeladas formuladas con diferentes proporciones de polvo de piel de mandarina, en función del tiempo de almacenamiento.

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas de las mermeladas formuladas con polvos de piel de mandarina (0,2,5 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA1: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses y EA2: envejecimiento acelerado equivalente a 12 meses).

tiempo	% Polvo	°Brix	pH	a_w	x^w (kg w/kg total)
24 horas	M0%	58 ± 2 ^{ab}	3,35 ± 0,02 ^{ab}	0,889 ± 0,012 ^d	0,40 ± 0,02 ^{cde}
	M2,5%	58,0 ± 1,0 ^{abc}	3,40 ± 0,015 ^{bc}	0,887 ± 0,003 ^d	0,39 ± 0,02 ^{abcde}
	M5%	60 ± 3 ^{cd}	3,45 ± 0,015 ^{de}	0,879 ± 0,02 ^{bcd}	0,39 ± 0,03 ^{abcd}
1 mes	M0%	58,7 ± 0,6 ^{bc}	3,32 ± 0,03 ^a	0,880 ± 0,003 ^{bcd}	0,370 ± 0,007 ^{ab}
	M2,5%	59,0 ± 1,0 ^{bcd}	3,49 ± 0,02 ^{ef}	0,881 ± 0,006 ^{cd}	0,367 ± 0,008 ^a
	M5%	60 ± 2 ^{bcd}	3,55 ± 0,015 ^{gh}	0,878 ± 0,007 ^{bcd}	0,378 ± 0,03 ^{abc}
EA ₁	M0%	56,3 ± 0,6 ^a	3,43 ± 0,05 ^{cd}	0,879 ± 0,006 ^{bcd}	0,388 ± 0,010 ^{abcd}
	M2,5%	57,7 ± 0,6 ^{ab}	3,51 ± 0,010 ^{fg}	0,877 ± 0,003 ^{bcd}	0,409 ± 0,010 ^{de}
	M5%	59,3 ± 0,6 ^{bcd}	3,55 ± 0,010 ^{gh}	0,868 ± 0,009 ^b	0,404 ± 0,019 ^{cde}
EA ₂	M0%	61,0 ± 0,6 ^d	3,40 ± 0,015 ^c	0,842 ± 0,003 ^a	0,366 ± 0,006 ^a
	M2,5%	56,0 ± 0,6 ^a	3,56 ± 0,010 ^h	0,883 ± 0,004 ^d	0,419 ± 0,0003 ^{bcde}
	M5%	57,7 ± 0,6 ^{ab}	3,84 ± 0,05 ⁱ	0,869 ± 0,005 ^{bc}	0,397 ± 0,0013 ^e

a,b,c... Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95% (p -valor < 0,05).

Por lo que respecta a los grados Brix, se confirmó que el producto obtenido se puede clasificar como mermelada ya que, según se indica en el Real Decreto 670/1990, de 25 de mayo, por el que se aprueba la *Norma de calidad para confituras, jaleas y mermelada de frutas, crema de castañas y mermelada de frutas*, el contenido en materia seca soluble, determinado por refractometría, es en todos los casos igual o superior al 40 por 100 e inferior al 60 por 100.

En cuanto a la cantidad de polvo de piel de mandarina añadida y el tiempo transcurrido desde la elaboración de las mermeladas, el análisis estadístico reveló que el contenido en sólidos solubles presentes en la fase líquida de las mermeladas aumenta significativamente con la cantidad de polvo añadida.

El análisis del pH reveló que éste sufría un aumento significativo (p -valor $< 0,05$) a medida que aumentaba la cantidad de polvo añadida a las muestras de mermelada. Este aumento pudo ser debido a que el polvo de piel de mandarina tiene un pH ligeramente más elevado ($\approx 3,7$) que el de la propia fruta empleada como materia prima ($\approx 3,3-3,5$), la cual disminuye su proporción en la mermelada conforme aumenta la de polvo. También se apreció un significativo aumento en el pH de las muestras conforme transcurría el tiempo de almacenamiento, lo que podría estar relacionado con la formación de un gel más firme, de tal forma que los compuestos ácidos se encontrarían con una menor disponibilidad para su determinación analítica. La degradación de los compuestos ácidos, especialmente favorecida por las condiciones a las que se lleva a cabo el envejecimiento acelerado, sería otro motivo por el cual aumenta el pH de las mermeladas con el tiempo de almacenamiento (Mendoza, 2007).

La evolución de la estructura del gel con el tiempo de almacenamiento podría explicar también el descenso observado en los valores de humedad y actividad del agua de las mermeladas, que daría lugar a un contenido en agua ligada mayor al final del almacenamiento que al inicio del mismo, especialmente para aquellas formulaciones que fueron sometidas a un proceso de envejecimiento acelerado.

4.3 Efecto de las variables de proceso sobre las propiedades ópticas

El color es uno de los parámetros más relacionados con la degradación experimentada por las mermeladas a lo largo de su almacenamiento, además de ser un factor determinante en la elección de este tipo de productos por parte del consumidor (Javanmard y Endan, 2010). Es por esto que la **tabla 4** se muestra los valores de las coordenadas L^* , a^* , b^* y C^* de las diferentes formulaciones de mermelada en función del tiempo de almacenamiento.

Tabla 4. Análisis de las propiedades ópticas de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 2,5 y 5 g/100g de fruta), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA1: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses, EA2: envejecimiento acelerado equivalente a 12 meses).

tiempo	% Polvo	L*	a*	b*	C*	h*
24 horas	M0%	23,61 ± 0,4 ^h	17,05 ± 0,03 ^g	25,88 ± 0,8 ^e	26,4 ± 0,6 ^b	13,37 ± 0,5 ^{cd}
	M2,5%	22,32 ± 0,5 ^g	12,67 ± 0,2 ^e	26,25 ± 0,04 ^e	29,66 ± 0,4 ^c	14,72 ± 0,7 ^e
	M5%	19,86 ± 0,7 ^f	11,32 ± 0,4 ^d	29,52 ± 0,4 ^f	33,4 ± 0,8 ^e	18,20 ± 0,13 ^f
1 mes	M0%	18,85 ± 0,5 ^e	14,61 ± 0,4 ^f	20,23 ± 0,6 ^b	24,6 ± 0,8 ^a	19,85 ± 0,3 ^g
	M2,5%	18,45 ± 0,5 ^{de}	11,19 ± 0,07 ^e	21,87 ± 0,5 ^{cd}	31,4 ± 0,6 ^d	13,28 ± 0,5 ^{cd}
	M5%	17,79 ± 0,3 ^d	8,48 ± 0,4 ^{ab}	23,02 ± 0,5 ^{cd}	39,4 ± 0,4 ^f	34,73 ± 0,2 ^h
EA ₁	M0%	16,06 ± 0,9 ^c	12,45 ± 0,4 ^e	18,48 ± 0,3 ^a	28,2 ± 0,5 ^{cd}	9,63 ± 0,3 ^a
	M2,5%	15,44 ± 0,3 ^{bc}	9,31 ± 0,2 ^c	20,36 ± 0,8 ^b	37,8 ± 0,2 ^f	12,35 ± 0,2 ^b
	M5%	13,71 ± 0,4 ^a	8,85 ± 0,014 ^{bc}	22,14 ± 0,7 ^{cd}	48,2 ± 0,5 ^h	12,62 ± 0,6 ^{bc}
EA ₂	M0%	14,87 ± 0,2 ^b	12,63 ± 0,2 ^e	21,74 ± 0,2 ^c	29,36 ± 0,2 ^g	10,04 ± 0,2 ^a
	M2,5%	13,19 ± 0,12 ^a	8,58 ± 0,5 ^{ab}	23,12 ± 0,5 ^d	39,25 ± 0,4 ⁱ	13,03 ± 0,4 ^{bcd}
	M5%	13,71 ± 0,4 ^a	8,16 ± 0,2 ^a	22,8 ± 0,3 ^{cd}	52,68 ± 0,2 ^j	13,72 ± 0,13 ^d

^{a,b,c...} Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95% (p -valor < 0,05).

Como se puede apreciar, la luminosidad de las muestras de mermelada disminuyó con el tiempo de almacenamiento y con la cantidad de polvo de piel de mandarina añadida a la formulación. Por su parte, las coordenadas a* y b* disminuyeron y aumentaron, respectivamente, conforme lo hizo la cantidad de polvo incorporada. Durante el primer mes de almacenamiento, las coordenadas a* y b* experimentaron un notable descenso, pero se mantuvieron más o menos constantes hasta el final del estudio de almacenamiento.

Por lo que respecta a las coordenadas C* y h*, croma y tono respectivamente, también se vieron influenciadas por el porcentaje de polvo añadido en la formulación y en menor medida por el tiempo de almacenamiento.

Esta variación en las coordenadas cromáticas sugirió que la mermelada de fresa formulada con polvo de piel de mandarina pierde la tonalidad roja propia de la fresa y adquiere una más anaranjada y oscura propia del polvo de piel de mandarina. Durante el almacenamiento, disminuiría la cantidad de aire atrapado en la estructura del gel, tornándose más opaco, además de aparecer compuestos de color pardo resultantes de las reacciones de Maillard, especialmente favorecidas por la temperatura a la que es almacenada la mermelada durante la simulación del envejecimiento acelerado (Nunes *et al.*, 2007; Karam *et al.*, 2016)

Como consecuencia de todo ello, la diferencia entre el color de cada mermelada y el de la mermelada recién elaborada que no incluía polvo de piel de mandarina en su formulación (M0%, 24 horas) se hizo más acusada a medida que aumentaba el tiempo de almacenamiento y la concentración de polvo de piel de mandarina (**figura 2**).

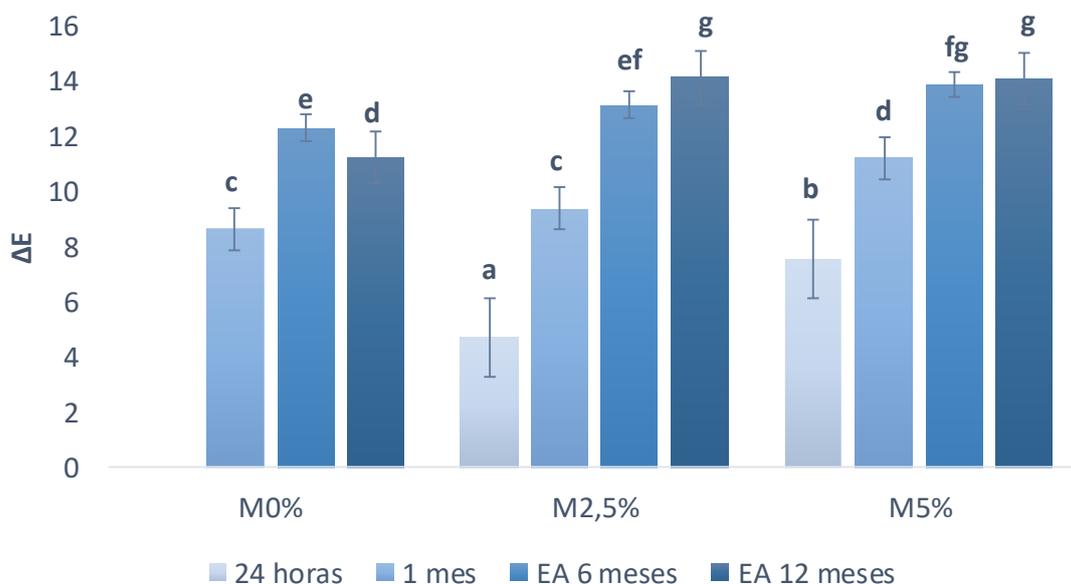


Figura 2: Análisis de la diferencia de color de cada formulación de mermelada elaborada en comparación con la mermelada recién elaborada que no incluía polvo de piel de mandarina en su formulación (M0%, 24 horas). ^{a,b,c...} Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95% (p -valor < 0,05).

4.4 Propiedades mecánicas

A continuación, se muestran los resultados obtenidos a partir del ensayo de back-extrusión aplicado a las diferentes formulaciones de mermelada (**tabla 5**).

Como se puede observar, tanto la adición de polvo de piel de mandarina como el almacenamiento durante 1 mes a temperatura ambiente produjo variaciones significativas en la dureza de las mermeladas ya que a medida que se aumentaban ambos factores la fuerza máxima también lo hacía.

Además, el almacenamiento a 37 °C en estufa durante 3 y 6 semanas, equivalentes a 6 y 12 meses de almacenamiento a temperatura ambiente, también produjo un aumento significativo (p -valor < 0,05) en la dureza de las muestras, en especial de aquellas que incluían mayor cantidad de polvo de piel de mandarina en su composición. Esto podría ser debido a que, como se ha

mencionado anteriormente, con el paso del tiempo las moléculas de agua son absorbidas en mayor proporción por el polvo y quedan más retenidas en el medio, originando un gel más compacto y firme derivando en un aumento de la dureza del producto (Márquez, 2016)

Se observaron resultados similares para los valores de adhesividad (área negativa de la curva fuerza vs. distancia) y consistencia (área positiva de la curva fuerza vs. distancia) correspondientes a las diferentes muestras de mermelada, como consecuencia de la menor proporción de fase líquida que implica tanto el aumento en la concentración de polvo de piel de mandarina (Alba, 2011) como el envejecimiento acelerado (Benito, 2012).

Tabla 5. Análisis de las propiedades mecánicas de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 2,5 y 5 g/100g de fruta), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA1: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses, EA2: envejecimiento acelerado equivalente a 12 meses).

tiempo	% Polvo	F _{máx} (N)	A ₁₋₂ (N.s)	A ₂₋₃ (N.s)
24 horas	M0%	0,76 ± 0,12 ^a	8,5 ± 0,4 ^b	-1,87 ± 0,13 ^{cde}
	M2,5%	0,83 ± 0,14 ^{ab}	9,0 ± 0,5 ^b	-1,71 ± 0,11 ^e
	M5%	1,1 ± 0,2 ^{bc}	11,4 ± 0,2 ^c	-2,14 ± 0,04 ^{abc}
1 mes	M0%	1,28 ± 0,02 ^c	4,6 ± 0,2 ^a	-1,08 ± 0,07 ^g
	M2,5%	1,77 ± 0,06 ^{ef}	5,11 ± 0,3 ^a	-1,28 ± 0,03 ^{fg}
	M5%	1,62 ± 0,07 ^{de}	4,7 ± 0,6 ^a	-1,14 ± 0,11 ^g
Ea ₁	M0%	1,281 ± 0,014 ^{cd}	8,2 ± 0,7 ^b	-1,76 ± 0,03 ^{de}
	M2,5%	1,23 ± 0,14 ^c	11,6 ± 0,8 ^c	-2,2 ± 0,3 ^{abc}
	M5%	1,99 ± 0,12 ^g	15,8 ± 0,8 ^d	-2,5 ± 0,4 ^a
Ea ₂	M0%	1,75 ± 0,4 ^{ef}	9,42 ± 0,16 ^{bc}	-1,74 ± 0,02 ^{def}
	M2,5%	1,80 ± 0,08 ^{ef}	9,44 ± 0,12 ^{bc}	-1,90 ± 0,03 ^{cde}
	M5%	3,14 ± 0,15 ^h	16,0 ± 0,2 ^d	-2,3 ± 0,2 ^{ab}

^{a,b,c...} Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95% (p -valor < 0,05).

4.5 Propiedades antioxidantes

Por otra parte, se analizó la variación en las propiedades antioxidantes de la mermelada de fresa en función de la cantidad de polvo de piel de mandarina adicionado y del tiempo de almacenamiento.

Como se muestra en las **figuras 3 y 4**, la adición de polvo de piel de mandarina supuso un aumento significativo (p -valor $< 0,05$) en el contenido en fenoles totales, incluidos los del tipo flavonoides. Por el contrario, el contenido en antocianinas totales (**figura 4**) y la capacidad antioxidante medida tanto por el método DPPH como por el método ABTS (**figura 5**) disminuyeron al aumentar la proporción de polvo de piel de mandarina. Estos resultados son lógicos teniendo en cuenta que, según muestra la **tabla 2**, el polvo de piel de mandarina tiene un contenido en fenoles y flavonoides totales por gramo total mucho más elevado que el del triturado de fresa, pero carece de antocianinas. Por otra parte, estos resultados sugieren que los compuestos antioxidantes propios del triturado de fresa tienen una mayor actividad antirradical que los propios del polvo de piel de mandarina (Castro, 2012), de manera que reemplazar la fruta por el polvo no mejora notablemente la actividad antioxidante del producto final. Probablemente, si el estudio se hubiese llevado a cabo con mermelada elaborada a partir otra fruta con menor contenido antioxidante, estas propiedades se habrían visto en mayor medida incrementadas.

Como se observa en las **figuras 3 a 5**, el tiempo transcurrido desde la elaboración de las mermeladas afectó de forma significativa (p -valor $< 0,05$) a todas las propiedades antioxidantes analizadas en las mismas. A tiempo cortos de almacenamiento (6 meses para los fenoles y flavonoides totales y 1 mes para las antocianinas y la actividad antioxidante total), se observó una notable mejora en todos los parámetros analizados lo que, según algunos autores (Carrasco *et al.*, 2008) podría ser debido a las sinergias que se establecen entre los compuestos antioxidantes que aporta cada una de las materias primas, que resultarían en cambios en la disponibilidad y/o conformación de los compuestos presentes. El descenso que se observó tanto en el contenido en antocianinas totales como en la actividad antioxidante a partir del mes de almacenamiento demuestra que las antocianinas son más sensibles a la temperatura de 37 °C que se aplicó para acelerar el envejecimiento de las mermeladas y que las antocianinas son, de todos los compuestos analizados, de los que depende en mayor medida la actividad antirradical del producto final (Cantillano *et al.*, 2012; Casati, 2016).

Sin embargo, a tiempos largos de almacenamiento (equivalentes a más de 6 meses para los fenoles y flavonoides totales y más de 1 mes para las antocianinas y la actividad antioxidante total) todas las propiedades antioxidantes analizadas empezaron a disminuir. Aún con todo, las mermeladas presentaron al final del estudio de almacenamiento contenidos en fenoles totales, flavonoides totales y antocianinas notablemente más elevados que al inicio del mismo. Por el contrario, la actividad antioxidante de las mermeladas almacenadas durante 12 meses resultó significativamente menor que la de las mermeladas recién elaboradas. Para explicar esto cabría señalar que los métodos espectrofotométricos empleados para medir la actividad antioxidante total, aunque están muy generalizados, son poco específicos, pudiendo existir interferencias con compuestos tales como los azúcares o los compuestos resultantes de reacciones de Maillard (Túquerres, 2005). Finalmente, también hay que tener en cuenta que la capacidad antioxidante de un alimento no viene dada sólo por la suma de las capacidades antioxidantes de cada componente, sino que también depende del microambiente en el que se encuentre el compuesto, pudiendo interactuar entre sí, produciéndose efectos sinérgicos o inhibitorios (Muñoz *et al.*, 2007; Torres, 2012).

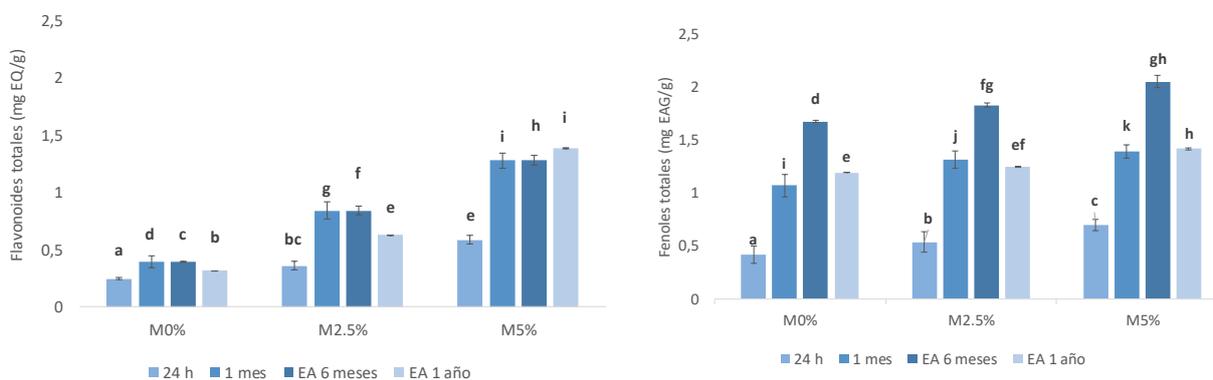


Figura 3. Contenido en flavonoides totales (EQ: Equivalentes de quercetina) y fenoles totales (EAG: Equivalentes de ácido gálico) de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 2,5 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA 6 meses: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses, EA 1 año: envejecimiento acelerado equivalente a 1 año). ^{a,b,c...} Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95% (p -valor < 0,05).

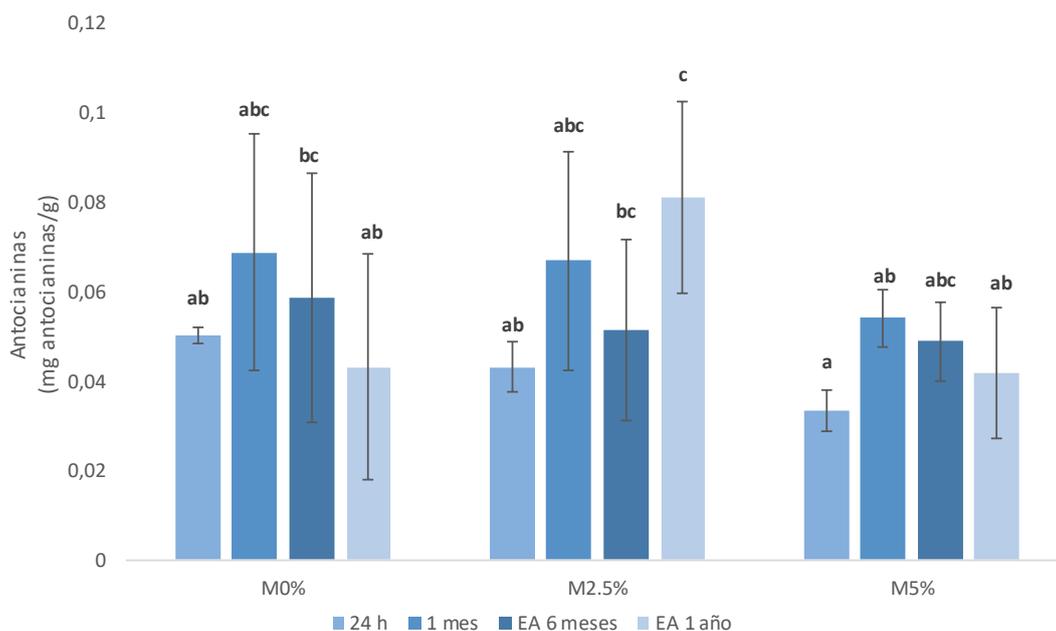


Figura 4. Contenido en antocianinas de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 2,5 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA 6 meses: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses, EA 1 año: envejecimiento acelerado equivalente a 1 año). *a,b,c...* Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95% (p -valor < 0,05).

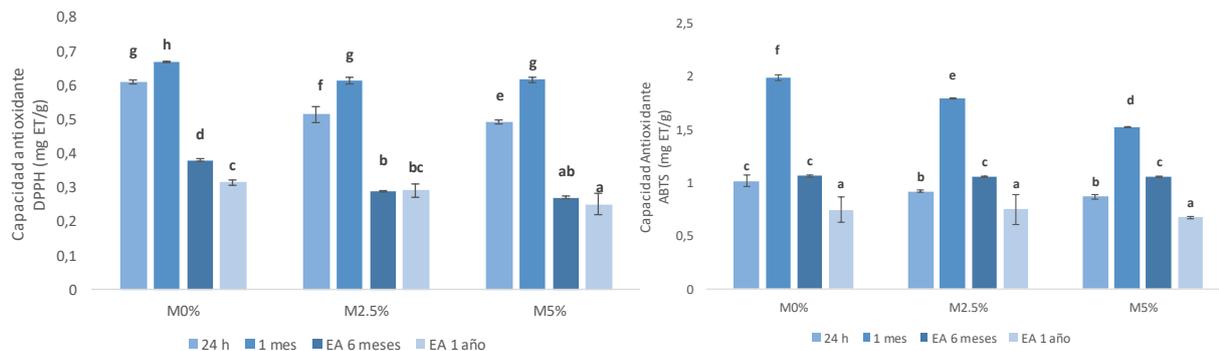


Figura 5. Capacidad antioxidante medida por los métodos DPPH y ABTS (ET: Equivalentes de Trólox) de las mermeladas formuladas con polvo de piel de mandarina (0, 2,5 y 5%), en función del tiempo de almacenamiento (24 h, 1 mes, EA 6 meses: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses, EA 1 año: envejecimiento acelerado equivalente a 1 año). *a,b,c...* Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95% (p -valor < 0,05).

4.6 Análisis microbiológico

Los resultados obtenidos a partir del análisis microbiológico (**tabla 6**) pusieron de manifiesto la eficacia del tratamiento térmico al que fue sometida la fruta fresca durante el proceso de elaboración de la mermelada, ya que todos los recuentos llevados a cabo sobre el producto recién hecho y el almacenado durante 1 mes a temperatura ambiente se encontraban por debajo del límite máximo de 10^3 UFC/g establecido por la Norma Sanitaria de Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano para conservas de pH > 4,5. Sin embargo, en las mermeladas almacenadas a 37 °C durante 3 y 6 semanas (equivalentes a 6 y 12 meses de almacenamiento a temperatura ambiente) se obtuvieron concentraciones de aerobios mesófilos superiores al límite máximo permitido.

Tabla 6. Recuento microbiano de mohos y levaduras y aerobios mesófilos (UFC/g) 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, EA₁: envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses, EA₂: envejecimiento acelerado equivalente a 12 meses).

tiempo	% Polvo	Mohos y Levaduras (UFC/g)	Aerobios Mesófilos (UFC/g)
24 horas	M0%	<10 ³	<10 ³
	M2,5%	<10 ³	<10 ³
	M5%	<10 ³	<10 ³
1 mes	M0%	<10 ³	<10 ³
	M2,5%	<10 ³	<10 ³
	M5%	<10 ³	<10 ³
EA ₁	M0%	<10 ³	(1,8 ± 0,2) · 10 ³
	M2,5%	<10 ³	(1,0 ± 0,2) · 10 ³
	M5%	<10 ³	(0,3 ± 0,14) · 10 ³
EA ₂	M0%	<10 ³	(2,1 ± 0,31) · 10 ³
	M2,5%	<10 ³	(1,2 ± 0,12) · 10 ³
	M5%	<10 ³	<10 ³
Límite Máximo Permissible (UFC/g)		<10 ³	<10 ³

Para explicar esto hay que tener en cuenta que en estos casos la temperatura de almacenamiento de las mermeladas es la que garantiza el óptimo crecimiento de este tipo de microorganismos (Dos Santos, 2007). Por otra parte, es en estos casos en los que se puso de manifiesto el efecto inhibitorio del crecimiento microbiano asociado al polvo de piel de mandarina ya que, como se puede comprobar, las mermeladas que incluían mayor

concentración de polvo de piel de mandarina en su composición resultaron las menos contaminadas con microorganismos aerobios mesófilos. Son muchos los estudios que afirman que los frutos cítricos, entre ellos las mandarinas, poseen una gran capacidad antimicrobiana debido a su elevada concentración de flavonoides y otros compuestos antioxidantes que se encuentran fundamentalmente en la piel (Sáez, 2017; Foronda, 2013).

4.7 Análisis sensorial

Con el objetivo de conocer el grado de aceptación de las diferentes formulaciones de mermelada se llevó a cabo el análisis sensorial descrito en el apartado de material y métodos. En la **figura 6**, se muestra la puntuación otorgada por los catadores a los diferentes atributos evaluados en las mermeladas en función de la cantidad de polvo de piel de mandarina incorporado en su formulación.

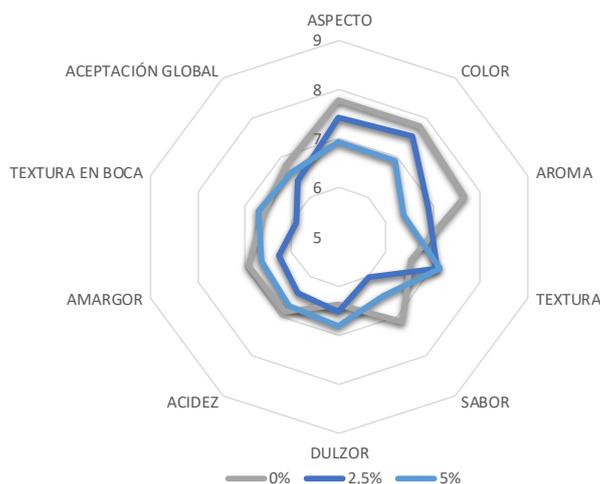


Figura 6. Resultados del análisis sensorial con la escala hedónica de las distintas formulaciones de mermelada elaboradas representadas en un diagrama de araña.

Como se puede observar, la mermelada que no incluía polvo de piel de mandarina en su composición presentó la mejor puntuación en cuanto al aspecto, el color, el aroma y el sabor, aunque resultó ser menos dulce y más ácida y amarga que las mermeladas formuladas con piel de mandarina. Es por esto que resultó ser la muestra mejor aceptada en términos generales.

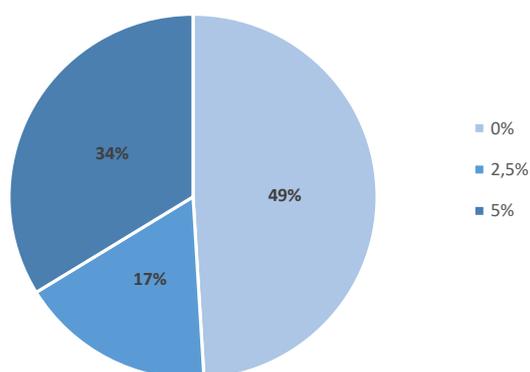
Por otro lado, las mermeladas que incluían polvo de piel de mandarina en su composición fueron mejor valoradas por los catadores en cuanto a su textura: muchos de ellos indicaron en el apartado de comentarios del atributo que estas muestras eran más fáciles de untar que la

mermelada sin polvo añadido, aunque la textura en boca resultó muy similar para todas las muestras analizadas.

Respecto a la concentración de polvo presente en el producto final, algunos atributos como el color, el aroma y el aspecto fueron mejor valorados en las mermeladas formuladas con un 2,5% de polvo de piel de mandarina, mientras que otros como el sabor, el dulzor, la acidez, el amargor o la textura en boca alcanzaron una mayor puntuación en las mermeladas formuladas con un 5% de polvo de piel de mandarina. Es por esto que, aquella mermelada que no incluía polvo de piel de mandarina en su composición, la formulada con 5 g de polvo cada 100 g de fruta fue la mejor aceptada.

Por último, se evaluó la intención de compra por parte de los catadores, antes y después de indicarles que el producto presentado es más saludable que el producto tradicional. Como muestra la **figura 7**, la mayoría de los catadores compraría la mermelada tradicional y sólo la intención de compra de la mermelada formulada con un 2,5% de polvo de piel de mandarina aumentaría de un 17% a un 26% tras informar al consumidor de que se trata de un producto con propiedades funcionales mejoradas.

% de intención de compra de cada tipo de mermelada



% de intención de compra sabiendo que son más saludables que la mermelada tradicional

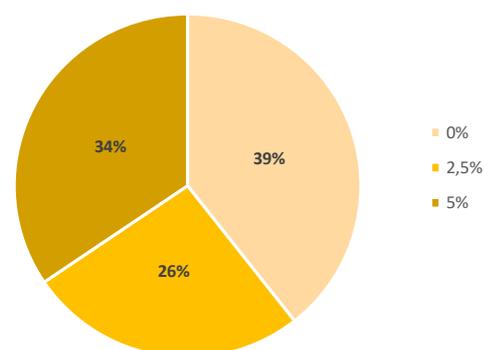


Figura 7. Intención de compra del consumidor según sepa o no que el producto analizado es más saludable que el tradicional.

5. CONCLUSIONES

El presente trabajo se ha centrado en el desarrollo de diferentes formulaciones de mermelada elaboradas con polvo procedente del secado de la piel de mandarina, con el fin dotar de valor añadido a subproductos de la industria alimentaria, empleándolos como ingrediente funcional. Las principales conclusiones obtenidas tras el desarrollo del trabajo son las siguientes:

- Las mermeladas formuladas con polvo de piel mandarina, hasta un remplazo del 5% (fruta:polvo) cumplen las especificaciones que se establecen en el Real Decreto 670/1990, por lo que pueden ser designadas “mermelada”.
- La adición de polvo afecta tanto a las propiedades ópticas como a las propiedades mecánicas. Estos cambios son percibidos por el consumidor que valora de forma más positiva aquellas mermeladas sin polvo adicionado y de forma más negativa las mermeladas con polvo en su formulación.
- Las propiedades antioxidantes de las mermeladas se ven mejoradas al incrementar la cantidad de polvo añadido en cuanto a la cantidad fenoles y flavonoides, procedentes del polvo de piel de mandarina; sin embargo, la capacidad antioxidante total se ve disminuida por el remplazo.
- Por último, se ha puesto de manifiesto el efecto antimicrobiano que ejerce el polvo de piel de mandarina incorporado a la mermelada, cuando ésta es sometida a un tratamiento de envejecimiento acelerado.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo sugieren que el polvo de mandarina puede ser empleado como ingrediente conservante y rico en antioxidantes. No obstante, se desprende del análisis realizado que el efecto del polvo de piel de mandarina podría ser más evidente en el caso de mermeladas de frutas con menor poder antioxidante, o en el desarrollo de untables de fruta que necesiten aumentar su estabilidad por haber sido sometidos a un tratamiento térmico más suave, o bien haber sido elaborado con endulzantes con menor poder conservante que la sacarosa.

7. ANEXOS

Ficha de Cata Mermeladas

Nombre _____ Fecha _____

Edad	Sexo	¿Con que frecuencia consumes mermelada?
<input type="checkbox"/> < 20 años	<input type="checkbox"/> Hombre	<input type="checkbox"/> Todos los días
<input type="checkbox"/> 20-30 años	<input type="checkbox"/> Mujer	<input type="checkbox"/> Varias veces a la semana
<input type="checkbox"/> 31-45 años		<input type="checkbox"/> Una vez a la semana
<input type="checkbox"/> 45-65 años		<input type="checkbox"/> Una vez al mes
<input type="checkbox"/> > 65 años		<input type="checkbox"/> Esporádicamente
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> Nunca
		<input type="checkbox"/>

Puntúe las siguientes muestras de mermelada valorando los atributos que aparecen a continuación en una escala del 1 al 9, siendo el 1 “No me gusta nada” y el 9 “me gusta mucho”.

Evalúe utilizando la vista y el olfato

1. ¿Le gusta el aspecto global del producto?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Observaciones:

2. ¿Le gusta el color del producto?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Observaciones:

3. ¿Le gusta el aroma del producto?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Observaciones:

Evalúe utilizando la vista, el tacto (puede usar la cuchara, los dedos, la tostada de pan, etc.)

4. ¿Le gusta la textura/untabilidad del producto?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Observaciones:

Pruebe el producto en boca y evalúe los siguientes atributos

5. ¿Le gusta el sabor del producto?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Observaciones:

6. ¿Le gusta el grado de dulzor del producto?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Observaciones:

7. ¿Le gusta el grado de acidez del producto?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Observaciones:

8. ¿Le gusta el grado de amargor del producto?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Observaciones:

9. ¿Le gusta la textura en boca del producto?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Observaciones:

9. Aceptación global ¿le gusta el producto?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Observaciones:

10. Si encontrara este producto en el supermercado, ¿lo compraría?

11. Si supiera que este producto es más saludable que el producto tradicional ya que posee propiedades antioxidantes mejoradas y contiene conservantes naturales, ¿estaría dispuesto a comprarlo en lugar del que compra habitualmente?

Gracias por su participación

6. BIBLIOGRAFIA

1. Alba, E. M. R. (2016). Estudio de la utilización de isomaltulosa en el desarrollo de productos untables de tomate de bajo índice glicémico. 271.
2. Alsina, D., Nescier, I., Santini, Z., Gariglio, N. (2012). Propiedades físicas y fisicoquímicas de los frutos de mandarinas del grupo Satsuma. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 11 (2).
3. Ambiente, M. de A. medio. (2014). *Libro Sabio de Frutas y verduras*. 176. Retrieved from http://www.alimentacion.es/imagenes/es/Fichas Frutas y Verduras en Gallego2_tcm5-47820.pdf
4. Ancillo, G., & Medina, A. (2014). Monografías botánicas: LOS CÍTRICOS. <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2014.11.001>
5. Baba, S. A., & Malik, S. A. (2014). Determination of total phenolic and flavonoid content, antimicrobial and antioxidant activity of a root extract of *Arisaema jacquemontii* Blume. *Journal of Taibah University for Science*, 9(4), 449–454. <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2014.11.001>.
6. Bas, G., Vásquez, J., López, A., & Suárez, V. (2005). Guía empresarial. Secretaría de Economía, 2. Retrieved from http://www.inaes.gob.mx/doctos/pdf/guia_empresa/mermeladas_de_fruta.pdf
7. Benavente-García García, O. (2012). Alimentos Funcionales Molina de Segura 2012 Antioxidantes en la Salud, en la Enfermedad y en la Alimentación. Retrieved from <http://www.um.es/lafem/Actividades/OtrasActividades/CursoAntioxidantes/MaterialAuxiliar/2012-03-06-AntioxidantesSaludAlimentosFuncionales.pdf>
8. Benitez, J., & Pozuelo, K. (2017). Desarrollo de mermeladas de fresa (*Fragaria ananassa*) y de mango (*Mangifera indica*) con sustitución parcial de azúcar por Stevia. *Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano*. Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6030/1/AGI-2017-008.pdf>
9. Benito, L. (2012). Influencia del método de elaboración y del tipo de azúcares en las propiedades ópticas y en la textura de un producto untable de tomate. Retrieved from <https://riunet.upv.es/handle/10251/14619>
10. Boletín Agrario. (2012). Los cítricos en la dieta benefician al ganado. 34(64). http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/73-citricos.pdf
11. Bordignon Jr., C. L., Francescato, V., Nienow, A. A., Calvete, E., & Reginatto, F. H. (2009). Influência do pH da solução extrativa no teor de antocianinas em frutos de morango. *Ciência E Tecnologia de Alimentos*, 29(1), 183–188. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612009000100028>

12. Busso-casati, C. I., & Baeza, R. (2016). Físico-Química Y Sensorial En Pulpas De Frutos.
13. Cáceres Castellon, K., & Rivas Castro, M. V. (2004). Comparación del poder de Gelificación de la Pectina comercial con pectina extraída de la cascara de naranja variedad valencia. 123. Retrieved from <http://ri.ues.edu.sv/5535/1/10127878.pdf>
14. 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.
15. Calle, S., Torres, J., Moreno, E., Valero, T., & Moreiras, G. (2012). Valor Nutricional de las Naranjas y Clementinas Susana del Pozo de la Calle. 1–12. Retrieved from <https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/432011819.pdf>
16. Cantillano, R. F. F., Ávila, J. M. M., Peralba, M. do C. R., Pizzolato, T. M., & Toralles, R. P. (2014). Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas en dos sistemas de producción. *Horticultura Brasileira*, 30(4), 620–626. <https://doi.org/10.1590/s0102-05362012000400010>
17. Carrasco, R. R. De. (2008). Determinación De La Capacidad Antioxidante Y Determination of Antioxidant Capacity and Bioactive Compounds in Native Peruvian Fruits. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 2(1810–634X), 108–124. Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v74n2/a04v74n2.pdf>
18. 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
19. Castro-Vazquez, L.; Alañón, M.; Rodríguez-Robledo, V.; Pérez-Coello, M.S.; Hermosín-Gutierrez, I.; DíazMaroto, M.C.; Jordán, J.; Galindo, M.; ArroyoJiménez, M. (2016). Bioactive flavonoids, antioxidant behaviour and cytoprotective effects of dried grapefruit peels (*Citrus paradisi* Macf.). *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 1: 1-12
20. 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.
21. Contenido fenólico y capacidad antioxidante de fresa mínimamente. (2013).
22. CUQ, B.; GAIANI, C.; TURCHIULI, C.; GALET, L.; SCHER, J.; JEANTET, R.; MANDATO, S.; PETIT, J.; MURRIETA-PAZOS, I.; BARKOUTI, A.; SCHUCK, P.; RONDET, E.; DELALONE, M.; DUMOULIN, E.; DELAPLACE, G. y RUIZ, T. (2013). Advances in Food Powder Agglomeration Engineering. *Advances in Food and Nutrition Research*, 69: 41-103.

23. De Pabón, L. M. C., Yahia, E. H., Cartagena, R., Peláez, C., Gaviria, C. A., & Rojano, B. A. (2012). Capacidad antioxidante de dos variedades de *Fragaria x ananassa* (weston) Duchesne (fresa) sometidas a variaciones en la nutrición vegetal. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 17(1), 37–53.
24. Decreto, R., Decreto, R., Decreto, R., Decreto, R., Directiva, L., Decreto, R., & Decreto, R. (2003). Ministerio de la presidencia 13473. 26175–26178.
25. Dos Santos, A. (2007). Estudio del comportamiento cinético de microorganismos de interés en seguridad alimentaria con modelos matemáticos. Universidad Autónoma de Barcelona, 1–282.
26. Federcitrus. (2018). *Actividad-Citricola-2018.pdf*.
27. Feliu, I. S. (2016). Inmaculada Sanfeliu Feliu LA CITRICULTURA EN ESPAÑA: PRESENTE Y FUTURO. https://www.agronegocios.es/digital/files/planstar/Sanfeliu_pstar_citricos_valencia.pdf
28. Food, C., & Estrategia, P. (2017). Nuestro compromiso con la Alimentación Saludable y de Origen Natural : Proyecto Esencia.
29. Foronda, E. picón. (2013). Capacidad antimicrobiana de subproductos cítricos de Limón, Naranja y Mandarina frente a *E.coli*, *Salmonella typhimurium*. Universidad Politécnica de Valencia, 20. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33275/TFM.ESTEBAN PICÓN FORONDA.pdf?sequence=1>
30. Javanmard, M., & Endan, J. (2013). A Survey on Rheological Properties of Fruit Jams. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 1(1), 31–37. <https://doi.org/10.7763/ijcea.2010.v1.6>
31. Julià, M. (2017). Caracterización de polvos deshidratados obtenidos a partir de bagazo de arándano y valoración de su utilización como ingrediente funcional.
32. KARAM, M.C.; PETIT, J.; ZIMMER, D.; DJANTOU, E.B. y SCHER, J. (2016). Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. *Journal of Food Engineering*, 188: 32-49.
33. Keqing, X. (2004) Optimización del secado por aire caliente de pera (Variedad Blanquilla).
34. Londoño, J., Sierra, J., Álvarez, R., Restrepo, A. M., Pássaro, C. (2012). Aprovechamiento de los subproductos cítricos. https://www.researchgate.net/publication/267802091_Aprovechamiento_de_los_subproductos_citricolas

35. Luximon-Ramma, A., Bahorun, T., Soobrattee, M.A. and Aruoma, O.I. (2005). Antioxidant Activities of phenolic, proanthocyanidin, and flavonoid. components in extracts of *Cassia fistula*. *Journal of Agricultural and Food*
36. Márquez, C.J., Caballero, B., Vanegas, K. (2016). Efecto de edulcorantes no calóricos sobre el desarrollo de mermelada de mora (*Rubus glaucus* Benth).
37. Martínez, J.M., De Arpe, C., Urrialde, R., Fontecha, J., Murcia, M.A., Gómez, C., Villarino, A. (2003). Nutrición y salud. Nuevos alimentos para nuevas necesidades. Retrieved from http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/nuevos_alimentos.pdf
38. Mendoza, J. (2007). Elaboración de Mermeladas. *Alimentación y Cocina*, pág. 3-24.
39. Milena, S., Johana, L., Naranjo, M., Orozco, F., (2008). Valorización de residuos agroindustriales-Frutas- Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia.
40. Mujica, V., Velásquez, I., & Palacio, N. (2014). Incorporación de aceites esenciales de naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus reticulata*) en la formulación de cremas de limpieza facial. *Ingeniería Y Sociedad UC*, 10(1), 47–55.
41. Muñoz, A., Alvarado, C., & Encina, C. (2011). Fitoesteroles y fitoestanoles: Propiedades saludables. *Horizonte Medico*, 11(2), 93–100.
42. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Digesa, 1–24. Retrieved from http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Proy_RM615-2003.pdf
43. NORMAS UNE. (1997). Análisis sensorial. Tomo 1. Alimentación. UNE 87-006-92. AENOR N.A. 71970. Madrid. España.
44. Nunes Damaceno, M., Arbones Maciñeira, E., Gómez Fernández, J., Romero Rodríguez, Á., & Vázquez Oderiz, L. (2007). Xi Congreso Internacional De Ingenieria De Proyectos Factores De Proceso Que Afectan a La Elaboración De Mermelada De Fresa Artesanal. 26–28. https://www.aepro.com/files/congresos/2007lugo/ciip07_0002_0011.367.pdf
45. PASCUAL ANDERSON M. R.; CALDERÓN Y PASCUAL V. (2000; segunda edición). MICROBIOLOGÍA ALIMENTARIA: Metodología analítica para alimentos y bebidas. Ed. Díaz de Santos S.A.; Madrid.
46. Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., & Re, R. (1999). Antioxidant Activity Applying an Improved Abts Radical. *Free Radical Biology & Medicine*, 26(98), 1231–1237.
47. Quiroga, M. G. (2013). Influencia Del Tiempo De Almacenamiento Y Del Sistema De Cultivo Sobre Las Características Físico-Químicas Y Sensoriales Del Kiwi En Fresco Y En Almíbar. 278.

48. Rascón-Chu, A., Martínez-López, A.-L., Carvajal-Millán, E., Martínez-Robinson, K. G., & Campa-Mada, A. C. (2016). Ionic gelation of low-esterification degree pectins from immature thinned apples | Gelificación iónica de pectina de bajo grado de esterificación extraída de manzanas inmaduras de raleo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(1), 17–24.
49. Rauch, G.H. (1987). *Fabricación de mermeladas*. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza. España.
50. Rock, L., & Brunswick, N. (2005).4290–4302. Google Search. Retrieved from [https://www.google.ca/webhp?sourceid=chromeinstant&ion=1&espv=2&es_th=1&ie=UTF-8#q=dear sophie youtube&es_th=1](https://www.google.ca/webhp?sourceid=chromeinstant&ion=1&espv=2&es_th=1&ie=UTF-8#q=dear+sophie+youtube&es_th=1)
51. Sáez, R. (2018). *Caracterización De Polvos De Piel De Mandarina Para Su Uso Como Ingrediente Funcional En Alimentos*. 42.
52. Sahin, S. y Sumnu, S. (2009). *Propiedades Físicas de los Alimentos*. Zaragoza. ACRIBIA.
53. Serna-Cock, L., Torres-León, C., & Ayala-Aponte, A. (2015). Evaluación de polvos alimentarios obtenidos de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) como fuente de ingredientes funcionales. *Informacion Tecnologica*, 26(2), 41–50. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000200006>
54. Singleton, V., Orthofer, R. and Lamuela-Raventós, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in enzymology*, 299: 152-178
55. Tuquerres, Q. (2005). *Deshidratación de azúcares. Reacciones de Maillard*. Universidad Salesiana. Facultad de Ingeniería, pág. 10-15.
56. Villarán, M. C., Chávarri, M., & Dietrich, T. (2017). PARA UNA BIOECONOMÍA CIRCULAR. 251–272.