

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



INFLUENCIA DE DISTINTOS POLIOLES EN LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE MERMELADA DE FRESA

TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

ALUMNA: Elena Baixauli Marin

TUTOR ACADÉMICO: Pau Talens Oliag

TUTOR EXPERIMENTAL: Susana Ribes Llop

Curso Académico: 2014-2015

VALENCIA, JULIO 2015



INFLUENCIA DE DISTINTOS POLIOLES EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE MERMELADA DE FRESA

Resumen

En el presente trabajo se evaluado el efecto de diferentes polioles (maltitol, isomalt y eritritol) y edulcorantes intensivos (acesulfamo de potasio, aspartamo, *stevia* y sucralosa) sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de mermelada de fresa. Para ello se elaboraron 5 formulaciones distintas y se evaluaron sus propiedades composicionales (grados Brix, humedad, pH y actividad de agua) y fisicoquímicas (ópticas y reológicas) durante 6 meses de almacenamiento a 25°C. Paralelamente, se realizó un estudio de vida útil acelerada y una estimación del valor de Q_{10} , considerando que el parámetro que limitaba la vida útil del producto era la variación del color, por lo que se estudió dicha variación a 25, 35 y 60°C. Además, se realizó un análisis sensorial a día 1 y 90 después de su fabricación para conocer que formulación tenía mayor grado de aceptación por parte del consumidor.

Los resultados parecen indicar que el proceso de elaboración de las mermeladas es el factor que condiciona, principalmente, las propiedades composicionales y fisicoquímicas de las formulaciones. La mayoría de propiedades, a excepción del color, no variaron durante su almacenamiento a 25°C. El estudio de vida útil acelerada mostró que la evolución de la diferencia de color está linealmente relacionada con el tiempo. A partir de los valores de energía de activación y Q_{10} se estimó que formulaciones sufrían mayor degradación con la temperatura. El análisis sensorial reveló que las variables más valoradas por el consumidor eran apariencia, consistencia y aceptación general. Con todos los resultados obtenidos se concluye que, la formulación compuesta por isomalt, acesulfamo de potasio y sucralosa, presenta un mayor grado de aceptación y unas propiedades adecuadas, que destacan respecto al resto de formulaciones.

Palabras claves: mermelada, polioles, edulcorantes intensivos, almacenamiento, vida útil, Q_{10} , análisis sensorial.

Autora: Elena Baixauli Marin

Tutor: Pau Talens Oliag

Tutor experimental: Susana Ribes Llop

Valencia, Julio 2015.

Abstract

The purpose of this dissertation was to assess the effect of different polyols (maltitol, isomalt, and erythritol) and intensive sweeteners (acesulfame potassium, aspartame, *stevia*, and sucralose) on physico-chemical and sensorial properties of strawberry jam. Five different formulations were developed and their compositional properties (Brix degrees, humidity, pH and water activity) and physico-chemical (optical and rheological) were evaluated during 6 months of storage at 25°C. At the same time, it was done a study of accelerated shelf-life and an estimate of the value of Q_{10} , considering that the parameter limiting the product shelf-life was the colour variation, so this variation was studied at 25, 35 and 60°C. In addition, a sensory analysis was done day 1 and 90 to know which formulation had a greater degree of consumer acceptance. The results seem to indicate that jams preparation is the factor which conditions, mainly, the compositional and physico-chemical properties of the formulations. The majority of properties, with the exception of colour, did not vary during storage at 25°C. The study of accelerated shelf-life showed that the evolution of colour difference is linearly related to time. From activation energy and Q_{10} values was studied which formulations had more degradation with temperature. Sensory analysis revealed that most valued by the consumer variables were appearance, consistency and general acceptance. With all the results obtained, it is concluded that the compound formulation of isomalt, acesulfame potassium and sucralose presents a greater degree of acceptance and appropriate properties, which stand out compared to the rest of formulations.

Key words: jam, polyols, intensive sweeteners, storage, shelf-life, Q_{10} , sensory analysis.

ÍNDICE

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. POLIOLES	1
1.1.1. Eritritol	2
1.1.2. Isomalt	2
1.1.3. Maltitol	2
1.2. EDULCORANTES INTENSIVOS	2
1.2.1. Acesulfamo de potasio	3
1.2.2. Aspartamo	3
1.2.3. Sucralosa	3
1.2.4. Stevia	4
1.3. CONSUMO DE FRUTAS TRANSFORMADAS	4
2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO	6
2.1. OBJETIVO GENERAL	6
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
2.3. PLAN DE TRABAJO	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS	7
3.1. MATERIA PRIMA	7
3.2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	7
3.3. ANÁLISIS REALIZADOS	8
3.3.1. Determinación de sólidos solubles	8
3.3.2. Determinación de humedad	8
3.3.3. Determinación de actividad de agua (a_w)	8
3.3.4. Determinación del pH	8
3.3.5. Determinación de las propiedades ópticas	9
3.3.6. Determinación de las propiedades reológicas	9
3.3.7. Estudio de vida útil acelerada	10
3.3.8. Análisis sensorial	11
3.3.9. Análisis estadístico	12
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
4.1. RESULTADOS A DÍA 1	13
4.1.1. Propiedades composicionales	13

4.1.2. Propiedades fisicoquímicas	14
4.1.2.1. Propiedades reológicas	14
4.1.2.2. Propiedades ópticas	15
4.2. RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS	17
4.2.1. Propiedades composicionales	18
4.2.1.1. Evolución de la humedad y de los °Brix	18
4.2.1.2. Evolución del pH	20
4.2.1.3. Evolución de la actividad de agua	21
4.2.2. Propiedades reológicas	22
4.2.3. Propiedades ópticas	24
4.3. ESTUDIO DE VIDA ÚTIL ACELERADA	27
4.4. ANÁLISIS SENSORIAL	32
5. CONCLUSIONES	34
6. REFERENCIAS	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curvas de flujo de las distintas mermeladas a día 1.....	15
Figura 2. Diferencia de color de cada una de las mermeladas con respecto a la mermelada 1 a día 1.Valores medios (n=3) y desviación estándar.....	17
Figura 3. Evolución de los °Brix de las mermeladas durante el almacenamiento. Valores medios (n=3) y desviación estándar.....	18
Figura 4. Evolución de la humedad de las mermeladas durante el almacenamiento. Valores medios (n=3) y desviación estándar.....	19
Figura 5. Evolución de los valores de actividad de agua de las distintas mermeladas. Valores medios (n=3) y desviación estándar	21
Figura 6. Evolución del índice de consistencia (Pa·s) de las distintas mermeladas. Valores medios (n=3) y desviación estándar	23
Figura 7. Representación del ángulo de fase frente al módulo complejo	24
Figura 8. Diferencias de color de las mermeladas respecto al valor inicial. Valores medios (n=3) y desviación estándar	27
Figura 9. Ajustes de Arrhenius para los cambios de color expresados con el parámetro ΔE	29
Figura 10. Logaritmo de vida útil en función de las temperaturas de almacenamiento para las distintas mermeladas estudiadas	31
Figura 11. Gráficos de perfil a día 1 y 90 después de su elaboración. Valores medios (n=30)	32
Figura 12. Análisis de componentes principales de las diferentes mermeladas a día 1 y día 90 tras su elaboración. Mapa de muestras (Figura 12a) y mapa de variables (Figura 12b)	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades composicionales de las diferentes mermeladas formuladas a día 1. Valores medios (n=3) y desviación estándar	14
Tabla 2. Propiedades reológicas de las mermeladas formuladas a día 1. Valores medios (n=3) y desviación estándar	16
Tabla 3. Propiedades ópticas de las distintas mermeladas formuladas a día 1. Valores medios (n=3) y desviación estándar	17
Tabla 4. Evolución de los valores de pH de las distintas mermeladas. Valores medios (n=3) y desviación estándar	20
Tabla 5. Evolución de los valores de umbral de fluencia (Pa) de las distintas mermeladas. Valores medios (n=3) y desviación estándar	22
Tabla 6. Evolución de la luminosidad de las distintas mermeladas. Valores medios (n=3) y desviación estándar	25
Tabla 7. Evolución del croma de las distintas mermeladas. Valores medios (n=3) y desviación estándar	25
Tabla 8. Evolución del tono de las distintas mermeladas. Valores medios (n=3) y desviación estándar	26
Tabla 9. Cambios de color expresados como ΔE durante en almacenamiento de las mermeladas y valores puntuales de vida útil de las mermeladas para un ΔE de 5 unidades	28
Tabla 10. Valores de energía de activación en J/mol, Estimación de vida útil en días en función de la Temperatura en °C y valores de Q_{10} estimados para un intervalo de temperaturas entre 20-30°C	31

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

La demanda de productos con un reducido contenido energético ha ido aumentando en los últimos años debido a la creciente preocupación del consumidor por el sobrepeso, las enfermedades cardiovasculares y la diabetes. Como consecuencia de ello, se ha producido un incremento de estos productos en el mercado, puesto que las empresas buscan una alternativa a sus productos tradicionales, variando lo mínimo posible sus características organolépticas. Uno de los ingredientes causantes de estas enfermedades es el azúcar. Por ello, se han buscado compuestos que sustituyan, parcial o totalmente, al azúcar con el objetivo de obtener alimentos con un menor contenido energético, pero con las mismas características reológicas y sensoriales que los productos tradicionales (Basu y col., 2011). Dentro de este tipo de compuestos se pueden encontrar los edulcorantes de carga o polioles y los edulcorantes intensivos. En muchas ocasiones, se usan mezclas de diferentes edulcorantes intensivos ya que se produce un efecto de sinergismo aportando más sabor dulce. Estas combinaciones no solo aportan un sabor más similar al azúcar, sino que disminuyen la cantidad total de edulcorante empleado (International Food Information Council Foundation, 2014).

Por todo ello, la combinación de los edulcorantes de carga y los intensivos aportan características similares a las del azúcar.

1.1. POLIOLES

Los polioles o alcoholes del azúcar son edulcorantes de volumen ampliamente empleados en la industria alimentaria como sustitutos del azúcar (Mitchell, 2006). Son considerados edulcorantes de carga ya que aportan cuerpo, textura y sabor dulce a los productos. Tienen carácter anticariogénico (Kato y Moskowitz, 2001; Olinger y Pepper, 1994; Wijers y Sträter, 2001) y presentan bajo valor calórico, debido a su baja absorción intestinal (Shankar y col., 2013). Además, estos compuestos pueden ser utilizados por pacientes diabéticos puesto que no aumentan el nivel de glucosa en sangre (Vasso y Vassiliki, 2012). En este estudio se ha trabajado con 3 polioles: eritritol, isomalt y maltitol.

1.1.1. Eritritol

El eritritol es el 1,2,3,4-butanetetrol, un azúcar de alcohol natural que se presenta en varias frutas y alimentos fermentados, al igual que en los fluidos humanos y de animales (Lopes y col., 2010). Industrialmente se prepara mediante la fermentación de la glucosa. Presenta gran estabilidad térmica, muy baja higroscopicidad (Cohen y col., 1993), sabor dulce y baja toxicidad (Munro y col., 1998). Además, tiene un bajo contenido energético (0.2 kcal/g) y propiedades anticariogénicas y por ello, es ampliamente utilizado como sustituto del azúcar en el mercado de productos light y bajos en calorías (Haji, 2008).

1.1.2. Isomalt

El isomalt es una mezcla de dos disacáridos alcohólicos α -D-glucopiranosil- α -(1-6)-sorbitol y α -D-glucopiranosil- α -(1-6)-manitol, derivados de la hidrogenación de la isomaltulosa (Bolhuis y col., 2009). Es el único poliol producido a partir de la sacarosa y posee el 50% de su poder edulcorante (Ndindayino y col., 1999).

1.1.3. Maltitol

El maltitol es un disacárido cuya fórmula química corresponde a 4- α -glucopiranosil-D-sorbitol. Gracias a su estructura molecular el maltitol tiene una gran estabilidad térmica y química (Schouten y col., 1999). Aunque muchas de sus propiedades son comparables con las de la sacarosa, baja higroscopicidad y poder edulcorante, el maltitol tiene menor valor energético (2,1kcal/g). Este hecho, permite su utilización en aplicaciones específicas en el campo de la alimentación o en productos farmacéuticos con bajo contenido energético. Además, se trata de un aditivo anticariogénico (Maguire y col., 2000).

1.2. EDULCORANTES INTENSIVOS

Otros sustitutos del azúcar son los llamados edulcorantes intensivos, que pueden ser naturales o artificiales. Su principal característica radica en que su poder edulcorante es muy superior al de la sacarosa, siendo necesario incorporar una menor cantidad en el alimento para conseguir el mismo dulzor, aportando un valor calórico menor al del

azúcar. Además tienen carácter anticariogénico y son aptos para diabéticos (Shankar y col., 2013). En este estudio se ha trabajado con 4 edulcorantes intensivos: el acesulfamo de potasio, el aspartamo, la *stevia* y la sucralosa.

1.2.1. Acesulfamo de potasio

Acesulfamo de potasio es un edulcorante intensivo no calórico, que no es metabolizado en el cuerpo. Su poder edulcorante es 200 veces superior al de la sacarosa. Tiene una gran estabilidad térmica (Calorie Control Council, 2010) y, puede proporcionar un regusto amargo al producto final, si es utilizado solo para endulzar un alimento (Kuhn y col., 2004). Actualmente es un edulcorante muy empleado en alimentos, bebidas y productos farmacéuticos de higiene oral.

1.2.2. Aspartamo

El aspartamo, cuya fórmula química es N-L-aspartil-L-fenilalanina-1-metil, proviene de la síntesis de dos aminoácidos, ácido aspártico y fenilalanina. Aunque su valor calórico es de 4 kcal/g, al igual que la sacarosa, su poder edulcorante es 180 veces superior a este. Por ello, pequeñas cantidades son necesarias para endulzar los alimentos, haciendo de esta forma insignificante el aporte calórico (Rashidian y Fattahi, 2009). Aunque se considera relativamente estable en su forma seca, factores como el pH, temperatura y tiempo son muy importantes ya que afectan su estabilidad en disolución. Debido a su hidrólisis en fenilalanina, es obligada su mención en el etiquetado de los productos que contengan este edulcorante según el Reglamento (UE) nº 1169/2011 del Parlamento Europeo, ya que puede producir efectos negativos en los pacientes que sufran la enfermedad genética fenilcetonuria (Ashok y col., 2014).

1.2.3. Sucralosa

Sucralosa es el nombre común del edulcorante artificial cuyo nombre químico es 4,10,60-triclorogalactosucrosa. Este compuesto no nutritivo se sintetiza mediante la cloración selectiva de la sacarosa (Luo y col., 2008). Mediante diversos estudios se ha demostrado que se trata de una sustancia no cariogénica ni genotóxica, aprobada para toda la población (Brusick y col., 2010). Tiene un sabor muy similar al azúcar y no

tiene un regusto final desagradable. Es un edulcorante intensivo 600 veces más dulce que el azúcar de mesa. Es un compuesto muy estable y mantiene su dulzor incluso con altas temperaturas y acidez (Knight, 1994).

1.2.4. Stevia

La *stevia* es un edulcorante natural extraído de la planta *Stevia rebaudiana* (Boileau y col., 2012). El poder edulcorante es aproximadamente 300 veces el de la sacarosa (Goyal y Goyal, 2010). Supone una alternativa natural, para parte de la población que tiene una percepción negativa sobre los edulcorantes artificiales bajos en calorías (Gibson-Moore, 2013). El número de países que permiten la *stevia* está en aumento. Este compuesto presente en productos de bajo contenido energético, tiene una aceptación limitada debido a sus indeseables efectos sensoriales como el regusto metálico/amargo (Schiffman y col., 1995).

1.3. CONSUMO DE FRUTAS TRANSFORMADAS

Paralelamente, se observa un incremento del consumo de frutas transformadas (Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente, 2014) cuya vida útil es superior y conserva la mayoría de las propiedades nutricionales de las frutas de las que provienen. Dentro de este grupo se pueden encontrar las confituras y mermeladas, cuyas definiciones quedan recogidas en el Real Decreto 670/1990 (BOE 31/05/90) y en el Real Decreto 863/2003 (BOE 5/07/03).

Mermelada: Es el producto preparado por cocción de frutas enteras, troceadas, trituradas, tamizadas o no, a las que se han incorporado azúcares hasta conseguir un producto semilíquido o espeso. La cantidad de fruta utilizada para la fabricación de 1.000 gramos de producto acabado no será inferior a 300 gramos. El contenido en materia seca soluble, determinado por refractometría, será igual o superior al 40 por 100 e inferior al 60 por 100.

Confitura: Es la mezcla, con la consistencia gelificada apropiada, de azúcares, de pulpa o de puré de una o varias especies de frutas y de agua. La cantidad de pulpa o de puré utilizada para la elaboración de 1.000 gramos de producto acabado no será inferior a 350 gramos en general. Los productos deberán tener un contenido de materia seca

soluble, determinada por refractómetro, igual o superior al 60 por 100, excepto para los productos en los que los azúcares hayan sido sustituidos total o parcialmente por sustancias edulcorantes.

Por ello, según las definiciones de confitura y mermelada, si están fabricadas con edulcorantes y la cantidad mínima de fruta es de 350 gramos en cada 1.000 gramos, al producto final se le podrá considerar tanto confitura como mermelada, ya que no aplica el contenido de materia seca soluble al no contener azúcares.

OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

2.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del trabajo es evaluar el efecto de la incorporación de distintos polioles (isomalt, maltitol y eritritol) y edulcorantes intensivos (sucralosa, *stevia*, acesulfamo de potasio y aspartamo) en las propiedades composicionales, fisicoquímicas y sensoriales en mermelada de fresa.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

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

- Elaborar y evaluar las propiedades composicionales ($^{\circ}$ Brix, humedad, a_w y pH) y fisicoquímicas (propiedades ópticas y reológicas) de las distintas mermeladas formuladas con los distintos polioles y edulcorantes intensivos y analizar los posibles cambios ocasionados en estas propiedades durante el almacenamiento de las mismas a una temperatura controlada de 25°C.
- Realizar un estudio de vida útil acelerada de las distintas mermeladas, considerando como factor limitante la variación de color.
- Evaluar la aceptabilidad de las distintas formulaciones a diferentes tiempos de almacenamiento mediante un análisis sensorial.

2.3. PLAN DE TRABAJO

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

- Revisión bibliográfica acerca de los edulcorantes intensivos y de volumen a emplear en el estudio.
- Optimización del proceso y obtención de las diferentes mermeladas.
- Determinación de las propiedades composicionales de las diferentes mermeladas.
- Determinación de las propiedades ópticas y reológicas de las diferentes mermeladas.
- Diseño y puesta a punto de un estudio de vida útil acelerada a través de la evaluación de los cambios de color en las mermeladas almacenadas a distintas temperaturas.
- Evaluación sensorial de las mermeladas a día 1 y 90 tras su elaboración y almacenadas a 4°C.

MATERIALES Y MÉTODOS

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIA PRIMA

Para la elaboración de las mermeladas se emplearon como materia prima: fruta, fibra dietética, agua, pectina, edulcorantes de volumen o polioles (isomalt, maltitol y eritritol), edulcorantes de intensidad (sucralosa, *stevia*, acesulfamo de potasio y aspartamo), ácidos, goma xantana, pectina, sorbato potásico y benzoato sódico.

3.2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El proceso de elaboración se hizo en una Thermomix TM31 (Vorwek España M.S.L., S.C., Madrid). Para la obtención de las distintas mermeladas se estandarizó el mismo procedimiento (tiempos, temperaturas de cocción y cantidad de ingredientes), variando únicamente los edulcorantes presentes en la formulación.

Inicialmente, se trituró la fruta y se le añadió la pectina y la fibra dietética. Seguidamente, se incorporó parte del agua para hidratar la pectina y se dejó homogenizando durante ocho minutos, asegurando que no quedaban grumos en la mezcla. A continuación, se elevó la temperatura hasta 100°C y se incorporaron los distintos edulcorantes de intensidad y el poliol de volumen. Una vez comenzó a hervir la mezcla, se añadió la goma xantana y se homogeneizó durante 4 minutos.

Paralelamente se preparó una mezcla con los ácidos y se añadieron a la mermelada.

Finalmente, se incorporaron los aditivos. La mezcla se dejó enfriar y se envasó en botellas PET individuales de 240 gramos almacenadas a 25°C hasta su posterior análisis. Todas las mermeladas se elaboraron de la misma manera tratando de mantener las mismas condiciones de proceso.

Se obtuvieron cinco mermeladas diferentes cuya composición variaba únicamente en los edulcorantes utilizados:

Mermelada 1: isomalt, acesulfamo de potasio y aspartamo.

Mermelada 2: isomalt, acesulfamo de potasio y sucralosa.

Mermelada 3: isomalt, *stevia* y sucralosa.

Mermelada 4: eritritol, *stevia* y sucralosa.

Mermelada 5: maltitol, *stevia* y sucralosa.

Para poder evaluar las diferentes propiedades durante los siguientes 6 meses a su preparación se establecieron que días, posteriores a su elaboración, debían ser analizadas, marcándose como necesarios en el plan de trabajo los días 1, 7, 15, 30, 60, 90, 120, 150 y 180.

3.3. ANÁLISIS REALIZADOS

3.3.1. Determinación de sólidos solubles

La determinación de sólidos solubles se realizó por refractometría (°Brix). Se utilizó un refractómetro RFM330+ (Bellingham and Stanley Ltd, UK) termostatado a 20°C. Las medidas se realizaron por triplicado.

3.3.2. Determinación de humedad

Para la determinación de la humedad se mantuvo la muestra en estufa hasta peso constante, para conseguir una eliminación completa del agua. Las muestras se secaron en una estufa de convección a 60°C durante 24 horas y se mantuvieron en una estufa a vacío a 60°C hasta observar que no había variación de peso. La diferencia de peso antes y después del secado en la estufa referido al peso inicial de la muestra proporciona la humedad de la misma (g agua / g muestra).

3.3.3. Determinación de actividad de agua (a_w)

Las determinaciones de a_w se realizaron a 25°C, empleando para ello un higrómetro de punto de rocío marca “Decagón” modelo CX-1, con una sensibilidad de 0,001, el cual se había calibrado previamente con soluciones salinas saturadas.

3.3.4. Determinación del pH

El pH se determinó con un pH-metro (SevenEasy, Mettler Toledo) a temperatura ambiente.

3.3.5. Determinación de las propiedades ópticas

Para medir el color de las mermeladas se empleó un espectrocolorímetro (MINOLTA, CM 3600D, Tokio, Japón). Tras la calibración del equipo se colocaron las muestras en cubetas de 20 mm de espesor, realizando las medidas por triplicado. Las condiciones empleadas fueron iluminante D65 y observador 10°. A partir del espectro de reflexión se determinaron las coordenadas de color en el espacio CIE L*a*b* calculando seguidamente los valores de tono (h_{ab}^*) y croma (C_{ab}^*) mediante la ecuaciones (1) y (2).

$$h_{ab}^* = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad (1)$$

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

Así mismo, se estimaron las diferencias de color (ΔE) provocadas por la degradación sufrida a lo largo de del tiempo mediante la ecuación (3).

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

3.3.6. Determinación de las propiedades reológicas

Las propiedades reológicas de la mermelada se analizaron mediante dos ensayos: un ensayo estacionario y un ensayo oscilatorio. Para ello, se utilizó un reómetro (HAAKE Rheostress 1, Thermo Electric Corporation, Alemania), donde las muestras se mantuvieron atemperadas a 25°C durante los análisis.

Para el ensayo estacionario se empleó un sistema de cilindros concéntricos mediante un gradiente de velocidad de 0-200 s⁻¹ en tres barridos ascendentes y descendentes de 5 minutos de duración, para eliminar de esta forma la tixotropía del producto. Previamente, cada muestra fue relajada durante 5 minutos.

Para cada mermelada, se determinó por triplicado la correspondiente curva de flujo, ajustando los datos obtenidos al modelo de Herschel-Bulkley (ecuación 4).

$$\sigma = \sigma_y + K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (4)$$

De esta forma se determinó el valor de umbral de fluencia (σ_y), índice de comportamiento al flujo (n) e índice de consistencia (K).

El ensayo oscilatorio se realizó mediante un sistema placa-placa. Inicialmente se estableció el rango viscoelástico lineal mediante un barrido con un esfuerzo entre 0,1-5 Pa. Una vez seleccionado el valor de esfuerzo (1 Pa), se aplicó un intervalo de frecuencia entre 0,1-10 Hz. Se determinó el valor del módulo de almacenamiento (G'), módulo de pérdidas (G''), el módulo complejo (G^*) y la tangente de pérdidas ($\tan \delta$) obtenidos a 1 Hz de frecuencia.

3.3.8. Estudio de vida útil acelerada

Una propiedad que limita la vida útil de las mermeladas es el color, ya que es el parámetro que sufre mayor degradación con el tiempo. Por ello, se almacenaron las mermeladas a diferentes temperaturas para acelerar los procesos de alteración del color y de esta forma realizar un estudio de vida útil acelerada. Las mermeladas se almacenaron a 25, 35 y 60°C, analizándose los cambios de color sufridos a diferentes días de almacenamiento según la temperatura de almacenamiento. Las muestras a 25°C se almacenaron hasta 180 días, las muestras a 35°C hasta 135 días y las muestras a 60°C hasta 35 días.

Conociendo que la reacción de degradación de color en las mermeladas es de orden 0, se utilizó la ecuación de Arrhenius, ecuación (5), para estimar la energía de activación del proceso.

$$k = k_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{R \cdot T}} \quad (5)$$

Donde k es la constante de velocidad de la reacción, E_a es la energía de activación, R la constante de los gases y T la temperatura en grados Kelvin.

Además, se calculó el valor Q_{10} para un intervalo de almacenamiento de 20 a 30°C. Esta constante se define como la relación de las constantes de reacción en temperaturas que difieren 10°C, cuando las muestras son almacenadas a temperaturas superiores a 10°C.

Por último, se obtuvo una relación para estimar la vida útil de las mermeladas, cuya ecuación se muestra en resultados y discusión.

3.3.9. Análisis sensorial

El análisis sensorial de las mermeladas se realizó a día 1 y 90 después de su elaboración. Las muestras fueron almacenadas en botellas PET a 4°C. Para evaluar la aceptabilidad de las cinco mermeladas dietéticas, se llevó a cabo un test de consumidores. Las diferentes formulaciones se analizaron mediante una escala hedónica de 9 puntos (el 9 expresa el nivel más alto de aceptación y el 1 el más bajo). Para cada mermelada, los consumidores puntuaron el grado de aceptación. Es decir, cuánto les gustaba su apariencia, su sabor, su aroma, su consistencia y la aceptación general. Además, se incluyeron preguntas para conocer si estarían dispuestos a adquirirla.

Previo al análisis sensorial, se realizó un análisis microbiológico de cada muestra para asegurar la inocuidad de las mermeladas. Se sometió todo el material utilizado a un tratamiento de esterilización en autoclave a 121°C durante 15 minutos, para evitar una posible contaminación del producto. A partir de 10 gramos de producto, se realizaron diluciones seriadas hasta obtener la dilución 10^{-3} . A continuación, se realizaron siembras en superficie de 0,1 mL de cada dilución en placas Petri estériles con el medio de cultivo adecuado. Se utilizó PCA (Plate Count Agar) para determinar aeróbios mesófilos, PDA (Potato Dextrose Agar) para determinar hongos y YPD agar (Yeast Peptone Dextrose) para evaluar levaduras. Seguidamente, las placas fueron incubadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 72 h. El recuento se realizó a partir de las placas que contenían entre 30 y 300 unidades formadoras de colonias (UFC).

3.3.10 Análisis estadístico

Los resultados de la muestras a día 1 de análisis, se han analizado mediante un ANOVA Simple con un nivel de significación del 95% haciendo uso del Statgraphics Centurion XVI (Manugistics Corp., Rockville, Md.). Los datos obtenidos durante el almacenamiento de la muestras, han sido analizados mediante el uso de un ANOVA Multifactor con un nivel de significación del 95% haciendo uso del Statgraphics Centurion XVI (Manugistics Corp., Rockville, Md.). Para el análisis sensorial se realizó una análisis de componentes principales usando el software The Unscrambler v9.7 (CAMO Software AS, OSLO, Norway).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo se han estudiado las propiedades composicionales, fisicoquímicas y sensoriales de 5 mermeladas de fresa formuladas con distintos edulcorantes a diferentes tiempos de almacenamiento. De las distintas formulaciones estudiadas es importante resaltar la mermelada 1, elaborada a partir de isomalt, acesulfamo de potasio y aspartamo, ya que se trata de un producto que actualmente está siendo comercializado y, por tanto, presenta una aceptación por parte del consumidor. A pesar de ello, éste producto contiene aspartamo y, debido a las crecientes preocupaciones que causa su uso en los consumidores, se quiere sustituir por otro edulcorante no nutritivo.

Por otra parte, se desea conocer si un cambio en el poliol de volumen aumentaría su aceptación en el mercado. Para ello se busca conseguir una mermelada con similares o mejores características que la mermelada 1, teniendo en cuenta en todo momento, la opinión de los consumidores.

4.1. RESULTADOS A DÍA 1

4.1.1. Propiedades composicionales

La tabla 1 presenta los resultados de los valores composicionales de las diferentes mermeladas formuladas y evaluadas a día 1. Todas las mermeladas presentan una composición similar, aunque se observan pequeñas diferencias entre la mermelada 1, mermelada 5 y el resto de mermeladas. En relación a los grados Brix y humedad, la mermelada 1 presenta el valor más alto de °Brix ($37,57 \pm 0,31$) y el más bajo de humedad ($60,83\% \pm 0,02$), mientras que la mermelada 5 presenta el valor más bajo de °Brix ($30,47 \pm 0,64$) y el más alto de humedad ($70,480\% \pm 0,003$), teniendo el resto de las mermeladas un valor en torno a 35 °Brix y 65% de humedad. El hecho de que la mermelada 5 presente un valor de °Brix más bajo y de humedad más alto se debe a que utiliza maltitol en su formulación, el cual se añade en forma de jarabe para evitar posibles problemas de cristalización (Sokmen y Gunes, 2006).

En cuanto a los valores de actividad de agua obtenidos, todas las mermeladas, a excepción de la mermelada 4, presentan valores similares. El valor de a_w inferior observado en la mermelada 4 puede deberse a la gran capacidad de interacción del eritritol, poliol usado en la formulación de esta mermelada, con el agua. Efecto que

puede ser causado por el menor tamaño molecular del mismo, frente al resto de polioles empleados en las otras formulaciones (Peinado, 2011).

A pesar de estas pequeñas diferencias observadas, todas las mermeladas cumplen la legislación española para mermeladas sin azúcar (BOE 31/05/90), ya que al ser un producto elaborado con edulcorantes no debe cumplir un contenido mínimo de sólidos solubles, como si ocurre para las mermeladas elaboradas con azúcar. En todos los casos poseen un contenido en fruta superior a 350g y, por tanto, se les pueden considerar tanto confituras como mermeladas.

Tabla 1. Propiedades composicionales de las diferentes mermeladas formuladas a día 1. Valores medios (n=3) y desviación estándar.

	Mermelada 1	Mermelada 2	Mermelada 3	Mermelada 4	Mermelada 5
° Brix	37,57 ± 0,31 ^d	34,17 ± 0,06 ^b	34,77 ± 0,21 ^{bc}	35,4 ± 0,3 ^c	30,47 ± 0,64 ^a
Humedad	0,61 ± 0,02 ^a	0,66 ± 0,01 ^b	0,61 ± 0,02 ^a	0,67 ± 0,01 ^b	0,7 ± 0,003 ^c
a_w	0,9650 ± 0,0011 ^b	0,9676 ± 0,0004 ^b	0,9656 ± 0,0021 ^b	0,9297 ± 0,0175 ^a	0,9732 ± 0,0039 ^b
pH	3,66 ± 0,03 ^c	3,32 ± 0,01 ^a	3,24 ± 0,09 ^a	3,42 ± 0,06 ^b	3,27 ± 0,05 ^a

^{a, b, c} Letras iguales en una misma fila indican la pertenencia a grupos homogéneos ($p < 0,05$).

4.1.2. Propiedades fisicoquímicas

4.1.2.1. Propiedades reológicas

La figura 1 muestra una curva de flujo típica para cada una de las mermeladas estudiadas. Se observa que presentan un comportamiento plástico y que todas las muestras presentan buena correlación al modelo de Herschel-Bulkley. Este modelo tiene 3 parámetros: índice de comportamiento al flujo (n), índice de consistencia (K) y umbral de fluencia (σ_y), y permite describir el comportamiento de materiales plásticos. La tabla 2 presenta los valores de los 3 parámetros para las distintas mermeladas estudiadas a día 1. Todas las mermeladas presentan valores similares de índice de comportamiento al flujo, presentando los mayores valores las mermeladas 1 y 2, mientras que el valor de consistencia y umbral de fluencia son mayores para la mermelada 1 y menores para la mermelada 5, efecto que puede atribuirse a los cambios composiciones observados entre ambas mermeladas (Tabla 1). Los valores obtenidos de n son ligeramente mayores y los de K y σ_y ligeramente menores a los presentados por otros autores que trabajan con mermelada y polioles (Basu y col., 2011; Peinado y col., 2012). Este efecto era

esperable ya que las mermeladas obtenidas en este estudio son para envasar en botellas PET y, por tanto, su formulación debe ser más fluida para facilitar su posterior salida a través del envase.

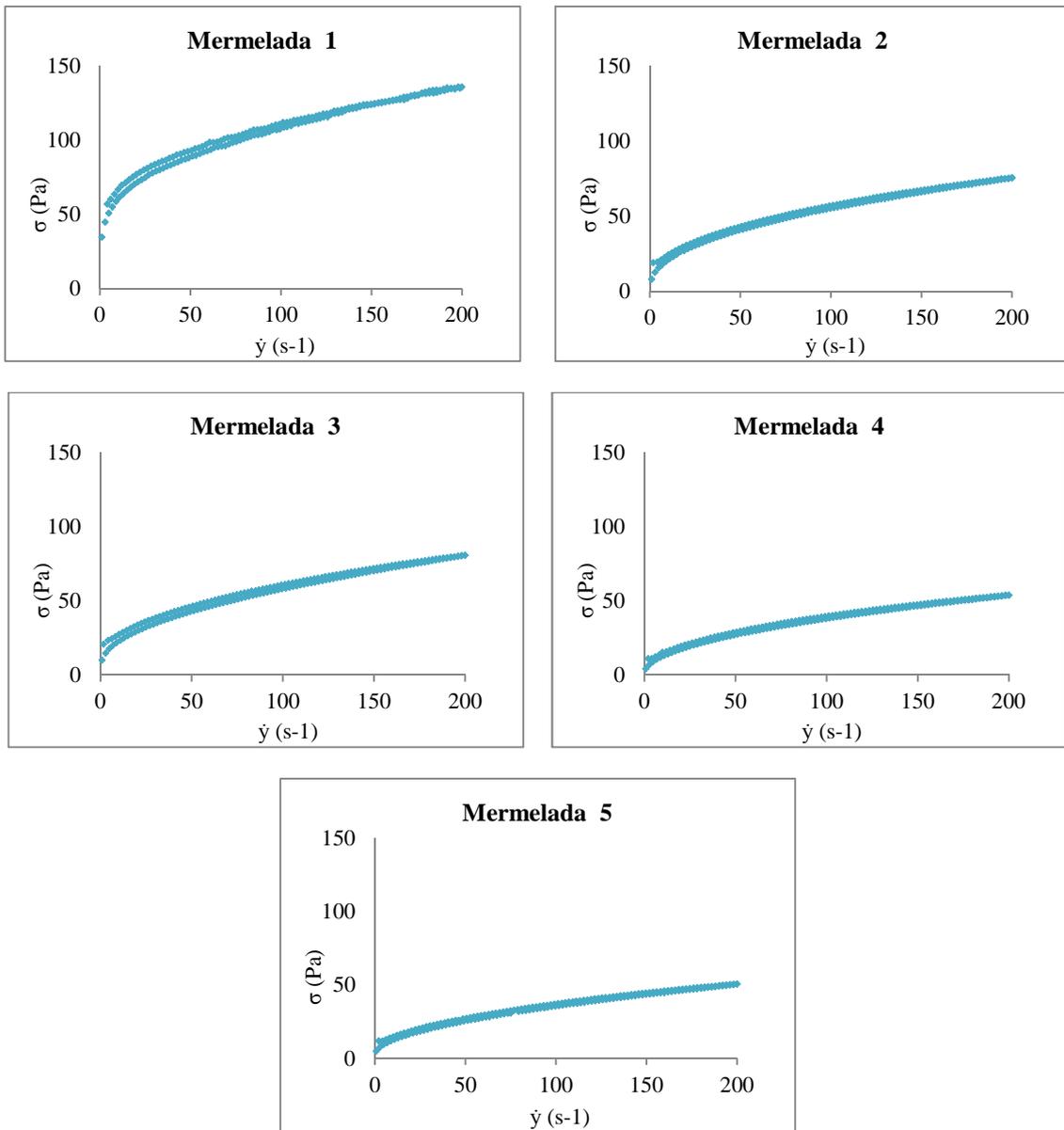


Figura 1. Curvas de flujo de las distintas mermeladas a día 1.

La tabla 2 muestra también los parámetros obtenidos durante el ensayo oscilatorio. Para las cinco formulaciones G' es mayor que G'' lo que indica una mayor contribución del componente elástico frente al componente viscoso de la mermelada. Este comportamiento es el comportamiento típico de un material semisólido viscoelástico.

Similares resultados han sido observados por otros autores trabajando con mermelada (Basu y col., 2011) y trabajando con otros sistemas alimentarios como ovoalbúmina (Nakamura y col, 1997), mermelada y yogur (Gabriele y col., 2001), almidón (Rosalina y Bhattacharya, 2001), y lactoglobulina (Goncalves y col., 2004). En todos los casos, las mermeladas mostraron valores de $\tan \delta < 1$, lo que indica que tienen un comportamiento más elástico que viscoso, mostrando el comportamiento típico de geles (Mounsey y Riordan, 2001). Observando los valores del módulo complejo (G^*), la mermelada 1 es la mermelada más viscosa mientras que la mermelada 5 es la mermelada más fluida. Estos resultados concuerdan con los observados en el ensayo estacionario, donde se observaba que la mermelada 1 es la muestra con mayor consistencia, mientras que la mermelada 5 la menos consistente.

Tabla 2. Propiedades reológicas de las mermeladas formuladas a día 1. Valores medios (n=3) y desviación estándar.

	Mermelada 1	Mermelada 2	Mermelada 3	Mermelada 4	Mermelada 5
n	0,62 ± 0,01 ^a	0,69 ± 0,01 ^c	0,65 ± 0,01 ^{ab}	0,66 ± 0,03 ^b	0,68 ± 0,00 ^a
K (Pa·s)	3,11 ± 0,12 ^c	1,67 ± 0,06 ^a	2,03 ± 0,16 ^b	1,49 ± 0,23 ^a	1,19 ± 0,04 ^c
σ_y (Pa)	52,35 ± 3,40 ^b	16,70 ± 0,36 ^a	18,60 ± 0,84 ^a	16,15 ± 0,25 ^a	9,46 ± 0,46 ^b
G' (Pa)	166,93 ± 72,56 ^b	53,95 ± 21,12 ^a	81,55 ± 18,16 ^{ab}	63,04 ± 30,94 ^a	40,48 ± 28,52 ^b
G'' (Pa)	51,91 ± 21,69 ^b	17,29 ± 6,48 ^a	23,14 ± 4,31 ^a	15,32 ± 5,93 ^a	13,34 ± 9,44 ^b
G* (Pa)	174,80 ± 75,77 ^b	56,65 ± 22,09 ^a	84,77 ± 18,62 ^{ab}	64,89 ± 31,48 ^a	42,63 ± 30,04 ^b
$\tan \delta$	0,31 ± 0,01 ^{bc}	0,32 ± 0,01 ^c	0,29 ± 0,02 ^b	0,25 ± 0,02 ^a	0,33 ± 0,01 ^{bc}

^{a, b, c} Letras iguales en una misma fila indican la pertenencia a grupos homogéneos ($p < 0,05$).

4.1.2.2 Propiedades ópticas

La tabla 3 presenta los valores de las coordenadas L^* , a^* , b^* , así como de croma y tono de las diferentes muestras de mermelada estudiadas a día 1. Independientemente del tipo de edulcorante usado para la elaboración de la mermelada, no se observaron diferencias de color evidentes entre las distintas mermeladas estudiadas en ninguno de sus atributos de color. La figura 2 muestra la diferencia de color de cada una de las mermeladas con respecto a la mermelada 1. En todos los casos el valores de ΔE es inferior a 5 unidades lo que indica que no se observan diferencias de color perceptibles al ojo humano entre unas mermeladas u otras.

Tabla 3. Propiedades ópticas de las distintas mermeladas formuladas a día 1. Valores medios (n=3) y desviación estándar.

	Mermelada 1	Mermelada 2	Mermelada 3	Mermelada 4	Mermelada 5
L*	28,06 ± 0,04 ^a	27,88 ± 0,03 ^b	27,78 ± 0,04 ^b	27,06 ± 0,07 ^{ab}	27,43 ± 0,04 ^a
a*	9,06 ± 0,10 ^a	11,19 ± 0,04 ^b	10,23 ± 0,14 ^b	7,99 ± 0,04 ^b	9,03 ± 0,04 ^a
b*	2,17 ± 0,05 ^a	2,88 ± 0,02 ^b	2,53 ± 0,06 ^b	1,86 ± 0,02 ^b	2,15 ± 0,04 ^a
C*_{ab}	9,31 ± 0,10 ^a	11,55 ± 0,05 ^b	10,54 ± 0,14 ^b	8,20 ± 0,05 ^b	9,28 ± 0,04 ^a
h*_{ab}	13,33 ± 0,19 ^a	14,43 ± 0,09 ^b	13,89 ± 0,24 ^b	13,05 ± 0,11 ^b	13,34 ± 0,25 ^a

^{a, b, c} Letras iguales en una misma fila indican la pertenencia a grupos homogéneos ($p < 0,05$).

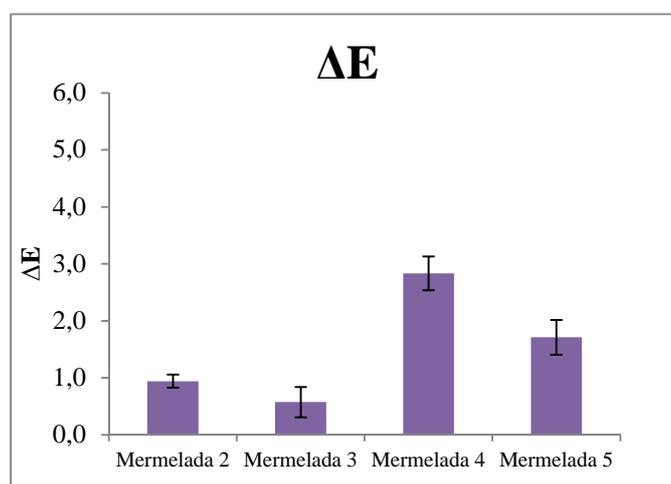


Figura 2. Diferencia de color de cada una de las mermeladas con respecto a la mermelada 1 a día 1. Valores medios (n=3) y desviación estándar.

4.2 RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Para determinar la evolución de las propiedades composicionales y fisicoquímicas de las mermeladas durante el almacenamiento a una temperatura controlada de 25°C se analizaron las mermeladas a día 1, 7, 15, 30, 60, 90, 120, 150 y 180.

4.2.1 Propiedades composicionales

4.2.1.1 Evolución de la humedad y de los °Brix

Las figuras 3 y 4 muestran los valores de grados Brix y de humedad de las distintas mermeladas a diferentes tiempos de almacenamiento. Como se puede observar, las muestras no sufren cambios significativos durante el almacenamiento ($p>0,05$). Los resultados obtenidos eran esperables ya que las mermeladas permanecían envasadas en botes herméticos cerrados hasta el día de su análisis, que no permitían la transferencia de materia.

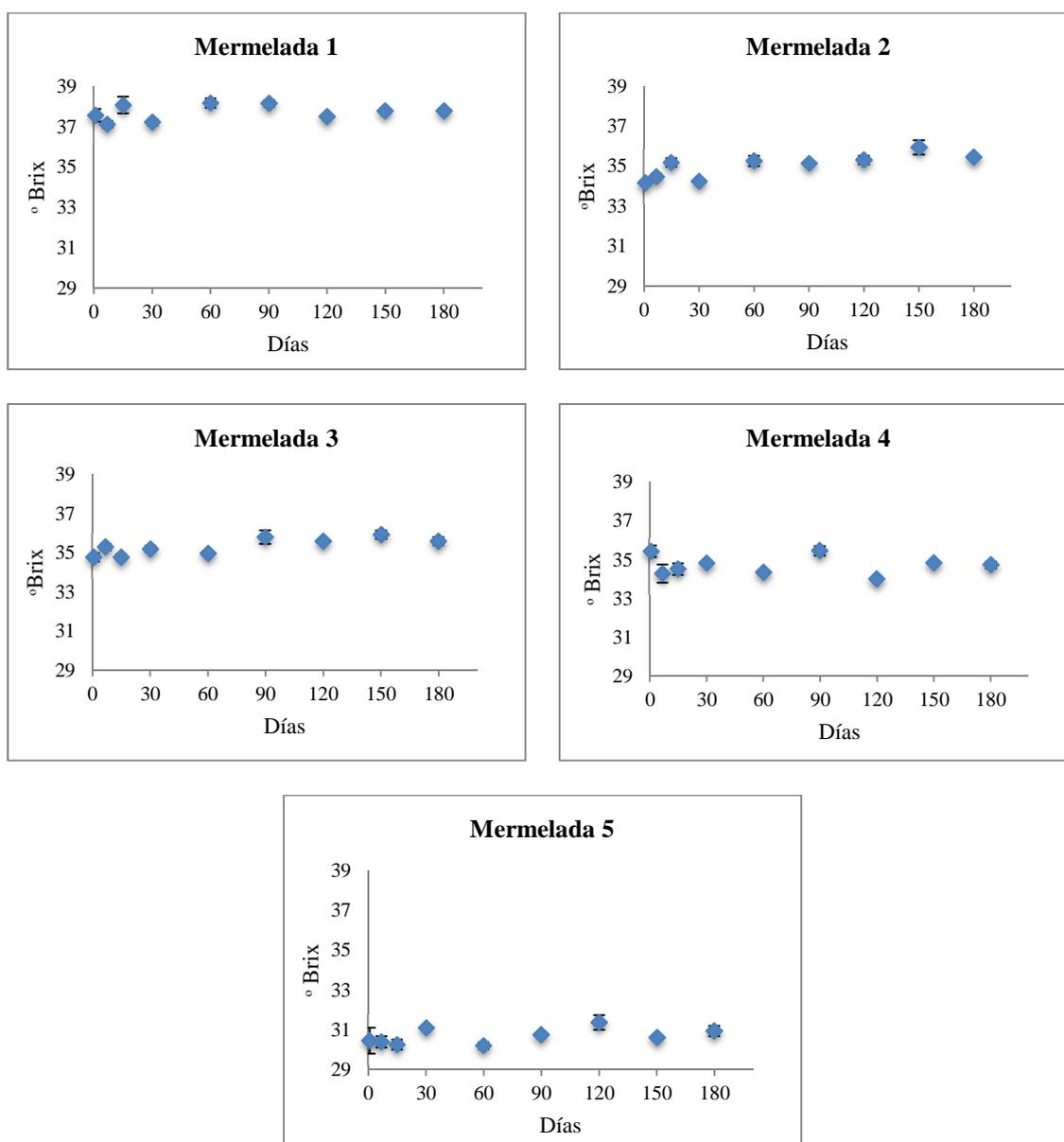


Figura 3. Evolución de los °Brix de las mermeladas durante el almacenamiento. Valores medios (n=3) y desviación estándar.

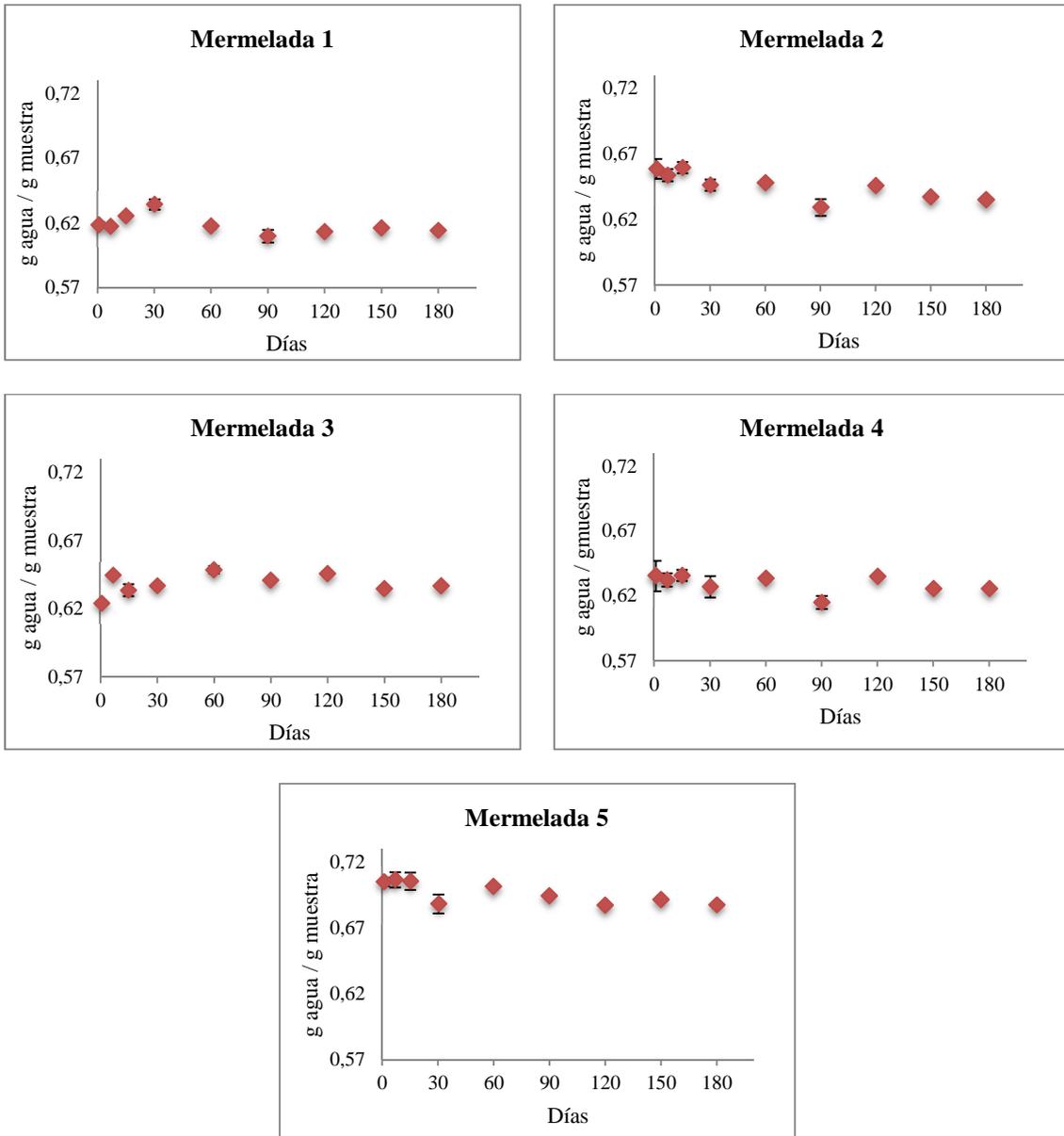


Figura 4. Evolución de la humedad de las mermeladas durante el almacenamiento. Valores medios (n=3) y desviación estándar.

4.2.1.2 Evolución del pH

En relación al pH de las mermeladas, se observó un descenso significativo ($p < 0,05$) de los valores durante el período de almacenamiento de las muestras, oscilando entre 2,97-3,69 (Touati y col. 2015; Peinado y col., 2015). Estos valores impiden el crecimiento de bacterias patógenas, ya que no son capaces de crecer a pH inferiores a 4,5. Sin embargo, aunque estos valores limiten el desarrollo de la mayoría de bacterias, no pueden asegurar la inhibición del crecimiento de hongos y levaduras, por lo que la adición de conservantes es necesaria para garantizar una ausencia total de microorganismos contaminantes.

Tabla 3. Evolución de los valores de pH de las distintas mermeladas. Valores medios ($n=3$) y desviación estándar.

Días	Mermelada 1	Mermelada 2	Mermelada 3	Mermelada 4	Mermelada 5
1	3,66 ± 0,03	3,32 ± 0,01	3,24 ± 0,09	3,42 ± 0,06	3,27 ± 0,05
7	3,67 ± 0,02	3,27 ± 0,01	3,28 ± 0,01	3,36 ± 0,01	3,40 ± 0,01
15	3,69 ± 0,02	3,18 ± 0,04	3,15 ± 0,01	3,43 ± 0,01	3,45 ± 0,03
30	3,47 ± 0,02	3,01 ± 0,01	3,04 ± 0,01	3,19 ± 0,02	3,22 ± 0,01
60	3,37 ± 0,01	3,07 ± 0,01	3,09 ± 0,02	3,03 ± 0,01	3,11 ± 0,01
90	3,31 ± 0,02	2,97 ± 0,01	2,98 ± 0,02	3,01 ± 0,02	3,11 ± 0,01
120	3,19 ± 0,05	3,08 ± 0,02	3,05 ± 0,01	3,16 ± 0,03	3,19 ± 0,02
150	3,48 ± 0,01	3,29 ± 0,02	3,28 ± 0,02	3,23 ± 0,01	3,33 ± 0,02
180	3,39 ± 0,00	3,04 ± 0,04	3,10 ± 0,01	3,11 ± 0,01	3,18 ± 0,01

4.2.1.3 Evolución de la actividad de agua

Respecto a los valores de actividad de agua (a_w), las muestras no mostraron cambios significativos ($p > 0,05$) a lo largo del período de almacenamiento (Figura 5). Como ya se ha comentado anteriormente, la a_w de mermelada 5 es inferior al resto de las muestras estudiadas. Este hecho podría deberse al menor peso molecular del eritritol (122.12 g/mol) comparado con el resto de polioles (isomalt: 355 g/mol; maltitol: 344.31 g/mol) (Peinado, 2011).

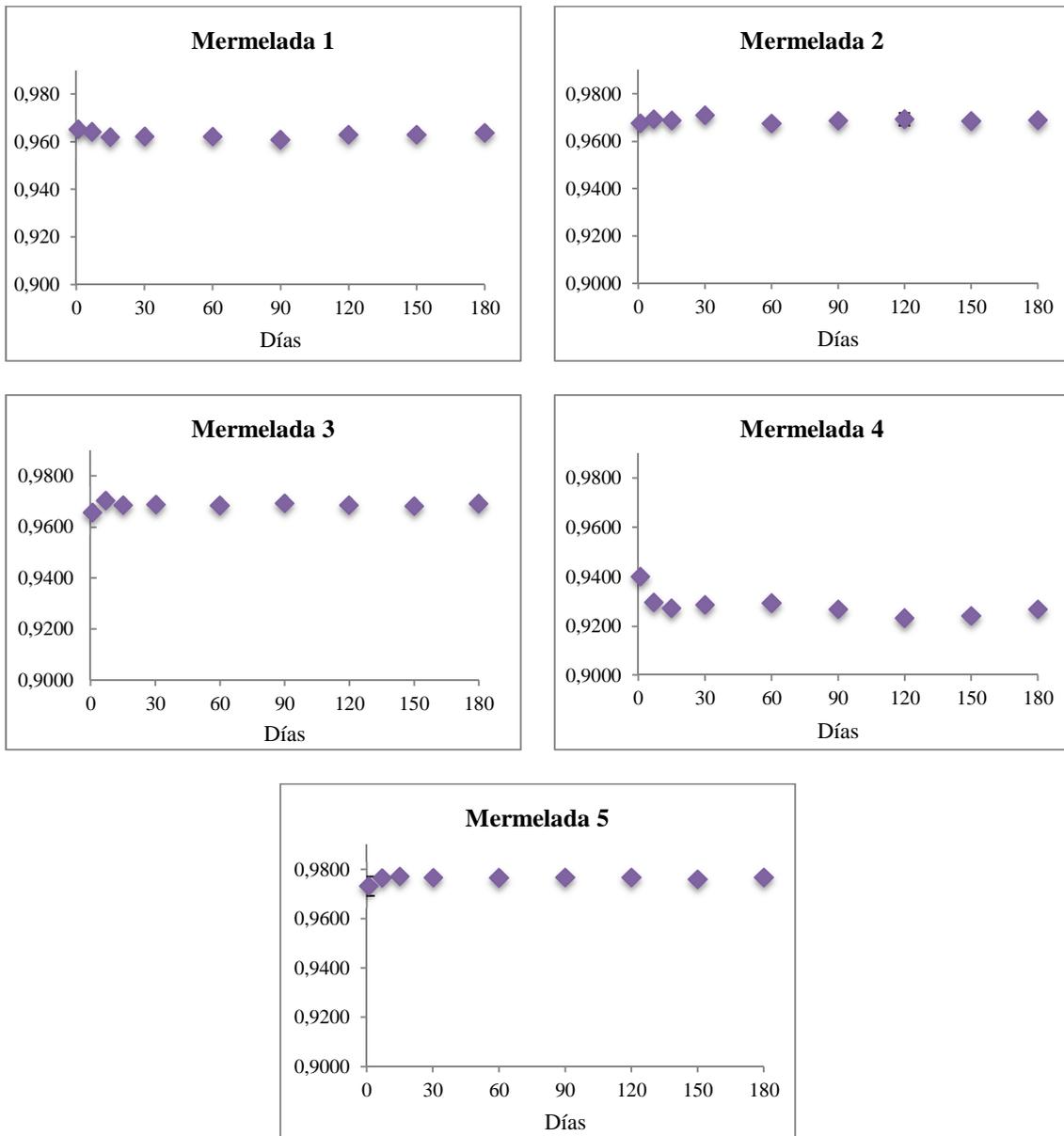


Figura 5. Evolución de los valores de actividad de agua de las distintas mermeladas. Valores medios (n=3) y desviación estándar.

4.2.2 Propiedades reológicas

Como se ha comentado previamente, las formulaciones empleadas tenían la capacidad de fluir a través del envase, por lo que sus propiedades reológicas difieren respecto a las de una mermelada habitual. Durante el almacenamiento de las mermeladas, se continúa observando un comportamiento plástico y buena correlación con el modelo de Herschel-Bulkley. Los valores de índice de comportamiento al flujo permanecen constantes en todas las muestras analizadas, siendo menores de 1 y, por tanto, mostrando un comportamiento plástico (Mermelada 1: $0,61\pm 0,01$, Mermelada 2: $0,66\pm 0,01$, Mermelada 3: $0,64\pm 0,01$, Mermelada 4: $0,65\pm 0,01$ y Mermelada 5: $0,67\pm 0,01$).

En la tabla 5 y en la figura 6 se recogen los valores obtenidos del umbral de fluencia y del índice de consistencia durante los diferentes días de ensayo. Se observa que la mermelada 1, debido a sus características composicionales, presenta valores superiores al resto. En líneas generales, se observa un ligero aumento entre los datos de día 1 y el resto de datos. Esto podría deberse a un mayor tiempo de reposo, permitiendo una mayor estructuración de la mermelada.

Tabla 5. Evolución de los valores de umbral de fluencia (Pa) de las distintas mermeladas. Valores medios (n=3) y desviación estándar.

Días	Mermelada 1	Mermelada 2	Mermelada 3	Mermelada 4	Mermelada 5
1	52,35 ± 3,40	16,70 ± 0,36	18,60 ± 0,84	13,93 ± 3,85	9,46 ± 0,46
7	54,93 ± 2,11	20,46 ± 0,56	19,16 ± 0,83	12,46 ± 0,71	12,17 ± 0,35
15	55,24 ± 1,35	18,69 ± 0,22	21,17 ± 1,25	12,01 ± 0,22	12,76 ± 0,09
30	58,12 ± 3,12	19,29 ± 0,20	20,12 ± 2,13	12,29 ± 0,28	11,60 ± 0,16
60	56,21 ± 1,87	19,23 ± 0,41	21,20 ± 0,38	12,91 ± 0,27	12,17 ± 0,25
90	59,68 ± 2,76	20,20 ± 0,59	21,70 ± 1,20	13,65 ± 0,31	12,87 ± 0,23
120	60,46 ± 1,26	20,42 ± 0,38	21,91 ± 0,53	13,98 ± 0,35	13,02 ± 0,16

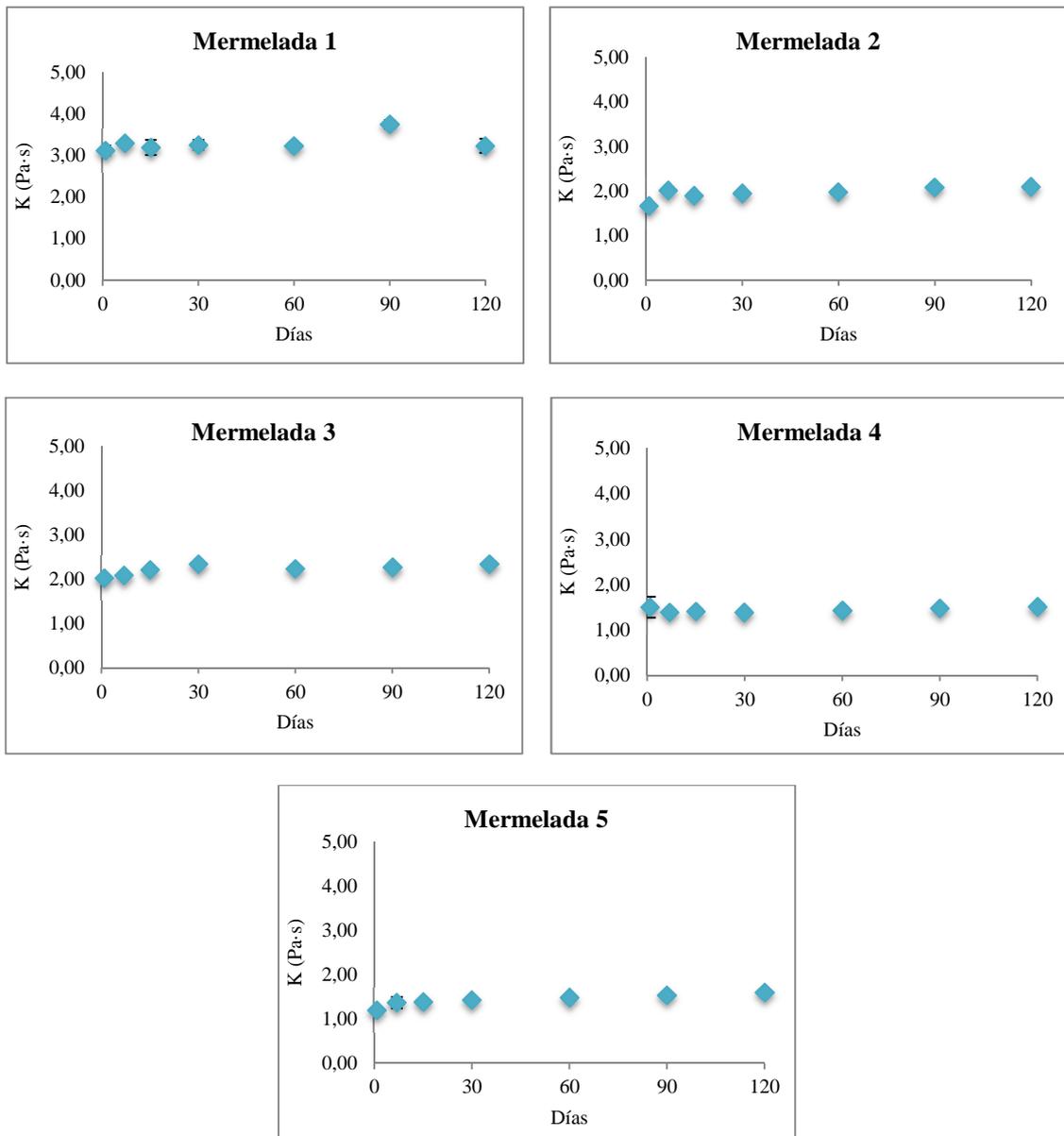


Figura 6. Evolución del índice de consistencia (Pa·s) de las distintas mermeladas. Valores medios (n=3) y desviación estándar.

Los resultados obtenidos durante el almacenamiento de las distintas formulaciones, muestran un comportamiento viscoelástico típico de un gel, siendo los valores de G' superiores a los de G'' con valores de $\tan \delta < 1$ (Mermelada 1: $0,29 \pm 0,01$, Mermelada 2: $0,26 \pm 0,03$, Mermelada 3: $0,23 \pm 0,03$, Mermelada 4: $0,28 \pm 0,03$ y Mermelada 5: $0,32 \pm 0,05$) (Igual, 2014). Los datos obtenidos del módulo complejo (Mermelada 1: $351,9 \pm 121,59$, Mermelada 2: $108,47 \pm 30,42$, Mermelada 3: $170,68 \pm 48,18$, Mermelada 4: $63,48 \pm 25,34$ y Mermelada 5: $49,32 \pm 13,33$) muestran que la mermelada 1 continua siendo la más viscosa mientras que la mermelada 5 es la más fluida. Esta información

queda reflejada en la figura 7 donde se representa el ángulo de fase frente al módulo complejo. Las mermeladas se sitúan a la izquierda del eje de coordenadas indicando que presentan un comportamiento sólido, cuya dureza aumenta a mayores valores de G^* . La mermelada 1 es por tanto la muestra de mayor dureza mientras que la mermeladas 4 y 5 las de menor dureza.

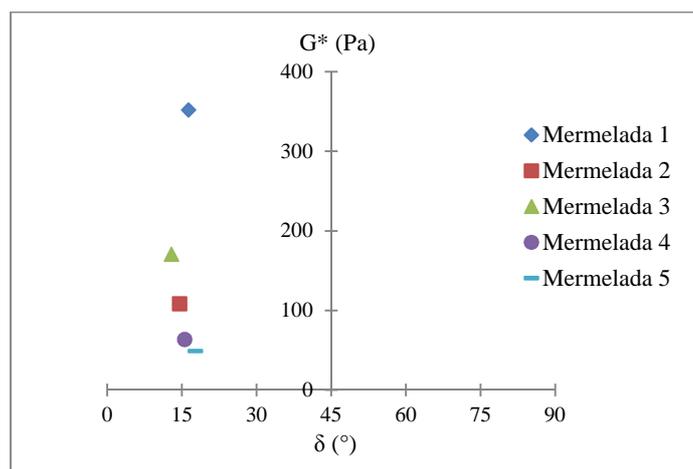


Figura 7. Representación del ángulo de fase frente al módulo complejo.

4.2.3 Propiedades ópticas

Uno de los parámetros más importantes que condiciona la elección de un alimento es el color. Una característica de calidad buscada por consumidores a la hora de comprar una mermelada de fresa es un color rojo atractivo. Por ello, es muy importante que la mermelada sea preparada y almacenada de manera que maximice la estabilidad del color. En la figura 8 y las tablas 6 y 7 se muestran los valores de los parámetros L^* , C^*_{ab} y h^*_{ab} de las distintas formulaciones durante el almacenamiento. En líneas generales, las mermeladas presentaron valores de L^* estables en el tiempo.

Tabla 6. Evolución de la luminosidad de las distintas mermeladas. Valores medios (n=3) y desviación estándar.

Días	Mermelada 1	Mermelada 2	Mermelada 3	Mermelada 4	Mermelada 5
1	28,30 ± 0,20	27,88 ± 0,08	27,78 ± 0,09	27,43 ± 0,07	27,06 ± 0,09
7	28,23 ± 0,14	27,93 ± 0,09	27,42 ± 0,16	27,68 ± 0,13	26,55 ± 0,17
15	28,15 ± 0,09	28,13 ± 0,13	27,84 ± 0,16	27,73 ± 0,31	26,88 ± 0,14
30	28,21 ± 0,13	27,92 ± 0,14	27,02 ± 0,25	28,17 ± 0,14	26,57 ± 0,19
60	27,95 ± 0,17	27,96 ± 0,42	28,05 ± 0,41	27,64 ± 0,06	26,60 ± 0,14
90	27,78 ± 0,24	28,15 ± 0,15	27,02 ± 0,28	26,99 ± 0,06	26,08 ± 0,03
120	28,06 ± 0,13	28,30 ± 0,20	27,92 ± 0,53	27,25 ± 0,15	26,90 ± 0,10
150	28,21 ± 0,26	27,75 ± 0,06	27,49 ± 0,05	27,51 ± 0,05	26,98 ± 0,04
180	28,33 ± 0,05	27,77 ± 0,05	27,53 ± 0,01	27,87 ± 0,11	26,68 ± 0,08

Sin embargo, los valores de C^*_{ab} de las mermeladas (Tabla 7) disminuyen de forma significativa ($p < 0,05$) con el tiempo de almacenamiento, repercutiendo en la pureza de color de las mismas (Patras y col., 2011). La alteración del color está atribuida a la degradación de antocianinas y a los compuestos pardeados, resultado de las reacciones de Maillard (Patras y col., 2011). Resultados similares fueron obtenidos por García-Viguera y col. (1999).

Tabla 7. Evolución del croma de las distintas mermeladas. Valores medios (n=3) y desviación estándar.

Días	Mermelada 1	Mermelada 2	Mermelada 3	Mermelada 4	Mermelada 5
1	10,74 ± 0,23	11,55 ± 0,12	10,54 ± 0,09	9,28 ± 0,18	8,20 ± 0,24
7	10,28 ± 0,38	11,66 ± 0,17	10,06 ± 0,44	9,44 ± 0,13	7,02 ± 0,09
15	9,75 ± 0,16	11,21 ± 0,22	10,65 ± 0,38	9,37 ± 0,78	6,84 ± 0,04
30	9,90 ± 0,44	10,53 ± 0,33	9,31 ± 0,46	9,91 ± 0,52	6,30 ± 0,16
60	9,06 ± 0,19	9,14 ± 0,59	8,89 ± 0,98	7,52 ± 0,09	5,82 ± 0,09
90	8,89 ± 0,18	8,81 ± 0,20	6,68 ± 0,15	6,60 ± 0,01	4,88 ± 0,03
120	8,04 ± 0,20	7,87 ± 0,24	7,29 ± 0,41	6,14 ± 0,62	5,33 ± 0,27
150	8,18 ± 0,43	7,35 ± 0,05	7,22 ± 0,20	6,39 ± 0,05	5,06 ± 0,12
180	7,63 ± 0,23	6,70 ± 0,04	6,28 ± 0,02	6,20 ± 0,07	4,49 ± 0,06

Respecto a los valores de h^*_{ab} de las distintas formulaciones (Tabla 8), se observa un aumento significativos ($p < 0,05$) de los mismos durante el almacenamiento.

Tabla 8. Evolución del tono de las distintas mermeladas. Valores medios (n=3) y desviación estándar.

Días	Mermelada 1	Mermelada 2	Mermelada 3	Mermelada 4	Mermelada 5
1	14,02 ± 0,35	14,43 ± 0,13	13,89 ± 0,24	13,34 ± 0,16	13,05 ± 0,15
7	14,17 ± 0,28	14,70 ± 0,14	13,91 ± 0,25	14,02 ± 0,11	12,46 ± 0,17
15	14,08 ± 0,30	14,52 ± 0,30	14,13 ± 0,31	14,20 ± 0,53	12,61 ± 0,16
30	14,22 ± 0,48	14,64 ± 0,23	13,20 ± 0,42	13,52 ± 0,26	12,71 ± 0,35
60	14,56 ± 0,65	15,58 ± 1,30	15,31 ± 1,27	15,54 ± 0,71	13,08 ± 0,46
90	14,76 ± 0,85	18,85 ± 0,40	13,71 ± 0,31	15,73 ± 0,35	13,89 ± 0,20
120	14,98 ± 0,04	18,66 ± 1,24	16,46 ± 2,10	16,13 ± 0,63	17,16 ± 0,48
150	16,32 ± 0,47	17,33 ± 0,21	16,44 ± 0,16	16,98 ± 0,45	21,26 ± 0,11
180	17,46 ± 0,04	18,09 ± 0,19	16,92 ± 0,23	19,80 ± 0,11	15,31 ± 0,18

La figura 8 presenta la evolución de los cambios de color de las distintas mermeladas durante su almacenamiento. Se observa que a medida que aumenta el tiempo las diferencias de color en la mermelada cada vez van siendo más evidentes. Generalmente los consumidores aprecian diferencias de color a valores superiores a 5 unidades. Del estudio realizado parece ser que solo se observan diferencias de color para la mermelada 2 que alcanza valores de ΔE superiores a 5 unidades a los 180 días de almacenamiento.

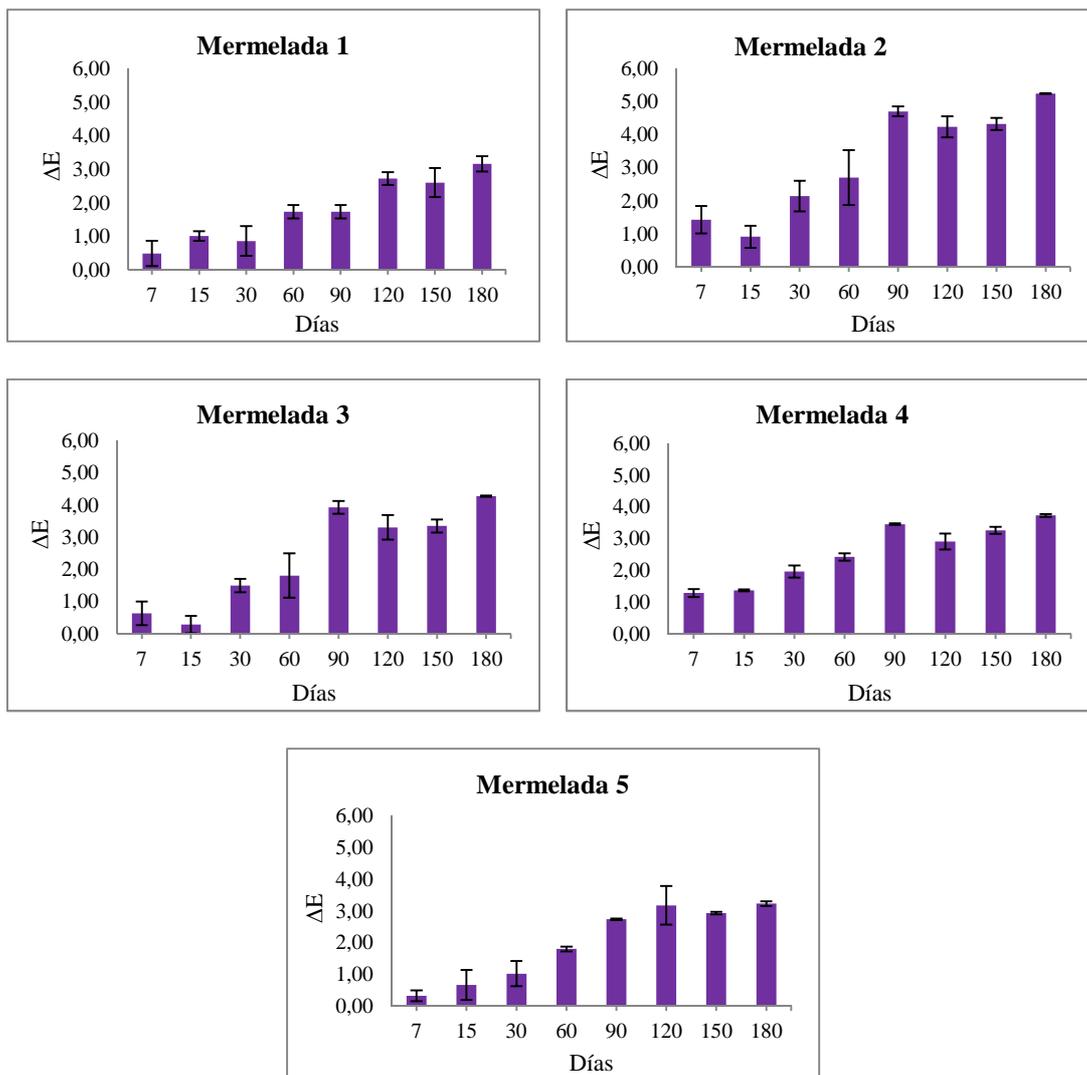


Figura 8. Diferencias de color de las mermeladas respecto al valor inicial. Valores medios (n=3) y desviación estándar.

4.3 ESTUDIO DE VIDA ÚTIL ACELERADA

Como ya se ha comentado anteriormente, una de las características que más influye en la elección de un alimento es el color. Diversos estudios muestran que el color de las mermeladas es el parámetro que más modificaciones sufre con el tiempo y que limita su vida útil (Patras y col., 2011; Touati y col., 2014). Por ello la vida útil de las mermeladas se estimó mediante pruebas aceleradas, empleando el color como indicador de deterioro. Se observó el cambio producido en la diferencia de color con respecto a la muestra inicial (ΔE). Para el estudio se establecieron las temperaturas de 25, 35 y 60°C. Las muestras a 25°C se almacenaron hasta 180 días, las muestras a 35°C hasta 135 días

y las muestras a 60°C hasta 35 días. La periodicidad de análisis para cada temperatura fue de 1, 7, 15, 30, 60, 90, 120, 150 y 180 días para las muestras almacenadas a 25°C, de 1, 7, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 115, 120, 135 días para las muestras almacenadas a 35°C y de 1, 7, 14, 28, 35 días para las muestras almacenadas a 60°C. El correspondiente orden de reacción para la evolución de ΔE , fue sacado de la literatura (Barreiro y col., 1997; Rodrigo y col., 2007) y verificado con el ajuste de este parámetro, a reacciones de orden cero, primero y segundo. Tras la verificación se observó que la diferencia de color varía siguiendo el modelo de una reacción cinética de orden 0 ($\Delta E = \Delta E^0 + k \cdot t$). La tabla 9 presenta las ecuaciones que relacionan los cambios de color observados en las mermeladas a las diferentes temperaturas de trabajo.

Tabla 9. Cambios de color expresados como ΔE durante en almacenamiento de las mermeladas y valores puntuales de vida útil de las mermeladas para un ΔE de 5 unidades.

	Temperatura (°C)	Ecuación lineal	R ²	Vida Útil (días) para ΔE 5 unidades
Mermelada 1	25	$\Delta E = 0,0146t + 0,6$	0,9403	301.4
	35	$\Delta E = 0,027t + 2,5274$	0,9331	91.6
	60	$\Delta E = 0,0694t + 4,6656$	0,9772	4.8
Mermelada 2	25	$\Delta E = 0,0234t + 1,3054$	0,8606	157.9
	35	$\Delta E = 0,0338t + 2,2077$	0,8889	82.6
	60	$\Delta E = 0,0668t + 4,8806$	0,9923	1.8
Mermelada 3	25	$\Delta E = 0,0217t + 0,629$	0,8349	201.4
	35	$\Delta E = 0,0352t + 1,0454$	0,8691	112.3
	60	$\Delta E = 0,0686t + 3,9107$	0,9879	15.9
Mermelada 4	25	$\Delta E = 0,0132t + 1,3645$	0,9646	275.4
	35	$\Delta E = 0,0274t + 0,731$	0,9132	155.8
	60	$\Delta E = 0,0913t + 2,5325$	0,9369	27.0
Mermelada 5	25	$\Delta E = 0,0173t + 0,5716$	0,8871	256.0
	35	$\Delta E = 0,0299t + 1,7932$	0,8686	107.3
	60	$\Delta E = 0,0691t + 5,4852$	0,9741	7.0

La diferencia de color aumenta a medida que aumenta la temperatura de almacenamiento siguiendo un comportamiento lineal. Con las pendientes obtenidas (valor de k) para cada mermelada y a cada una de las temperaturas estudiadas, se aplicó el modelo de Arrhenius. La figura 9 presenta los ajustes de Arrhenius para los cambios de color expresados con el parámetro ΔE . A partir de los ajustes se determinó la energía de activación del proceso, obteniéndose los valores que se muestran en la tabla 9. Como

se observa las mermeladas 2 y 3 son las mermeladas que presentan los valores más bajos de energía de activación y por tanto son las mermeladas que más fácilmente se degradan durante el almacenamiento. Por el contrario las mermeladas 1, 4 y 5 son las mermeladas que menores cambios de color sufren durante el mismo.

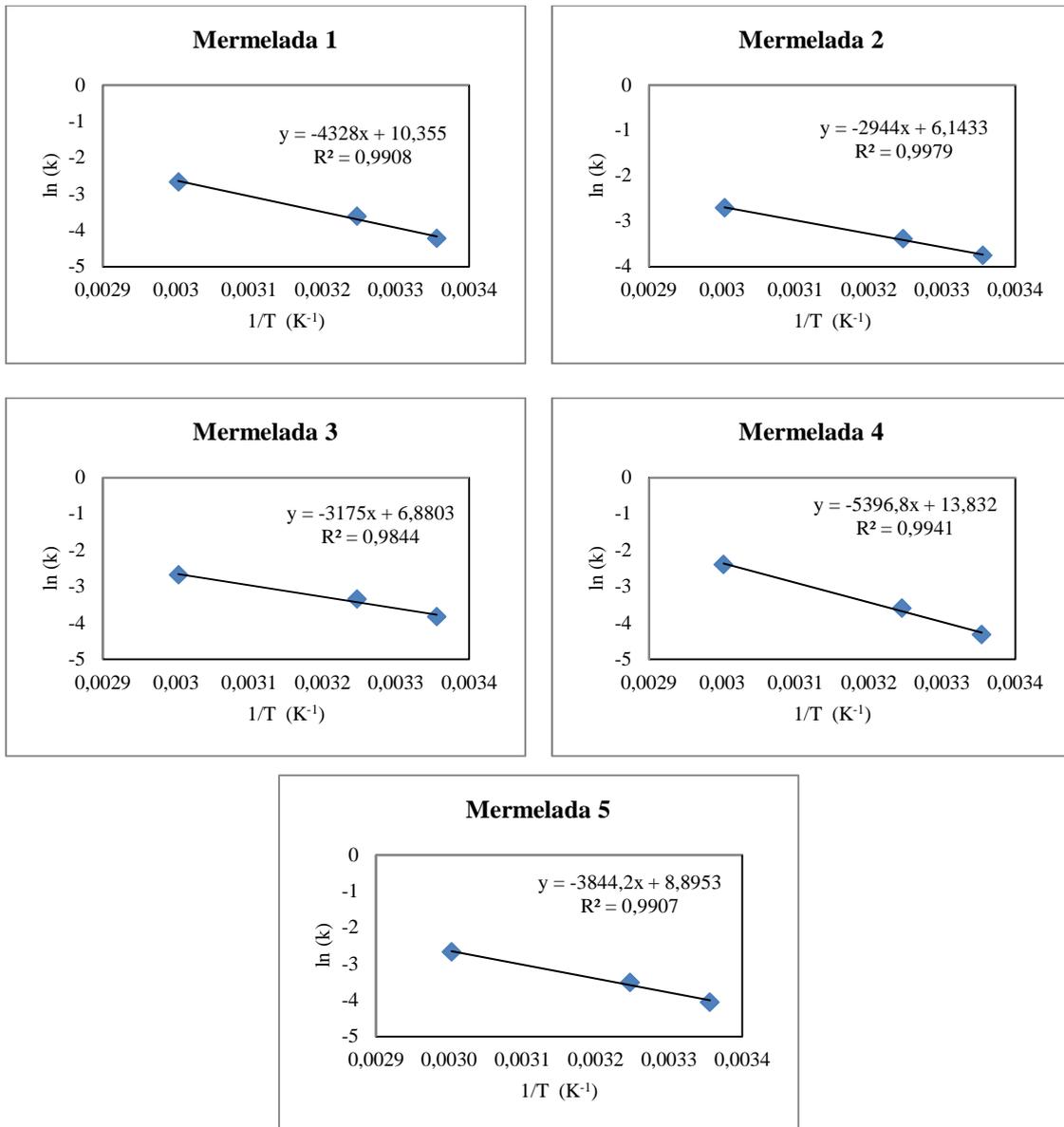


Figura 9. Ajustes de Arrhenius para los cambios de color expresados con el parámetro ΔE .

Generalmente lo consumidores perciben el cambio de color de un producto cuando el valor de ΔE es de 5 unidades. Con este valor, y teniendo en cuenta las ecuaciones obtenidas en la tabla 9, se estimaron los valores puntuales de vida útil de las mermeladas, para las temperaturas de almacenamiento de 25, 35 y 60°C. Dichos valores

se presentan en la tabla 9. El logaritmo de estos valores se graficó en función de la temperatura en °C para cada una de las mermeladas y se obtuvo un ajuste lineal de los datos (Figura 10). A través de los ajustes se obtuvo una ecuación para cada mermelada, que permite estimar la vida útil de la misma a distintas temperaturas de almacenamiento (Tabla 10). Aplicando una temperatura de almacenamiento de 21°C los valores de vida útil obtenidos serían de 16 meses para la mermelada 1, 12 meses para la mermelada 2, 9 meses para la mermelada 3, 13 meses para la mermelada 4 y 14 meses para la mermelada 5. Si la mermelada es almacenada a temperaturas inferiores aumenta su vida útil, mientras que si es almacenada a temperaturas superiores su vida útil disminuye. Teniendo en cuenta esto se estimó el valor de Q_{10} para el intervalo de temperaturas de 20 a 30°C por ser el intervalo de temperatura en el cual se almacenan las mermeladas antes de ser abiertas. La tabla 10 presenta los valores estimados para las distintas mermeladas. Por ejemplo para la mermelada 1 el valor de Q_{10} obtenido es de 1,63, lo que quiere decir que por cada mes de vida útil del producto a 30°C, se tendría 1,63 meses a 20°C. Los resultados nuevamente indican que las mermeladas 1, 4 y 5 parecen que tienen una mayor vida útil que las mermeladas 2 y 3. De estos resultados se deduce que almacenar la mermelada a temperaturas por encima de 22-23°C afecta mucho a la vida útil del producto en términos de color. Se debe tener en cuenta que estos cálculos se han realizado para una diferencia de color de 5 unidades. Se recomienda realizar un análisis sensorial para evaluar a partir de qué valor de diferencia de color el consumidor rechazaría realmente la compra de la mermelada, ya que es posible que incluso observando pequeñas diferencias de color en el producto, dado que es un producto formulado y el color cambia mucho en función de la formulación del producto, es posible que tolerara diferencias de color mayores y por tanto la vida útil del producto sería mayor.

Tabla 10. Valores de energía de activación en J/mol, Estimación de vida útil en días en función de la Temperatura en °C y valores de Q_{10} estimados para un intervalo de temperaturas entre 20-30°C.

Mermelada	Ea (J/mol)	Vida Útil (días)	Q_{10}
1	36018	$10^{(3.7595-0.0513T)}$	1.63
2	24477	$10^{(3.7645-0.0577T)}$	1.39
3	26397	$10^{(3.1317-0.032T)}$	1.43
4	36918	$10^{(3.1862-0.0291T)}$	1.83
5	31961	$10^{(3.5676-0.0451T)}$	1.53

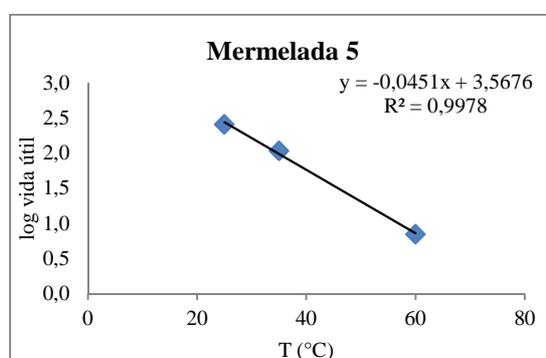
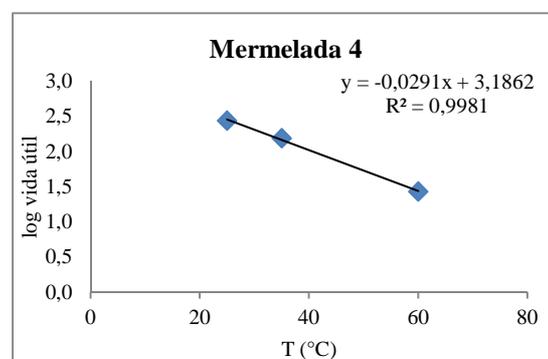
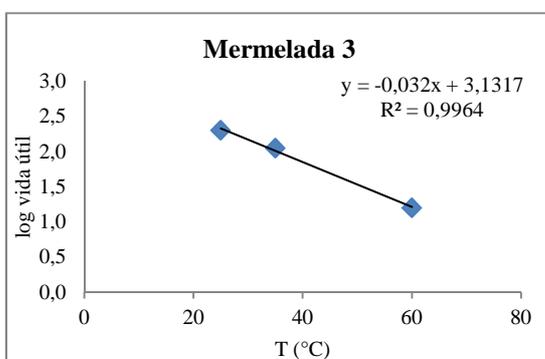
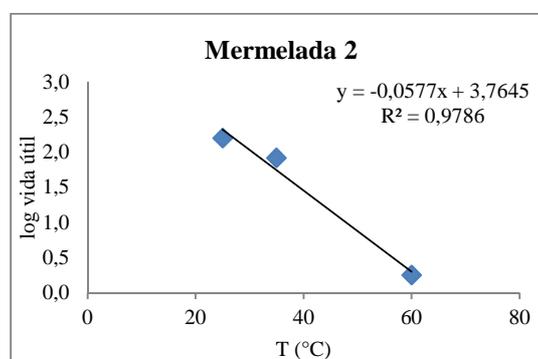
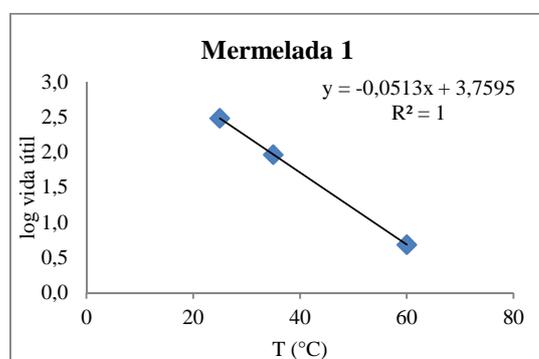


Figura 10. Logaritmo de vida útil en función de las temperaturas de almacenamiento para las distintas mermeladas estudiadas.

4.4 ANÁLISIS SENSORIAL

Con el objetivo de conocer el grado de aceptación de cada formulación, se llevó a cabo un análisis sensorial a día 1 y día 90. Previo a este análisis, se estudió la inocuidad de las mermeladas mediante la determinación de aerobios mesófilos, hongos y levaduras.

En ambos días de análisis los resultados obtenidos fueron muy similares, coincidiendo con los datos experimentales hallados. Los datos reflejan que durante el almacenamiento no se produjeron cambios en la mayoría de propiedades composicionales y fisicoquímicas.

En la figura 11, se muestran los gráficos de perfil de las distintas formulaciones a días 1 y 90 de análisis. Los datos reflejan que la mermelada 5 tiene un grado de aceptación menor que el resto de muestras en los atributos de consistencia y apariencia. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en los ensayos reológicos, al poseer un comportamiento más fluido que el resto de muestras. Las mermeladas 2, 3 y 4 son las formulaciones mejor valoradas, mostrando puntuaciones muy parecidas para los dos días de análisis. La mermelada 2, presenta una valoración superior al resto de muestras, en todos los atributos evaluados. En el caso de la mermelada 1, se muestra un grado de aceptación mayor que la mermelada 5, pero no muy diferente al del resto de formulaciones.

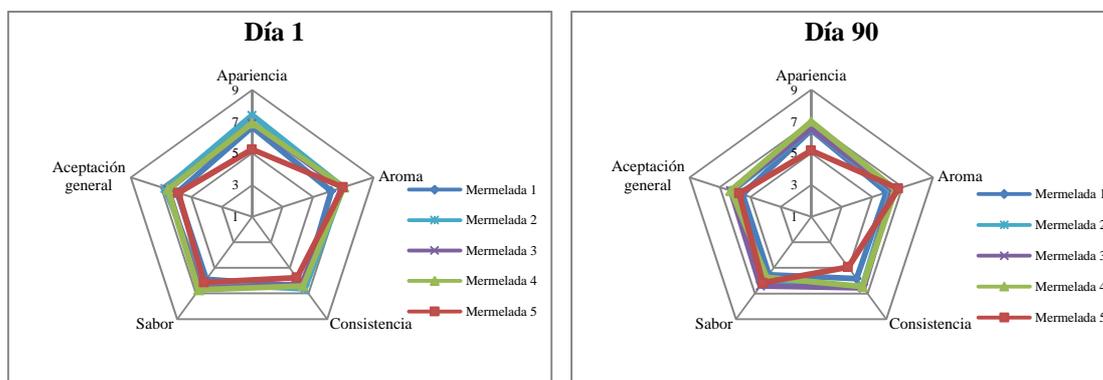
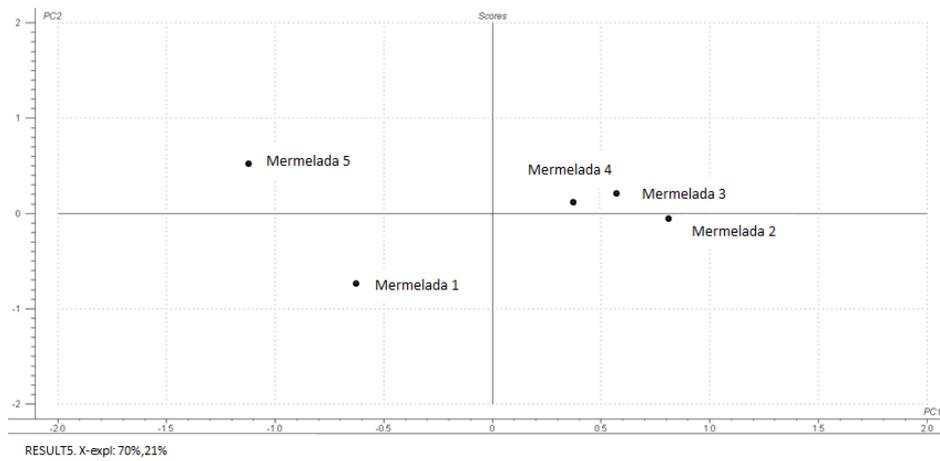


Figura 11. Gráficos de perfil a día 1 y 90 después de su elaboración. Valores medios (n=30).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos mediante un análisis de componentes principales (PCA). La figura 12 muestra el mapa de muestras y de variables para las mermeladas estudiadas. En el mapa de muestras (Figura 12a) se observa una preferencia por las mermeladas 2, 3 y 4, destacando ligeramente la formulación 2. En el mapa de variables (Figura 12b) se muestran cuáles han sido los atributos que más influenciaban a

los consumidores en la elección de una formulación u otra. Destaca la consistencia, la apariencia y la aceptación general, como las características que más han condicionado la decisión de preferencia por las mermeladas 2, 3 y 4. Este efecto coincide con la variación que sufren las diferentes mermeladas en sus propiedades, mostrando que los consumidores prefieren una consistencia intermedia entre los valores de las mermeladas 1 (muy consistente) y 5 (muy poco consistente).

(a)



(b)

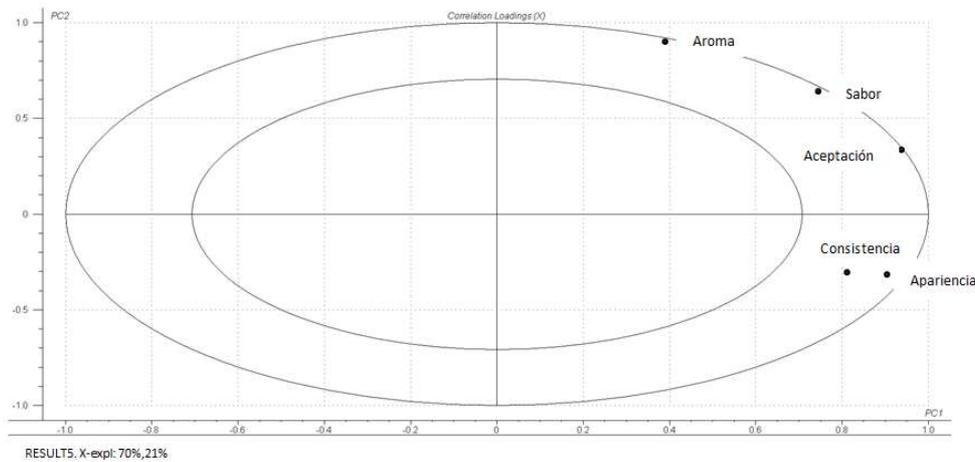


Figura 12. Análisis de componentes principales de las diferentes mermeladas a día 1 y día 90 tras su elaboración. Mapa de muestras (Figura 12a) y mapa de variables (Figura 12b).

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones obtenidas tras el desarrollo del trabajo son las siguientes:

- El proceso de elaboración de las mermeladas es el factor que condiciona, principalmente, las propiedades composicionales y fisicoquímicas de las formulaciones.
- Del conjunto de propiedades composicionales y fisicoquímicas analizadas, a excepción del color, el resto de propiedades no presentan variaciones durante el tiempo de almacenamiento.
- Del estudio de vida útil acelerada se puede observar que la diferencia de color, a 25, 35 y 60°C, varía linealmente con el tiempo, por lo que se ajusta a una reacción de orden 0, en todas las formulaciones.
- Los valores de energía de activación calculados a partir de estudio de vida útil acelerada, muestran que las mermeladas 2 y 3 son las mermeladas que más fácilmente se degradan durante el almacenamiento. Resultados similares se observan de los valores de Q_{10} obtenidos.
- El almacenamiento a temperaturas superiores a 22-23°C acortan mucho la vida útil de las mermeladas, por lo que el control de la temperatura de almacenamiento es un factor decisivo en la vida útil del producto.
- El análisis sensorial muestra que las variables más valoradas por el consumidor son apariencia, consistencia y aceptación general. Las mermeladas con mayor grado de aceptación son las mermeladas 2, 3 y 4.

En vista de los resultados obtenidos, la mermelada 1, que contiene isomalt, aspartamo y sucralosa, y que se está comercializando actualmente, podría sustituirse por la mermelada 2, que contiene isomalt, acesulfamo potásico y sucralosa, ya que esta mermelada presenta unas propiedades composicionales y fisicoquímicas adecuadas, y un mayor grado de aceptación. Sin embargo, presenta un valor de Q_{10} menor que el resto de formulaciones, efecto negativo, ya que indica que presenta una vida útil más reducida. Por todo ello, antes de lanzar al mercado este producto sería necesario un estudio en mayor profundidad y una mayor estandarización de las formulaciones.

REFERENCIAS

6. REFERENCIAS

ASHOK, I.; SHEELADEVI, R.; DAPKUPAR, W. (2014). Effect of long-term aspartame (artificial sweetener) on anxiety, locomotor activity and emotionality behavior in Wistar Albino rats. *Biomed Pre. Nutr.*, 4: 39–43.

BARREIRO, J.A.; MILANO, M.; SANDOVAL, A.J. (1997). Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. *Journal of Food Engineering*, 33(4): 359–371.

BASU, S.; SHIVHARE, U.S.; SINGH, T.V.; BENIWAL, V.S. (2011). Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam. *Journal of Food Engineering*, 105: 503–512.

BOILEAU, A.; FRY, J. C.; MURRAY, R. (2012). A new calorie-free sugar substitute from the leaf of the stevia plant arrives in the UK. *Nutrition Bulletin*, 37(1): 47-50.

BOLHUIS, G. K.; ENGELHART, J. J. P.; EISSENS, A. C. (2009). Compaction properties of isomalt. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 72(3): 621-625.

BRUSICK, D.; GROTZ, V. L.; SLESINSKI, R.; KRUGER, C. L.; HAYES, A. W. (2010). The absence of genotoxicity of sucralose. *Food Chem. Toxicol.*, 48: 3067–3072.

CALORIE CONTROL COUNCIL (2009). *Stevia*, visto el 15 de Abril de 2015. <http://www.caloriecontrol.org/sweeteners-and-lite/sugar-substitutes/stevia>

CALORIE CONTROL COUNCIL (2009). *Sucralose*, visto el 15 de Abril de 2015. <http://www.caloriecontrol.org/sweeteners-and-lite/sugar-substitutes/sucralose#Safety>

CALORIE CONTROL COUNCIL (2010). *Acesulfame K*, visto el 15 de Abril de 2015. <http://www.caloriecontrol.org/sweeteners-and-lite/sugar-substitutes/acesulfame-k>

COHEN, S.; MARCUS, Y.; MIGRON, Y.; DIKSTEIN, S.; SHAFRAN, A. (1993). Water sorption, binding and solubility of polyols. *J. Chem. Soc.*, 89: 3271–3275.

GABRIELE D.; DE CINDIO B.; D'ANTONA P. (2001). A weak gel model for foods. *Rheologica Acta*, 40: 120–127.

GARCÍA-VIGUERA, C.; ZAFRILLA, P.; ARTÉS, F.; ROMERO, F.; ABELLÁN, P.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. (1999). Colour stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. *Journal of Food Science*, 64(2): 243–247.

GIBSON-MOORE, H. (2013). Low calorie sweeteners: consumers perceptions of safety and use in weight control. *New Food*, 16(4): 48-50.

GONCALVES, M.P.; SITTIKIJYOTHIN, W.; DA SILVA, M.V.; LEFEBVRE, J. (2004). A study of the effect of locust bean gum on the rheological behaviour and microstructure of a b-lactoglobulin gel at pH 7. *Rheologica Acta*, 43: 472–481.

GOYAL, S.; GOYAL, R. (2010). Stevia (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: A review. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 61(1): 1-10.

HAJI, F. (2008). Erythritol: sweet, natural, healthy. *Wellness Foods Europe*, 1: 20–23.

IGUAL, M.; GARCÍA-MARTÍNEZ, E.; CAMACHO, M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. (2013). Physicochemical and Sensorial Properties of Grapefruit Jams as Affected by Processing. *Food Bioprocess Technol.*, 6: 177–185.

INTERNATIONAL FOOD INFORMATION COUNCIL FOUNDATION (2014). Facts about low-calorie sweeteners, visto el 8 de Abril de 2015. <http://www.foodinsight.org/articles/facts-about-low-calorie-sweeteners>

KATO, K.; MOSKOWITZ, A. H. (2001). *Maltitol. Alternative sweeteners*. Editorial Mercel Dekker. Nueva York, 283–295.

KNIGHT, I. (1994). The development and applications of sucralose, a new high intensity sweetener. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 72: 435–439.

KUHN, C.; BUFE, B.; WINNIG, M.; HOFMANN, T.; FRANK, O.; BEHRENS, M.; LEWTSCHENKO, T.; SLACK, JP.; WARD, CD.; MEYERHOF, W. (2004). Bitter taste receptors for saccharin and acesulfame-K. *J Neuroscience*, 24: 10260–10265.

LOPES, A.J.; SANDRA, C.C.; RAMOS SILVA, M.; MATOS BEJA, A.; REDINHA, J.S. (2010). Facts about low-calorie sweeteners. *International Journal of Pharmaceutics*, 388: 129–135.

LUO, Y.; XU, L.; SUN, X. (2008). Synthesis of strong sweetener sucralose. *Modern Applied Science*, 2: 12–15.

MAGUIRE, A.; RUGG-GUNN, J.; WRIGHT, G. (2000). Adaptation of dental plaque to metabolise maltitol compared with other sweeteners. *Journal of Dentistry*, 28(1): 51–59.

MINISTERIO DE AGRICULTURA ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2014). *Últimos datos de consumo alimentario*, visto el 30 de Abril de 2015. http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/dic14_tcm7-382143.pdf

MITCHELL, H. (2006). *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*, 1st edition. Editorial Blackwell Publishing Ltd. Oxford, 223-248.

MOUNSEY, J.S.; RIORDAN, E.D. (2001). Characteristics of imitation cheese containing native starches. *Journal of Food Science*, 66: 586–591.

MUNRO, I.C.; BERNT, W.O.; BORZELLECA, J.F.; FLAMM, G.; LYNCH, B.S.; KENNEPOHL, E.; BÄR, E.A.; MODDERMAN, J. (1998). Erythritol: an interpretive summary of biochemical, metabolic, toxicological and clinical data. *Food Chem. Toxicol.*, 36: 1139–1174.

NAKAMURA, K.; KIRIYAMA, M.; TAKADA, A.; MAEDA, H.; NEMOTO, N. (1997). Structure and dynamics of ovalbumin gel III. Solvent effect. *Rheologica Acta*, 36: 252–261.

NDINDAYINO, F.; HENRIST, D.; KIEKENS, F.; VERVAET, C.; REMON, J.P. (1999). Characterization and evaluation of isomalt performance in direct compression. *Int. J. Pharm.*, 189: 113–124.

OLINGER, P. M. (1994). New options for sucrose-free chocolate. *The Manufacturing Confectioner*, 74(5): 77–84.

PATRAS, A.; BRUNTON N.; TIWARI, B. K.; BUTLER, F. (2011). Stability and Degradation Kinetics of Bioactive Compounds and Colour in Strawberry Jam during Storage. *Food Bioprocess Technol.*, 4:1245–1252.

PEINADO PARDO, I. (2011). Estudio de la utilización de isomaltulosa en el desarrollo de productos untables de fresa de bajo índice glicémico. Tesis Doctoral en Tecnología de alimentos. Universidad Politécnica de Valencia, 86-87.

PEINADO, I.; ROSA, E.; HEREDIA, A.; ANDRÉS, A. (2015). Use of isomaltulose to formulate healthy spreadable strawberry products. Application of response surface methodology. *Food Bioscience*, 9:47–59.

PEINADO, I.; ROSA, E.; HEREDIA, A.; ESCRICHE, I.; ANDRÉS, A. (2012). Optical, mechanical and sensorial properties of strawberry spreadable products formulated with isomaltulose. *Food and Bioprocess Technology*, 6(9): 2353–2364.

RASHIDIAN, M.; FATTAHI, A. (2009). Comparison of thermochemistry of aspartame (artificial sweetener) and glucose. *Carbohydrate Research*, 344(1): 127-133.

REAL DECRETO 670/1990 de 25/05/90 por el que se aprueba la norma de calidad para confituras, jaleas y marmalade de frutas, crema de castañas y mermelada de frutas. BOE 31/05/90.

REAL DECRETO 863/2003 de 4/07/03, 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. BOE 5/07/03.

REGLAMENTO (UE) nº 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25/10/11. Sobre la información alimentaria facilitada al consumidor.

RODRIGO, D.; VAN LOEY, A.; HENDRICKX, M. (2007). Combined thermal and high pressure colour degradation of tomato puree and strawberry juice. *Journal of Food Engineering*, 79(2): 553-560.

ROSALINA, I.; BHATTACHARYA, M. (2001). Flow curves, stress relaxation and creep measurements of starch gels. *Journal of Texture Studies*, 32: 247–269.

SCHIFFMAN, S. S.; BOOTH, B. J.; LOSEE, M. L.; PECORE, S. D.; WARWICK, Z. S. (1995). Bitterness of sweeteners as a function of concentration. *Brain Research Bulletin*, 36: 505–513.

- SCHOUTEN, A.; KANTERS, J.A.; KROON, J.; LOOTEN, P.; DUFLOT, P.; MATHLOUTHI, M. (1999). A redetermination of the crystal and molecular structure of maltitol (4- α -Dglucopyranosyl-D-glucitol). *Carbohydrate Research*, 322: 298–302.
- SHANKAR, P.; AHUJA, S.; SRIRAM, K. (2013). Non-nutritive sweeteners: Review and update. *Nutrition*, 29: 1293–1299.
- SOKMEN, A.; GUNES, G. (2006). Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate. *LWT - Food Science and Technology*, 39: 1053–1058.
- TOUATI, N.; PATRICIA TARAZONA-DÍAZ, M.; AGUAYO, E.; LOUAILECHE, H. (2014). Effect of storage time and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of commercial apricot jam. *Food Chemistry*, 145: 23–27.
- VASSO, P.; VASSILIKI, O. (2012). The effect of alternative sweeteners on batter rheology and cake properties. *Journal of the Science of Food and Agricultural*, 92: 99–105.
- WIJERS, M. C.; STRÄTER, P. J. (2001). *Isomalt. Alternative sweeteners*. Editorial MerceL Dekker. Nueva York, 265–281.