



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

***DESARROLLO DE CREMAS
UNTABLES DE CHOCOLATE
UTILIZANDO OLEOGELES***

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

ALUMNO/A: **María Sol Hernández Herrero**

TUTOR/A ACADÉMICO: **Isabel Hernando Hernando**

COTUTOR/A: **Ana Salvador Alcaraz**

Curso Académico: 2018-2019

VALENCIA, 13 de septiembre de 2019

DESARROLLO DE CREMAS UNTABLES DE CHOCOLATE UTILIZANDO OLEOGELES

María Sol Hernández Herrero, Ana Salvador Alcaraz, Isabel Hernando Hernando¹

RESUMEN

En los últimos años, ha aumentado la conciencia de la sociedad sobre la influencia de la dieta en la salud del individuo debido a la existencia de la correlación entre el consumo de grasas saturadas y *trans* y el riesgo de padecer determinadas enfermedades. Por ello, la industria alimentaria posee un gran interés por la reformulación de alimentos cuya finalidad es la sustitución de las grasas sólidas, siendo los oleogeles una alternativa saludable. En este trabajo, se desarrollan oleogeles a partir de aceites de oliva y girasol mediante secado a vacío empleando hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y goma xantana (GX) como agentes oleogelificantes. El objetivo de este trabajo es evaluar la efectividad del empleo de oleogeles como reemplazo de la grasa en cremas untables mediante el estudio de la textura, estructura (microscopía láser confocal de barrido) y la reología de las mismas. Además, se realiza una caracterización sensorial de las muestras con un panel de 20 personas con la finalidad de obtener atributos sensoriales que puedan describir cada una de las cremas formuladas. Los resultados muestran que el uso de oleogeles constituye una alternativa viable y saludable para sustituir la grasa presente en las cremas de relleno.

PALABRAS CLAVE: oleogel, HPMC, textura, reología, grasa, sensorial.

RESUM

En els últims anys, ha augmentat la consciència de la societat sobre la influència de la dieta en la salut de l'individu degut a l'existència de la correlació entre el consum de greixos saturats i *trans* i el risc de patir determinades malalties. Per això, la indústria alimentària posseïx un gran interès per la reformulació d'aliments sent l'objectiu la substitució del greix sòlid pels oleogels com una alternativa saludable. En aquest treball, es desenvolupen oleogels a partir d'olis d'oliva i girasol per mitjà d'assecat a buit emprant hidroximetilcelulosa (HPMC) i goma xantana (GX) com a agents oleogelificants. L'objectiu d'aquest treball és avaluar l'efectivitat de l'ocupació d'oleogels com a reemplaçament del greix en cremes untables per mitjà de l'estudi de la textura, estructura (microscòpia làser confocal d'escombratge i

¹ Departamento de Tecnología de Alimentos
Universitat Politècnica de València

la reologia de les mateixes. A més, es va realitzar una caracterització sensorial de les mostres amb un panell de 20 persones amb la finalitat d'obtenir atributs sensorials que pogueren descriure cada una de les cremes formulades. Els resultats van mostrar que l'ús d'oleogels constitueix una alternativa viable per a substituir el greix present en les cremes de farcit.

PARAULES CLAU: Oleogel, HPMC, textura, reologia, greix, sensorial.

ABSTRACT

In recent years, society's awareness of the influence of the diet on the health of the individual has increased due to the existence of the correlation between the consumption of saturated and *trans* fats and the risk of certain diseases. Therefore, the food industry has a great interest in the reformulation of food whose objective is the replacement of solid fats, with oleogels being a healthy alternative. In this work, oleogels are elaborated with olive and sunflower oils by vacuum drying using hydroxymethyl cellulose (HPMC) and xanthan gum (GX) as oleogelators. The objective of this work is to evaluate the use of oleogels as a replacement for fat in spreadable creams by studying the texture, structure (scanning confocal laser microscopy) and their rheology. Sensory characterization of the samples was carried out with a panel of 20 people in order to obtain sensory attributes that could describe each of the formulated creams. The results showed that the use of oleogels is a feasible and healthy alternative to replace the fat in the filling creams

KEY WORDS: Oleogel, HPMC, texture, rheology, fat, sensory.

1- INTRODUCCIÓN

La dieta es un factor decisivo en la salud del individuo, debido a que existe una relación directa entre alimentación y salud. Por tanto, con la finalidad de prevenir multitud de patologías tales como obesidad, enfermedades cardiovasculares o cáncer, es necesario el control de dicha dieta (Micha y Mozaffarian, 2010; Vidal-García, 2009). Actualmente, muchos alimentos contienen en su composición grasas sólidas, las cuales muestran un elevado contenido en ácidos grasos saturados y *trans*. Estas grasas se emplean en la industria alimentaria por su funcionalidad y textura (Co y Marangoni, 2012), destacando tanto sus propiedades tecnológicas, como son la capacidad de retención de agua y el incremento de sensación de saciedad tras su ingesta (Zoulias *et al.*, 2002), como sus características sensoriales deseadas por los consumidores (Biguzzi *et al.*, 2014; Hüseyin, 2019).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) recomiendan un consumo de grasas entre el 20-30% (Aranceta *et al.*, 2012) limitando la ingesta calórica diaria total de grasas saturadas como máximo a un 10% (FAO, 2010). No obstante, numerosos estudios han demostrado que una dieta rica en grasas (>25% del total de la dieta) induce a un mayor riesgo de padecer cáncer en relación a una dieta baja en grasas (Mancini *et al.* 2015). Por todo ello, el objetivo es estimular a los consumidores a realizar una buena elección de los alimentos y a la industria alimentaria a diseñar, desarrollar y reformular productos bajos en grasas sin afectar sus propiedades organolépticas (Devereux, *et al.*, 2003; Manzocco *et al.*, 2014; Omayma, *et al.*, 2007; Sudha *et al.*, 2007). Sin embargo, supone un gran reto conseguir alimentos nutritivos y saludables aceptados por un consumidor cada vez más exigente, ya que los lípidos son responsables de diversas características sensoriales (Colmenero, 2013).

Uno de los principales problemas se encuentra en la fabricación de productos con un alto nivel lipídico, como las cremas de relleno constituidas a partir de grasa y azúcar y utilizadas en bollería y en productos de repostería por su sabor y textura (Miele *et al.*, 2015; Manzocco *et al.*, 2014). El contenido en grasa de estas cremas puede alcanzar hasta un 60% y posee un gran efecto sobre sus propiedades sensoriales, reológicas y texturales debido a la presencia de una red de cristales grasos (Manley, 2001; Marangoni *et al.*, 2012). En este sentido, las investigaciones se han centrado en encontrar alternativas a las grasas saturadas, que son sólidas a temperatura ambiente (Flöter, 2012); se investigan estructuras con la funcionalidad de las grasas saturadas, pero con el perfil nutricional de los aceites líquidos (Patel *et al.*, 2014d). No obstante, el uso de dichas alternativas puede afectar en gran medida a la extensibilidad de las cremas

y, por tanto, a la calidad final del producto (Anese *et al.* 2016; Doan *et al.*, 2016).

Algunos estudios sustituyen total o parcialmente las grasas sólidas en distintos alimentos por distintas fuentes de lípidos (Kanjilal *et al.*, 2016; Rangrej *et al.*, 2015), hidratos de carbono (Onacik-Gür *et al.*, 2016; Rodriguez-Garcia *et al.*, 2013) y proteínas (de Souza *et al.*, 2019; Laneuville *et al.*, 2005). Sin embargo, lograr reemplazar de una forma óptima la grasa sólida continúa siendo un desafío (Costa, *et al.*, 2019), debido principalmente a la influencia que posee en las propiedades sensoriales de los alimentos (Lim *et al.*, 2010).

Recientemente, se ha estudiado la posibilidad de sustituir las grasas saturadas y *trans* en productos alimenticios por oleogeles elaborados con aceites de elevada calidad nutricional (Fayaz *et al.*, 2017; Martins *et al.*, 2018; Pehlivanoglu *et al.*, 2017). Se define el oleogel como un sistema formado por una fracción líquida oleosa mayoritaria la cual actúa de fase continua, inmovilizada en una red tridimensional con capacidad de gelificación (Kamali *et al.*, 2019). La oleogelificación es una tecnología emergente que permite el uso de lípidos más saludables controlando así el estilo de vida y las enfermedades asociadas a la dieta (Marangoni *et al.*, 2011). Para ello se requiere del empleo de agentes gelificantes con la finalidad de obtener un oleogel con propiedades semejantes a las de las grasas sólidas (O' Sullivan *et al.*, 2016). El empleo de los oleogeles adquiere un gran potencial en multitud de aplicaciones alimentarias, al ser utilizados como sustitutos de grasa saturada dado su elevado contenido en aceite (>90%). Por ejemplo, en la industria cárnica para reemplazar la grasa animal en hamburguesas, salchichas o patés (Ferrer-González *et al.*, 2019; Gómez-Estaca *et al.*, 2019; Moghtadaei *et al.*, 2018; Toledo *et al.*, 2016) y en la industria láctea para sustituir el contenido y tipo de ácidos grasos presentes en helados (Moriani y Alamprese, 2017), mantequilla (Yilmaz y Ögütçü, 2015), yogur (Moschakis *et al.*, 2017) o productos untables como el queso (García-Andrade *et al.*, 2019; Park *et al.*, 2018). Además, con el fin de reducir el consumo de aceite de palma se ha estudiado su incorporación en cremas de chocolate (Fayaz *et al.*, 2017; Li y Liu, 2019).

Sin embargo, en la mayoría de estos estudios se utiliza cera como agente gelificante, dando lugar a posibles problemas de estabilidad a largo plazo. Una alternativa son los hidrocoloides de uso alimentario, utilizándose principalmente derivados de la celulosa. La hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) es un biopolímero empleado como aditivo estabilizante en la industria alimentaria. Diversos estudios afirman su uso como agente oleogelificante (Patel y Dewettinck, 2015) debido a que aportan diferentes propiedades como la capacidad de termogelificar reversiblemente necesaria para la estructura del oleogel (Oh y Lee, 2018; Meng *et al.*, 2018c). Algunas aplicaciones incluyen la reducción del contenido de grasa en productos de bollería y horneados cuando se utilizan emulsiones con dicho hidrocoloide como sustitutos de grasa (Lim *et al.*, 2017; Sanz *et al.*, 2015; Tarancón,

2013). Por otro lado, la adición de espesantes como la goma xantana (GX) podría favorecer la estabilidad de los oleogeles de HPMC al aumentar la viscosidad de la fase continua acuosa (Espert *et al.*, 2019a; Meng *et al.*, 2018a, b; Patel *et al.*, 2014a, b).

Además, durante la elaboración de los oleogeles es importante considerar el tipo de aceite, destacando aquellos cuyo contenido en ácidos grasos saturados sea bajo y esté libre de ácidos grasos *trans* (Patel *et al.*, 2014a).

El objetivo de este trabajo es desarrollar cremas de chocolate untables a partir de oleogeles de aceite de oliva y girasol, utilizando HPMC y goma xantana como agentes oleogelificantes, obtenidos mediante secado a vacío. Además, se pretende mejorar el perfil lipídico de estas cremas con distintos grados de sustitución de la grasa de coco. Para la evaluación de las propiedades de los oleogeles, se determinarán las propiedades reológicas mediante ensayos de viscoelasticidad lineal y las propiedades de textura usando ensayos de untabilidad. También se estudiará la estructura de los oleogeles para entender los cambios que se puedan producir en la reología y textura de los mismos. Por último, se determinarán los atributos sensoriales que mejor describan las cremas con un panel de catadores.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1- Materiales

La hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC, 4000 cP) fue suministrada por Dow Chemical Company, (Midland, MI, Estados Unidos) y la goma xantana (GX, Satiagine CX 931) por Cargill R&D (Vilvoorde, Bélgica). El agua mineral (Bezoya, Segovia, España) y los diferentes aceites: aceite de oliva virgen extra (Hacendado, Mercadona, España) y aceite refinado de girasol (Consum, España) fueron adquiridos en supermercado. La grasa de coco que se utiliza como control fue suministrada por Gracomsa (Catarroja, Valencia, España).

2.2- Preparación de las emulsiones, productos secos y de los oleogeles

Los oleogeles fueron preparados siguiendo el método propuesto por Patel *et al.*, (2014a) con algunas modificaciones. En primer lugar, se dispersó 1 g de HPMC en 38,4 g de agua fría y se agitó durante 30 min. La disolución acuosa de HPMC se mantuvo en refrigeración a 8°C durante 24 h. A continuación, se añadió a la disolución de HPMC 0,6 g de goma xantana (GX) y se agitó durante 5 min, transcurridos los cuales se añadió 60 g de aceite. La mezcla se homogeneizó (Ultraturrax T18, IKA, Alemania) a 13.000 rpm durante 6 min. Así se prepararon 2 emulsiones, una a partir de aceite de oliva y otra con aceite de girasol. Cada una de las emulsiones se secó hasta

peso constante empleando una estufa de secado a vacío cuyas condiciones fueron 60°C durante 14 h. El producto seco se picó con una picadora en diferentes ciclos: un ciclo de 2 segundos y 3 ciclos de un segundo. De este modo se obtuvieron dos oleogeles: un oleogel de oliva (OO) y otro de girasol (OG).

2.3- Preparación de las cremas

Los ingredientes utilizados para la elaboración de las diferentes formulaciones de cremas se muestran en la Tabla 1. Se elaboró una crema control y 4 tipos de cremas con oleogeles. La grasa utilizada para la elaboración de la crema control fue aceite de coco. Otras dos muestras, fueron elaboradas únicamente con oleogeles como sustituto de la grasa, una con oleogel de oliva (OO) y otra con oleogel de girasol (OG). Las otras dos cremas restantes se elaboraron con una sustitución del 50% del aceite de coco por cada uno de los oleogeles, dando lugar a las muestras OOC (mitad del aceite de coco reemplazado por oleogel de oliva) y OGC (mitad del aceite de coco reemplazado por oleogel de girasol). El resto de ingredientes utilizados fue común en todas las formulaciones.

TABLA 1. Composición de las cremas en un total de 400 g.

INGREDIENTES	CANTIDAD (g)				
	Control	OO	OG	OOC	OGC
Azúcar	130	130	130	130	130
Oleogel		120	120	60	60
Aceite de coco	120			60	60
Agua	80	80	80	80	80
Leche en polvo	50	50	50	50	50
Cacao	20	20	20	20	20

La preparación de la crema se realizó en una Thermomix modelo TM31 (Thermomix, Vorwerk, Wuppertal, Alemania) y se llevó a cabo en dos etapas. En la primera etapa, se mezclaron todos los ingredientes, a excepción de la grasa (oleogel o aceite, según el caso), a velocidad 2 durante 6 minutos a 70°C. Posteriormente, se dejó enfriar la mezcla hasta temperatura ambiente. En la segunda etapa, se programó de nuevo la Thermomix a una velocidad 2 durante dos minutos mientras se adicionaba paulatinamente 2/3 del oleogel. Tras este tiempo, se añadió el resto de oleogel a una velocidad 2 durante un minuto. Por último, para lograr una buena textura de la crema, se aumentó la velocidad de la Thermomix a 4 durante 2 minutos y a 5 durante un minuto. Una vez realizada la crema, se mantuvo en refrigeración a 5°C. Todos los análisis se realizaron a las 24 horas de la elaboración de las cremas.

2.4- Propiedades estructurales

2.4.1. ESTUDIO DE LA MICROESTRUCTURA

Las observaciones por Microscopía láser confocal de barrido (CLSM) de las diferentes muestras se realizaron mediante un microscopio láser confocal ZEISS 780 acoplado a un microscopio invertido Axio Observer Z1 (Carl Zeiss, Germany). Para visualizar las muestras se utilizó el objetivo C-Apochromat 40X/1.2 W de inmersión en agua. Las imágenes se obtuvieron y almacenaron con una resolución de 1024x1024 píxeles utilizando el software del microscopio (ZEN). Las tinciones empleadas fueron Nile Red, Fitc y Calcofluor White (Fluka, Sigma-Aldrich, Missouri, USA). El Nile Red se empleó para detectar la grasa, se excitó con la línea de láser 561 y se detectó en el rango de 576-620 nm, el Fitc para teñir la proteína, se excitó con la línea de láser 488 y se detectó en el rango de 499-525 nm y el Calcofluor White para teñir polisacáridos se excitó con la línea del diodo 405 y se detectó en el rango de 410-477 nm.

Para observar y estudiar las diferentes cremas, se colocó una pequeña cantidad de muestra sobre un portaobjetos, se le añadió 20 μ L de disolución de Nile Red y se dejó reposar durante 10 min. En segundo lugar, se realizó el mismo procedimiento con el Fitc ó con el Calcofluor White y se cubrió con un cubreobjetos de vidrio.

2.4.2. ANÁLISIS DE TEXTURA

Para evaluar los cambios en la textura de cada una de las muestras, se empleó un texturómetro TA. XT. Plus (Stable Microsystems®, Godalming-UK), asociado al software Texture exponent, que permite controlar todas las operaciones del Analizador de Textura y recoge todos los puntos medidos por el Instrumento (fuerza, tiempo y distancia), representando los perfiles de las curvas de textura. Al texturómetro se le acopló la sonda HDP/SR Spreadability Rig para evaluar la untabilidad de cada una de las muestras estudiadas. Se utilizó una velocidad de 1mm/s y la distancia de penetración se fijó en 22,5 mm.

Para cada una de las muestras, se obtuvieron unas curvas de fuerza-distancia y se calculó el área bajo la curva como índice del trabajo necesario para comprimir la muestra y el pico de fuerza máximo (N) como índice de la firmeza. Todos los ensayos se realizaron por duplicado.

2.4.3. MEDIDAS REOLÓGICAS

Para realizar las medidas de reología se empleó un reómetro de esfuerzo controlado AR-G2 (TA Instruments®, New Castle, EEUU), acoplado a un sistema informático (Software TA Instruments Universal Analysis 2000). La sonda que se empleó fue una de geometría plato-plato, en concreto, un plato paralelo rugoso de 40 mm de diámetro manteniéndose una distancia entre platos de 1 mm. Antes de comenzar el análisis, fue necesario realizar un “control cero” en el aparato, que realiza una medida en el aire, con los

parámetros preestablecidos de medida. Los ensayos se realizaron a 20°C y por duplicado. Los dos tipos de ensayos que se emplearon para caracterizar el comportamiento viscoelástico de las muestras fueron:

- Barrido de esfuerzo: Se realizó a una frecuencia de 1 Hz en un intervalo de esfuerzos de 0,01 a 200 Pa. Una vez realizado el barrido de esfuerzo, se seleccionó un valor de amplitud de esfuerzo dentro de la zona lineal del gráfico para poder llevar a cabo el posterior barrido de frecuencia.

- Barrido de frecuencia: Se realizó en un intervalo de frecuencias entre 0,01 y 10 Hz.

Por otro lado, también se realizaron ensayos rotacionales de curvas de flujo en un intervalo de velocidades de cizalla comprendido entre 0,0001 y 10 s⁻¹ con una distribución logarítmica en escalera de 10 puntos por década, fijando un tiempo de 30 segundos por punto para determinar la consistencia de las muestras.

2.5- Análisis sensorial

Para caracterizar sensorialmente las diferentes formulaciones de cremas, se utilizó un Análisis de Perfil de Libre Elección con un panel de 20 consumidores. En una primera sesión, los consumidores generaron los atributos que describían las muestras 'crema control' y crema 'OO' utilizando el método de Descripción Entrecruzada. En una segunda sesión, cada uno de ellos evaluó las cinco muestras con sus propios atributos seleccionados en la primera sesión. Éstos estaban relacionados con la apariencia, sabor, textura y aroma de las cremas y se evaluaron la intensidad de cada uno de ellos con una escala no estructurada de 10 cm con los extremos 'no percibido' a 'intenso'.

La evaluación sensorial se realizó en una sala de catas estandarizada con cabinas individuales (ISO, 2007) y las muestras de las cremas se presentaron en vasos de plástico blanco con un código de tres dígitos seleccionado de forma aleatoria.

2.6- Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados obtenidos en los estudios de reología y textura se realizó mediante el análisis de la varianza (ANOVA). Para determinar las diferencias significativas entre las muestras se utilizó el Test de Tukey a un nivel de significancia del 95%. Además, para analizar los resultados del Análisis de Perfil de Libre Elección se utilizó la técnica de análisis de correlaciones (Análisis Procrusteano Generalizado). En ambos casos, se utilizó el programa XLStat 2010 (Addinsoft, Barcelona, España).

3- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1- Propiedades estructurales

3.1.1. ESTUDIO DE LA MICROESTRUCTURA

En las imágenes teñidas con Nile Red y Fitc se observa que la crema control está formada por una fase continua de color verde (Figura 1A), constituida mayoritariamente por proteína, en la que se distribuye y difunde de forma homogénea y casi como si fuera una segunda fase continua la grasa de color rojo. Se puede apreciar que hay una parte de la fracción grasa de la crema estructurada en forma de glóbulos de pequeño tamaño y otra parte, sin embargo, parece estar disuelta e interaccionar con parte de la proteína de la muestra (Figura 1A). Distribuidas por la matriz se aprecian partículas de color negro, que se corresponden posiblemente con azúcar no disuelto. En las imágenes teñidas con Nile red y Calcofluor (Figura 2A), se observa que sí hay una distribución homogénea de la grasa que se fusiona con el resto de los componentes que constituyen la fase continua. En estas imágenes se aprecia algunas partículas aisladas de color azul, probablemente son restos celulósicos no disueltos del cacao.

Cuando en la crema se sustituye la grasa de coco por el oleogel OO (Figura 1B) se observa que una alta proporción de la grasa está notablemente fusionada con la parte proteica constituyendo una fase continua en la que aparecen partículas de azúcar y de cacao distribuidas por la crema. También se puede observar que parte de la grasa se estructura en forma de glóbulos de mayor tamaño que los de la grasa control. Los glóbulos de grasa se encuentran rodeados de los hidrocoloides que aparecen de color azul por la tinción con el Calcofluor (Figura 2B). Probablemente la presencia de estos hidrocoloides impide, en parte, que se produzca coalescencia. Igual que en la crema control se aprecian partículas de cacao distribuidas por toda la crema.

La crema elaborada con OG (Figura 1C) muestra una mayor separación entre los componentes proteicos y grasos. En ella, se observa una fase continua más proteica que las cremas anteriores con grasa no fusionada con el componente proteico. Una parte de la grasa sí aparece diluida y distribuida de forma homogénea por toda la crema y otra parte se encuentra estructurada en forma de glóbulos de tamaño superior que en la crema con el oleogel OO. Estos glóbulos aparecen distribuidos por toda la muestra. Probablemente una proporción del aceite de girasol ha lixiviado del oleogel y se ha producido coalescencia. Sin embargo, en la figura 2C se puede observar que los glóbulos de grasa aparecen estructurados por los hidrocoloides. En estas cremas no se aprecian partículas de azúcar, probablemente está diluido con el resto de componentes.

Cuando las cremas se elaboran con mezcla de oleogel y grasa de coco, la apariencia es muy similar entre ellas independientemente del tipo de oleogel empleado (Figuras 1 D y E), con una estructura más cercana a la de la crema control que a las elaboradas únicamente con oleogeles. La fase

continúa se observa básicamente proteica y una parte de la grasa esta fusionada y difunde por toda la muestra y otra parte aparece en forma de pequeños glóbulos. Los cristales de azúcar no son tan evidentes en las cremas que contienen oleogel de girasol. Al igual que en las otras cremas elaboradas únicamente con oleogel, en estas cremas también la grasa permanece estructurada por los hidrocoloides (Figura 2 D y E).

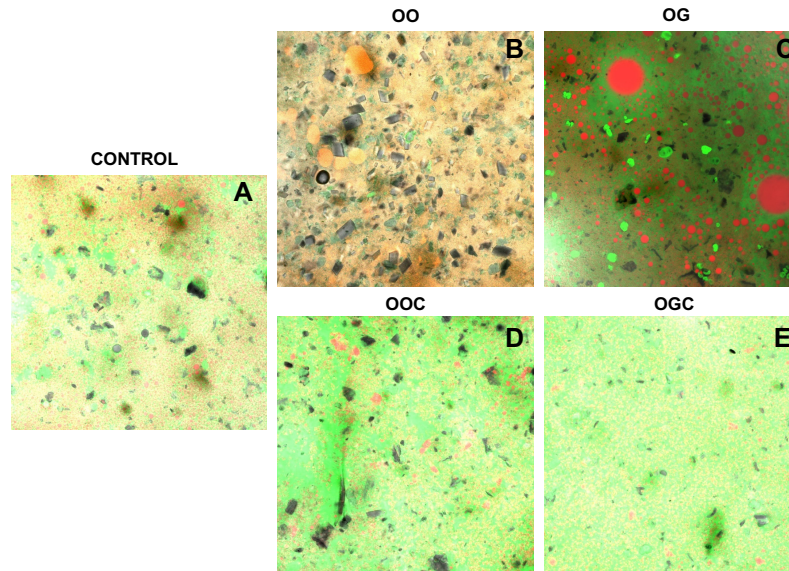


FIGURA 1. Imágenes tomadas con microscopio confocal láser de barrido (CLSM) de las diferentes cremas. Tinción con Nile Red y Fitc **A:** Crema control; **B:** Crema elaborada con oleogel de oliva (OO); **C:** Crema elaborada con oleogel de girasol (OG); **D:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de oliva (OOC); **E:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de girasol (OGC).

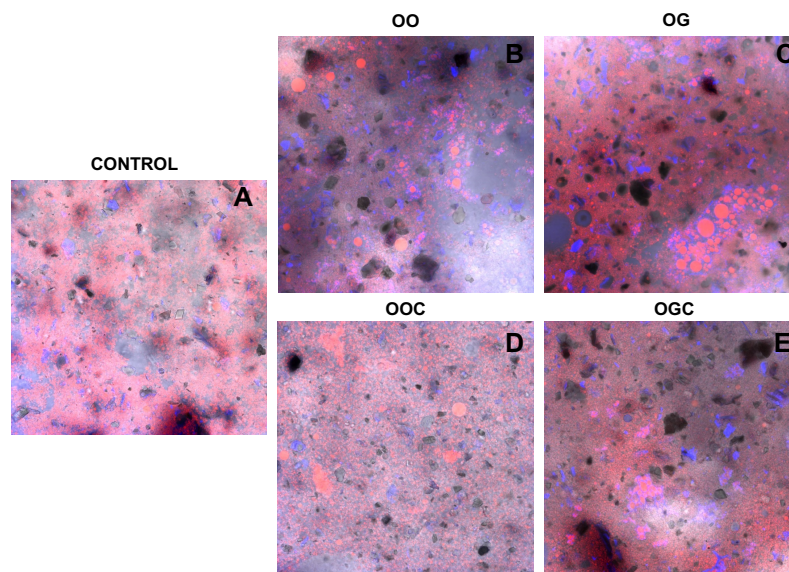


FIGURA 2. Imágenes tomadas con microscopio confocal láser de barrido (CLSM) de las diferentes cremas. Tinción con Nile Red y Calcofluor. **A:** Crema control; **B:** Crema elaborada con oleogel de oliva (OO); **C:** Crema elaborada con oleogel de girasol (OG); **D:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de oliva (OOC); **E:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de girasol (OGC).

3.1.2. ANÁLISIS DE TEXTURA

La Figura 3 muestra los perfiles de las curvas de textura correspondientes a las diferentes cremas estudiadas.

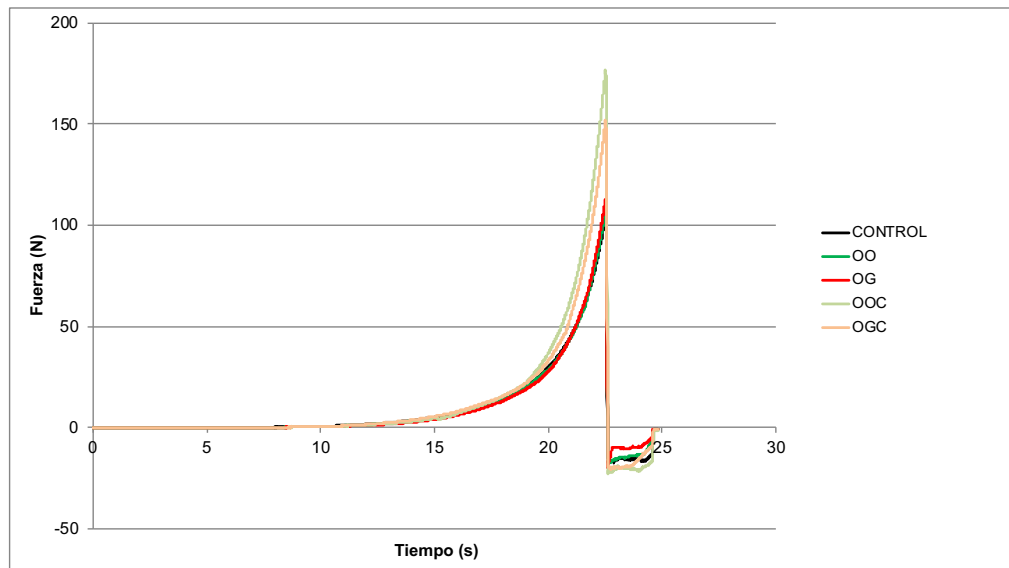


FIGURA 3. Perfil de textura de las diferentes cremas. **CONTROL:** Crema control; **OO:** Crema elaborada con oleogel de oliva; **OG:** Crema elaborada con oleogel de girasol; **OOC:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de oliva; **OGC:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de girasol.

Se puede observar un comportamiento similar entre las muestras, presentando una mayor firmeza las cremas OOC y OGC, elaboradas con 50% de aceite de coco y 50% del oleogel de aceite de oliva o de girasol. No obstante, las medidas de firmeza del resto de muestras presentaron una firmeza similar.

Con el fin de conocer si estas diferencias fueron estadísticamente significativas, se calcularon las áreas bajo la curva (N·s) y el pico de fuerza máximo (N) para cada muestra estudiada. La Tabla 2 muestra los valores medios de estos parámetros obtenidos para cada una de las cremas estudiadas.

TABLA 2. Valores de áreas bajo la curva y pico de fuerza máxima obtenidos por el ensayo de untabilidad. **CONTROL:** Crema control; **OO:** Crema elaborada con oleogel de oliva; **OG:** Crema elaborada con oleogel de girasol; **OOC:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de oliva; **OGC:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de girasol.

	PICO (Fuerza máxima) (N)	ÁREA (N s)
CONTROL	103,16 ^c ± 6,67	217,80 ^{bc} ± 7,16
OO	104,88 ^c ± 2,74	213,25 ^c ± 5,27
OG	109,34 ^{bc} ± 10,56	216,66 ^c ± 2,90
OOC	168,23 ^a ± 12,59	291,38 ^a ± 12,99
OGC	140,71 ^{ab} ± 14,96	255,94 ^{ab} ± 22,86

^{abc}Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras ($P < 0,05$) según el test Tukey.

Según los valores mostrados en la Tabla 3, y tal y como se ha descrito anteriormente mediante las curvas de extrusión, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) tanto en la firmeza como en el área bajo la curva entre las muestras control y las muestras OOC y OGC, no encontrándose diferencias significativas entre la crema control y las elaboradas sólo con los oleogel.

3.1.3. MEDIDAS REOLÓGICAS

En la Figura 4 y 5, se muestran los barridos de esfuerzo a temperatura ambiente. A simple vista, no se encuentran diferencias significativas entre los distintos barridos de esfuerzo, ya que presentan una estructura similar. Observando los datos, se decidió utilizar un esfuerzo de 5 Pa para realizar los barridos de frecuencia.

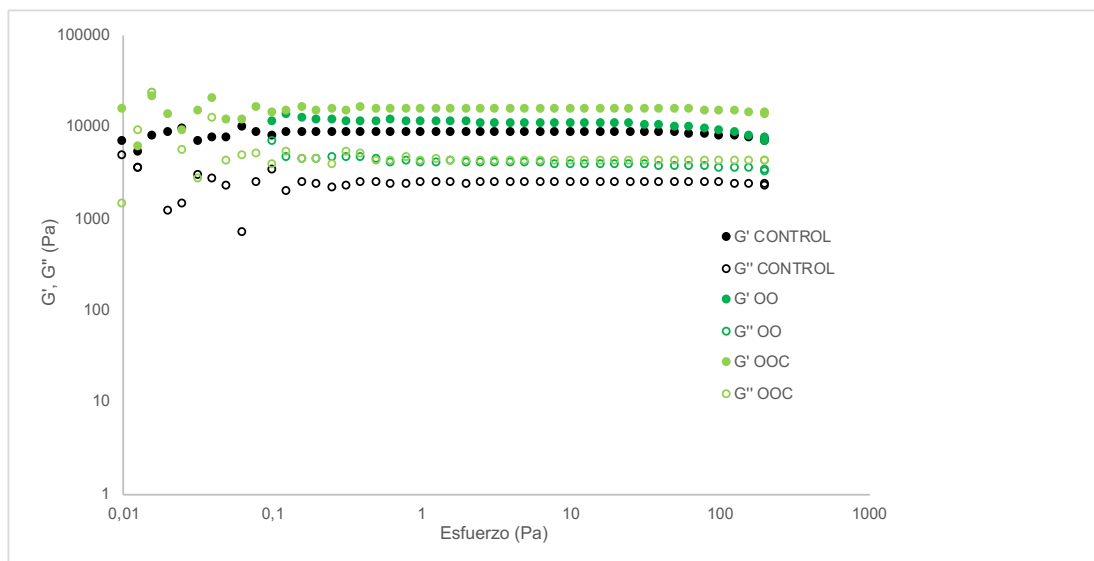


FIGURA 4. Módulos viscoelásticos en función del esfuerzo aplicado a 1 Hz de la crema control y las cremas elaboradas a partir de oleogel de aceite de oliva a 20°C. **G'**: símbolos cerrados; **G''**: símbolos vacíos. **CONTROL**: Crema control; **OO**: Crema elaborada con oleogel de oliva; **OG**: Crema elaborada con oleogel de girasol; **OOC**: Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de oliva; **OGC**: Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de girasol.

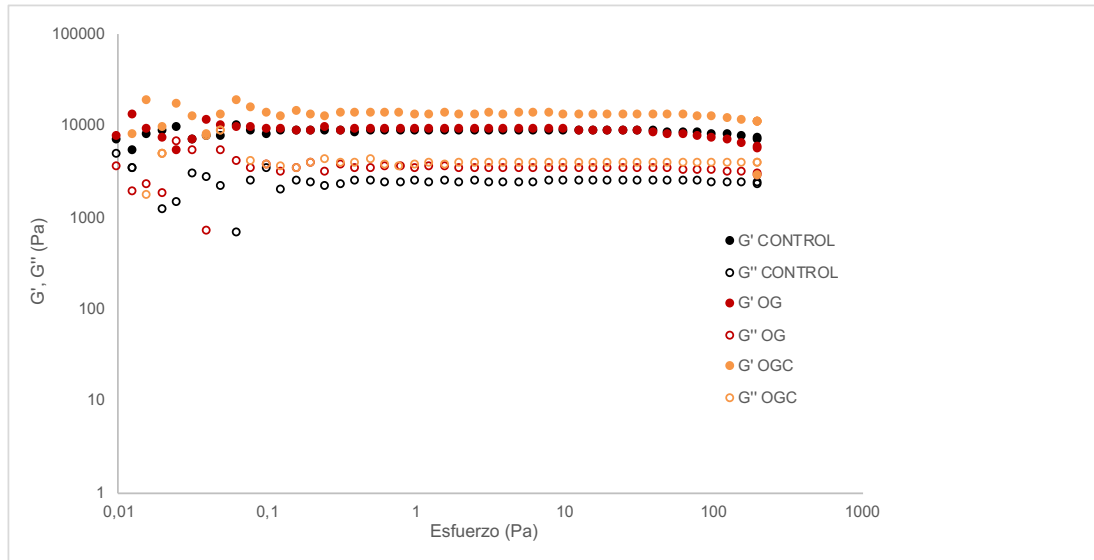


FIGURA 5. Módulos viscoelásticos en función del esfuerzo aplicado a 1 Hz de la crema control y las cremas elaboradas a partir de oleogeles de aceite de girasol a 20°C. **G'**: símbolos cerrados; **G''**: símbolos vacíos. **CONTROL**: Crema control; **OO**: Crema elaborada con oleogel de oliva; **OG**: Crema elaborada con oleogel de girasol; **OOC**: Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de oliva; **OGC**: Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de girasol.

Una vez seleccionado el esfuerzo adecuado en cada crema, para determinar los módulos de almacenamiento o elásticos (G') y los de pérdida o viscosos (G''), se llevaron a cabo los barridos de frecuencia. En la Figura 6 y 7, se pueden apreciar los resultados obtenidos para cada crema a temperatura ambiente.

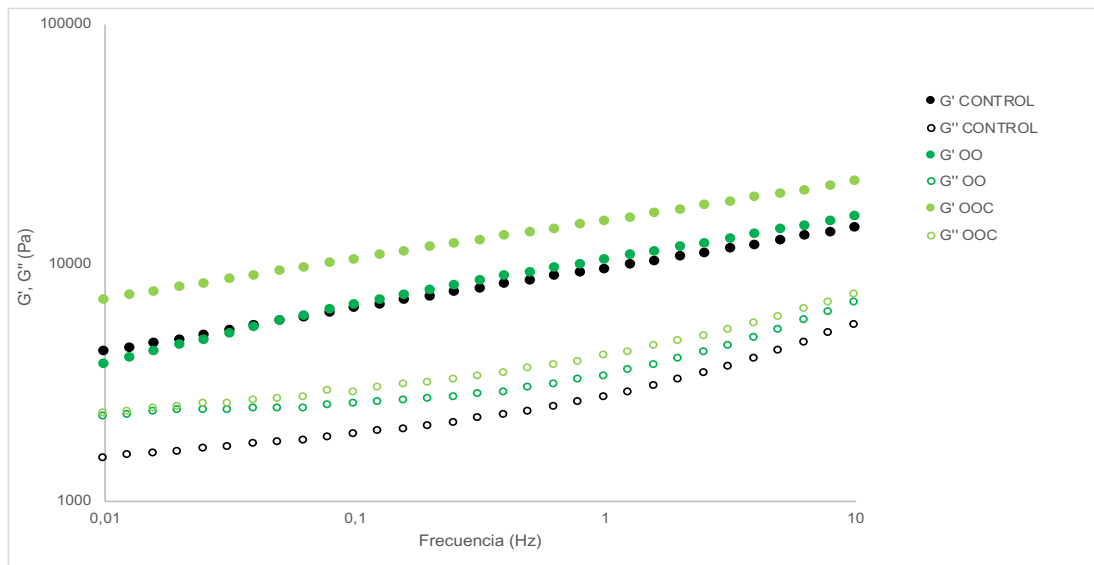


FIGURA 6. Evolución de los valores de G' y G'' en función de la frecuencia de la crema control y las cremas elaboradas a partir de oleogeles de aceite de oliva a 20°C. **G'**: símbolos cerrados; **G''**: símbolos vacíos. **CONTROL**: Crema control; **OO**: Crema elaborada con oleogel de oliva; **OG**: Crema elaborada con oleogel de girasol; **OOC**: Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de oliva; **OGC**: Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de girasol.

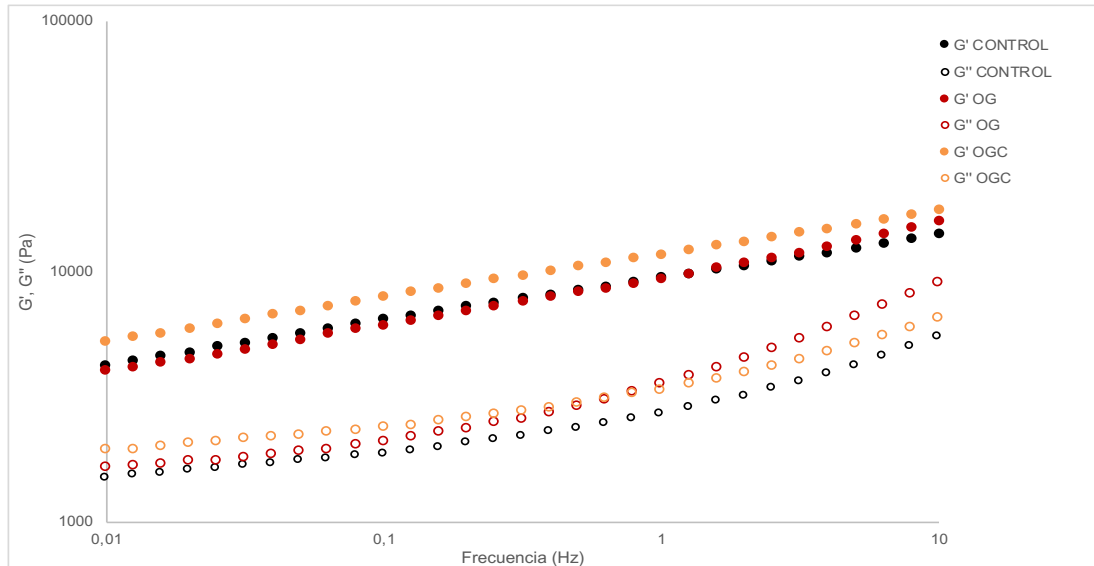


FIGURA 7. Evolución de los valores de G' y G'' en función de la frecuencia de la crema control y las cremas elaboradas a partir de oleogeles de aceite de girasol a 20°C. G' : símbolos cerrados; G'' : símbolos vacíos. **CONTROL:** Crema control; **OO:** Crema elaborada con oleogel de oliva; **OG:** Crema elaborada con oleogel de girasol; **OOC:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de oliva; **OGC:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de girasol.

En todas las cremas analizadas, el módulo de almacenamiento (G') se encuentra por encima del módulo de pérdida (G''). Esto es debido a que se trata de sistemas estructurados en los que predomina el comportamiento elástico, característico de los sólidos, sobre el viscoso (característico de fluidos) y en todos los casos se observa una cierta dependencia de la frecuencia.

Se observa un mayor valor de G' en los oleogeles elaborados con aceite de coco y oleogel al 50/50, no encontrándose diferencias en los espectros mecánicos de la muestra control y las muestras elaboradas sólo con los oleogeles, lo que concuerda con los estudios de textura.

A continuación, en la Figura 8, se muestran los valores de $\tan \delta$ en función de la frecuencia. Este parámetro indica la presencia o ausencia de cambios en la estructura interna de la muestra. Como se puede observar a la vista de este parámetro, las cremas elaboradas con los oleogeles solamente presentan una estructura interna diferente al resto de las muestras mostrando gran dependencia con la frecuencia.

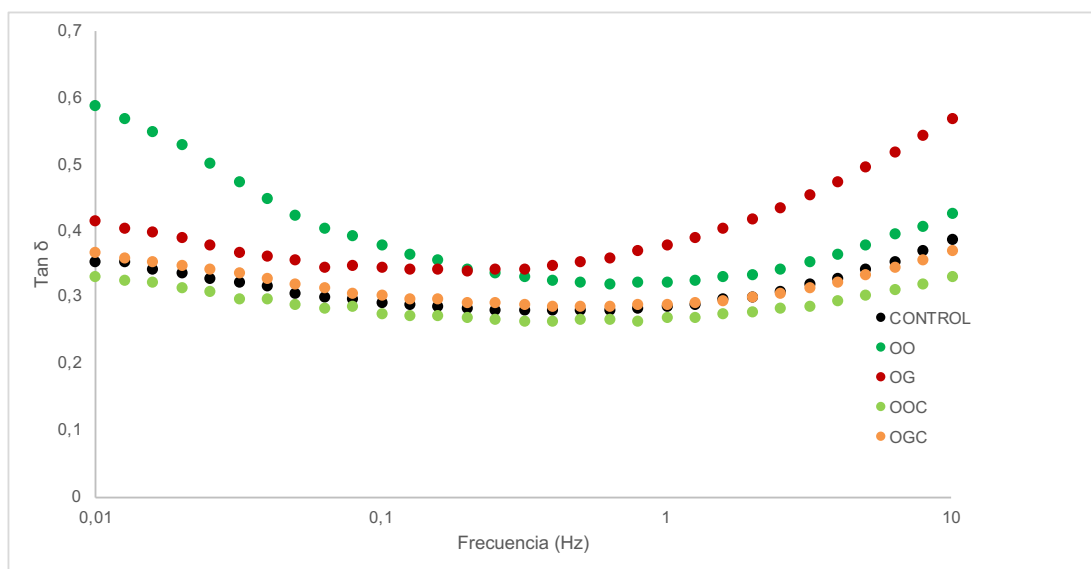


FIGURA 8. Variación de $\tan \delta$ con la frecuencia de las diferentes cremas. **CONTROL:** Crema control; **OO:** Crema elaborada con oleogel de oliva; **OG:** Crema elaborada con oleogel de girasol; **OOC:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de oliva; **OGC:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de girasol.

Para determinar de forma estadística el comportamiento observado en los barridos de frecuencia, en la Tabla 3 se muestran los valores de G' , G'' y $\tan \delta$ a la frecuencia de 1 Hz para cada una de las muestras formuladas.

TABLA 3. Valores reológicos (G' , G'' y $\tan \delta$) de las diferentes muestras a la frecuencia de 1 Hz. **CONTROL:** Crema control; **OO:** Crema elaborada con oleogel de oliva; **OG:** Crema elaborada con oleogel de girasol; **OOC:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de oliva; **OGC:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de girasol.

	G'	G''	$\tan \delta$
CONTROL	7330,34 ^{ab} ± 1507,72	2467,05 ^b ± 333,80	0,30 ^b ± 0,01
OO	10370,15 ^{ab} ± 46,17	3295,63 ^{ab} ± 31,75	0,32 ^b ± 0,01
OG	6422,93 ± 4241,90	3042,16 ^{ab} ± 1426,32	0,41 ^a ± 0,05
OOC	15912,37 ^a ± 2482,66	4427,65 ^a ± 765,78	0,28 ^b ± 0,01
OGC	11566,28 ^{ab} ± 949,52	3354,80 ^{ab} ± 257,25	0,29 ^b ± 0,01

^{abc}Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre las muestras ($P < 0,05$) según el test Tukey.

Tras el análisis de los valores a 1Hz, se puede apreciar cómo realmente no se encontraron prácticamente diferencias significativas en los parámetros reológicos entre todas las cremas estudiadas, aunque la muestra elaborada con oleogel de aceite de girasol (OG) presentó una menor viscoelasticidad, al presentar un mayor valor del parámetro $\tan \delta$.

3.2- Análisis sensorial

Para la caracterización sensorial de las cremas de cacao, se realizó un Análisis de Perfil de Libre Elección o *Free Choice Profile* (FCP). Mediante este análisis se obtiene información sobre las sensaciones espontáneas que

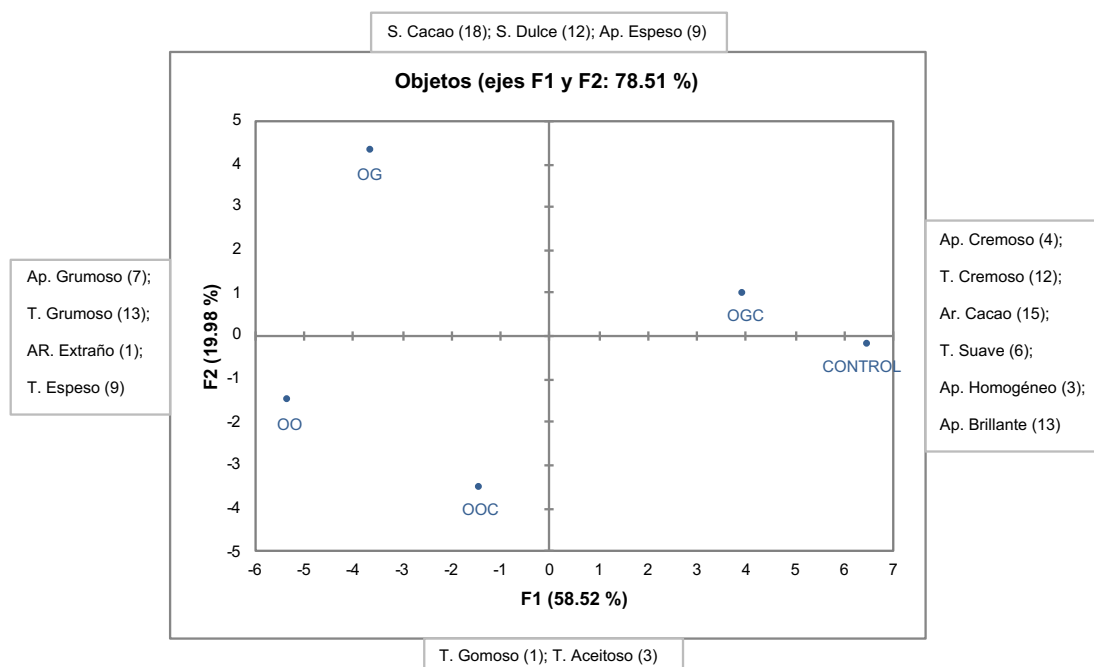


FIGURA 11. Representación de las muestras en el diagrama GPA de dos dimensiones donde se reflejan los principales descriptores correlacionados con las dos primeras dimensiones del espacio promedio. Se citan en los cuadros y el número de veces que se mencionó cada descriptor. **CONTROL:** Crema control; **OO:** Crema elaborada con oleogel de oliva; **OG:** Crema elaborada con oleogel de girasol; **OOC:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de oliva; **OGC:** Crema elaborada con 50% de aceite de coco y 50% de oleogel de girasol.

La dimensión 1 representó el 58,52% de la varianza y se relacionó principalmente con los términos de apariencia y textura. En la parte positiva del eje X (dimensión 1), los términos ‘apariencia y textura cremosa’ y ‘aroma a cacao’, se relacionaron con la crema control y con la crema OGC, elaborada a partir de aceite de coco y del oleogel de aceite de girasol. Por otro lado, atributos como ‘apariencia y textura grumosa’, caracterizaron a las muestras OO y OG elaboradas a partir de oleogel de aceite de oliva y de aceite de girasol.

La dimensión 2 representó el 19,98% de la varianza. La parte negativa del eje Y, destacó por atributos ligados a la textura describiéndola como ‘gomosa’ o ‘aceitosa’. Ambos parámetros se relacionaron con las cremas elaboradas a partir de oleogeles de aceite de oliva. No obstante, en la parte positiva del eje Y, se incluyeron características deseables para las cremas relacionadas principalmente con el sabor como ‘sabor a cacao’ o ‘dulce’. Estos atributos fueron descritos para las cremas control y las cremas elaboradas a partir de oleogeles de aceite de girasol.

Por ello, en relación a los resultados obtenidos, se podría resumir que la crema de cacao elaborada a partir de aceite de coco y de oleogel de aceite de girasol, presentó atributos sensoriales similares a la crema control.

4- CONCLUSIONES

La sustitución de la grasa empleando oleogeles de aceite de oliva y de girasol obtenidos mediante la técnica de secado a vacío, resultó una alternativa para el desarrollo de cremas untables. Cuando esta sustitución fue parcial (50% aceite de coco y 50% de oleogel) las cremas presentaron una estructura más similar a la de la crema control que las elaboradas únicamente con oleogeles. Además, tras el análisis sensorial, se demostró que la sustitución parcial de la crema control por el oleogel de girasol, podría ser una alternativa en cuanto a características sensoriales. En conclusión, este oleogel puede ser interesante como base para cremas a la hora de reformular alimentos saludables.

5- REFERENCIAS

- Anese, M., Valoppi, F., Calligaris, S., Lagazio, C., Suman, M., & Manzocco, L. (2016). Omega-3 enriched biscuits with low levels of heat-induced toxicants: Effect of formulation and baking conditions. *Food and Bioprocess Technology* 9 (2), 232-242.
- Aranceta, J., & Oárez-Rodrigo, C. (2012). Recommended dietary reference intakes, nutritional goals and dietary guidelines for fat and fatty acids: a systematic review. *British Journal of Nutrition* 107, 8-22.
- Biguzzi, C., Schlich, P., & Lange, C. (2014). The impact of sugar and fat reduction on perception and liking of biscuits. *Food Quality and Preference* 35, 41-47.
- Co, E.D., & Marangoni, A.G. (2012). Organogels: An alternative edible oil-structuring method. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 89 (5), 749-780.
- Colmenero, F. (2013). Potential applications of multiple emulsions in the development of healthy and functional foods. *Food Research International* 52 (1), 64-74.
- Corral, S., Belloch, C., López-Díez, J.J., Salvador, A., & Flores, M. (2017). Yeast inoculation as a strategy to improve the physico-chemical and sensory properties of reduced salt fermented sausages produced with entire male fat. *Meat Science* 123, 1-7.
- Costa, A.C., Pereira, D.E., Veríssimo, C.M., Bomfim, M.A., Queiroga, R., Madruga, M.S., Alves, S., Bessa, R.J., Oliveira, M.E. & Soares, J.K. (2019). Processing cookies formulated with goat cream enriched with conjugated linoleic acid. <http://dx.doi.org/10.1101/542977>
- De Souza Paglarini, C., Martini, S., & Pollonio, M.A.R. (2019). Using emulsion gels made with sonicated soy protein isolate dispersions to replace fat in frankfurters. *LWT* 99, 453-459.
- Devereux, H.M., Jones, G.P., McCormack, L., & Hunter, W.C. (2003). Consumer acceptability of low fat foods containing inulin and oligofructose. *Journal of Food Science* 68, 1850-1854.
- Doan, C.D., Patel, A.R., Tavernier, I., De Clercq, N., Van Raemdonck, K., Van de Walle, D., & Dewettinck, K. (2016). The feasibility of wax-based oleogel as a potential co-structurant with

- palm oil in low-saturated fat confectionery fillings. *European Journal of Lipid Science and Technology* 118(12), 1903-1914.
- Espert, M., Constantinescu, L., Sanz, T., & Salvador, A. (2019a). Effect of xanthan gum on palm oil *in vitro* digestion. Application in starch-based filling creams. *Food Hydrocolloids* 86, 87-94.
- Espert, M., Breciani, A., Sanz, T., & Salvador, A. (2019b). Functionality of low digestibility emulsions in cocoa creams. Structural changes during *in vitro* digestion and sensory perception. *Journal of Functional Foods* 54, 146-153.
- Fayaz, G., Goli, S.A.H., Kadivar, M., Valoppi, F., Barba, L., Calligaris, S., & Nicoli, M.C. (2017). Potential application of pomegranate seed oil oleogels based on monoglycerides, beeswax and propolis wax as partial substitutes of palm oil in functional chocolate spread. *LWT-Food Science and Technology* 86, 523-529.
- Ferrer-González, B.M., García-Martínez, I., & Totosaus, A. (2019). Textural properties, sensory acceptance and fatty acid profile of cooked meat batters employing pumpkin seed paste or soybean oil oleogel as fat replacers. *International Journal of Fats and Oils* 70 (3), July–September, e320.
- Flöter, E. (2012). Structuring oils without highly saturated fats – how far are we?. *European Journal of Lipid Science and Technology* 114, 983-984.
- García-Andrade, M., Gallegos-Infante, J.A., & González-Laredo, R. (2019). Organogels as lipid profile improvers in meat and dairy matrices. *CienciaUAT* 14(1), 121-132.
- Gómez-Estaca, J., Herrero, A.M., Herranz, B., Álvarez, M.D., Jiménez-Colmenero, F., & Cofrades, S. (2019). Characterization of ethyl cellulose and beeswax oleogels and their suitability as fat replacers in healthier lipid pâtés development. *Food Hydrocolloids* 87, 960-969.
- Hüseyin, B. (2019). Effect of flour and sugar particle size on the properties of cookie dough and cookie. *Czech Journal of Food Sciences* 37 (2), 120–127.
- ISO (2007). General guidance for the design of test room. Standard No. 8589:2007. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Kamali, E., Sahari, M.A., Barzegar, M., & Gavlighi, H.A. (2019). Novel oleogel formulation based on amaranth oil: Physicochemical characterization. *Food Science & Nutrition* 7, 1986-1996.
- Kanjilal, S., Shanker, K.S., Rao, B.V.S.K., Indrani, D., Reddy, S.R.Y., Prasad, R.B.N., & Lokesh, B.R. (2016). Application of low calorie hypocholesterolemic structured lipid as potential bakery fat. *International Food Research Journal* 23(2), 854-859.
- Laneuville, S.I., Paquin, P., & Turgeon, S.L. (2005). Formula optimization of a low-fat food system containing whey protein isolate-xanthan gum complexes as fat replacer. *Journal of Food Science* 70(8), s513-s519.
- Li, L., & Liu, G. (2019). Corn oil-based oleogels with different gelation mechanisms as novel cocoa butter alternatives in dark chocolate. *Journal of Food Engineering* 263, 114-122.
- Lim, J., Inglett, G.E., & Lee, S. (2010). Response to consumer demand for reduced-fat foods; multi-functional fat replacers. *Japan Journal of Food Engineering* 11(4), 147-152.
- Lim, J., Jeong, S., Lee, J. Park, S., & Lee, S. (2017). Effect of shortening replacement with oleogels on the rheological and tomographic characteristics of aerated baked goods. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97(11), 3727-3732.

- Mancini, A., Imperlini, E., Nigro, E., Montagnese, C., Daniele, A., & Orrù, S. (2015). Biological and Nutritional Properties of Palm Oil and Palmitic Acid: Effects on Health. *Molecules* 20(9), 17339-17361.
- Manley, D. (2001). Recipes for secondary processes, Biscuit, Cracker and Cookie Recipes for the Food Industry, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK, 135-154.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Camerin, M., Pizzale, L., & Nicoli, M. C. (2014). Prediction of firmness and physical stability of low-fat chocolate spreads. *Journal of Food Engineering* 126, 120-125.
- Marangoni, A.G. & Garti, N (2011). Edible oleogels: structure and health implications. AOCS Press, Urbana, Illinois, 340 pp.
- Meng, Z., Qi, K., Guo, Y., Wang, Y., & Liu, Y. (2018a). Effects of thickening agents on the formation and properties of edible oleogels based on hydroxypropyl methyl cellulose. *Food Chemistry* 246, 137-149.
- Meng, Z., Qi, K., Guo, Y., Wang, Y., & Liu, Y. (2018b). Macro-micro structure characterization and molecular properties of emulsion-templated polysaccharide oleogels. *Food Hydrocolloids* 77, 17-29.
- Meng, Z., Qi, K., Guo, Y., Wang, Y., & Liu, Y. (2018c). Physical Properties, Microstructure, Intermolecular Forces, and Oxidation Stability of Soybean Oil Oleogels Structured by Different Cellulose Ethers. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(6), 1700287.
- Micha, R., & Mozaffarian, D. (2010). Saturated fat and cardiometabolic risk factors, coronary heart disease, stroke, and diabetes: a fresh look at the evidence. *Lipids* 45(10), 893-905.
- Miele, N., Di Monaco, R., Masi, P., & Cavella, S. (2015). Reduced-calorie filling cream: formula optimization and mechanical characterization. *Chemical Engineering Transactions* 43, 67-72.
- Moghtadaei, M., Soltanizadeh, N., & Goli, S. A. H. (2018). Production of sesame oil oleogels based on beeswax and application as partial substitutes of animal fat in beef burger. *Food Research International* 108, 368-377.
- Moriano, M., & Alamprese, C. (2017). Organogels as novel ingredients for low saturated fat ice creams. *LWT - Food Science and Technology* 86, 371-376.
- Moschakis, T., Dergiade, I., Lazaridou, A., Biliaderis, C., & Katsanidis, E. (2017). Modulating the physical state and functionality of phytosterols by emulsification and organogel formation: Application in a model yogurt system. *Journal of Functional Foods* 33, 386-395.
- Oh, I.K., & Lee, S. (2018). Utilization of foam structured hydroxypropyl methylcellulose for oleogels and their application as a solid fat replacer in muffins. *Food Hydrocolloids* 77, 796-802.
- Omayma, E., Shaltout, D.E., & Youssef, M.M. (2007). Fat replacers and their applications in food products: a review. *Journal of Food Science* 4, 29-44.
- Onacik-Gür, S., Żbikowska, A., Kapler, E., & Kowalska, H. (2016). Effect of barley β -glucan addition as a fat replacer on muffin quality. *Acta scientiarum polonorum. Technologia alimentaria* 15(3), 247-256.
- O' Sullivan, C.M., Barbut, S., & Marangoni, A.G. (2016). Edible oleogels for the oral delivery of lipid soluble molecules: Composition and structural design considerations. *Trends in Food Science & Technology* 57, 59-73.

- Park, C., Bemer, H.L., & Maleky, F. (2018). Oxidative Stability of Rice Bran Wax Oleogels and an Oleogel Cream Cheese Product. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 95(10), 1267-1275.
- Patel, A.R., Cludts, N., Bin Sintang, M.D., Lewille, B., Lesaffer, A., & Dewettinck, K. (2014a). Polysaccharide-based oleogels prepared with an emulsion-templated approach. *ChemPhysChem* 15(16), 3435-3439.
- Patel, A.R., Cludts, N., Sintang, M.D.B., Lesaffer, A., & Dewettinck, K. (2014b). Edible oleogels based on water soluble food polymers: preparation, characterization and potential application. *Food & Function* 5(11), 2833-2841.
- Patel, A.R., & Dewettinck, K. (2015). Comparative evaluation of structured oil systems: Shellac oleogel, HPMC oleogel, and HIPE gel. *European Journal of Lipid Science and Technology* 117(11), 1772-1781.
- Patel, A.R., Rajarethinem, P.S., Gredowska, A., Turhan, O., Lesaffer, A., De Vos, W.H., Van de Walle, D., Dewettinck, K. (2014d). Edible applications of shellac oleogels: spreads, chocolate paste and cakes. *Food & Function* 5(4), 615-822.
- Pehlivanoglu, H., Demirci, M., Toker, O. S., Konar, N., Karasu, S., & Sagdic, O. (2017). Oleogels, a promising structured oil for decreasing saturated fatty acid concentrations: Production and food-based applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 58 (8), 1330-1341.
- Rangrej, V., Shah, V., Patel, J., & Ganorkar, P.M. (2015). Effect of shortening replacement with flaxseed oil on physical, sensory, fatty acid and storage characteristics of cookies. *Journal of Food Science and Technology* 52(6), 3694-3700.
- Sanz, T., Falomir, M., & Salvador, A. (2015). Reversible thermal behavior of vegetable oil cellulose ether emulsions as fat replacers. Influence of glycerol. *Food Hydrocolloids* 46, 19-27.
- Sudha, M.L., Srivastava, A.K., Vetrmani, R., & Leelavathi, K. (2007). Fat replacement in soft dough biscuits: Its implications on dough rheology and biscuit quality. *Journal of Food Engineering* 80, 922-930.
- Tarancón, P., Salvador, A., & Sanz, T. (2013). Sunflower oil–water–cellulose ether emulsions as trans-fatty acid-free fat replacers in biscuits: texture and acceptability study. *Food and Bioprocess Technology* 6 (9), 2389-2398.
- Toledo, O., Hidalgo, D.C., & Fragoso, M. (2016). Effect on instrumental texture when oleogel was employed as fat replacer in cooked sausages. *Nacameh* 10(1), 17-26.
- Varela, P., & Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International* 48, 893–908.
- Yilmaz, E., & Öğütçü, M. (2015). Oleogels as spreadable fat and butter alternatives: Sensory description and consumer perception. *RSC Advances*, 5(62) 50259-50267.
- Zoulias, E.I., Oreopoulou, V., Kounalaki, E. (2002). Effect of fat and sugar replacement on cookie properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82, 1637- 1644.