



**Universitat Autònoma de Barcelona**

Facultat de Veterinària

Departament de Ciència Animal y de los Alimentos

Trabajo presentado para la superación de los 15 créditos del Módulo Trabajo Fin de

Máster del **Máster Oficial en Calidad de Alimentos de Origen Animal**

**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS Y SENSORIALES DE  
ANÁLOGOS DE QUESO ELABORADOS CON EMULSIONES OBTENIDAS  
POR HOMOGENEIZACIÓN CONVENCIONAL Y A ULTRA ALTA PRESIÓN**

Alumna: Melisa Mendoza Puma

Directora: Dra. Marta Capellas Puig

**Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), 8 de septiembre de 2021**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a mi directora, Dra. Marta Capellas por su compromiso, apoyo y enseñanzas brindadas a lo largo de este trabajo, gracias por todos los conocimientos, consejos y guía para el desarrollo de este trabajo.

Al Dr. Toni, a la Dra. Bibiana y a Libni por el apoyo y transmitirme sus conocimientos en las distintas etapas de desarrollo de este trabajo.

A Ramón, Yasmina y Joan Miquel, por estar siempre atentos y prestos para hacer las producciones en la Planta Piloto.

A Sonia, Dolors y Ana por el importante soporte en los laboratorios.

A mis compañeros del master del Departamento de Tecnología de los Alimentos e Higiene, con quienes compartí momentos agradables, paseos, conversaciones interesantes, a Renata, Cristina, Karina e Isabel.

A mis padres Carlos y Dionisia que me animaron para continuar en esta etapa de mi experiencia, A mis hermanos Matilde, Margot, Carlos Alberto y Edy por confiar en mí y apoyarme durante todo este tiempo y a toda mi familia por hacerme sentir como no estaría lejos de casa.

¡Gracias a todos por hacer de mi estadía en Barcelona una gran experiencia!!!

Dra. MARTA CAPELLAS PUIG, docente titular de Universidad del Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB),

INFORMA:

Que el trabajo de investigación titulado: “Características microbiológicas y sensoriales de análogos de queso elaborados con emulsiones obtenidas por homogeneización convencional y a ultra alta presión” ha sido realizado bajo su supervisión dentro del módulo Trabajo Fin de Máster del Máster Oficial de Calidad de Alimentos de Origen Animal de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Y para que así conste firmo el presente documento en:

Bellaterra, 8 de septiembre del 2021

Dra. Marta Capellas Puig

Melisa Mendoza Puma

## RESUMEN

Se ha estudiado el efecto de la adición de una emulsión el tipo O/W obtenida por homogeneización a ultra alta presión (UHPH) en comparación con una emulsión obtenida por homogeneización convencional (HC) en la elaboración de análogos de queso fresco (AQF). Las emulsiones se formularon con un 5% aceite de chía y un 5% aceite de girasol ricos en ácidos grasos  $\omega$ -3, 6 y 9, con mazada como emulgente y fueron procesadas por un tratamiento de HC (30 MPa) o por UHPH (200 MPa). Las emulsiones se mezclaron al 4 % con leche desnatada y leche en polvo desnatada para obtener análogos de leche con 3,5% de grasa, a partir de los cuales se elaboraron los correspondientes AQF. La UHPH a 200 MPa causó una disminución de los recuentos de coliformes/*E. coli* en las emulsiones, en comparación con la HC. Los AQF que incorporaban las distintas emulsiones mostraron unos recuentos microbianos iniciales similares que, en general, se mantuvieron estables durante los 9 días de conservación en refrigeración. En el análisis sensorial, los AQF con emulsiones obtenidas por UHPH presentaron diferencias significativas mínimas en comparación con los AQF con emulsiones obtenidas por HC, excepto para los atributos firmeza y sensación pastosa, que mostraron diferencias más acusadas. No se detectó una preferencia significativa por ninguno de los AQF. Este estudio muestra que la incorporación de una emulsión tratada por UHPH produce análogos de quesos frescos ricos en ácidos grasos  $\omega$ -3, 6 y 9 con unas características microbiológicas y sensoriales comparables a las de los análogos de queso que incorporan emulsiones obtenidas por homogeneización convencional.

## ABSTRACT

The effect of adding an O/W type emulsion obtained by ultra-high pressure homogenization (UHPH) in comparison with an emulsion obtained by conventional homogenization (CH) in the elaboration of fresh cheese analogues (FCA) has been studied. The emulsions were formulated with 5% chia oil and 5% sunflower oil rich in  $\omega$ -3, 6 and 9 fatty acids, with buttermilk as emulsifier, and were processed by a CH treatment (30 MPa) or by UHPH (200 MPa). The emulsions were mixed at 4% with skimmed milk and skimmed milk powder to obtain milk analogues with 3.5% fat, from which the corresponding AQFs were made. UHPH at 200 MPa caused a decrease in coliform/*E. coli* counts of emulsions, compared to HC. The FCAs that incorporated the different emulsions showed similar initial microbial counts that, in general, remained stable during 9 days of refrigerated storage. In the sensory analysis, the FCA with emulsions obtained by UHPH showed minimal significant differences compared to the FCA with emulsions obtained by HC, except for the attributes of firmness and pasty mouthfeel, which showed more marked differences. No significant preference was detected for any of the FCAs. This study shows that the incorporation of an emulsion treated by UHPH produces fresh cheese analogues rich in  $\omega$ -3, 6 and 9 fatty acids with microbiological and sensory characteristics comparable to those of cheese analogues that incorporate emulsions obtained by conventional homogenization.

## INDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
2.1 Materiales.....	9
2.2 Métodos .....	10
2.2.1 Preparación de las emulsiones.....	10
2.2.2 Elaboración de análogo de queso fresco .....	10
2.2.3 Caracterización del análogo de queso fresco .....	11
2.2.4 Análisis microbiológico .....	11
2.2.5 Análisis sensorial .....	12
2.2.6 Análisis estadístico.....	13
3 RESULTADOS Y DISCUSION.....	13
3.1 Humedad y pH del análogo de queso fresco .....	13
3.2. Microbiología.....	13
3.1.1 Emulsiones y análogos de leche de quesería .....	13
3.1.2 Análogos de queso fresco .....	16
3.3 Análisis sensorial .....	20
CONCLUSIÓN.....	21
BIBLIOGRAFÍA.....	22
ANEXO .....	28

## 1. INTRODUCCIÓN

El queso fresco es un producto de consumo generalizado, siendo en España el segundo derivado lácteo de mayor consumo después de las leches fermentadas y/o yogur tal como lo reportan los informes de consumo de alimentación en España (MAPAMA, 2018 y 2019). El queso fresco es el que está dispuesto para el consumo al finalizar el proceso de fabricación (Real Decreto 1113, 2006). Este tipo de queso se caracteriza por ser de pasta blanda, color blanco, de pH casi neutro, y con un 60 a 80% de humedad (Evert-Arriagada et al., 2013), y es un alimento muy nutritivo con una composición muy similar a la leche, destacando el alto valor biológico de las proteínas, calcio, fósforo y algunas vitaminas (Hwang y Gunasekaran, 2001).

El queso contiene una alta concentración de nutrientes en relación con su nivel de energía. Su contenido de nutrientes está influenciado por el tipo de leche utilizada (especie, etapa de lactación, contenido en grasa), la forma de fabricación y, en menor medida, su grado de maduración. En general, la composición de ácidos grasos de los lípidos del queso está en torno a un 66% de ácidos grasos saturados (AGS), 30% de monoinsaturados y un 4% de ácidos grasos poliinsaturados (O'Brien y O'Connor, 2004).

Un análogo de queso (AQ) o queso de imitación es cualquier alimento similar al queso o a los productos del queso, preparado con ingredientes no lácteos que reemplazan total o parcialmente la leche. Básicamente, un AQ es una emulsión de aceite en agua, en el cual, las gotas de grasa son incorporadas en un gel de caseína que funciona como emulsionante (Guinee, 2011).

La industria alimentaria viene realizando cambios en la fabricación y el procesamiento de alimentos, y entre ellas, una de las áreas más interesantes de investigación e innovación se relaciona con los alimentos funcionales (Bigliardi y Galati, 2013). Así, por ejemplo, una línea de investigación es la optimización del contenido de lípidos y de los perfiles de ácidos grasos de diversos alimentos, para lograr una composición más acorde con los objetivos saludables de ingesta de nutrientes (Jiménez-Colmenero, 2013). En el caso de leche y productos lácteos, con el fin de proporcionar una forma útil de reducir la ingesta de AGS conservando los beneficios nutricionales y cardiometabólicos de la leche, se ha modificado la composición de los ácidos grasos, concretamente mediante la sustitución

de algunos AGS con ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y/o poliinsaturados (AGPI) (Givens, 2017).

El término “alimento funcional” tiene origen a principios de los años ochenta en Japón, definiéndose en 1991 el concepto de alimentos para uso específico de salud (FOSHU). Un alimento funcional es aquel alimento que es elaborado no solo por sus características nutricionales, sino también para cumplir una función específica como puede ser mejorar la salud y reducir el riesgo de contraer enfermedades. Para ello, se agregan componentes biológicamente activos como: vitaminas, ácidos grasos, fibra alimenticia y antioxidantes, entre otros (Urgell, Orleans y Seuma 2005).

En relación con el consumo de grasas, las Pautas Dietéticas dictadas en Estados Unidos para 2015-2020, elimina el límite superior de la ingesta total de grasas, pero conservan las recomendaciones de <10% de calorías de ácidos grasos saturados y el reemplazo de estos con ácidos grasos insaturados (AESAN, 2020). Seguir estas recomendaciones tiene el gran potencial de mejorar la calidad de la dieta en general y reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares (ECV) y otras enfermedades crónicas (Wang y Hu, 2017). De manera específica, aumentar la presencia de ácidos grasos poliinsaturados omega-3 ( $\omega$ -3) en diversos alimentos de consumo frecuente, puede mejorar los valores nutricionales en la dieta occidental y permitir a la población que, sin cambiar drásticamente la dieta habitual, su ingesta se ajuste a la recomendada (Wang et al., 2018).

La fortificación de los alimentos con  $\omega$ -3es el método más conveniente para incorporar estos ácidos grasos tan necesarios en la dieta (Hall y Tulbek, 2008), y que efectivamente se están agregando directamente a los alimentos convencionales (Hernandez, 2016). El aceite de pescado es una fuente natural de ácidos grasos omega-3, que generalmente se incorporan a diversos productos alimenticios, sin embargo, la población no consume la cantidad de pescado necesaria para poder llegar a cubrir sus necesidades a través de este producto (Rubio-Rodríguez et al., 2010). El aceite de chía (*Salvia hispánica* L.) puede ser una alternativa a los aceites de pescado, ya que no tiene el inconveniente del sabor y el olor del aceite procedente de fuentes marinas, siendo además rico en AGPI debido a su alta proporción de ácido  $\alpha$ -linolénico (C18:3  $\omega$ -3,  $\geq 60\%$ ) y ácido linoleico (C18:2  $\omega$ -6) especialmente si se compara con otras fuentes vegetales conocidas (Guimarães - Inácio et al., 2018; Segura-Campos et al., 2014). Entre los beneficios para la salud tras el consumo de ácidos grasos  $\omega$ -3 hay que destacar la reducción de los niveles perjudiciales



de colesterol LDL y aumento en los niveles de colesterol HDL en la sangre (Tepe. et al., 2006). También se ha encontrado efectos terapéuticos de los ácidos grasos  $\omega$ -3 en enfermedad inflamatoria intestinal crónica, asma, fibrosis, artritis reumatoide, desarrollo y función del cerebro, depresión y la enfermedad bipolar (Wood et al., 1997). El aceite de girasol (*Helianthus annuus* L), también es un aceite muy interesante ya que es un aceite rico en AGMI como el ácido oleico (C18:1) de la serie  $\omega$ -9 (Gupta, 2002). El ácido oleico tiene un efecto favorable en la prevención de las ECV, debido a que reduce los niveles de colesterol total y de lipoproteínas de baja densidad.

El inconveniente de la inclusión de ácidos grasos insaturados en los alimentos es que, al ser ácidos grasos con dobles enlaces, son altamente propensos a la degradación oxidativa, lo cual afecta la calidad organoléptica y disminuye sus beneficios nutricionales (Sivapratha y Sarkar, 2018). Existen diversas formas de retardar la oxidación de los lípidos como el envasado al vacío o en atmósferas controladas, el uso de antioxidantes naturales y sintéticos, ampliamente utilizados en la industria alimentaria, aunque algunos de los sintéticos se describen en la literatura como potencialmente tóxicos (Gorji et al., 2016), el uso de aceites esenciales (Leyva-López et al., 2017 y más recientemente la microencapsulación de los aceites a través de la producción de emulsiones. Una emulsión consiste en dos líquidos inmiscibles (por lo general aceite y agua), uno de los cuales se encuentra disperso en forma de pequeñas gotas esféricas en la otra (McClements, 2005). Las emulsiones se clasifican en función de la distribución de las fases de aceite y acuosa (Dickinson, 2003; McClements, 2005). La sustancia que forma las gotitas en una emulsión se conoce como la fase dispersa, mientras que la sustancia que compone el líquido circundante se denomina la fase continua. Hay tres tipos principales de emulsión que son importantes en los alimentos: O/W (aceite en agua) donde las gotas de aceite se dispersan en una fase acuosa (por ejemplo: mayonesa, leche, crema, sopas y salsas); W/O (agua en aceite) donde las gotitas de agua se dispersan en una fase de aceite (por ejemplo: margarina, mantequilla); y las emulsiones múltiples del aceite en agua en aceite (O/W/O) o agua en aceite en agua (W/O/W). Por ejemplo, una emulsión W/O/W se compone de gotitas de agua dispersadas dentro de las gotitas de aceite más grandes, que a su vez se dispersan en una fase continua acuosa. Las emulsiones pueden ser utilizadas para controlar la liberación de determinados ingredientes, reducir el contenido de grasa total o aislar un ingrediente de otro (Clegg et al., 2016).

La estabilidad de una emulsión se define como la capacidad de una emulsión de resistir cambios físicos y químicos en el tiempo (McClements, 2005). Los cambios físicos corresponden a modificaciones en la organización estructural de las moléculas, mientras que los cambios químicos resultan en la alteración de dichas moléculas (por ejemplo, oxidación de lípidos, lipólisis). Los mecanismos por los cuales estos cambios se llevarán a cabo dependerán de la composición de emulsión (por ejemplo, concentración y tipo de emulgente o emulsionante), de los tratamientos aplicados para obtener la emulsión, de las interacciones coloidales entre ingredientes, y condiciones ambientales durante el almacenamiento, tales como variaciones de temperatura (Palazolo et al., 2011).

Un emulsionante es una molécula anfifílica de bajo o alto peso molecular que tiende a migrar y adsorberse rápidamente en la interfase aceite (apolar) y agua (polar) favoreciendo la formación de gotas con un menor consumo de energía y por tanto la formación de la emulsión al reducir la tensión interfacial (Muñoz y Alfaro, 2007). Como ejemplos de emulsionantes de bajo peso molecular se pueden citar los tensioactivos, lípidos polares y glicolípidos, y entre los emulsionantes de alto peso molecular se pueden citar las proteínas y las lipoproteínas. En el campo de las emulsiones alimentarias es evidente el predominio de las proteínas como emulsionantes macromoleculares, debido a que están presentes en cantidades significativas en materias primas naturales comestibles (Raymundo et al, 2001).

Un subproducto utilizado en la industria alimentaria es la mazada o suero de mantequilla, que es un ingrediente lácteo ampliamente utilizado debido a su capacidad emulsionante y su impacto positivo en el sabor (Sodini et al., 2006). La mazada es la fase líquida liberada durante el batido de la nata en el proceso de fabricación de la mantequilla, y contiene la mayoría de los componentes solubles de la nata en agua. Tras un secado por atomización de esta fase líquida, se obtiene un producto en polvo cuyos componentes mayoritarios son lactosa, proteínas (caseínas, proteínas del suero y glicoproteínas), grasa (triglicéridos y fosfolípidos o lípidos polares), sales minerales, entre otros, algunos de ellos con origen o procedencia en la membrana del glóbulo graso de la leche (MFGM) (Govindasamy et al., 2006). Los fosfolípidos y la proteína en la mazada hacen que este subproducto lácteo sea interesante para usar como ingrediente funcional debido sus propiedades emulsionantes (Wong y Kitts, 2003; Vanderghem et al., 2010) que hace de

la mazada, un ingrediente funcional y tecnológico muy interesante para la industria alimentaria.

La composición de la mazada es similar a la de la leche desnatada, aunque la concentración de lípidos polares sobre extracto seco es 4, 5 y 10 veces más alta que en la leche desnatada, la leche entera y la nata, respectivamente. La mayoría de los lípidos polares de la leche están presentes en la MFGM, que representa menos del 5% del total de sólidos de la mazada. Por otra parte, diversos estudios han confirmado que aproximadamente el 19% de la mazada son proteínas (Vanderghem et al., 2010).

La homogeneización mecánica es un proceso capaz de producir un tamaño homogéneo en la distribución de partículas en suspensión en un líquido, obligando al líquido bajo el efecto de la presión, a pasar por una válvula de interrupción, obteniendo productos más estables a nivel físico. La homogeneización convencional (CH), desde sus orígenes hasta el día de hoy, ha ampliado el intervalo de presión de trabajo hasta 60 MPa, forzando el fluido por un espacio de aproximado de entre 100-300  $\mu\text{m}$  (Dumay et al., 2013). La tecnología de homogeneización a alta y ultra presión (HPH y UHPH) se basa en los mismos principios que la CH con la gran diferencia de que se pueden alcanzar presiones elevada, superiores a 200 MPa en el caso de la UHPH, gracias al diseño de la válvula y la utilización de nuevos materiales (cerámica, tungsteno, oro recubierto con diamante artificial), y permite un procesamiento no térmico en el que someten fluidos con partículas en suspensión o emulsiones a presiones superiores a 200 MPa para conseguir una mayor estabilidad de estas modificando sus propiedades viscosas reduciendo el tamaño de partícula (Zamora y Guamis, 2015).

Se han utilizado diferentes equipos de HPH y UHPH en industrias químicas, farmacéuticas y especialmente de alimentos y biotecnología con el fin de emulsionar, dispersar, mezclar y procesar sus productos (Gràcia et al., 2008). Esta tecnología permite obtener emulsiones submicrónicas finas y estables ( $<1 \mu\text{m}$ ) (Trujillo et al., 2006; Dumay et al., 2013; Fernández-Ávila et al., 2015). Además de mejorar la estabilidad física de las emulsiones, también mejora su estabilidad microbiológica ya que, dependiendo de las presiones y temperaturas usadas durante el proceso consigue inactivar microorganismos (Dumay et al., 2013; Fernández-Ávila et al., 2015).

El objetivo del presente estudio fue caracterizar a nivel microbiológico y sensorial análogos de queso fresco (AQF) elaborados a partir de emulsiones o/w producidas por homogeneización convencional y a ultra alta presión formuladas a partir de aceites vegetales conteniendo ácidos grasos  $\omega$ -3, 6 y 9, y mazada como agente emulgente rico en membrana del glóbulo graso de la leche.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Materiales

La mazada en polvo (MAZADA 1% AD) se obtuvo de RENY PICOT-ILAS, S.A (Navia, España), quienes proporcionaron las siguientes especificaciones sobre su composición: Grasa 6,12%; Proteínas (N  $\times$  6,38): 28-34%; Humedad:  $\leq$  5,00%; Acidez:  $\leq$  0,16%; Cenizas: 7-8%; Inhibidores: ausentes; Aflatoxina M1:  $\leq$  0,05 ppb.

Los aceites vegetales se adquirieron de la empresa Gustav Heess (Santa Perpetua de Mogoda, España). Según las especificaciones técnicas del fabricante, el aceite de chía (*Salvia hispánica* L.) es un aceite puro de semillas de chía obtenido por presión en frío y presenta las siguientes características: Densidad (20 °C) = 0,931; Índice de refracción (20 °C) = 1,475; Índice de acidez  $\leq$  4,0 mg KOH/g; Índice de peróxidos  $\leq$  10,0 mEq O<sub>2</sub>/kg; Impurezas insolubles  $\leq$  0,05%; Ácido oleico (C18:1)  $\geq$  5,0%; Ácido linoleico (C18:2) = 15,0-20,0%; Ácido  $\alpha$ -linolénico (C18:3)  $\geq$  60,0%. El aceite de girasol (*Helianthus annuus* L.), según el fabricante, se obtuvo mediante presión o extracción y posterior refinado, y presenta las siguientes características: Densidad (20 °C) = 0,918-0,923; Índice de refracción (20 °C) = 1,461-1,468; Índice de acidez  $\leq$  0,5 mg KOH/g; Índice de peróxidos  $\leq$  10,0 mEq O<sub>2</sub>/kg; Impurezas insolubles  $\leq$  0,05%; Ácido palmítico (C16:0) 4,0-9,0%; Ácido esteárico (C18:0) 1,0-7,0%; Ácido oleico (C18:1) 15,0-85,0%; Ácido linoleico (C18:2) = 50,0-72,0%.

La leche desnatada se obtuvo por desnatado de leche entera (Granja Can Badó, La Roca del Vallès, España) con un equipo Elecrem 1 (Elecrem SAS, Fresnes, Francia). La leche en polvo desnatada (Dairygold Food Ingredients, Cork, República de Irlanda) según especificaciones técnicas del fabricante presenta las siguientes características: tiene una

composición del 0,7% de grasa, proteína en extracto seco magro 34%, lactosa 51%, humedad 4% y minerales 8,20%.

## **2.2 Métodos**

La preparación de las emulsiones por los tratamientos de homogeneización convencional (HC) y de homogeneización a ultra alta presión (UHPH), y la obtención de los AQF se llevaron a cabo en las instalaciones del Servicio Planta de Tecnología de los Alimentos (SPTA) de la *Universitat Autònoma de Barcelona* (UAB). Los análisis físico-químicos, microbiológicos y sensoriales se realizaron en los laboratorios del *Centre d'Innovació, Recerca i Transferència en Tecnologia dels Aliments* (CIRTTA) de la UAB.

### **2.2.1 Preparación de las emulsiones**

Las emulsiones del tipo O/W se prepararon con un contenido fijo de una mezcla de aceites vegetales (10%, p/p) siendo un 5% aceite de chía y 5% aceite de girasol. Para la elaboración de las emulsiones, primero se dispersó el emulgente (mazada) a una concentración de 7% en agua descalcificada, usando un agitador STIRRER type BS (VELP Scientifica, Usmate, Italia) a 100 rpm durante 15 min. Una vez preparada la disolución del emulgente, esta fue almacenada en refrigeración durante toda la noche a 4 °C para conseguir una hidratación completa. La disolución de mazada, antes de la incorporación de los aceites vegetales, se atemperó a 25 °C, y la preemulsión se preparó por adición lenta de la fase oleosa a la fase acuosa utilizando un homogeneizador electromecánico (modelo IKA T25, Staufen, Alemania) con un sistema rotor-estator (vástago S25N-18G) a 12.500 rpm durante 5 min a temperatura ambiente. En una segunda etapa, las preemulsiones se dividieron para ser tratadas mediante HC (Homolab, modelo 2.20 Fbf, Parma, Italia) a 30 MPa y temperatura ambiente, y por UHPH utilizando a 200 MPa con temperatura de entrada (Ti) de 26 °C, temperatura de válvula  $74 \pm 0,9$  °C y temperatura de salida de 20 °C en un equipo UHPH-Ypsicon de 60 L/h (modelo A60 Ypsicon Advanced Technologies, S.L., Barcelona, España), obteniendo las emulsiones correspondientes (EHC y EUHPH).

### **2.2.2 Elaboración de análogo de queso fresco**

Para elaborar los AQF se partió de los análogos de leche de quesería (ALQ) que se formularon a partir de la leche en polvo desnatada que fue añadida al 4% a la leche líquida

desnatada a una temperatura de ~50 °C y se dejó hidratar durante un periodo de 5 min, para después subir la temperatura hasta 63 °C y añadir las emulsiones (ECH o EUHPH) a leche desnatada en proporción 1:2,26, permaneciendo a esta temperatura durante 30 min para pasteurizar los ALQ (ALQC y ALQU). Posteriormente estos se enfriaron rápidamente hasta 35 °C y se les añadió una solución de CaCl<sub>2</sub> del 35% en una proporción con la leche del 0,043% para mejorar las propiedades de coagulación. Finalmente, se le añadió sal (NaCl) al 1% y se ajustó a un pH de 6,5 con ácido láctico al 80%. Las muestras de leche atemperadas a 35 °C se coagularon por adición de una preparación líquida de un extracto de cuajo (Laboratorios Arroyo, Santander) conteniendo quimosina (520 mg/L) con una actividad coagulante  $\geq 140$  IMCU/ml (70% quimosina y 30% pepsina) añadida a los ALQ al 0,03% (v/v). Después de la coagulación (~80 min) y el corte, se obtuvieron cubos de cuajada de 1 cm<sup>3</sup> de lado. La mezcla de cuajada y suero fue recalentada hasta 37 °C durante 10 min y luego se procedió al moldeado, utilizando moldes y envases para queso fresco de 250 g de capacidad. Transcurridos 30 min del moldeado, se procedió a la eliminación del suero drenado, durante 2 horas y posteriormente al cerrado de los envases. Finalmente, los AQF se almacenaron a temperatura de refrigeración a 4 °C.

Se hicieron 3 producciones independientes, y en cada producción se elaboraron 2 tipos de AQF; uno se elaboró con emulsión obtenida por HC (AQFC) y el otro con emulsión elaborada por UHPH (AQFU).

### **2.2.3 Caracterización del análogo de queso fresco**

El contenido de sólidos totales de los AQF se analizó por duplicado por el método de desecación en estufa a 102 °C (ST; IDF, 2004) y se calculó el contenido de humedad (100 – ST). El pH se determinó con un pHmetro (Micro-pH 2001, Crison, Barcelona) utilizando un macerado de queso/agua en proporción 1:1.

### **2.2.4 Análisis microbiológico**

Para realizar los análisis microbiológicos de las emulsiones y ALQ, las muestras fueron obtenidas en el momento de su elaboración y se conservaron a 4 °C hasta el momento del análisis. Se sembraron directamente, o previa dilución decimal, en agua de peptona tamponada (Oxoid, Fisher Scientific SL, Madrid, España). Para ello, se tomó 1 ml de muestra que se sembró por inclusión en medio de cultivo o por superficie cuando el nivel

de detección permitió el uso de un equipo de siembra en espiral. Los recuentos se expresan en log de unidades formadoras de colonias (UFC) por ml.

Para analizar los AQF, se tomaron 10 g de muestra a la que se agregó 90 ml de agua de peptona tamponada (Oxoid) que fue homogeneizado durante un 1 min con un homogeneizador mecánico (Stomacher Lab-blender 400; Seward Medical, Londres, Reino Unido) para obtener una dilución de  $10^{-1}$  y, cuando fue necesario, se prepararon diluciones decimales, realizándose siembras en placa mediante el método de inclusión y en superficie. El análisis microbiológico se realizó por duplicado en los dos tipos de AQF al día siguiente de la elaboración y a los 3, 6 y 9 días durante su conservación en refrigeración.

En todas las muestras se analizaron las siguientes poblaciones de microorganismos:

- Microorganismos aerobios mesófilos, en agar de recuento en placa (PCA, Oxoid), incubado durante 48 h a 30°C.
- Esporas aerobias mesófilas en PCA (Oxoid), incubado durante 48 h a 30°C. Previamente a la preparación de las diluciones decimales, las muestras se sometieron a un tratamiento térmico de 80 °C durante 10 min y posterior enfriado a temperatura ambiente.
- Coliformes y *Escherichia coli* en medio Brilliance E. coli (CCA, Oxoid), incubado durante 48 h a 37°C.
- Mohos y levaduras en medio Rosa de Bengala con cloranfenicol (RB, Oxoid), incubado durante 5 días a 30°C.

### **2.2.5 Análisis sensorial**

Los AQF de cada producción se evaluaron mediante un análisis sensorial descriptivo el día 3 de almacenamiento en refrigeración a 4°C. En el análisis sensorial participaron un panel de 12 personas del *Departament de Ciència Animal i dels Aliments* de la *Universitat Autònoma de Barcelona* familiarizadas con el consumo de queso fresco. Se compararon las características sensoriales de los AQFC, o queso control, y los AQFU. Los panelistas evaluaron los parámetros de color, olor (intensidad), sabor (intensidad), firmeza, elasticidad, sensaciones pastosa y acuosa, y sabores extraños. Para cada atributo se valoró la diferencia con la muestra control en una escala de 9 puntos con un valor central de 0,

para indicar la ausencia de diferencia respecto a la muestra control, y a izquierda y derecha del valor central: -1 y 1, para indicar diferencia mínima respecto al control; -2 y 2: para indicar diferencias notables; -3 y 3: diferencias considerables; y -4 y 4: diferencias muy considerables. También se solicitó al panel de cata que describiese los atributos más y menos valorados y se realizó un test de preferencia según el método descrito por Jellinek (1985) (Anexo).

### **2.2.6 Análisis estadístico**

La comparación de medias se realizó mediante test T de Student y la evolución de los recuentos en refrigeración se analizó mediante ANOVA de un factor y test de Tukey para las comparaciones múltiples. El nivel de significación se estableció en  $P < 0,05$ . Se utilizó el software de análisis estadístico R (versión 4.0.4).

## **3 RESULTADOS Y DISCUSION**

### **3.1 Humedad y pH del análogo de queso fresco**

El valor medio de pH fue de  $6,45 \pm 0,01$  en el AQFC y ligeramente superior, de  $6,53 \pm 0,01$ , en el AQFU. Los valores de humedad no presentaron diferencias, siendo de  $79,2 \pm 0,36$  en los AQFC y de  $80,2 \pm 0,94$  en los AQFU. Estos valores son los habituales de los quesos frescos, que se caracterizan por tener pH cercanos a la neutralidad y contenidos en humedad entre el 60 y el 80 % (Evert-Arriagada, 2013).

### **3.2. Microbiología**

#### **3.1.1 Emulsiones y análogos de leche de quesería**

La Tabla 1 muestra los recuentos microbiológicos de las emulsiones incorporadas a los análogos de leche de quesería y los de estos análogos.

Los recuentos en las poblaciones de aerobios mesófilos y de esporas de aerobios mesófilos de las EHC y EUHPH fueron similares, de manera que, en las condiciones aplicadas (200 MPa y temperatura de válvula de  $74,0 \pm 0,9$  °C), el tratamiento de UHPH no tuvo efecto sobre la viabilidad de estas poblaciones en comparación con la HC. Varios autores han estudiado el efecto de la UHPH sobre la letalidad de los microorganismos en



distintos alimentos y preparados alimenticios. El estudio más cercano es el de Alejandro (2020), que preparó el mismo tipo de emulsión, aunque con maltodextrina añadida, aplicando un tratamiento de UHPH a 200 MPa y temperatura de válvula de 90 °C. En su caso, los recuentos de las poblaciones de aerobios mesófilos y de esporas de aerobios mesófilos de las emulsiones obtenidas por UHPH tampoco difirieron significativamente de los de las emulsiones obtenidas por HC.

En los trabajos que aplican la UHPH con el objetivo de estabilizar microbiológicamente los alimentos, las temperaturas de entrada del producto en el equipo de UHPH son más altas que las que se aplican cuando el objetivo es obtener una emulsión. Por ejemplo, se sitúan entre 55 y 80 °C con la finalidad de conseguir temperaturas en la válvula superiores a 100 °C y, de este modo, aumentar la inactivación microbiana. Poliseli-Scopel et al. (2012), tratando bebida de soja a 200 MPa con temperatura de válvula de ~105 °C, obtuvieron recuentos de aerobios mesófilos y de esporas de ~3,4 y ~1,75 log UFC/ml, respectivamente. Con las mismas condiciones, pero tratando bebida de almendra, Ferragut et al. (2011) obtuvieron unos recuentos de aerobios mesófilos y de esporas de ~3,6 y ~3,4 log UFC/ml, respectivamente. En el presente trabajo, los recuentos de aerobios mesófilos fueron similares a los de los trabajos citados y los de esporas fueron inferiores. El recuento en esporas encontrado en este estudio probablemente fue debido a una menor carga inicial de esporas en el producto a emulsionar.

Con respecto a la población de coliformes/*E. coli* de las emulsiones, la EUHPH mostró un recuento de aproximadamente una unidad logarítmica menos que la EHC. En este trabajo, la UHPH no consiguió disminuir estos recuentos por debajo del límite de detección, como sí ocurrió en las emulsiones obtenidas por Alejandro (2020). Probablemente, el mayor efecto observado en su trabajo sobre estos microorganismos sea debido a la temperatura en la válvula de UHPH, que alcanzó los 90 °C al haberse introducido la muestra a una  $T_i = 40$ .

**Tabla 1.** Recuentos (Log UFC/ml, media  $\pm$  desviación estándar de) de aerobios mesófilos, esporas de aerobios mesófilos, coliformes/*E. coli*, mohos y levaduras de las emulsiones y análogos de leche de quesería.

	<b>Aerobios mesófilos</b>	<b>Esporas de aerobios mesófilos</b>	<b>Coliformes/<i>E. coli</i></b>	<b>Mohos y levaduras</b>
<b>EHC</b>	3,86 $\pm$ 0,76	0,92 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>	2,03 $\pm$ 0,65 <sup>b</sup>	1,13 $\pm$ 1,37 <sup>a</sup>
<b>EUHPH</b>	4,24 $\pm$ 0,30	0,82 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>	0,92 $\pm$ 0,15 <sup>a</sup>	1,66 $\pm$ 1,40 <sup>a</sup>
<b>ALQC</b>	4,16 $\pm$ 0,55	1,69 $\pm$ 0,31 <sup>b</sup>	1,17 $\pm$ 0,56 <sup>ab</sup>	n.d.
<b>ALQU</b>	4,61 $\pm$ 0,29	1,83 $\pm$ 0,29 <sup>b</sup>	1,65 $\pm$ 0,49 <sup>ab</sup>	n.d.

EHC = emulsión obtenida por homogeneización convencional (30 MPa); EUHPH = emulsión obtenida por homogeneización a ultra alta presión (200 MPa); ALQC = análogo de leche de quesería con EHC; ALQU = análogo de leche de quesería con EUHPH; <sup>a-b</sup> distintos subíndices en una misma columna indican diferencias entre los recuentos de cada población. n = 3. n.d. = no detectado.

Los recuentos de mohos y levaduras de las EHC y EUHPH fueron similares, por lo que el tratamiento UHPH no supuso ninguna ventaja respecto a la HC a la hora de reducir esta población. Alejandro (2020) consiguió disminuir los recuentos de mohos y levaduras por debajo del límite de detección con UHPH a 200 MPa. Probablemente, como ya se ha comentado, este efecto fue debido a su mayor temperatura de trabajo, indicando la importancia de la Ti en el tratamiento UHPH cuando el objetivo es reducir el recuento microbiológico del producto a tratar.

Los recuentos en las poblaciones de aerobios mesófilos, de esporas de aerobios mesófilos, coliformes/*E. coli*, y mohos y levaduras de los ALQC y ALQU fueron similares entre ambas muestras. Este resultado era esperable ya que por una parte no hubo diferencias en los recuentos entre las emulsiones (excepto en los recuentos de coliformes/*E. coli*), y por otra, los ALQ recibieron el mismo tratamiento de higienización de pasteurización baja.

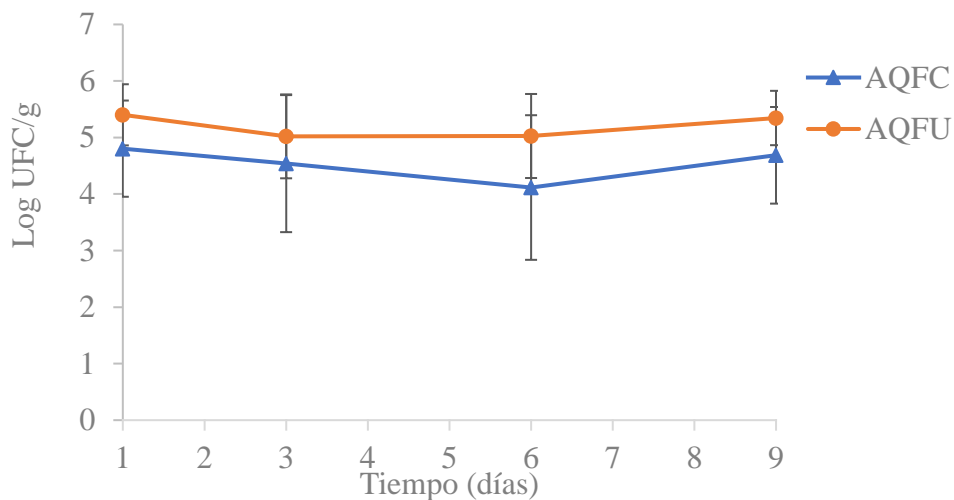
Los recuentos de aerobios mesófilos de los ALQ fueron similares a los de las correspondientes emulsiones, sin embargo, los de esporas fueron superiores a los de las emulsiones, mientras que los de coliformes/*E. coli* se situaron entre los de las EHC y los de las EUPH. Los mohos y levaduras de los ALQ descendieron por debajo del límite de detección. Además de incorporar las emulsiones, los análogos de leche se formularon con leche fresca y leche en polvo, que aportaron a la mezcla la contaminación correspondiente a cada una de las materias primas usadas, y después recibieron un tratamiento de pasteurización, que influyó en conjunto en los recuentos finales.

### 3.1.2 Análogos de queso fresco

El recuento de microorganismos mesófilos es un método estándar que permite evaluar la calidad higiénica de los alimentos, proporcionando así una estimación de su vida útil (Fernandes et al., 2017). En los diferentes AQF se evaluó su estabilidad microbiológica por muestreo secuencial durante su almacenamiento a temperaturas de refrigeración (4 °C).

La Figura 1 muestra los recuentos de bacterias aerobias mesófilas de los AQFC y AQFU durante 9 días de conservación en refrigeración a 4 °C. Los recuentos iniciales de bacterias aerobias mesófilas de los AQF no difirieron significativamente, siendo  $4,80 \pm 0,85$  y  $5,40 \pm 0,54$  log UFC/g para los AQFC y AQFU, respectivamente. Los recuentos se mantuvieron estables durante todo el periodo de almacenamiento.

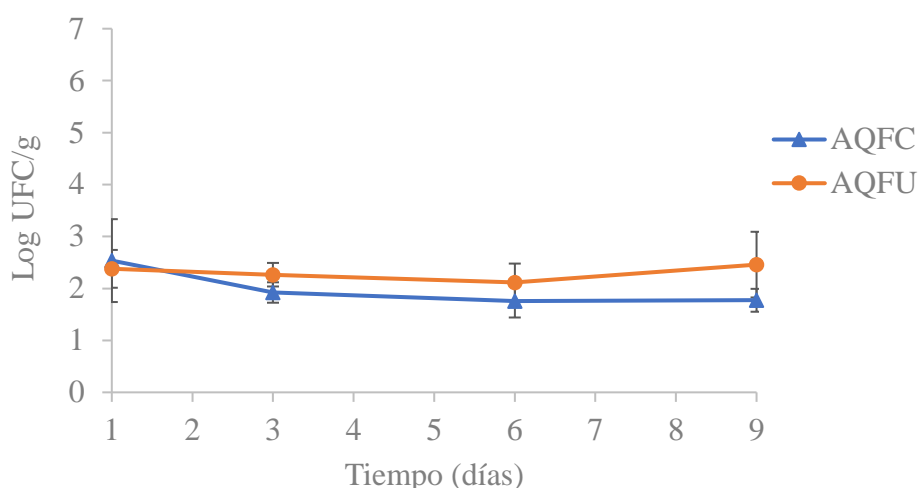
Los resultados microbiológicos de los AQF fueron superiores a los obtenidos por Durand (2018) quien elaboró un AQF por sustitución de la grasa láctea con una emulsión formulada con una mezcla similar de aceites vegetales (20%) ricos en ácidos grasos  $\omega 3$  y 6, y caseinato de Na (3%) como emulgente, y obtenida con un tratamiento de HC a 15 MPa, los recuentos iniciales de bacterias aerobias mesófilas de los AQF fueron de 2,96 log UFC/g, y alcanzando al día 9 recuentos de  $\sim 7$  log UFC/g, respectivamente. Los recuentos iniciales de aerobios mesófilos del presente estudio también fueron superiores a los obtenidos por Mayta (2018) en un estudio realizado en queso fresco en el que el componente graso que se adicionó a la leche desnatada fue nata tratada por UHPH (300 MPa,  $T_i = 40$  °C). En este último estudio, en el día 1 de almacenamiento a 4 °C los recuentos fueron de 3,59 log UFC/g, aumentando durante su almacenamiento hasta alcanzar, en el día 7, recuentos de 4,45 log UFC/g, en bacterias aerobias mesófilas.



**Figura 1.** Evolución de los recuentos de bacterias aerobias mesófilas durante el almacenamiento a 4 °C de los análogos de queso fresco elaborados con emulsiones O/W a base mazada y aceites vegetales (chía y girasol), obtenidas por homogeneización convencional a 30 MPa (AQFC) y a ultra alta presión a 200 MPa (AQFU).

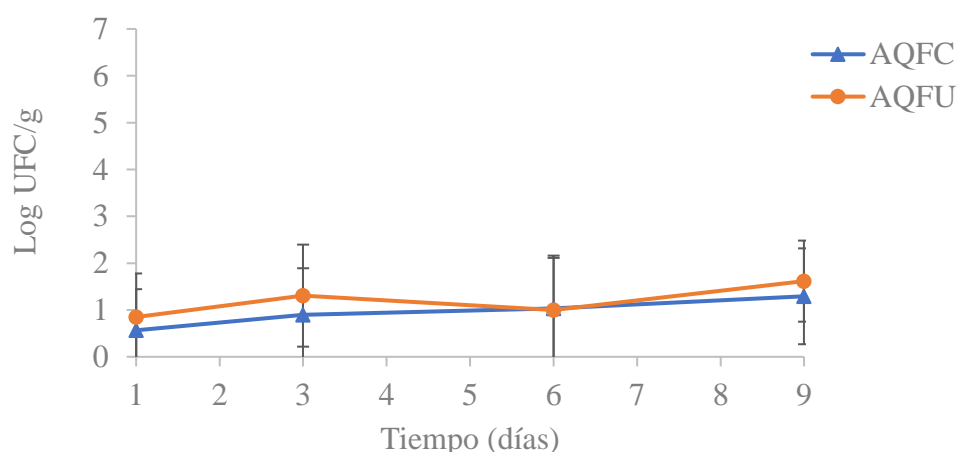
La Figura 2 muestra los recuentos de esporas aerobias mesófilas en los AQF durante su conservación a 4 °C. Los AQFC y AQFU presentaron un nivel inicial de 2,54 y 2,38 log UFC/ g, respectivamente, no evidenciándose diferencias significativas entre ellos.

Durante su conservación en refrigeración, el recuento en esporas aerobias mesófilas de los AQFC al final de la conservación fue inferior al recuento inicial, aunque se mantuvo estable desde el día 3 hasta el día 9, mostrando un recuento de 1,77 log UFC/g. En los AQFU los recuentos se mantuvieron estables hasta el día 9, no observándose variaciones significativas para este grupo microbiano.



**Figura 2.** Evolución de los recuentos de bacterias esporas aerobias mesófilas durante el almacenamiento a 4 °C de los análogos de queso fresco elaborados con emulsiones O/W a base mazada y aceites vegetales (chía y girasol), obtenidas por homogeneización convencional a 30 MPa (AQFC) y a ultra alta presión a 200 MPa (AQFU).

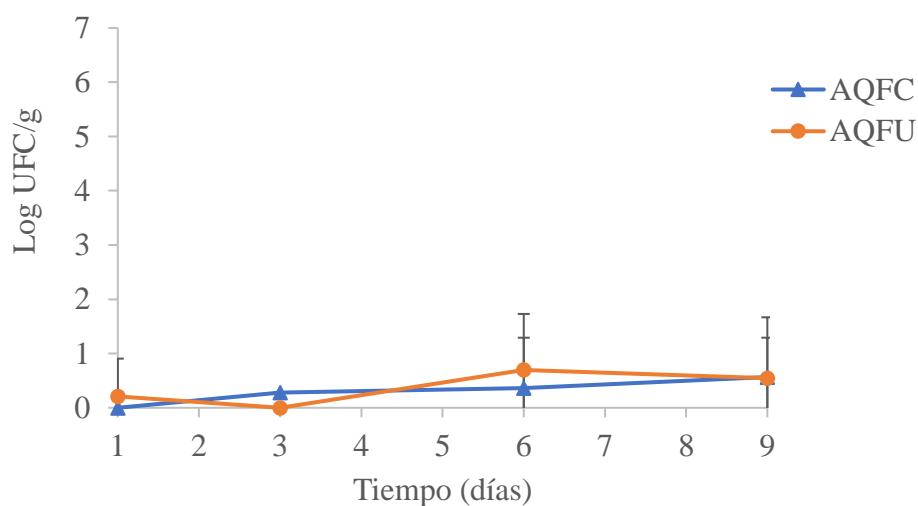
La Figura 3 muestra los recuentos de coliformes / *E. coli* de los AQFC y AQFU durante 9 días de conservación en refrigeración a 4 °C. Se detectaron colonias de *E. coli* (entre 1 y 2 UFC) en 9 de los 48 quesos analizados a lo largo del estudio. Este microorganismo es de interés puesto que algunos serotipos patógenos para humanos se asocian a productos lácteos (D'Amico, 2014).



**Figura 3.** Evolución de los recuentos de bacterias coliformes / *E. coli* durante el almacenamiento a 4 °C de los análogos de queso fresco elaborados con emulsiones O/W a base mazada y aceites vegetales (chía y girasol), obtenidas por homogeneización convencional a 30 MPa (AQFC) y a ultra alta presión a 200 MPa (AQFU).

Los recuentos iniciales de coliformes / *E. coli* de los AQF no difirieron significativamente, siendo de 0,57 y 0,85 log UFC/g para los AQFC y AQFU, respectivamente. Durante el periodo de almacenamiento, los recuentos de este grupo microbiano se mantuvieron estables.

La Figura 4 muestra los recuentos de las levaduras y mohos en los AQF durante su conservación a 4 °C, situándose en la mayoría de los AQF analizados por debajo del nivel de detección (2 log UFC/g). Solo se detectaron colonias de levaduras en 10 muestras de las 48 muestras de AQF analizadas a lo largo del estudio y únicamente se detectó una colonia de moho. No se observaron diferencias significativas entre los distintos AQF ni a lo largo de la conservación en refrigeración. Los recuentos iniciales del presente estudio son ligeramente inferiores a los descritos por Durand (2018), quien elaboró AQF sustituyendo la grasa láctea con una emulsión de aceites vegetales ricos en  $\omega$ 3 y 6 con tratamiento HC a 15 MPa, y obtuvo unos recuentos iniciales de levaduras de 0,68 log UFC/g. En su caso, los recuentos aumentaron a lo largo de la conservación en refrigeración, situándose en ~3 log UFC/g al día 9, mientras que en nuestro estudio se mantuvieron estables.

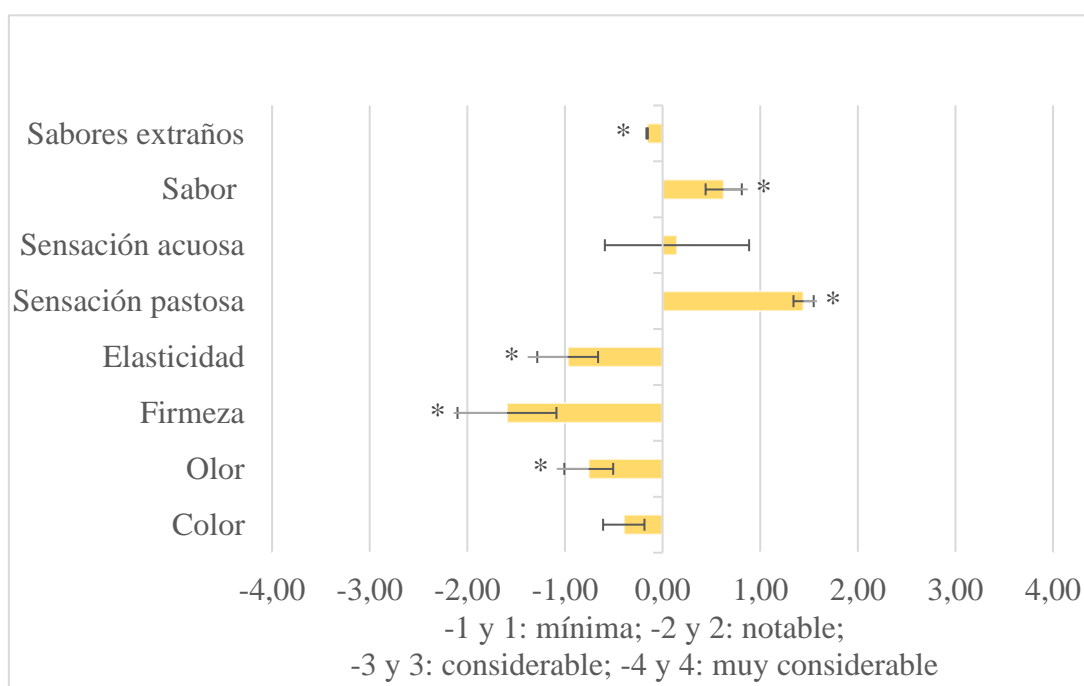


**Figura 4.** Evolución de los recuentos de levaduras y mohos durante el almacenamiento a 4 °C de los análogos de queso fresco elaborados con emulsiones O/W a base mazada y aceites vegetales (chía y girasol), obtenidas por homogeneización convencional a 30 MPa (AQFC) y a ultra alta presión a 200 MPa (AQFU).

### 3.3 Análisis sensorial

Se realizó la evaluación sensorial descriptiva de los AQF, que tenían un formato troncocónico de ~250 g, al día 3 de almacenamiento en refrigeración a 4 °C, con la participación de 12 catadores. Se evaluó la intensidad de los atributos de color, olor, sabor, sabores extraños y textura (firmeza, elasticidad, sensaciones pastosa y acuosa). Para cada atributo se solicitó al panel de cata que comparara el AQFU con el AQFC, tomando este último como muestra control (Figura 5).

Los catadores calificaron a los AQFU con sabor y sensación pastosa más intensos que los AQFC, pero con menos sabores extraños, elasticidad, firmeza y olor ( $p < 0,05$ ). Estas diferencias se valoraron como mínimas ( $< \pm 1$ ), excepto en el caso de los parámetros de sensación pastosa y firmeza, que se situaron entre mínimas y notables. En los parámetros color y sensación acuosa no se observaron diferencias significativas entre los AQF.



**Figura 5.** Resultado del análisis sensorial descriptivo del análogo de queso fresco elaborado a partir de una emulsión preparada por homogenización a ultra alta presión (AQFU) en comparación con su homólogo conteniendo la emulsión preparada por homogeneización convencional (AQFC), usado como muestra control (valor 0 en la escala). \*Parámetros sensoriales con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre AQF

El  $57,1 \pm 15,7$  % de los catadores designó al AQFU como preferido en relación al AQFC. Este resultado no permitió establecer la existencia de una preferencia significativa del AQFU respecto al AQFC. Los comentarios de los catadores para el AQFU fueron: de color más blanco, con sabor fuerte y olor extraño pero agradable, textura muy desmenuzable o granulada y blanda, pastoso pero cremoso. Para el AQFC, los comentarios fueron: color blanco, sabor suave pero extraño y olores oleáceos (provenientes de aceites vegetales), con textura suave elástica similar a un queso fresco.

## CONCLUSIÓN

El tratamiento de homogeneización por UHPH (200 MPa, con temperatura de entrada de 26 °C) para la obtención de emulsiones a base de mazada, agua y aceite, no causó ningún efecto en los recuentos de bacterias aerobias mesófilas, esporas aerobias mesófilas y mohos y levaduras en comparación con el tratamiento de homogeneización convencional a 30 MPa, aunque sí causó una disminución significativa de las poblaciones de coliformes/*E. coli*. Los dos análogos de leche preparados a partir de estas emulsiones al 4% presentaron unos recuentos microbiológicos similares entre ellos. Los análogos de queso que incorporaban las distintas emulsiones mostraron unos recuentos iniciales de las mencionadas poblaciones que fueron similares y, en general, se mantuvieron estables durante los 9 días de conservación en refrigeración.

En el análisis sensorial, los análogos de queso con emulsiones obtenidas por UHPH presentaron diferencias significativas mínimas en comparación con los análogos que incorporaban emulsiones obtenidas por homogeneización convencional, excepto para los atributos firmeza y sensación pastosa, que mostraron diferencias más acusadas. Los catadores no mostraron una preferencia clara por uno u otro análogo.

Este estudio muestra que la incorporación de una emulsión tratada por UHPH produce análogos de quesos frescos ricos en ácidos grasos  $\omega$ -3, 6 y 9 con unas características microbiológicas y sensoriales comparables a las de los análogos de queso que incorporan emulsiones obtenidas por homogeneización convencional.



## **BIBLIOGRAFÍA**

Alejandro, T. P. 2020. Estabilidad microbiológica de emulsiones líquidas y deshidratadas obtenidas por homogeneización a ultra-alta presión. Trabajo Fin de Máster. en calidad de alimentos de origen animal. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España.

AESAN. 2020. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) de revisión y actualización de las recomendaciones dietéticas para la población española. [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad\\_alimentaria/evaluacion\\_riesgos/informes\\_comite/RECOMENDACIONES\\_DIETETICAS.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/RECOMENDACIONES_DIETETICAS.pdf)

Bigliardi, B. y Galati, F. 2013. Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science and Technology*, 31: 118-129.

Clegg, P., Tavecchi, J., Wilde, P. J. 2016. One-step production of multiple emulsions: microfluidic, polymer-stabilized and particle-stabilized approaches. *Softmatter*, 12: 998-1008.

Dumay, E., Chevalier-Lucia, D., Picart-Palmade, L., Benzaria, A., Gràcia-Julià, A., y Blayo, C. 2013. Technological aspects and potential applications of (ultra) high- pressure homogenisation. *Trends in Food Science & Technology*, 31: 13-26.

D'Amico, D. J. 2014. Microbiological Quality and Safety Issues in Cheesemaking. En *Cheese and Microbes*. C. Donnelly, editor. ASM Press, Washington, DC. 251-309.

Durand, V., A; 2019. Elaboración de un análogo de queso fresco mediante sustitución de la grasa láctea con emulsiones de aceites vegetales ricos en omega 3 y 6 con incorporaciones de aceites esenciales. Tesis doctoral, en ciencia de los alimentos. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España. <https://ddd.uab.cat/record/207905>

Dickinson, E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hyd*, 17(1): 25-39

Evert-Arriagada, K., Hernández-Herrero, M. M., Gallardo-Chacón, J. J., Juan, B., y Trujillo, A. J. 2013. Effect of high pressure processing on volatile compound profile of a starter-free fresh cheese. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 19: 73-78.

Fernández-Ávila, C., Escriu, R., y Trujillo, A. J. 2015. Ultra-High Pressure Homogenization enhances physicochemical properties of soy protein isolate- stabilized emulsions. *Food Research International*, 75: 357-366.

Ferragut, V., Hernández-Herrero, M., Poliselí, F., Valencia, D., Guamis, B. 2011. Ultra High Pressure Homogenization (UHPH) treatment of vegetable milks: improving hygienic and colloidal stability. Centre Especial de Recerca Planta de Tecnologia dels Aliments (CERPTA), Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, Spain.

Fernandes, R. V. de B., Guimarães, I. C., Ferreira, C. L. R., Botrel, D. A., Borges, S. V., y de Souza, A. U. 2017. Microencapsulated rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oil as a biopreservative in Minas frescal cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41: 1-9.

Givens, D. I. 2017. Saturated fats, dairy foods and health: ¿A curious paradox? *Nutrition Bulletin*, 42: 274-282.

Grácia-Juliá, A., René, M., Cortés-Muñoz, M., Picart, L., López-Pedemonte, T., Chevalier, D., y Dumay, E. 2008. Effect of dynamic high pressure on whey protein aggregation: A comparison with the effect of continuous short-time thermal treatments. *Food Hydrocolloids*, 22, 1014-1032.

Gorji, S. G., Smyth, H. E., Sharma, M., y Fitzgerald, M. 2016. Lipid oxidation in mayonnaise and the role of natural antioxidants: A review. *Trends in Food Science & Technology Journal*, 56: 88-102.

Govindasamy-Lucey, S., Lin, T., Jaeggi, J., Johnson, M., y Lucey, J. 2006. Influence of condensed sweet cream buttermilk on the manufacture, yield, and functionality of pizza cheese. *Journal of Dairy Science*, 89(2), 454–467.

Guimarães-Inácio, A., Lopes Francisco, C. R., Rojas, V. M., de Souza Leone, R., Valderrama, P., Bona, E., Leimann, F. V., Tanamati, A. A. C., y Gonçalves, O. H. 2018. Evaluation of the oxidative stability of chia oil-loaded microparticles by thermal, spectroscopic and chemometric methods. *LWT - Food Science and Technology*, 87: 498-506.

Guinee, T.R. 2011. Cheese – Cheese analogues. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. <https://www.sciencedirect-com.ure.uab.cat/science/article/pii/B9780123744074000960>

Gupta, M. K. 2002 Sunflower oil. En: *Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses*. Eds. Gunstone F D., Blackwell Publishing.

Hall III, C. y Tulbek, M. C. 2008. Omega-3-enriched bread. En *Technology of functional cereal products*. B.R. Hamaker, editor. Woodhead Publishing Limited, Cambridge. 362-387.

Hernandez, E. M. 2016. Specialty Oils: Functional and Nutraceutical Properties. En *Functional Dietary Lipids: Food Formulation, Consumer Issues and Innovation for Health*. T.A.B. Sanders, editor. Woodhead Publishing Limited, Cambridge. 69-101.

Hwang, CH y Gunasekaran, S. 2001. Midiendo el desmenuzamiento de algunos comerciales Quesos Latinoamericanos tipo Queso Fresco. *Milchwissenschaft*, 56 (8), 446 - 450.

Jellinek, G. 1985. *Sensory Evaluation of Food. Theory and practice*. Ellis Horwood, Ltd., Chichester, UK. pp .252 – 287.

Jiménez-Colmenero, F. 2013. Potential applications of multiple emulsions in the development of healthy and functional foods. *Food Research International*, 52: 64- 74.

Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E. P., Vazquez-Olivo, G., y Heredia, J. B. 2017. Essential oils of oregano: Biological activity beyond their antimicrobial properties. *Molecules*, 22: 1-24.

Mayta H., J., 2018. Uso de la homogeneización medio ultra alta presión (UHPH) para la mejora de quesos con contenido reducida en grasa. Tesis doctoral, en ciencia de los

alimentos. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España.  
<https://ddd.uab.cat/record/211346>

McClements, D. J. 2005. Principles, Practicies, and Techniques. In Food Emulsions (Vol. 2).

Muñoz, J., y Alfaro, C. 2007. Avances en la formulación de emulsiones. Grasas y Aceites, 3495(1), 64–73. <https://doi.org/0017-3495>

MAPAMA. 2018. Informe del consumo de alimentación en España 2017. 230 pp.

MAPAMA. 2019. Informe del consumo de alimentación en España 2018. 338 pp.

O'Brien, N. M. y O'Connor, T. P. 2004. Nutritional Aspects of Cheese. En Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, T.M. Cogan, y P. Guinee, editores. Elsevier Ltd., London. 573-581.

Palazolo, G., Sobral, P., Wagner, J. 2011. Freeze-thaw stability of oil-in-water emulsions prepared with native and thermally-denatured soybean isolates. Food Hydrocolloids, 25(3), 398-409.

Poliseli-Scopel, F. H., Hernández-Herrero, M., Guamis, B., Ferragut, V. 2012. Comparison of ultra high pressure homogenization and conventional thermal treatments on the microbiological, physical and chemical quality of soymilk. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 46, 42–48.

Rubio-Rodríguez, N., Beltrán, S., Jaime, I., de Diego, S. M., Sanz, M. T., y Carballido, J. R. 2010. Production of omega-3 polyunsaturated fatty acid concentrates: A review. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11: 1-12.

Raymundo, PA, Empis, J., Sousa, I., y Gallegos, C. 2001. Influencia de la relación proteína de altramuz / tensioactivo en las propiedades de flujo y texturas de emulsiones aceite en agua. Grasas y Aceites, 52 (3-4), 235-240.

Real Decreto 1113/2006. Norma Calidad de Queso. BOE.es - BOE-A-2006-17436.  
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/09/29/1113>

- Segura-Campos, M. R., Ciau-Solís, N., Rosado-Rubio, G., Chel-Guerrero, L., y Betancur-Ancona, D. 2014. Physicochemical characterization of chia (*Salvia hispanica*) seed oil from Yucatán, México. *Agricultural Sciences*, 5: 220-226.
- Sivapratha, S. y Sarkar, P. 2018. Oxidative stability and effect of stress factors on flaxseed oil-in-water emulsions stabilized by sodium caseinate–sodium alginate–chitosan interfacial membrane. *Chemical Papers*, 72: 1-14.
- Sodini, I., Morin, P., Olabi, A., y Jiménez-Flores, R. 2006. Compositional and functional properties of buttermilk: a comparison between sweet, sour, and whey buttermilk. *Journal of Dairy Science*, 89(2), 525–536.
- Tepe, B., Akpulat, H., Sokmen, M., Daferera, D., Yumrutas, O., Aydin, E., Sokmen, A. 2006. Screening of the antioxidative and antimicrobial properties of the essential oils of *Pimpinella anisetum* and *Pimpinella flabellifolia* from Turkey. *Food Chemistry*, 97(4), 719-72.
- Trujillo, A., Pereda, J., Ferragut, V., Guamis, B. 2006. Effect of Ultra High-Pressure Homogenisation on Natural-Occuring Micro-Organisms of Bovine Milk. In 13th World Congress of Food Science & Technology 2006 (pp. 250-250).
- Urgell, R., M., Orleans S., A., y Seuma R., M. 2005. La importancia de los ingredientes funcionales en las leches y cereales infantiles. *Nutrición Hospitalaria*, 20(2), 135-146.
- Vanderghem, C., Bodson, P., Danthine, S., Paquot, M., Deroanne, C., y Blecker, C. 2010. Milk fat globule membrane and buttermilks: from composition to valorization. *Biotechnology Agronomy Society and Environment*, 14(3), 485-500
- Wang, D. D. y Hu, F. B. 2017. Dietary fat and risk of cardiovascular disease: Recent controversies and advances. *Annual Review of Nutrition*, 37: 423-446.
- Wang, Y. Z., Fu, S. G., Wang, S. Y., Yang, D. J., Wu, Y. H. S., y Chen, Y. C. 2018. Effects of a natural antioxidant, polyphenol-rich rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, on lipid stability of plant-derived omega-3 fatty-acid rich oil. *LWT - Food Science and Technology*, 89: 210-216.

Wong, P., y Kitts, D. 2003. A comparison of the buttermilk solids functional properties to nonfat dried milk, soy protein isolate, dried egg white, and egg yolk powders. *Journal of Dairy Science*, 86,746–754.

Wood, J. D., Enser, M. 1997. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British journal of Nutrition*, 78(01), S49-S60.

Zamora, A., Guamis, B. 2015. Oportunidades de homogeneización a ultra alta presión (UHPH) para la industria alimentaria. *Food Eng Rev* 7, 130-142 (2015).

## ANEXO

### Ficha de cata de los análogos de queso

FECHA:

NOMBRE DEL CATADOR:

Cátese atentamente las muestras de queso y señálese la valoración que se considere para cada carácter (comparando con la muestra control).

Para la notación de cada atributo, la siguiente escala da la magnitud de la desviación (nota hacia la parte positiva o negativa de la escala según es mayor o menor la desviación apreciada respecto a la muestra C):

#### Puntos

**C desviación no apreciable respecto al Control**

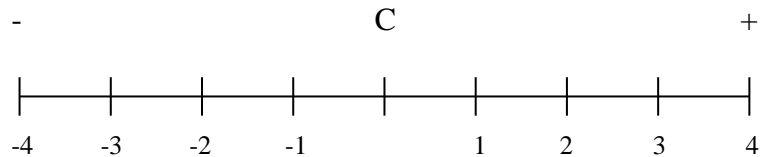
**-1 y 1 desviación mínima respecto al Control**

**-2 y 2 desviación notable respecto al Control**

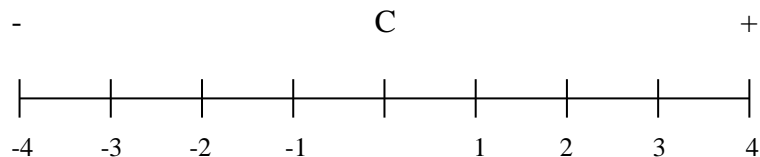
**-3 y 3 desviación considerable respecto al Control**

**-4 y 4 desviación muy considerable respecto al Control**

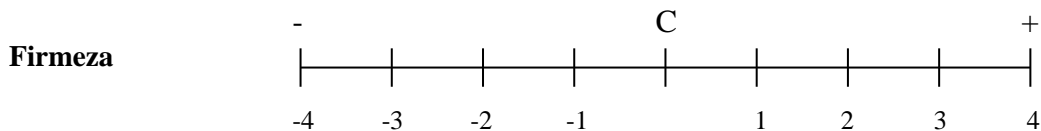
#### COLOR



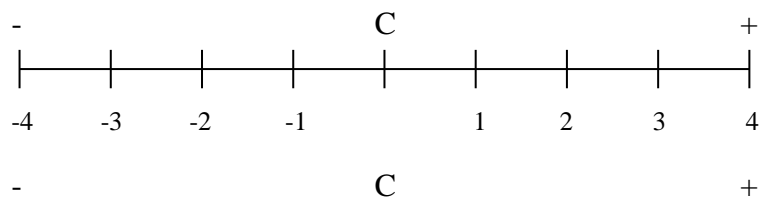
#### OLOR (intensidad)



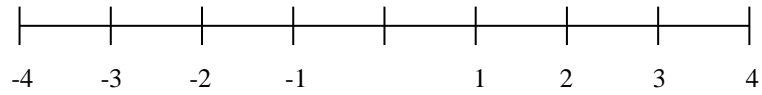
#### TEXTURA



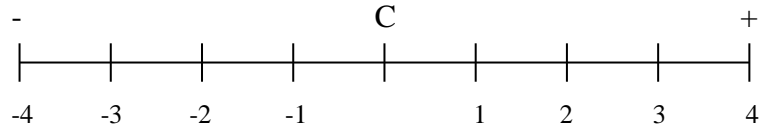
#### Elasticidad



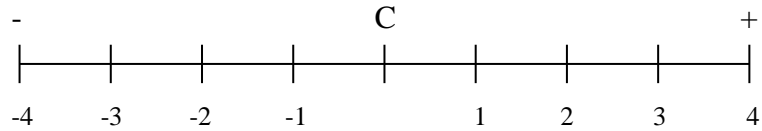
**Granulosidad**



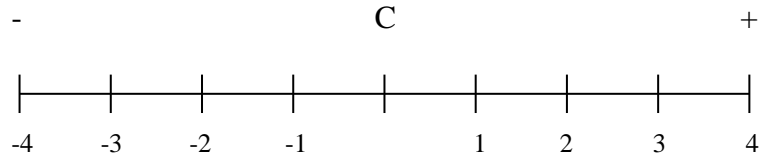
**Sensación pastosa**



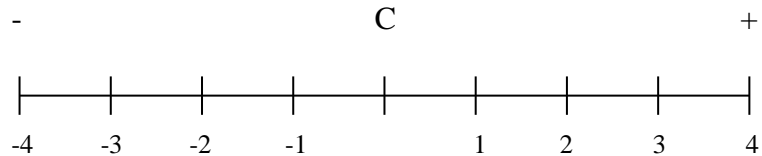
**Sensación acuosa**



**SABOR (intensidad)**



**SABORES EXTRAÑOS**



**Describir cuáles son los aspectos (atributos o parámetros) a tu juicio más y menos valorados de cada tipo de queso.**

<b>Código queso</b>	<b>Aspectos mejores</b>	<b>Aspectos peores</b>

**Muestra preferida** \_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_