

# Emulsiones gelificadas enriquecidas con harina de garbanzo como potencial sustituto de grasa animal

## *(Gelled emulsions enriched with chickpea flour as a potential substitute for animal fat)*

Melisa, G. Britez<sup>1</sup>, Fabiana A. Rolhaiser<sup>2</sup>, Carina L. Fernández<sup>3</sup>, Ricardo A. Fogar<sup>4</sup>, Mara, C. Romero<sup>5</sup>

### Resumen

El objetivo de este trabajo fue desarrollar emulsiones gelificadas de aceite en agua (O/W), formuladas con aceite de lino y harina de garbanzo con adecuadas propiedades estructurales y tecnológicas para ser empleadas como sustitutos de grasa animal. Para esto, se elaboraron dos formulaciones, una sin antioxidante y la otra con el antioxidante sintético más empleado en la industria. La harina de garbanzo y la gelatina se hidrataron durante 3 horas con agitación a 3000 r. p. m., luego se calentaron durante 30 minutos a 90 °C, se enfriaron a 30 °C y se procesaron nuevamente a 3000 r. p. m. durante 30 segundos, mientras la fase oleosa se incorporó lentamente con el agente emulsionante. Las mezclas se colocaron en contenedores, se dejaron estabilizar a 25° C durante 30 minutos y luego se refrigeraron por 24 horas. Se determinó la sinéresis, estabilidad térmica, oxidación lipídica, y los espectros infrarrojos de las muestras. Se pueden observar diferencias significativas para la oxidación de lípidos ( $p < 0.05$ ), sin embargo, la sinéresis y estabilidad térmica no mostraron diferencias ( $p > 0.05$ ), evidenciando las emulsiones gran capacidad de retención de agua y grasa, lo cual puede atribuirse a la estructura proteica resultante de calentar la emulsión para dar lugar a la gelificación. Las emulsiones gelificadas obtenidas presentan adecuadas propiedades estructurales y tecnológicas, sin exudación de fluidos, con valores de oxidación por debajo del límite de detección de 1.59 mg de MDA / kg de muestra. Dadas las características de la emulsión obtenida se abre un nuevo campo de la aplicación de estrategias tecnológicas para la obtención de sustitutos de grasa animal como ingrediente graso saludable en los productos cárnicos.

**Palabras clave:** sustitutos de grasa; harina libre de gluten; estabilidad térmica; sinéresis; dureza.

### Abstract

The aim of the study was to develop gelled oil-in-water (O/W) emulsions, formulated with flax oil and chickpea flour with adequate structural and technological properties to be used as substitutes for animal fat. For this, two formulations were made, one without antioxidant and the other with the most widely used synthetic antioxidant in the industry. The chickpea flour and gelatin were hydrated for 3 hours with stirring at 3000 r. p. m., then they were heated for 30 minutes at 90 °C, cooled to 30 °C and processed again at 3000 r. p. m. for 30 seconds, while the oil phase was slowly incorporated with the emulsifying agent. The mixtures were placed in containers, allowed to stabilize at 25 °C for 30 minutes and then refrigerated for 24 hours. The syneresis, thermal stability, lipid oxidation, and infrared spectra of the samples were determined. Some significant differences can be observed for lipid oxidation ( $p < 0.05$ ), however, syneresis and thermal stability did not show differences ( $p > 0.05$ ), with emulsions showing great water

<sup>1</sup>Universidad Nacional Del Chaco Austral, Chaco, Argentina. [melisabritez@uncaus.edu.ar, <https://orcid.org/0000-0002-0282-0059>]

<sup>2</sup> Universidad Nacional Del Chaco Austral / INIPTA-CONICET, Chaco, Argentina. [fabianarolhai-ser@uncaus.edu.ar, <https://orcid.org/0000-0001-7493-8550>]

<sup>3</sup>Universidad Nacional Del Chaco Austral, Chaco, Argentina. [fernandezcarina@uncaus.edu.ar, <https://orcid.org/0000-0003-2326-4589>]

<sup>4</sup>Universidad Nacional Del Chaco Austral, Chaco, Argentina. [rfogar@uncaus.edu.ar, <https://orcid.org/0000-0002-4990-7012>]

<sup>5</sup> Universidad Nacional Del Chaco Austral / INIPTA-CONICET, Chaco, Argentina. [mara@uncaus.edu.ar, <https://orcid.org/0000-0001-9624-9051>]

and fat retention capacity. This can be attributed to the protein structure resulting from heating the emulsion to cause gelation. The gelled emulsions obtained have adequate structural and technological properties, with lipid oxidation values under limit of detection of 1.59 mg MDA / kg sample. Given the characteristics of the emulsion obtained, a new field of application of technological strategies opens up to obtain animal fat substitutes as a healthy fat ingredient in meat products.

**Keywords:** fat substitute, gluten free flour; thermal stability; syneresis; hardness.

## 1. Introducción

La grasa de los alimentos, como la utilizada en los productos cárnicos cumple con varias funciones complejas y que dependen del tipo de producto a elaborar. Por ejemplo, la grasa influye en la textura, lo que se evidencia cuando el producto se vuelve más duro o gomoso debido a una disminución en su contenido. También afecta al color (aporta brillo, opacidad o contribuye al pardeamiento), contribuye al sabor (como fuente o como portador de compuestos volátiles), afecta la apariencia, sensación en la boca, sabor, aroma y jugosidad de los productos, incluso transfiriere calor al freír y proporciona saciedad (Pehlivanoglu, Demirci, Toker, Konar, Karasu y Sagdic, 2018).

Sin embargo, la grasa sólida contiene una gran cantidad de ácidos grasos saturados y trans, cuyos efectos negativos, productos de la ingesta excesiva, pueden resultar en una serie de enfermedades crónicas, como obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares, las que han sido cada vez más reconocidas por consumidores (Mozaffarian y Clarke, 2009). Es por ello que las recomendaciones nutricionales sugieren desplazar su consumo a grasas insaturadas (Ashkar, Laufer, Rosen-Kligvasser, et al., 2019). Debido a estos cambios en la alimentación, la industria alimentaria recurre a diferentes estrategias para la mejora del perfil de lípidos en los alimentos, a través de la incorporación de aceites saludables, como aceite de soja, oliva, o linaza, entre otros, siendo este proceso cuidadosamente controlado para no producir un impacto negativo en las características organolépticas finales del producto (Vieira, McClements y Decker, 2015).

La estructuración de los aceites en matrices sólidas como las emulsiones gelificadas permite desarrollar sustitutos de grasa con características texturales similares a la grasa presente en los productos cárnicos, mejorando la retención de la misma en el producto. La etapa inicial en la formulación de una emulsión gelificada, generalmente implica la obtención de una emulsión estabilizada con proteínas. Luego se pueden incorporar hidrocoloides u otros ingredientes (proteínas, polisacáridos, tensioactivo, etc.) después de la formación de la emulsión. A continuación, la emulsión se convierte en un gel de emulsión, ya sea agregando las gotas de emulsión o gelificando la fase acuosa debido a las proteínas adicionadas. El estado estructural de una emulsión gelificada de aceite en agua (O/W) se ha descrito como una red compuesta basada en una combinación de gotas de emulsión agregadas y biopolímero reticulado moléculas, este estado estructural real determina sus propiedades texturales (Dickinson, 2012; 2013). Por lo tanto, las emulsiones gelificadas, son un material coloidal complejo donde coexisten estructuras de emulsión y gel, ofreciendo interesantes posibilidades de uso como ingredientes alimentarios con nuevas propiedades funcionales y muchas aplicaciones industriales, pudiendo incorporar además harinas en la fase acuosa (Dickinson, 2011; Mao y Miao, 2015; McClements, 2012; Poyato, Ansorena, Berasategi, Navarro-Blasco y Astiasarán, 2014; Pintado, Ruiz-Capillas, Jiménez-Colmenero, Carmona y Herrero, 2015 ).

Por otra parte, en cuanto al uso de harinas en la industria cárnica, la más utilizada es la harina de trigo. Sin embargo, el uso de la harina de trigo hace inaccesible los productos cárnicos a un sector de la población como son los enfermos celíacos, porque contienen gluten. En el mercado se encuentran disponibles distintas harinas libres de gluten, que están ganando relevancia como alimentos funcionales, ya que poseen hidratos de carbono de bajo índice glucémico, fibras, proteínas de alto valor biológico, ácidos grasos n3 y n6, vitaminas y minerales. Las características de estas harinas hacen que en los últimos años

se hayan incrementado las investigaciones para el desarrollo de nuevos productos cárnicos, de forma tal que se pueda hacer atractivo su consumo, como lo indican las evaluaciones sensoriales de los mismos en distintos estudios (Romero, Fogar, Rolhaiser, Clavero, Romero, y Judis, 2018; Shariati-Ievari, Ryland, Edel, Nicholson, Suh y Alian, 2016; Mokni Ghribi, Gafsi, Blecker, Danthine, Attia y Besbes, 2015). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar emulsiones gelificadas de aceite en agua (O/W), formuladas con aceite de lino y harina de garbanzo con adecuadas propiedades estructurales y tecnológicas para ser usadas como reemplazo de la grasa animal en la fabricación de productos cárnicos de alto contenido graso.

## **2. Metodología**

### **2.1 Materia prima**

Se utilizó harina de garbanzo (HGb), aceite de lino (Sol Azteca-SIN TACC), antioxidante butilhidroxianizol (BHA, Sigma-Aldrich), gelatina sin sabor (ARCOR®), agua bidestilada, sorbato de potasio y tween 80 (polisorbato). Se ensayaron distintas formulaciones para determinar la mínima concentración de gelatina que permite la gelificación; del mismo modo, se procedió con la HGb, encontrándose la mínima cantidad que permite un gel de estructura sólida. Una vez determinadas las concentraciones de las mezclas, se elaboraron dos formulaciones con las cantidades que se indican a continuación: 2 g de gelatina, 10 g de HGb, 40 g de aceite de lino, 45 g de agua. La diferencia entre ambas es que una fue adicionada con BHA al 0.01 %, denominándose emulsión gelificada control (EGC), y emulsión gelificada con BHA (EGBHA).

### **2.2 Elaboración de emulsiones gelificadas**

Se preparó una mezcla enriquecida con harina de garbanzo empleando proteína de gelatina como agente gelificante, la cual se hidrató con agua destilada durante 3 horas con agitación a 3000 r. p. m., utilizando un homogeneizador, según el procedimiento propuesto por Pintado y col (2015). Transcurrido el tiempo de rehidratación las muestras se procesaron con minipimer a 3000 r. p. m., se llevaron a calentamiento durante 30 minutos a 90 °C (De Souza Paglarini, de Figueiredo, Honório, Mokarzel, Vidal, et al., 2019), se enfriaron a 30 °C y se procesaron nuevamente con minipimer a 3000 r. p. m. durante 30 segundos, mientras la fase oleosa se incorporó lentamente con el agente emulsionante tripolifosfato de sodio 0.05 %. Una vez adicionado todo el aceite la mezcla se continuó procesando durante 3 minutos a velocidad de 3000 r. p. m.

Luego, la mezcla se colocó en un contenedor bajo presión para evitar la formación de burbujas, se dejó estabilizar a 25 °C durante 30 minutos. Finalmente se dejó en reposo por 24 h en refrigeración, y se realizaron los ensayos previstos.

### **2.3 Sinéresis, estabilidad térmica y pH**

La sinéresis o pérdida de agua durante almacenamiento de las emulsiones afectadas por el enfriamiento se determinaron por diferencia de peso (%) entre muestras iniciales y almacenadas en intervalos de tiempo durante 7 días (por duplicado) Pintado et al. (2015) y Liu, Feng, Wang, Wang, Sun, et al. (2018). Para esto se pesó cada una de las muestras en placas de Petri almacenadas y refrigeradas, una vez cumplido el tiempo de almacenamiento se procedió a remover el agua condensada en las paredes y nuevamente se pesó cada muestra, lo cual se puede observar en la Ecuación 1. Donde  $H_0$  es el contenido de agua inicial en las muestras (%),  $P_0$  es el peso inicial de cada muestra (g) y  $P_1$  el peso (g) al final del almacenamiento.

$$\text{Sinéresis (S\%)} = \frac{P_0 - P_1}{H_0} \times 100 \quad (1)$$

La estabilidad térmica se determinó en términos de las propiedades de unión de agua y aceite de las muestras, según lo descrito por Herrero, Carmona, Jiménez-Colmenero y Ruíz Capillas, (2014). Las muestras se colocaron en tubos de ensayo los que se calentaron en un baño a 80 °C de agua durante 30 minutos. Luego, los tubos se colocaron en un plato boca abajo (durante 60 minutos) para liberar fluidos, el procedimiento se realizó por duplicado para cada muestra. La estabilidad de las muestras se expresó como liberación total de fluidos (LTF), y se expresó como % del peso de muestra inicial.

El pH se determinó utilizando un pH-metro de mesa o de punción a 25 °C por duplicado, para este procedimiento se introdujo en cada muestra el electrodo y una vez estabilizado el sistema se procedió a tomar lectura.

## 2.4 Color

Las determinaciones de color se evaluaron con un espectrofotómetro Evolution 600 IV-Vis (equipado con esfera integradora y software VISIONlite colorCalc.) Estas determinaciones de los valores L\* (luminosidad), a\* (rojeza) y b\*(amarillez) se realizaron en secciones transversales de la muestra.

## 2.5 Oxidación lipídica

Para determinar la oxidación lipídica se utilizó el método TBARS, según lo propuesto por Ospina-E, Rojnano, Ochoa, Pérez-Álvarez y Fernández-López, (2014), en vasos de precipitados se colocaron 5 g de cada muestra, se adicionó 15 ml de agua, agregando 10 µL de butilhidroxianisol (BHA) al 3.6 % p / V, la mezcla se homogenizó para poder precipitar a la proteína en un Ultra-turrax ® a 20 000 r. p. m. durante 90 segundos (IKA Inc., Germany). Luego se extrajo 1 ml de las muestras, se llevaron tubos de ensayos donde se adicionaron 2 ml de reactivo de TBA (ácido 2-tiobarbitúrico -TBA- en solución de ácido tricloroacético -TCA-: TBA 20 mm en 100 ml de solución acuosa de TCA al 15 % p / V), y se siguió agitando. Después se llevó a baño maría hirviendo a 100 °C durante 15 minutos. Se retiró, se enfrió bajo canilla y se llevó a centrifugación a 2500 r. p. m. durante 15 minutos. La absorbancia se mido utilizando un espectrofotómetro Evolution 600 UV-Vis y los resultados se expresaron como mg MAD/kg muestra. El ensayo se realizó por triplicado para cada muestra.

## 2.6 Textura

La prueba de penetración de las emulsiones gelificadas se realizó empleando un analizador de textura Texture Analyzer CT V1.4 Bld 17 Brookfield Engineering Labs, utilizándose el software Ttexture ProC3 (USA). El análisis fue realizado utilizando un cilindro de acero inoxidable de 4 mm de diámetro a una velocidad de penetración de 0.8 mm/s y una distancia máxima de penetración de 10 mm.

## 2.7 Espectroscopia IR

Los espectros infrarrojos de cada muestra se registraron, utilizando el espectrómetro FTIR (IS5, Nicolet, USA). Se analizaron los espectros IR en el rango de 4000-650 cm<sup>-1</sup> para evaluar las estructuras de las mezclas, como así también las modificaciones que tuvieron lugar después de la mezcla y/o calentamiento de cada uno de los sistemas a ensayar, lo cual se realizó de acuerdo a (Pintado et al., 2015). Las mediciones de las muestras se realizaron a temperatura ambiente, colocadas en la superficie del cristal y levemente prensado con un émbolo de punta plana.

### 3. Resultados y Discusión

La *figura 1*, muestra el aspecto las emulsiones gelificadas (EG) obtenidas con harina de garbanzo (HGb), aceite de lino, agua destilada y gelatina (G) como agente gelificante, con las concentraciones mínimas de gelificación. El color de las muestras es similar al de la harina de garbanzo, esto es esencial en el desarrollo de sustitutos de grasa ya que es uno de los factores determinantes en la elección de alimentos por parte del consumidor.



**Figura 1:** Aspecto de las emulsiones gelificadas con harina de garbanzo

La *tabla 1* informa los valores hallados para los distintos parámetros analizados. En ella se puede observar que el pH y la oxidación inicial de lípidos en las muestras presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Debido que la harina de garbanzo contiene un pH levemente ácido (pH 2-4), pudiendo afectar el valor de este parámetro en las emulsiones gelificadas, que como se puede observar fue levemente ácido. Estos valores de pH son menores que lo reportado por otros autores para emulsiones gelificadas con proteína de soja o harina de chíá (Jiménez-Colmenero, Herrero, Pintado, Solas y Ruiz-Capillas, 2010; Muñoz-González, Merino-Álvarez, Salvador, Pintado, Ruiz-Capillas, Jiménez-Colmenero y Herrero, 2019). Las EG obtenidas podrían ser empleadas en productos cárnicos, aunque debe monitorearse lo que sucede con este parámetro durante el almacenamiento refrigerado, ya que Pintado et al. (2015) encontraron que el pH de emulsiones gelificadas con harina de chíá desciende durante el almacenamiento, lo que podría influir en las características de los productos. Asimismo, se puede observar que los valores de oxidación se encontraron por debajo del límite de detección de 1,59 mg de MDA / kg de muestra, el cual, de acuerdo con Ozer y Sariçoban (2010) es el valor límite a partir del cual podrían presentarse efectos negativos en la salud del consumidor. La oxidación de lípidos determina el potencial uso de los sustitutos como ingredientes en productos ricos en grasas, más aún si se utilizan aceites insaturados (Yilmaz y Ögütcü 2015; Hwang, Phaner, Winkler-Moser y Liu, 2018).

**Tabla 1.** pH, color, TBARS, sinéresis y textura de las emulsiones gelificadas adicionadas con harina de garbanzo

Determinaciones	Muestras	
	C	BHA
pH	5.09±0.02 <sup>a</sup>	5.51±0.003 <sup>b</sup>
TBARS (mg MAD/kg Muestra)	0.78±0.01 <sup>b</sup>	0.70±0.09 <sup>a</sup>
Sinéresis	1.07±0.42 <sup>a</sup>	0.89±0.42 <sup>a</sup>
L*	79.65±1.06 <sup>a</sup>	81.25±0.07 <sup>a</sup>
a*	-0.7±0.26 <sup>a</sup>	-0.90±0.29 <sup>a</sup>
b*	17.36±1.06 <sup>a</sup>	18.5±0.34 <sup>a</sup>
Dureza (N)	0.142±0.00 <sup>b</sup>	0.140±0.01 <sup>a</sup>
Adhesividad (mj)	0.86±0.14 <sup>a</sup>	0.76±0.00 <sup>a</sup>
Fracturabilidad (N)	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.08±0.00 <sup>a</sup>

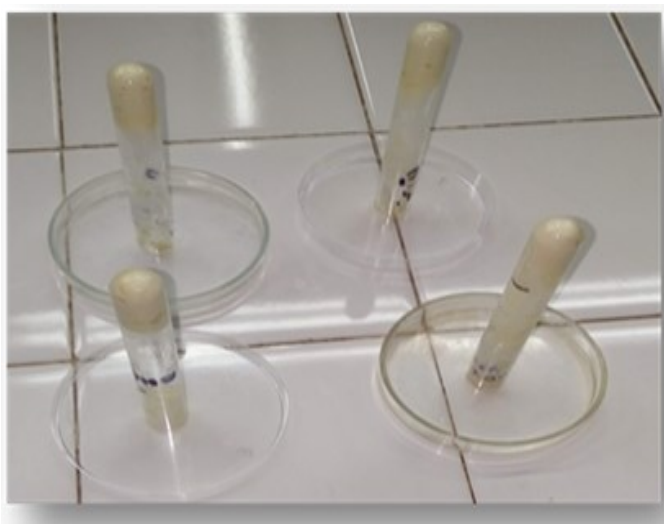
<sup>A,b</sup> Letras diferentes en la misma fila, indican diferencias significativas.

Los parámetros de color obtenidos se encuentran comprendidos dentro de los informados por Pintado et al. (2015) para EG de harina de chíá con diferentes agentes gelificantes en frío y son mayores que los reportados por Muñoz-González et al. (2019). Además, los valores de  $a^*$  y  $b^*$  son cercanos a lo informado por Kaur y Singh, (2005) en harinas de garbanzo provenientes de distintos cultivares, exhibiendo también tintes azules, verdes y amarillos, se debe destacar que los pigmentos de color de las harinas dependen del origen biológico de la planta. En cuanto a su incorporación a productos cárnicos, se ha informado que la adición de análogos de grasas con gel konjac a salchichas influyen en la percepción del color (Jiménez-Colmenero, Cofrades, Herrero, Fernández-Martín, Rodríguez-Salas y Ruiz-Capillas, 2012). Por lo tanto, es necesario que el color de los sustitutos de grasa sea similar a los de la carne y grasa empleada, generalmente, en la elaboración de los productos en el cual se incorporarán.

Las propiedades texturales de las emulsiones gelificadas están relacionadas con la estructura tridimensional de la red gelificada, la cual es una red compuesta formada por una combinación de gotas de emulsión agregadas y macromoléculas reticuladas (Dickinson, 2013), por lo que conocer su estructura es relevante para el potencial uso de las EG en matrices alimentarias. En lo que respecta al análisis de textura, la muestra C presentó una pequeña mayor dureza que la muestra con BHA ( $p < 0.05$ ), no observándose diferencias significativas en la adhesividad y fracturabilidad de las muestras. En las emulsiones gelificadas, donde la estructura principal es un gel de partículas agregadas, las propiedades texturales están determinadas por las interacciones entre las gotas de aceite y proteínas o hidratos de carbono presentes en el sistema los que generalmente son empleados como gelificante. En este sentido, el uso de la espectroscopía ATR-FTIR puede proporcionar información de la red estructural basada en una comprensión de las interacciones de los ingredientes y de las gotitas de emulsión o del tamaño de las gotitas de emulsión, que puede arrojar luz sobre el diferente comportamiento textural de la O/W gelificada desarrollada en este estudio.

En lo que respecta a la sinéresis y estabilidad térmica *figura 2*, se observó que ninguna de las emulsiones gelificadas liberó agua o aceite durante el calentamiento ( $p > 0.05$ ), esto demuestra su gran capacidad de retención de fluidos, lo que resulta de gran importancia para su empleo como sustituto de grasa animal en productos cárnicos especialmente cocidos. Estas propiedades tecnológicas pueden ser atribuidas a los diferentes compuestos como proteínas, carbohidratos (principalmente los que componen el mucílago) y fibra de la harina de garbanzo que poseen alta capacidad de retención de agua, capacidad de absorción de agua y suficiente actividad emulsionante para una alta estabilidad de la emulsión (Aguilar-Raymundo y Velez-Ruiz, 2013). Estudios previos han informado sobre las propiedades emulsionantes y espumantes de la harina de garbanzo, destacando que la hidrólisis enzimática de las proteínas del garbanzo favorece la formación de emulsiones (Félix, Iurralde, Romero y Guerrero, 2018; Félix, Romero, Sánchez y Guerrero, 2019; Mokni Ghribi, et al., 2015; Félix, Cermeno y Fitzgerald, 2020). Además, estos resultados coinciden con otros autores que reportaron una alta estabilidad de emulsiones gelificadas elaboradas con proteínas de soja, o harinas de chíá estabilizados con distintos agentes gelificantes (Pintado et al., 2015; Delgado-Pando, Cofrades, Ruiz-Capillas, Teresa Solas y Jiménez-Colmenero, 2010; Sato, Moraes, y Cunha, 2014).

La estabilidad de un sistema gelificado es en gran medida dependiente de las interacciones moleculares entre las sustancias que componen el sistema (Herrero, Ruiz-Capillas, Pintado, Carmona y Jiménez-Colmenero, 2018). En el caso de sistemas compuestos por lípidos proteínas, carbohidratos y agua, las interacciones entre cadenas lipídicas y proteicas pueden evaluarse mediante los cambios en las regiones de estiramiento del grupo  $-OH$  presente en agua y carbohidratos ( $3000-3600\text{ cm}^{-1}$ ) y de los grupos  $-CH$  y  $CH_2$  ( $2800-3000\text{ cm}^{-1}$ ), mientras que los cambios en las bandas de absorción de Amida I y II ( $1500-1700\text{ cm}^{-1}$ ) y de residuos de triptófano ( $1100-1330\text{ cm}^{-1}$ ) son de utilidad para evaluar los cambios en la estructura proteica resultantes de calentar la emulsión para dar lugar a la gelificación.



**Figura 2.** Estabilidad térmica de las emulsiones gelificadas

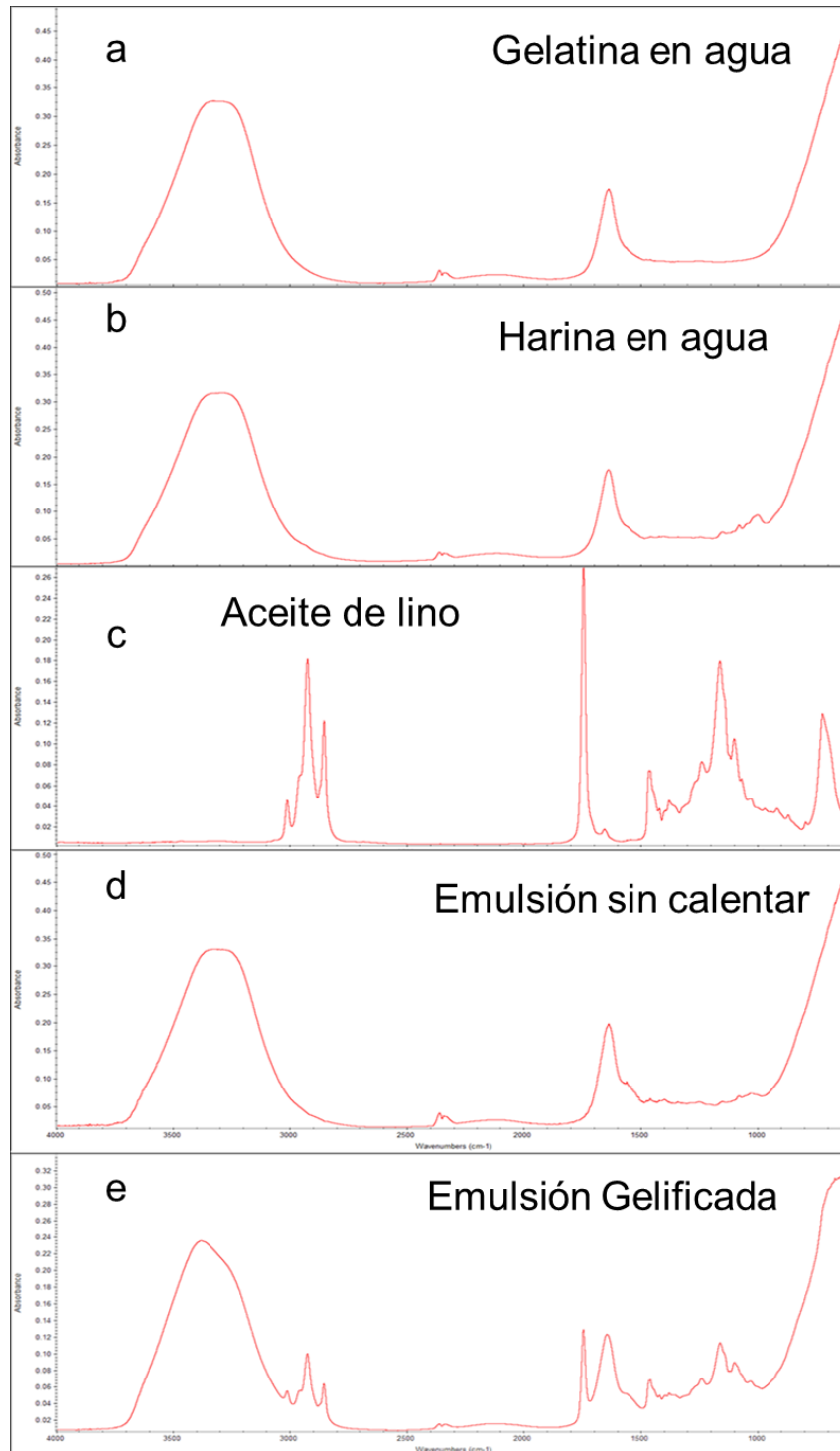
La estabilidad térmica de la emulsión gelificada en estudio puede atribuirse a un tamaño apropiado de gotas de aceite incorporadas a la red del gel, lo que impide la formación de agregados y consecuente desestabilización, evidenciado por el estrechamiento de la banda en la región de  $3600-2800\text{ cm}^{-1}$  (Pintado, Herrero, Jiménez-Colmenero y Ruiz-Capillas, 2016). En las partes a y b de la *figura 3* se muestran los espectros IR de gelatina en agua y harina de garbanzo en agua, respectivamente, mientras que, al comparar las partes c, d y e, de dicha figura, se infiere un cambio en la polaridad del medio debido a la asociación entre cadenas lipídicas y proteicas como resultado del calentamiento de la mezcla, lo que se evidencia al registrarse una disminución de la intensidad de las bandas en la región de  $2950-2800\text{ cm}^{-1}$  y de la banda característica de aceites puros en la región de  $1800-1700\text{ cm}^{-1}$  (Herrero et al., 2018). Del análisis de los espectros de IR mostrados en la *figura 3* puede inferirse que la harina de garbanzo tiene efecto nulo en la estabilidad de la emulsión gelificada, es decir, la estabilidad del gel puede considerarse exclusivamente dependiente de la desnaturalización de las proteínas de la gelatina por acción del calentamiento, lo que resulta en una mayor exposición de sus grupos hidrofóbicos, según los cambios registrados en la región de  $1330-1100\text{ cm}^{-1}$ , lo que permite, a la vez, una mayor interacción con las cadenas lipídicas del aceite (Usoitsev, Sitnikova, Kajava y Uspenskaya, 2019).

## 5. Conclusiones y recomendaciones

El presente trabajo manifiesta la potencialidad de la elaboración de emulsiones gelificadas (O/W), que contienen una variedad de compuestos bioactivos como aceite de lino y harina de garbanzo, elaborados con un gelificante rico en proteínas como la gelatina, resultando en productos con adecuadas propiedades estructurales y tecnológicas, los que podrían emplearse como ingrediente graso saludable en los productos cárnicos. La incorporación de harina de garbanzo en estos productos, además ofrece nuevas oportunidades en el desarrollo de productos más sanos, ya que proporciona una gran variedad de compuestos bioactivos como ácidos n3, proteínas de alto valor biológico, antioxidantes, fibra dietética, etc.

Se observó que el pH y la oxidación inicial de lípidos en las muestras presentaron diferencias significativas al momento del estudio. De acuerdo con la sinéresis y estabilidad térmica se destacó que ninguna de las emulsiones liberó agua o grasa (aceite) durante el calentamiento. Respecto al color de las muestras, se observó que no existen diferencias significativas entre los distintos parámetros evaluados para ambas muestras y por último en lo que refiriere al análisis de textura, la muestra C presentó una pequeña mayor dureza

que la muestra con BHA ( $p < 0.05$ ), no observándose diferencias significativas en la adhesividad y fracturabilidad de las muestras. La espectroscopia IR proporciona información sobre la estructura real de la red de la emulsión gelificada O/W en particular de las interacciones de lípidos asociadas con su presencia en la red de la EG, también ayuda a entender las características de textura, en particular la dureza, parámetro condicionante para el uso de estas emulsiones gelificadas como sustitutos de grasa animal en la formulación de productos cárnicos más saludables.



**Figura 3:** Espectros ATR-FTIR en los  $2960\text{-}2830\text{ cm}^{-1}$ , correspondiente a la región de aceite de lino puro (c) y emulsión gelificada de aceite de oliva en agua (e), adicionados con harina de garbanzo.



## Referencias

- Aguilar-Raymundo, V. G., y Vélez-Ruiz, J. F. (2013). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L). *Temas Selectos de Ingeniería en Alimentos*, 7(2), 25-34. <https://tsia.udlap.mx/propiedades-nutricionales-y-funcionales-del-garbanzo-cicer-arietinum-l/>
- Ashkar A, Laufer S, Rosen-Kligvasser J, et al. (2019) Impact of different oil gelators and oleogelation mechanisms on digestive lipolysis of canola oil oleogels. *Food Hydrocolloids*, 97,105218. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105218>
- Delgado-Pando, G., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., Teresa Solas, M. y Jiménez-Colmenero, F. (2010). Healthier lipid combination oil-in-water emulsions prepared with various protein systems: An approach for development of functional meat products. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(7), 791–801. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200900234>
- De Souza Paglarini, C., de Figueiredo, G., Honório, A. R., Mokarzel, L., Vidal, V. A., Ribeiro, A. P. B., Lopes Cunha, R. y Rodrigues Pollonio, M. A. (2019). Functional emulsion gels as pork back fat replacers in bologna sausage. *Food structure*, 81(5), 1230-1242, <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2019.100105>
- Dickinson, E. (2011). Double emulsions stabilized by food biopolymers. *Food Biophysics* 6(1), 1-11. <http://dx.doi.org/10.1007/s11483-010-9188-6>
- Dickinson, E. (2012). Emulsion gels: The structuring of soft solids with protein stabilized oil droplets. *Food Hydrocolloids*, 28, 224–241. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.017>
- Dickinson, E. (2013). Stabilising emulsion-based colloidal structures with mixed food ingredients. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 710–721. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6013>
- Félix, M., Cermeno, M. y Fitzgerald, R. J. (2020). Influence of hydrolysis on the bioactive properties and stability of chickpea protein based O/W emulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c02427>
- Félix, M., Isurralde, N., Romero, A. y Guerrero, A. (2018). Influence of pH value on microstructure of oil-in-water emulsions stabilized by chickpea protein flour. *Food Science and Technology International*, 24(7), 555-563. <https://doi.org/10.1177/1082013218774707>
- Felix, M., Romero, A., Sanchez, C.C. y Guerrero, A. (2019). Modelling the non-linear interfacial shear rheology behaviour of chickpea protein-adsorbed complex oil/water layers. *Applied Surface Science*, 469, 792-803. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.11.074>
- Herrero, A. M., Carmona, P., Jiménez-Colmenero, F., Ruiz-Capillas, C. (2014). Polysaccharide gels as oil bulking agents: Technological and structural properties. *Food Hydrocolloids* 36, 374-381. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.08.00>
- Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C., Pintado, T., Carmona, P. y Jiménez-Colmenero, F. (2018). Elucidation of lipid structural characteristics of chia oil emulsion gels by Raman spectroscopy and their relationship with technological properties. *Food Hydrocolloids*. 77, 212-219. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.09.036>
- Hwang, H. S., Fhaner, M., Winkler-Moser, J. K. y Liu, S. X. (2018). Oxidation of Fish Oil Oleogels Formed by Natural Waxes in Comparison With Bulk Oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(5),1700378. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201700378>

- Jiménez-Colmenero, F., Herrero, A., Pintado, T., Solas, M. T., Ruiz-Capillas, C. (2010). Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters. *Food Research International*, 43(8), 2068–2076. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.06.010>
- Jiménez-Colmenero, F., Cofrades, S., Herrero, A.M., Fernández-Martín, F., Rodríguez-Salas, L. y Ruiz-Capillas, C. (2012). Konjac gel fat analogue for use in meat products: Comparison with pork fats. *Food Hydrocolloids*, 26, 63-72. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.04.007>
- Kaur, M. y Singh, N. (2005). Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum L.*) cultivars. *Food Chemistry* 91 403–411. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.015>
- Liu, W.-Y., Feng, M.-Q., Wang, M., Wang, P., Sun, J., Xu, X.-L. y Zhou, G.H. (2018). Influence of flaxseed gum and NaCl concentrations on the stability of oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 79, 371-381. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.01.010>
- Mao, L.K., y Miao, S. (2015). Structuring food emulsions to improve nutrient delivery during digestion. *Food Engineering Reviews*, 7(4), 439-451. <http://dx.doi.org/10.1007/s12393-015-9108-0>
- McClements, D. J. (2012). Advances in fabrication of emulsions with enhanced functionality using structural design principles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 17(5), 235-245. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cocis.2012.06.002>
- Mokni Ghribi, A., Maklouf Gafsi, I., Sila, A., Blecker, C., Danthine, S., Attia, H., Bougatef, A., Besbes, S. (2015). Effects of enzymatic hydrolysis on conformational and functional properties of chickpea protein isolate. *Food Chemistry*, 187, 322-330. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.109>
- Mozaffarani, D. y Clarke, R. (2009). Quantitative effects on cardiovascular risk factors and coronary heart disease risk of replacing partially hydrogenated vegetable oils with other fats and oils. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(2), 22–S33. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602976>
- Muñoz-González, I., Merino-Álvarez, E., Salvador, M., Pintado, T., Ruiz-Capillas, C., Jiménez-Colmenero, F. y Herrero, A.M. (2019). Chia (*Salvia hispanica L.*) a Promising Alternative for Conventional and Gelled Emulsions: Technological and Lipid Structural Characteristics. *Gels*, 5(19), 1-12. <https://doi.org/10.3390/gels5020019>
- Ospina-E, J. C., Rojnano, B., Ochoa, O., Pérez-Álvarez, J.A. y Fernández-López, J. (2014). Development of frankfurter-type sausages with healthier lipid formulation and study of its nutritional, sensory and stability properties. *European Journal of Lipid Science and Technology*, <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400157>
- Ozer, O. y Sariçoban, C. (2010). The Effects of Butylated Hydroxyanisole, Ascorbic Acid, and  $\alpha$ -Tocopherol on Some Quality Characteristics of Mechanically Deboned Chicken Patty during Freeze Storage. *Czech Journal of Food Science*, 28(2), 150-160. <https://doi.org/10.17221/160/2009-CJFS>
- Pehlivanoglu, H., Demirci, M., Toker, O. S., Konar, N., Karasu, S., y Sagdic, O. (2018). Oleogels, a promising structured oil for decreasing saturated fatty acid concentrations: Production and food-based applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58, 1-12. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1256866>
- Pintado, T., Ruiz-Capillas, C., Jiménez-Colmenero, F., Carmona, P. y Herrero, A.M. (2015). Oil-in-water emulsion gels stabilized with chia (*Salvia hispanica L.*) and cold gelling

- agents: Technological and infrared spectroscopic characterization. *Food Chemistry*, 185, 470-478. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.024>
- Pintado, T., Herrero, A. M., Jiménez-Colmenero, F. y Ruiz-Capillas, C. (2016). Strategies for incorporation of chia (*Salvia hispanica* L.) in frankfurters as a health-promoting ingredient. *Meat Science* 114, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.009>
- Poyato C, Ansorena D, Berasategi I, Navarro-Blasco, I. y Astiasarán, I. (2014). Optimization of a gelled emulsion intended to supply  $\omega$ -3 fatty acids into meat products by means of response surface methodology. *Meat Science*, 98: 615-621. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.016>
- Romero, M.C., Fogar, R.A., Rolhaiser, F., Clavero, V. V., Romero, A. M. y Judis, M. A. (2018). Development of gluten-free fish (*Pseudoplatystoma corruscans*) patties by response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, 55(5):1889-1902. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3106-1>
- Sato, A. C. K., Moraes, K. E. F. P. y Cunha, R. L. (2014) Development of gelled emulsions with improved oxidative and pH stability. *Food Hydrocolloids*, 34, 184-192. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.10.016>
- Shariati-levari, S., Ryland, D., Edel, A., Nicholson, T., Suh, M. y Aliani, M. (2016). Sensory and Physicochemical Studies of Thermally Micronized Chickpea (*Cicer arietinum*) and Green Lentil (*Lens culinaris*) Flours as Binders in Low-Fat Beef Burgers. *Journal of Food Science*, 81(5), 1230-1242. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13273>
- Usoltsev, D., Sitnikova, V., Kajava, A. y Uspenskaya, M. (2019). Systematic FTIR spectroscopy study of the secondary structure changes in human serum albumin under various denaturation conditions. *Biomolecules*, 9, 1-17. <https://doi.org/10.3390/biom9080359>
- Vieira, S. A., McClements, D. J., Decker, E. A. (2015). Challenges of Utilizing Healthy Fats in Foods. *Advances in Nutrition*, 6, 309-317. <https://doi.org/10.3945/an.114.006965>
- Yilmaz, E. y Ögütcü M. (2015). Oleogels as spreadable fat and butter alternatives: Sensory description and consumer perception. *RSC Advances*, 5, 50259-50267. <https://doi.org/10.1039/c5ra06689a>