



Oleogeles, una alternativa saludable a las grasas sólidas tradicionales

Apellidos, Nombre	Pere Morell, Amparo Quiles, Virginia Larrea, Isabel Hernando
Departamento	Departamento de Tecnología de Alimentos
Centro	Universitat Politècnica de València



1 Resumen de las ideas clave

Los oleogeles se presentan como una alternativa saludable para el reemplazo de las grasas sólidas industriales, ricas en ácidos grasos saturados y *trans*, empleadas de forma tradicional en la formulación de los alimentos. Son sistemas coloidales que se definen como estructuras sólidas o semisólidas tipo gel, en las que el aceite líquido está inmovilizado en una red tridimensional constituida por un agente o combinación de agentes estructurantes. Estructurar aceite consiste en conferir propiedades de sólido o de gel a un aceite líquido, sin modificar las características químicas del aceite y, por lo tanto, sin modificar su perfil lipídico. La oleogelificación es un proceso muy eficiente de estructuración ya que permite gelificar $\geq 90\%$ en peso de un aceite líquido empleando pequeñas cantidades de agentes estructurantes. Existen distintas estrategias de oleogelificación para desarrollar oleogeles estables con un perfil lipídico de alta calidad nutricional y capaces de mimetizar las propiedades texturales y organolépticas de las grasas sólidas tradicionales, y las características del oleogel diseñado dependerán del alimento al que se quiera incorporar. Este objeto de aprendizaje pretende dar a conocer qué es un oleogel, en qué consiste el proceso de oleogelificación, cuáles son los principales tipos de oleogeles, qué agentes estructurantes se pueden utilizar y cuáles son las principales características de los oleogeles obtenidos.

2 Objetivos

Los principales objetivos del objeto de aprendizaje son:

- Comprender qué es la estructuración de un aceite líquido y qué ventajas ofrece. Conocer los diferentes procesos de estructuración.
- Entender qué son los oleogeles y comprender por qué pueden emplearse como sustitutos de las grasas sólidas de uso industrial, ricas en ácidos grasos saturados y *trans*.
- Conocer los distintos tipos de agentes estructurantes, y como utilizarlos en los diferentes métodos de obtención de oleogeles comestibles.

3 Introducción

El sobrepeso y la obesidad representan un problema de salud pública de proporciones epidémicas a nivel mundial. Entre los principales factores que contribuyen a una mayor prevalencia de la obesidad se encuentran los escasos niveles de actividad física y la ingesta de alimentos de alta densidad energética, ricos en grasas saturadas y azúcares añadidos. Entre las líneas estratégicas de actuación adoptadas, en coordinación con las industrias alimentarias, se encuentra la reformulación y mejora de alimentos y bebidas, basada en la reducción del contenido de sal, grasas saturadas y/o azúcares añadidos (AESAN, 2020).

La industria alimentaria tiende a utilizar diferentes fuentes de grasas sólidas, ricas en ácidos grasos saturados y *trans*, ya que juegan un importante papel al proporcionar a los alimentos

características texturales, estabilidad, aroma y sabor muy apreciados por los consumidores. Alimentos como margarinas, cremas, chocolates, productos de panadería o productos cárnicos están elaborados con grasas saturadas de origen animal (mantequilla o manteca) o de origen vegetal (aceite de palma o aceite de coco). Dada la importancia que tiene este tipo de grasas en la fabricación industrial, a lo largo de la historia, se han desarrollado diversos métodos (hidrogenación, isomerización, ...) para obtener grasas sólidas a partir de aceites líquidos. Sin embargo, todos estos métodos producen modificaciones en las propiedades químicas del aceite y, por lo tanto, pérdida de su valor nutricional.

En los últimos años, está cobrando especial relevancia la investigación sobre la estructuración de aceite mediante el empleo de agentes estructurantes. Este proceso persigue el desarrollo de una red capaz de atrapar físicamente el aceite y no modifica sus propiedades químicas ni su perfil nutricional original. Por esta razón, el aceite estructurado es de gran interés, como ingrediente, en el desarrollo de nuevos formatos de productos con un perfil nutricional saludable y mejorado (sin grasas *trans*, bajo en grasas saturadas y alto en ácidos grasos mono y/o poliinsaturados). Además, el aceite estructurado, al ofrecer una consistencia sólida, presenta propiedades de textura, estabilidad física y química similares a las de las grasas sólidas saturadas convencionales utilizadas habitualmente en la industria (Stortz, Zetzi, Barbut, Cattaruzza & Marangoni, 2012).

4 Desarrollo

4.1 Estructuración de aceite

Estructurar aceite implica inmovilizarlo en una red tridimensional constituida por un agente o combinación de agentes estructurantes. Se han empleado diferentes procedimientos, rutas o enfoques para estructurar aceite líquido en el laboratorio y en la industria. El esquema propuesto por Patel & Dewettinck (2016) (Figura1), autores de referencia en este campo, muestra como se categorizan las distintas rutas de estructuración en función de los pasos de procesamiento involucrados en la creación de los sistemas.

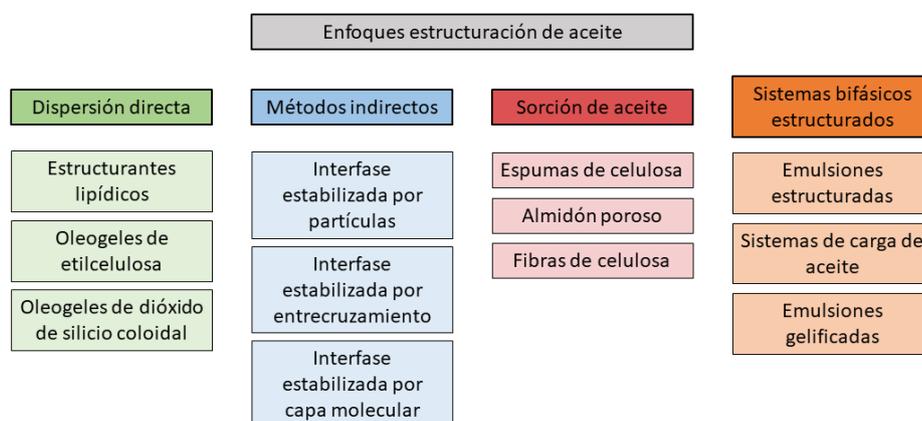


Figura 1. Enfoques usados para estructurar aceite (adaptado de Patel & Dewettinck (2016)).



Además de los oleogeles, el esquema muestra una visión más amplia ya que se incluyen ciertos sistemas bifásicos estructurados (emulsiones estructuradas, gelificadas, etc.) que no se pueden clasificar como oleogeles *per se*. Sin embargo, en este objeto de aprendizaje vamos a centrarnos en los oleogeles independientemente de cuál sea la ruta mediante la cual se obtenga dicho sistema.

4.2 Oleogeles

En el área de la alimentación, el empleo de oleogeles ha despertado un gran interés como ingrediente alimentario de elevada calidad nutricional. Surgen con el objetivo de reemplazar las grasas plásticas, ricas en ácidos grasos saturados y *trans*, utilizadas de forma tradicional en la industria alimentaria. Los oleogeles son sistemas coloidales definidos como estructuras sólidas o semisólidas tipo gel, en las que el aceite está inmovilizado en una red tridimensional constituida por un agente o combinación de agentes estructurantes. Es decir, son geles en los que la fase dispersa es el aceite y la fase continua es una estructura de red constituida por los agentes estructurantes. Los oleogeles son capaces de aportar una consistencia y firmeza similar a la de las grasas sólidas sin que se vea afectada su composición original en ácidos grasos insaturados (Pehlivanoglu et al., 2018). Para poder usar los oleogeles como ingredientes en la formulación de alimentos, es necesario comprender cómo se forma la red y cómo influyen las interacciones entre los diferentes componentes del sistema en las propiedades reológicas y en el comportamiento a la fusión. La investigación llevada a cabo en este campo ha dado lugar al desarrollo de métodos de oleogelificación innovadores que han permitido obtener oleogeles adecuados para su uso como ingrediente en el desarrollo de alimentos de elevada calidad nutricional. Se han aplicado oleogeles con éxito en diversos productos alimenticios como sustitutos de grasas sólidas, por ejemplo en helados, salchichas cocidas, galletas, pasteles, y en cremas de relleno para confitería comercial (Puşças, Muresan, Socaciu & Muste, 2020) (Figura 2).

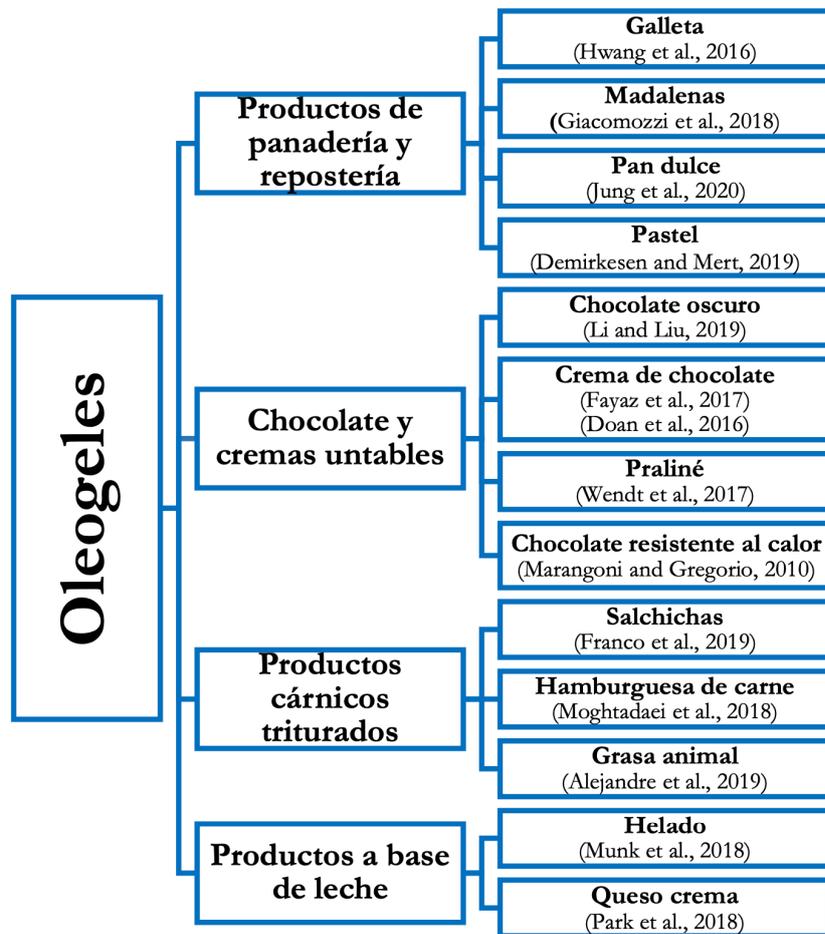


Figura 2. Aplicación de oleogeles en distintas matrices alimentarias.

4.3 Oleogelificación

El proceso de elaboración de oleogels se conoce como oleogelificación. Existen diferentes técnicas de oleogelificación; una bastante común es la que en inglés se conoce como “emulsion template approach”. De forma general, en este proceso se parte de una emulsión que contiene aceite líquido, agua y el agente o una mezcla de agentes estructurantes (etapa 1). A continuación, se elimina el agua del sistema mediante secado, (etapa 2) y, posteriormente, se produce el cizallamiento del producto seco (aceite seco estructurado) (etapa 3) para la obtención del oleogel. En la Figura 3 se presentan los productos obtenidos en cada una de estas etapas. El oleogel formado debe mostrar una estructura regular en la que los glóbulos de aceite estén perfectamente empaquetados (Patel, Rajarethinen, Cludts, Lewille, De Vos, Lesaffer & Dewettinck, 2015). En las imágenes obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido a temperaturas criogénicas (cryo-SEM) (Figura 3), se puede observar cómo, en la emulsión, los glóbulos de aceite se distribuyen de forma uniforme por la red de polímeros que constituye la fase continua. En el producto seco, los glóbulos de aceite parecen acercarse unos

a otros, es decir, el proceso de eliminación de agua favorece el empaquetamiento de los glóbulos. ¿Y qué se consigue con esta estructura? La presencia de la red polimérica actúa como una interfase entre los glóbulos de grasa evitando que se produzca la coalescencia entre ellos. La estructura regular e intacta de los glóbulos de aceite también se puede apreciar tras el cizallamiento, es decir, en los oleogeles; esta microestructura única es la responsable de las propiedades semisólidas propias de los oleogeles (Patel, Cludts, Sintang, Bin, Lesaffer & Dewettinck, 2014).

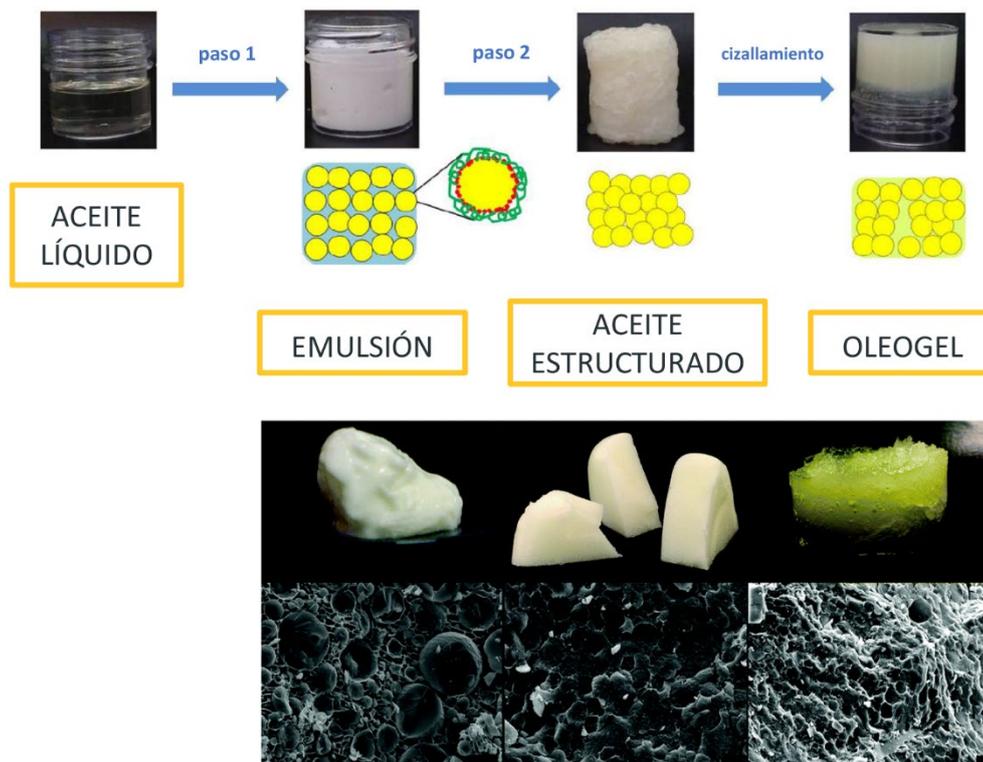


Figura 3. Representación esquemática del proceso general de oleogelificación con imágenes “macroscópicas” y micrografías cryo-SEM (escala = 10 µm) (adaptado Patel et al., (2014, 2015)).

Además del mencionado “emulsion template approach”, existen otros métodos para estructurar aceite en forma de oleogel (Martins, Vicente, Pastrana & Cerqueira, 2020) (Figura 4). Como se observa en la Figura 1, cuando los agentes estructurantes son de naturaleza hidrofóbica se emplean métodos de dispersión directa, cuando son de naturaleza mayoritariamente hidrofílica se emplean métodos indirectos. En los métodos directos, el agente estructurante presenta una buena dispersabilidad en aceite, por lo que, se puede poner en contacto directamente e interactuar con el aceite a estructurar. El procedimiento general consiste en disolver de forma directa, normalmente a elevadas temperaturas (por encima de su temperatura de transición vítrea (T_g)), el agente o agentes estructurantes (pequeñas partículas inertes, ceras naturales, derivados de ácidos grasos, etilcelulosa) en la fase oleosa. Mientras se mantiene por encima de la T_g , se vuelve más flexible y adopta una conformación

más extendida y abierta. Posteriormente, se enfría la disolución y la molécula estructurante vuelve a un estado más rígido que induce la precipitación. Este proceso facilita la formación de zonas de unión intermolecular, lo que da como resultado una red polimérica tridimensional que atrapa físicamente la fase de aceite líquido (Laredo et al., 2011). La dispersión directa de los agentes estructurantes en el aceite se produce mediante mecanismos moleculares específicos, como la cristalización laminar o el autoensamblaje (observado normalmente con estructurantes de bajo peso molecular).

En los métodos indirectos se utilizan agentes estructurantes de baja dispersabilidad en aceite, como los hidrocoloides, por lo que, para lograr la formación de la red polimérica requerida para que se produzca la gelificación, es necesario primero dispersar los hidrocoloides en una fase acuosa. Así se favorece el despliegue de la cadena del hidrocoloide y, tras el proceso de emulsificación, el hidrocoloide adopta una conformación capaz de atrapar las gotas de aceite. Algunos de los métodos indirectos más empleados son el “emulsion template approach” del que ya se ha hablado anteriormente o la sorción en estructuras sólidas formando criogeles o aerogeles (Bascuas et al., 2021).

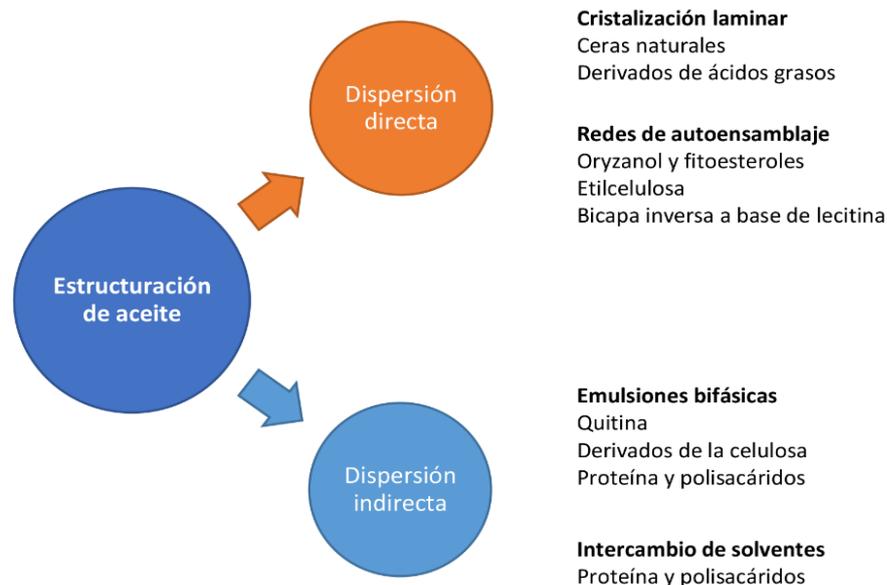


Figura 4. Métodos de obtención de oleogeles (adaptado de Martins et al., (2020)).

4.4 Agentes estructurantes (oleogelificantes)

En cuanto a los agentes estructurantes, también denominados oleogelificantes, deben preservar o mejorar las características estructurales y sensoriales de los aceites. Atendiendo al peso molecular, los agentes estructurantes se clasifican en bajo y alto peso molecular (LMOG= “Low molecular weight oil gelator” (LMOG) y “High molecular weight oil gelator” (HMOG)) (Hwang, 2020) (Figura 5).

Los LMOG son moléculas anfífilas como las ceras, fosfolípidos, fitoesteroles, ácidos grasos y acilglicéridos con capacidad de autoensamblarse o cristalizar formando una red tridimensional que estructura el aceite. Estas estructuras están formadas por el ensamblaje jerárquico de moléculas gobernadas por interacciones moleculares físicas débiles como enlaces de hidrógeno, fuerzas de van der Waals, interacciones electrostáticas, fuerzas dipolares y fuerzas hidrofóbicas. Esos conjuntos forman arquitecturas 3D como cintas, varillas, fibras y láminas. El mecanismo de gelificación se basa en procesos de agregación iniciados por fuerzas externas como la temperatura y el cizallamiento.

Los HMOG son polímeros, como proteínas y polisacáridos, capaces de formar una red tridimensional a través de interacciones como los enlaces de hidrógeno. Las propiedades estructurantes de estos polímeros dependerán en gran medida del peso molecular, la conformación y la concentración del polímero (Davidovich-Pinhas, 2019). Algunos HMOG son usados para dispersión directa, como los polímeros de naturaleza hidrofóbica. Un ejemplo sería la etilcelulosa, que tiene capacidad de inmovilizar el aceite dispersándose en él de forma directa. Sin embargo, estos oleogeles presentan baja estabilidad oxidativa debido a las altas temperaturas empleadas para inducir la gelificación (>135-140°C en el caso de la etilcelulosa) (Gravelle, Barbut & Marangoni, 2012). El uso de hidrocoloides de naturaleza hidrofílica, añadidos mediante métodos indirectos, permite optimizar las características del gel resultante (Bascuas, Morell, Quiles, Salvador & Hernando, 2021). La creación de nuevas estructuras debido a las combinaciones de proteínas y polisacáridos los convierten en los candidatos más prometedores para la estructuración de aceites y su aplicación en distintos tipos de alimentos (Patel et al., 2015; de Vries, Gómez, Van der Linden & Scholten, 2017).

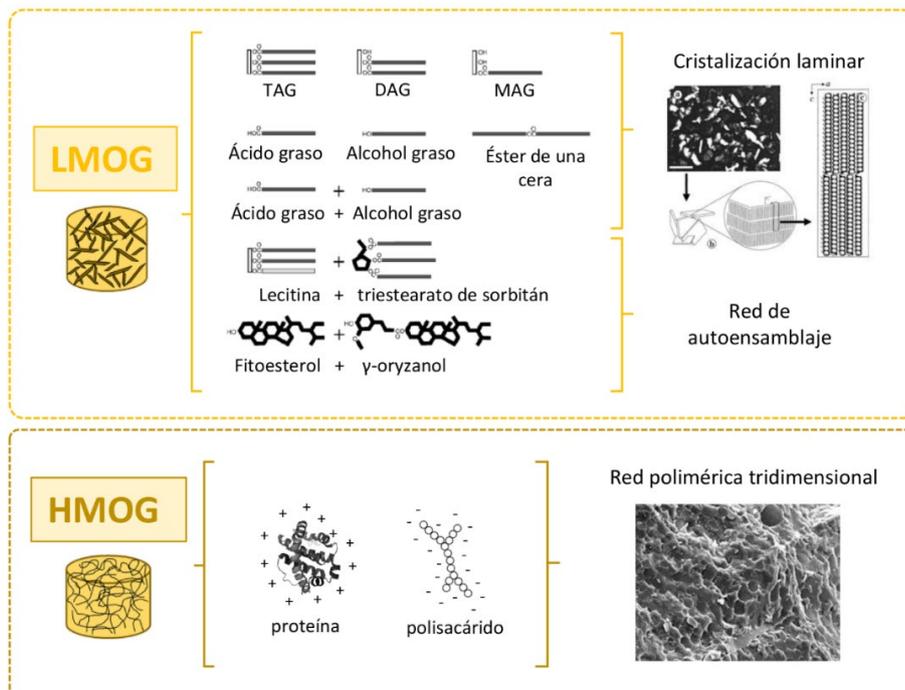


Figura 5. Clasificación de los distintos agentes estructurantes en función de su peso molecular (TAG: triacilglicéridos; DAG: diacilglicéridos; MAG: monoacilglicéridos).

5 Cierre

Las tendencias del consumidor se encaminan hacia la demanda de productos más saludables, naturales y sostenibles. La industria se encuentra con el desafío de rediseñar sus productos, pero, sin descuidar sus propiedades sensoriales. La estructuración de aceite líquido para la obtención de oleogel estables de alta calidad nutricional se afianza como una opción prometedora para el desarrollo de grasas saludables con propiedades reológicas y sensoriales similares a las de las grasas plásticas industriales. El agente estructurante empleado determinará las características del oleogel y su estabilidad. El desarrollo de oleogel utilizando polisacáridos y proteínas se beneficia de la probada capacidad de estructuración de los hidrocoloides y de la amplia variedad de combinaciones que ofrece. El uso de oleogel se presenta como una estrategia prometedora para la mejora del perfil lipídico de alimentos que, de manera tradicional, se formulan con grasas sólidas de alto contenido en ácidos grasos saturados y grasas *trans*.

6 Bibliografía

- AESAN (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición) (2020). Plan de colaboración para la mejora de la composición de los alimentos y bebidas y otras medidas.
- Alejandre, M., Astiasarán, I., Ansorena, D., & Barbut, S. (2019). Using canola oil hydrogels and organogels to reduce saturated animal fat in meat batters. *Food Research International*, 122, 129–136.
- Bascuas, S., Morell, P., Hernando, I., & Quiles, A. (2021). Recent trends in oil structuring using hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 118, 106612.
- Bascuas, S., Morell, P., Quiles, A., Salvador, A., & Hernando, I. (2021). Use of oleogels to replace margarine in steamed and baked buns. *Foods*, 10(8), 1–11.
- Davidovich-Pinhas, M. (2019). Oil structuring using polysaccharides. *Current Opinion in Food Science*, 27, 29–35.
- de Vries, A., Gómez, Y. L., Van der Linden, E., & Scholten, E. (2017). The effect of oil type on network formation by protein aggregates into oleogels. *RSC Advances*, 7(19), 11803–11812.
- Demirkesen, I., & Mert, B. (2019). Utilization of Beeswax Oleogel-Shortening Mixtures in Gluten-Free Bakery Products. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(5), 545–554.
- Doan, C. D., Patel, A. R., Tavernier, I., De Clercq, N., Van Raemdonck, K., Van de Walle, D., Delbaere, C., & Dewettinck, K. (2016). The feasibility of wax-based oleogel as a potential co-structurant with palm oil in low-saturated fat confectionery fillings. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(12), 1903–1914.
- Fayaz, G., Goli, S. A. H., Kadivar, M., Valoppi, F., Barba, L., Calligaris, S., & Nicoli, M. C. (2017). Potential application of pomegranate seed oil oleogels based on monoglycerides, beeswax and propolis wax as partial substitutes of palm oil in functional chocolate spread. *Lwt*, 86, 523–529.
- Franco, D., Martins, A. J., López-Pedrouso, M., Purriños, L., Cerqueira, M. A., Vicente, A., Pastrana, L. M., & Zapata, C. (2019). Strategy towards replacing pork backfat with a linseed oleogel in frankfurter sausages and its evaluation on physicochemical, nutritional, and sensory characteristics. *Foods*, 8(9), 366.



- Giacomozzi, A. S., Carrín, M. E., & Palla, C. A. (2018). Muffins elaborated with optimized monoglycerides oleogels: from solid fat replacer obtention to product quality evaluation. *Journal of Food Science*, 83(6), 1505–1515.
- Gravelle, A. J., Barbut, S., & Marangoni, A. G. (2012). Ethylcellulose oleogels: Manufacturing considerations and effects of oil oxidation. *Food Research International*, 48(2), 578–583.
- Hwang, H. S. (2020). A critical review on structures, health effects, oxidative stability, and sensory properties of oleogels. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 26, 101657.
- Hwang, H. S., Singh, M., & Lee, S. (2016). Properties of cookies made with natural wax-vegetable oil organogels. *Journal of Food Science*, 81(5), 1045–1054.
- Jung, D., Oh, I., Lee, J. H., & Lee, S. (2020). Utilization of butter and oleogel blends in sweet pan bread for saturated fat reduction: Dough rheology and baking performance. *Lwt*, 125, 109194.
- Laredo, T., S. Barbut, S., Marangoni, A.G. (2011). Molecular interactions of polymer oleogelation. *Soft Matter*, 7 (6), p. 2734.
- Li, L., & Liu, G. (2019). Corn oil-based oleogels with different gelation mechanisms as novel cocoa butter alternatives in dark chocolate. *Journal of Food Engineering*, 263, 114–122.
- Marangoni, A. G., Gregorio I. (2010). Chocolate compositions containing ethylcellulose. U.S. Patent Nº PCT/IB2010/001474. World Intellectual Property Organization International Bureau.
- Marangoni, A. G., Acevedo, N., Maleky, F., Co, E., Peyronel, F., Mazzanti, G., Quinn, B., & Pink, D. (2012). Structure and functionality of edible fats. *Soft Matter*, 8(5), 1275–1300.
- Martins, A. J., Vicente, A. A., Pastrana, L. M., & Cerqueira, M. A. (2020). Oleogels for development of health-promoting food products. *Food Science and Human Wellness*, 9(1), 31–39.
- Moghtadaei, M., Soltanzadeh, N., & Goli, S. A. H. (2018). Production of sesame oil oleogels based on beeswax and application as partial substitutes of animal fat in beef burger. *Food Research International*, 108, 368–377.
- Munk, M. B., Munk, D. M. E., Gustavsson, F., & Risbo, J. (2018). Using ethylcellulose to structure oil droplets in ice cream made with high oleic sunflower oil. *Journal of Food Science*, 83(10), 2520–2526.
- Park, C., Bemer, H. L., & Maleky, F. (2018). Oxidative Stability of Rice Bran Wax Oleogels and an Oleogel Cream Cheese Product. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95(10), 1267–1275.
- Patel, A. R., Cludts, N., Sintang, M. D. Bin, Lesaffer, A., & Dewettinck, K. (2014). Edible oleogels based on water soluble food polymers: Preparation, characterization and potential application. *Food & Function*, 5(11), 2833–2841.
- Patel, A. R., Rajarethinam, P. S., Cludts, N., Lewille, B., De Vos, W. H., Lesaffer, A., & Dewettinck, K. (2015). Biopolymer-based structuring of liquid oil into soft solids and oleogels using water-continuous emulsions as templates. *Langmuir*, 31(7), 2065–2073.
- Patel, A. R., & Dewettinck, K. (2016). Edible oil structuring: An overview and recent updates. *Food & Function*, 7(1), 20–29.
- Pehlivanoğlu, H., Demirci, M., Toker, O. S., Konar, N., Karasu, S., & 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(8), 1330–1341.
- Puşças, A., Muresan, V., Socaciu, C., & Muste, S. (2020). Oleogels in food: A review of current and potential applications. *Foods*, 9(1), 1–27.
- Stortz, T. A., Zetzel, A. K., Barbut, S., Cattaruzza, A., & Marangoni, A. G. (2012). Edible oleogels in food products to help maximize health benefits and improve nutritional profiles. *Lipid Technology*, 24(7), 151–154.
- Wendt, A., Abraham, K., Wernecke, C., Pfeiffer, J., & Flöter, E. (2017). Application of β -sitosterol + γ -oryzanol-structured organogel as migration barrier in filled chocolate products. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(9), 1131–1140.