



## Efecto de oleogeles (cera de arroz) sobre las características texturales de salchicha tipo Frankfurt

### Effect of oleogels (rice wax) on textural characteristics of Frankfurt sausage

Avendaño, G. <sup>a</sup>, Chávez, O. <sup>b</sup>, Vargas, K. <sup>b</sup>, Bustos, K. <sup>b</sup>, Barreda, F. <sup>c</sup>, Varela, E. <sup>b\*</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Posgrado e Investigación Estancia Posdoctoral CONAHCYT-TecNM/ ITS de Tierra Blanca.  
Av. Veracruz S/N, 95180., Tierra Blanca., Ver. Mex

<sup>b</sup> Departamento de Posgrado e Investigación TecNM/ ITS de Tierra Blanca, Av. Veracruz S/N, 95180.,  
Tierra Blanca., Ver. Mex

<sup>c</sup> Departamento de Procesos Alimentarios Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz.  
Av. Universidad No.350. Cuitláhuac., Veracruz, 94910. México.

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 20.06.2024

Accepted 28.10.2024

##### Keywords:

Frankfurt sausage

Oleogel

Saturated fat

Edible oil

Edible wax

##### Original Research,

Food Science

##### \*Corresponding author:

Elizabeth del Carmen

Varela Santos

E-mail address:

[e.varela@itsth.edu.mx](mailto:e.varela@itsth.edu.mx)

#### ABSTRACT

The objective of this work was to study the effect of oleogels as a substitute for saturated fats in the formulation of Frankfurt sausages on the physicochemical and textural characteristics during 21 days of storage for which sausages were formulated with 100% structured soybean oil, rice wax at a concentration of 4% (oleogel) and, replacing saturated fat, as well as a control group with 100% saturated fat. Physicochemical and textural characterization of the sausages were performed on day 1 and day 21 after production. The sausages formulated with oleogel reflected an excellent nutrient content, especially protein, higher than the commercial ones, as well as good water and fat binding properties, reflected in the hardness and elasticity superior to the control (all pork fat), the Frankfurt type sausages retained their textural characteristics throughout storage with the exception of the one formulated with 100% of the oleogel that showed cohesiveness statistically equal ( $p>0,05$ ) to the control system. Consequently, the incorporation of oleogels formulated with polyunsaturated vegetable oils and vegetable waxes in the Frankfurt type sausage may be a potential application of these materials in the meat industry to impart characteristics similar to those achieved by saturated fats.

#### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de oleogeles como sustituto de grasas saturadas en la formulación de salchichas tipo Frankfurt sobre las características fisicoquímicas y texturales durante 21 días de almacenamiento para lo cual fueron formuladas salchichas con el 100% de aceite de soya estructurado con cera de arroz en una concentración del 4% (oleogel) y, en sustitución de la grasa saturada, así como una formulación control con el 100% de grasa saturada. Las salchichas se caracterizaron bromatológica y texturalmente en los días 1 y 21 después de su elaboración. Las salchichas formuladas con oleogel reflejaron un excelente contenido de nutrientes sobre todo de proteína superior a las comerciales, así como buenas propiedades aglutinantes de agua y grasas, reflejadas en la dureza y elasticidad superiores al control (toda la grasa de cerdo), las salchichas tipo Frankfurt conservaron sus características texturales en el tiempo de almacenamiento con excepción de la formulada con el 100 % del oleogel sin diferencia estadísticamente significativa en la cohesividad ( $p>0,05$ ), con respecto a la formulación control, como conclusión la incorporación de oleogeles formulados con aceites vegetales poliinsaturados y ceras vegetales en la formulación de salchichas tipo Frankfurt puede tener un uso potencial de estos materiales en la industria cárnica con características similares a las impartidas por las grasas saturadas.

**Palabras clave:** Salchicha tipo Frankfurt, Oleogel, Grasa Saturada, Aceites comestibles, Ceras comestibles.

#### INTRODUCCIÓN

Las grasas saturadas son empleadas en alimentos debido a las propiedades sensoriales y atributos texturales impartidos a los mismos, la funcionalidad y textura de los productos alimenticios que contienen

grasas sólidas son conferidas por la red coloidal subyacente de pequeños cristales de grasa que atrapan físicamente el aceite en esta estructura de red (Patel *et al.*, 2014), esta red de cristales de grasa, compuesta por grasas saturadas, es esencial para proporcionar estructura al aceite líquido que, en consecuencia, sin

grasas saturadas, estos productos no serían posibles de formular (Hughes *et al.*, 2009). Adicionalmente, existen estudios que apoyan el reemplazo parcial de alimentos ricos en ácidos grasos saturados (AGS), por aquellos ricos en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) presentes en aceites vegetales comestibles, para reducir el riesgo de enfermedad coronaria y otras relacionadas (Nettleton *et al.*, 2017). El uso de organogeles, corresponde a una de las principales alternativas, que ha sido motivo de investigación durante los últimos años y que se centra en estructurar aceites líquidos e impartir características funcionales, de aspecto sólido, a través de organogeles (García-Andrade *et al.*, 2019). En esta nueva tecnología, que ha captado un especial interés, para estructurar aceites comestibles con oleogelantes, en donde los aceites líquidos quedan atrapados dentro de un espacio tridimensional sin modificaciones químicas (Marangoni, 2012). Los oleogeles muestran así propiedades similares a las de un sólido, aunque contienen alta proporción de ácidos grasos insaturados y bajo contenido de ácidos grasos saturados (Davidovich-Pinhas *et al.*, 2016), que permiten otorgar textura a las formulaciones donde son incorporados. Dichos materiales han sido empleados ampliamente en numerosas aplicaciones en las que destacan matrices cárnicas como salchichas introduciendo gelificadores poliméricos, como la etilcelulosa (EC) y monoglicéridos (MG) empleando aceites comestibles y la sustitución parcial de grasa saturada (García-Andrade *et al.*, 2019; Wolfer *et al.*, 2018), procesados lácteos (Moschakis *et al.*, 2017; Yilmaz & Ögütçü, 2015), confitería (Patel *et al.*, 2014; Stortz *et al.*, 2012a) entre otros. Proporcionando tanto los beneficios nutricionales de los aceites (Stortz *et al.*, 2012b) como los atributos organolépticos y tecnológicos similares a los atribuidos a las grasas *trans* y saturadas (Barbut *et al.*, 2016a, 2016b; Zetzl *et al.*, 2012).

Las ceras vegetales exploradas como estructurantes de los diferentes tipos de aceite, es decir, que demostraron que forman una red tridimensional compleja que atrapa el aceite líquido en un material similar a un gel en concentraciones tan bajas como 0,5 – 4 % en peso, son las ceras de salvado de arroz (CSA) (Dassanayake *et al.*, 2012), candelilla (CC) (Blake *et al.*, 2014), carnauba (CCar) (Blake *et al.*, 2014; Rocha *et al.*, 2013), girasol (CG) (Hwang *et al.*, 2012), abeja (CA) (Yilmaz & Ögütçü, 2014) y caña de azúcar (CCA) (Rocha *et al.*, 2013).

Por su parte la CSA ha demostrado potencial para muchas aplicaciones en cosméticos, productos farmacéuticos, alimentos, polímeros y productos de cuero, así como otras ceras vegetales como CCar y CC. En particular Dassanayake *et al.*, (2009), encontraron que era necesario un mínimo de 0,5 % en peso de la CSA para la gelificación del aceite, en comparación con el 2 % en peso para CC y 4 % en peso para CCar. La presencia de cristales en forma de agujas promovidas por CSA, se

ha asociado con su capacidad de gelificación superior (Blake *et al.*, 2014). Es importante destacar que el tipo de aceite, ya sea salvado de arroz (Blake *et al.*, 2014), canola (Dassanayake *et al.*, 2009), ensalada (aguacate, nuez, cacahuete) (Doan *et al.*, 2015), oliva (Hwang *et al.*, 2012), o camelia (Dassanayake *et al.*, 2012), afecta fuertemente la reología y la estabilidad cinética del oleogel. Así mismo los oleogeles elaborados con un 10% de CSA pueden ser firmes y quebradizos, a pesar de un contenido de grasa sólida <7 %. La temperatura de fusión de los oleogeles de CSA aumenta a medida que incrementa la concentración de cera (Dassanayake *et al.*, 2012). Además de la concentración del agente gelificante, otras variables de fabricación del oleogel, como la velocidad de enfriamiento, el tipo de agente gelificante y el tiempo de almacenamiento, pueden influir en la temperatura de fusión y la firmeza del oleogel final (Alvarez-Mitre *et al.*, 2012). Lo anterior representa la ventaja tecnológica de diseñar un oleogel, con el fin de obtener el producto que cumpla con la necesidad presentada, incluyendo aceites altamente poliinsaturados que pueden afectar la textura final del alimento, así como la aceptabilidad general del mismo.

La industria de productos cárnicos procesados está mostrando su pleno apogeo y está evidenciando una creciente tendencia en el consumo debido a la popularidad mundial de estos productos, sin embargo, son activos proveedores de grasas saturadas y *trans*, perjudiciales para la salud por atribuírseles ser precursores de enfermedades del metabolismo del ser humano. La creciente demanda de productos cárnicos seguros y de alta calidad, por parte del consumidor preocupado por su salud, plantea un nuevo desafío para los investigadores y en el desarrollo de productos en la industria de alimentos, relacionados con el sector cárnico con el fin de elaborar productos cárnicos procesados saludables y bajos en grasa (Özer & Çelegen, 2021). Distintos enfoques dirigidos a reemplazar o reducir las grasas *trans* y las saturadas en productos cárnicos procesados, señalan que los oleogeles elaborados a partir de aceites vegetales o de pescado, son un sistema de grasa estructurado único utilizado en aplicaciones industriales debido a sus ventajas nutricionales y ambientales (Manzoor *et al.*, 2022; Ruíz & Herrero, 2022).

El desarrollo de diversos productos cárnicos saludables como salchichas, hamburguesas, entre otros, mediante la sustitución de la grasa nativa rica en ácidos grasos saturados (AGS) y ácidos grasos *trans* (AGT) por oleogeles más saludables, ricos en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), y que según el gelante empleado, pueden impartir atributos sensoriales similares a los conferidos por las grasas saturadas (García-Andrade *et al.*, 2019), hacen que el uso de organogeles sea una oportunidad en la industria de los alimentos para mejorar aún más la textura en alimentos cárnicos. En-

tonces, se podrían desarrollar organogeles más duros, y esto permitiría la adaptación de las propiedades de dureza, cuando se consideran en las emulsiones cárnicas, factores como el nivel de proteína y el tipo de relleno (Ritzoulis *et al.*, 2010). Sin embargo, se ha encontrado escasa investigación sobre el uso de ceras vegetales en los productos alimenticios, y aún menos dentro de las carnes procesadas. Se pueden mencionar el empleo de etilcelulosa y aceite de canola, obteniéndose salchichas con características intermedias a las producidas con grasa animal (Zetzl *et al.*, 2012), además, la sustitución de la grasa de vacuno por oleogel de etilcelulosa, mostró una mejora en los rendimientos de cocción (Domínguez *et al.*, 2017; Nettleton *et al.*, 2017). Por consiguiente, el reciente empleo de aceites estructurados en matrices cárnicas, específicamente salchichas, han demostrado la oportunidad de contribuir a reducir la grasa saturada en dicho producto y resolver problemáticas de textura deficiente asociada con el uso de aceites vegetales líquidos.

El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto del reemplazo parcial y total de la grasa saturada sobre la composición nutricional y atributos texturales en formulaciones de salchichas tipo Frankfurt implementando oleogeles de cera de salvado de arroz como sustituyente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Preparación de oleogeles

Para la preparación de los oleogeles el aceite de soya (Ragasa Industrias SA de CV, Monterrey, Méx) se precalentó a 80°C durante 10 min, en agitación constante (Cole-Parmer, Mod. 03407-10, Chn.). Posteriormente, se adicionó la cera de arroz (CA) (Multiceras, NL, Méx) en una concentración al 4 % p/p, manteniendo la agitación durante 30 min. Finalmente, el oleogel de soya (SO) se almacenó a 4 °C durante 5-7 días previo a su uso.

### Formulación de salchichas tipo Frankfurt

Se prepararon las formulaciones de salchichas según se muestra en la Tabla 1, con cada proporción de oleogel tomando la carne (Frigorífico de la Cuenca del Papaloapan, El Amate, México). La fracción grasa sustituida al 100 % SO y 50 % SO, así como un control con 100 % grasa de puerco (GS), se prepararon siguiendo la metodología propuesta por Paltrinieri & Meye, (2002), cada una se homogenizó en un procesador de alimentos (Cuisinart, Mod. CFP-800, México). Se almacenó a 8 °C por 24 h, después se realizó el embutido en una tripa sintética, y se escaldó a 70 °C por 20 min, posteriormente, se empacaron al vacío (Vacumm Sealler, Mod. LP-11S, China) manteniéndolas en refrigeración a 4 C para su posterior análisis.

**Tabla 1.** Tratamientos experimentales implementado en salchichas tipo Frankfurt y días en los que se evaluarán las variables de respuesta.

**Table 1.** Experimental treatments implemented in Frankfurt sausages and days in which the response variables will be evaluated.

FORMULACIÓN	DÍAS
100 % Grasa Saturada (GS)	
100 % Oleogel de Soya (SO)	1 21
50 % (SO)-50 % (GS)	

### Caracterización nutricional de salchichas tipo Frankfurt

La composición nutricional se determinó en términos del contenido de humedad, cenizas, grasas, proteínas y fibra cruda. Para la determinación del contenido de humedad (NMX-F-083, 2021) y cenizas (NMX-F-066-S-1978, 2021) se utilizó una estufa de secado (ECOSHEL, Mod. 9023A, USA.) y una mufla (Thermo Scientific, Mod. FB1410M, USA.) respectivamente, mientras que la determinación de extracto etéreo (NMX-F-089-S, 2021) se realizó en un extractor de Soxhlet, empleando muestra previamente seca. El contenido de proteína fue analizado por espectrofotometría a 540 nm con un espectrofotómetro (Thermo Scientific-UV-Vis, Mod. Genesys™ 10S, USA.), acoplado el método de Biuret. Finalmente, el contenido de fibra cruda fue determinada por diferencia, cada análisis se realizó por triplicado con muestra triturada y sin tripa sintética, al día siguiente de su elaboración.

### Análisis de textura

A las muestras se les aplicó un análisis de perfil de textura (TPA), entonces muestras de 2 cm de longitud fueron colocadas en un texturómetro (Brookfield, Mod. CT3-4500, Middleboro, USA.), utilizando una sonda de corte para una deformación de 11 mm y una velocidad impulsora de 2 mm/s. El TPA caracteriza las muestras considerando los siguientes parámetros: dureza, cohesividad, elasticidad, y adhesividad y permitiendo el cálculo de pegajosidad y masticabilidad (Ecuación 1 y 2), se trabajó a temperatura ambiente (22 °C) midiendo en el día 1 y el 21 después de la elaboración de las muestras. Estas muestras fueron tomadas por quintuplicado.

$$\text{Pegajosidad} = \text{Dureza} * \text{Cohesividad} \quad \text{Ec. 1}$$

$$\text{Masticabilidad} = \text{Dureza} * \text{Cohesividad} * \text{Elasticidad} \quad \text{Ec. 2}$$

## Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza ANOVA con un intervalo de confianza del  $p < 0,05$  empleando el Software StatSoft, 2011 versión 10, para el tratamiento de los datos en cada tiempo de almacenamiento estudiado, así como el contraste entre medias, los gráficos indican el error estándar.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### Efecto de la composición proximal

En la Tabla 2 se presentan las características fisicoquímicas de las salchichas tipo Frankfurt con oleogel de soya estructurado con cera de salvado de arroz.

Los resultados de la caracterización fisicoquímica mostraron que las salchichas tipo Frankfurt elaboradas con SO presentaron menor humedad que con respecto a la formulación control, sin embargo, estos valores resultaron ser menores que los reportados por Wolfer *et al.*, 2018, quienes alcanzan valores del 59.68 % tras el uso de SO al 10 % y 59.48 % al emplear SO al 2.5 %, lo cual es un comportamiento similar al obtenido, al ser el valor del control superior al de las formulaciones, esto debido a que la grasa saturada promueve la estabilidad y la humedad de la emulsión. Los valores de cenizas fueron similares en los tratamientos, debido a la adición de sales promotoras de los atributos sensoriales en estos productos, la cantidad de lípidos y la fibra no manifestaron diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), sin embargo, dado que es un producto natural, las proteínas mostraron una variación dentro de los parámetros normales, que además, es superior a las que se pueden encontrar declarado en la etiqueta de la mayoría de los productos de su tipo en el mercado, esta sería una característica muy interesante pues la cantidad total de proteínas en una formulación cárnica, también juega un papel importante en la producción y la estabilidad del producto; el mayor nivel de proteína en las formulaciones puede reducir la proporción de sal a la proteí-

na, con lo cual se aumentarían las interacciones tipo proteína-proteína y posiblemente reduciría la unión con el agua (Youssef & Barbut, 2010). Sin embargo, no se debe despreciar el hecho de que la carne aporta grasa la cual se encuentra atrapada en el músculo, debido a la alimentación del mismo animal, por lo que al estar en mayor concentración dentro de la formulación parece haber mantenido la compatibilidad con el oleogel adicionado, puesto que en todos los tratamientos se obtuvieron productos robustos con buenas características visuales para la evaluación de la textura, lo cual es consistente con lo reportado por Barbut & Youssef (2009) quienes concluyen que la sustitución de grasas saturadas por aceites vegetales estructurados no producen separación de agua o grasa, las características fisicoquímicas no manifestaron cambio tras el periodo de almacenamiento de 21 días.

### Efecto en la textura

Los datos correspondientes a la evaluación de textura muestran claramente que la intervención de un oleogel en la estructuración de la salchicha tipo Frankfurt proporciona mayor dureza a la matriz cárnica de la salchicha (Figura 1), según Barbut & Youssef (2009), esto es debido a que los glóbulos de grasa son más pequeños y se encuentran dispersados por toda la masa cárnica, lo que a su vez produciría una mayor superficie de membrana proteica interfacial alrededor de los glóbulos de grasa otorgados por SO, así mismo, se observó que la formulación con 50 %SO mostró valores de dureza superiores de 6.05 N a los encontrados con el uso del 100 % SO de 5.09 N, aunque ambos casos son superiores a los encontrados en el sistema control 100 %GS de 2.83N, lo cual es una información interesante, debido a que esto demuestra que la dureza puede cambiar dependiendo de la proporción empleada de oleogel en la masa, así como también de la acción mimética SO-GS cuando son empleadas en conjunto, ya que esto potencializa la estructuración de la masa cárnica provocando una mayor dureza (Barbut *et al.*, 2016a).

**Tabla 2.** Caracterización fisicoquímica de salchichas tipo Frankfurt formuladas con oleogel al 50 % y 100 % y el control con el 100 % de grasa saturada.

**Table 2.** Physicochemical characterization of Frankfurt sausages formulated with 50 % and 100 % oleogel and the control with 100 % saturated fat.

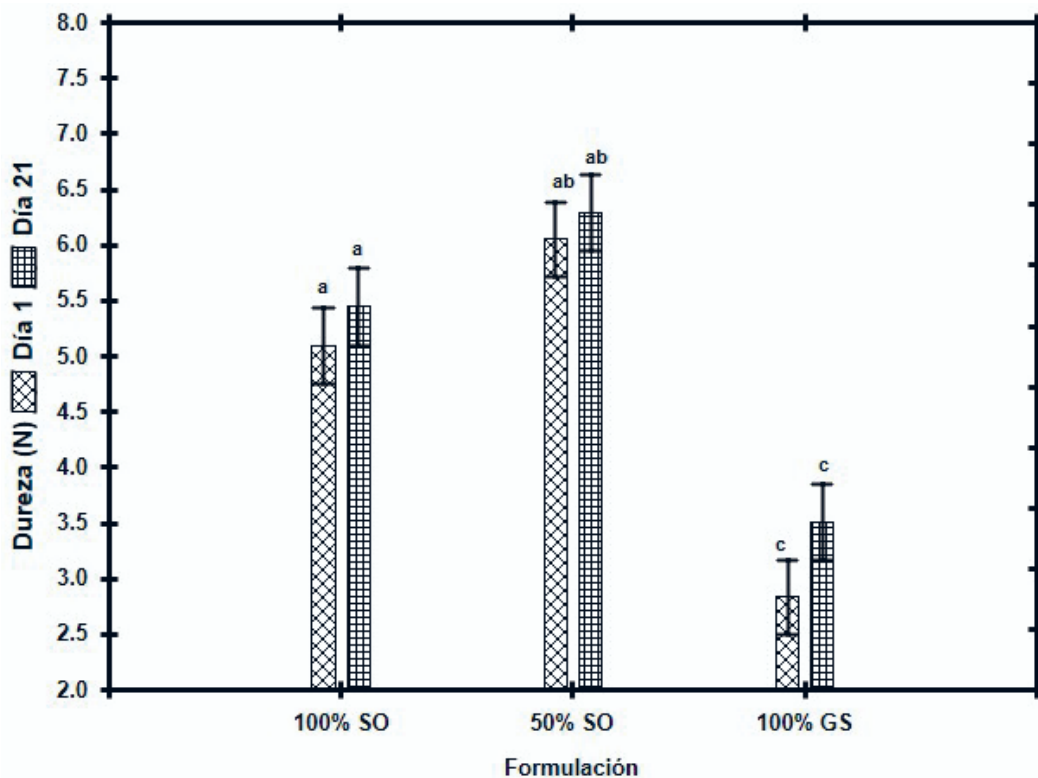
Tratamiento	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	Lípidos (%)	Fibra (%)
100% SO	46,5 ± 0,10 <sup>a</sup>	2,8 ± 0,05 <sup>a</sup>	18,0 ± 0,37 <sup>a</sup>	19,6 ± 0,81 <sup>a</sup>	13,1 ± 3,30 <sup>a</sup>
50% SO	43,5 ± 0,14 <sup>b</sup>	2,5 ± 0,03 <sup>b</sup>	21,4 ± 0,13 <sup>b</sup>	22,4 ± 1,10 <sup>a</sup>	10,2 ± 0,33 <sup>a</sup>
100%GS	50,8 ± 0,13 <sup>c</sup>	2,7 ± 0,01 <sup>c</sup>	16,7 ± 0,13 <sup>c</sup>	20,0 ± 1,60 <sup>a</sup>	9,9 ± 0,19 <sup>a</sup>

Letras diferentes en superíndices indican que son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ).  
 Different letters in superscripts indicate that they are significantly different ( $p < 0,05$ ).

Adicionalmente, el fenómeno de maduración propia de los productos embutidos, debido a la adición de sustancias curantes que actúan curtiendo lentamente los productos, dando tiempo a la formación del gusto y del aroma, además, de que en productos crudos donde deben emplearse materiales grasos con elevado punto de fusión, ya que en caso contrario se tornan fácilmente viscosos durante el picado, exudando grasa que, en contacto con la carne, dificultan su ligazón y la penetración de sustancias curantes, que afectan sus características físicas, así como su apreciación sensorial en términos generales las salchichas son emulsiones cárnicas pueden considerarse como dispersiones del tipo grasa en agua formadas por tejido muscular, tejido adiposo, agua, sales inorgánicas (de cura) y aditivos (Ramos *et al.*, 2004). Según Tornberg *et al.*, (1997), las gotas de grasa se encuentran semisólidas o parcialmente cristalizadas y dispersas en una fase continua semisólida de proteínas gelificadas, que forman la matriz, donde las gotas de grasa son efectivamente atrapadas, otorgándole estabilidad a la emulsión, lo que a su vez originaría la reestructuración del sistema. En la Figura 1 son presentados los resultados de dureza después de 21 días a 4 °C en los que se observa un incremento en el valor para todos los sistemas estudiados,

en que el sistema de 100 %GS presentó un incremento del 19.1 %, seguida del 100 %SO con 6.4 % y 50 %SO con el 3.6 %, sin embargo, las formulaciones con SO no mostraron diferencia significativa ( $p>0,05$ ) atribuida al almacenamiento, por lo que se consideran sistemas estables, en comparación con la formulación de GS, esto debido a que el oleogel está constituido principalmente por aceite altamente poliinsaturado, lo cual promovió la estructuración con la proteína debido a fuerzas de interacción de corto alcance como puentes de hidrógeno, lo cual estabilizó a la emulsión otorgándole mayor dureza sin esta ser dependiente del tiempo de almacenamiento (Barbut & Youssef, 2009).

En la Tabla 3 se resumen los resultados del análisis de textura en el día 1 y 21 después de su elaboración. El reemplazo de GS por SO resulta en un incremento en la elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad, observando que la sustitución del sistema graso no tuvo efecto sobre la adhesividad de las formulaciones en el día 1 después de su elaboración, así mismo en el día 21 no se presentó una diferencia significativa ( $p>0,05$ ) sobre este parámetro, la adhesividad es la adherencia de un material a otras superficies, lo cual sugiere que al cortar la muestra para la evaluación se generaron huecos o bolsas, donde estaban los glóbulos de grasa



**Figura 1.** Efecto de la sustitución de grasa saturada de cerdo por oleogel de soja sobre la dureza de salchichas tipo Frankfurt. Las barras representan el error estándar. Letras diferentes muestran diferencia significativa entre los tratamientos ( $p<0,05$ ).

**Figure 1.** Effect of replacing saturated pork fat with soy oleogel on the hardness of Frankfurt sausages. The bars represent the standard error. Different letters show significant difference between treatments ( $p<0,05$ ).

**Tabla 3.** Efecto del tipo de la sustitución de grasa sobre la el perfil de textura de salchichas tipo Frankfurt.

**Table 3.** Effect of fat replacement on the texture profile of Frankfurt sausages.

Tratamiento	Elasticidad (cm)	Cohesividad	Adhesividad (mJ)	Gomosidad (N)	Masticabilidad (N)
<b>Día 1</b>					
100%GS	8,58 ± 1,89 <sup>a</sup>	0,31 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,34 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,91 ± 0,31 <sup>a</sup>	7,62 ± 2,14 <sup>a</sup>
100% SO	10,14 ± 0,51 <sup>b</sup>	0,48 ± 0,11 <sup>b</sup>	0,84 ± 0,90 <sup>a</sup>	2,47 ± 0,84 <sup>b</sup>	25,06 ± 8,78 <sup>b</sup>
50%SO	10,08 ± 1,05 <sup>b</sup>	0,52 ± 0,10 <sup>b</sup>	0,38 ± 0,25 <sup>a</sup>	3,20 ± 1,10 <sup>b</sup>	32,12 ± 10,88 <sup>b</sup>
<b>Día 21</b>					
100%GS	8,30 ± 0,17 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,44 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,90 ± 0,20 <sup>a</sup>	7,45 ± 1,78 <sup>a</sup>
100% SO	9,98 ± 0,38 <sup>b</sup>	0,37 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,59 ± 0,09 <sup>a</sup>	2,02 ± 0,47 <sup>b</sup>	20,14 ± 4,81 <sup>b</sup>
50%SO	10,00 ± 0,38 <sup>b</sup>	0,43 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,78 ± 0,60 <sup>a</sup>	2,67 ± 0,29 <sup>b</sup>	26,71 ± 2,59 <sup>b</sup>

Una columna con diferentes superíndices indica una diferencia significativa (p<0,05).

A column with different superscripts indicates a significant difference (p<0,05).

dispersados, por lo que se convierte en un ambiente vacío y esto hace que se adhieran a la sonda (Wolfer *et al.*, 2018), lo cual constituye una clara evidencia del efecto del almacenamiento sobre las emulsiones cárnicas, sin importar la naturaleza de la fase grasa.

La elasticidad es la medida de la distancia de la altura detectada del producto en la segunda compresión dividida por la distancia de compresión original (Callister & Rethwisch, 2018), como resultado se encontró que la sustitución de GS por SO incremento significativamente (p>0,05) la elasticidad, sin embargo, GS no tuvo efecto en el tiempo de almacenamiento sobre esta característica, lo que es debido a la estructuración que promueve el oleogel sobre las proteínas presentes en la matriz cárnica, así como a la distribución y el tamaño de los glóbulos de grasa promovidos por el oleogel, en consecuencia la gomosidad y la masticabilidad tuvieron el mismo comportamiento (Jiménez-Colmenero *et al.*, 2010). Por otra parte, la cohesividad resultó no mostrar diferencia significativa distinta (p<0,05) para GS en el día 1 y 21 de almacenamiento comparándose con la formulación del 100 %SO después de los 21 días de almacenamiento, la cohesividad es la relación entre el trabajo activo realizado bajo la segunda curva de compresión, con respecto al realizado bajo la primera curva de compresión, lo cual indica que el tiempo de almacenamiento juega un papel importante en la estabilización de la emulsión propiciando que se generen interacciones de corto alcance más estables en el oleogel por sí mismo, que cuando se encuentra vinculado con GS, ya que en este sentido podría considerarse un sustituto de GS. Las propiedades textura observadas sugieren que los oleogeles elaborados con aceite de soya y estructurados con cera de arroz pueden ser diseñados para obtener características similares a la desarrollada por la grasa saturada en emulsiones cárnicas.

### CONCLUSIÓN

Esta investigación exploró los efectos de la sustitución de grasa saturada por oleogeles de soya estructurados con cera de arroz, donde los oleogeles demostraron características nutricionales similares a las formulaciones con grasa saturada. Las salchichas elaboradas con oleogel ofrecen la ventaja de que los atributos de textura se mantienen al incrementar la concentración del oleogel en la formulación, así como en los días de maduración, aunque promovieron la adhesividad y cohesividad, observándose un comportamiento similar a la formulación control con grasa saturada, los cuales son atributos muy valorados por el consumidor, sin embargo, presentaron un incremento en la dureza, que podría ser considerado un inconveniente del punto de vista sensorial, sin importar la proporción en que se sustituyó de la grasa saturada. Posteriormente, la evaluación sensorial será necesaria para investigar las preferencias de los consumidores.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Licet Bello Luna y Mario Luna Flores de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz por el soporte técnico, al COVEICYDET por el apoyo financiero para la realización de este proyecto CP03111813/2023, a CONAHCYT por las becas otorgadas para estudios de posgrado y posdoctorado.

### REFERENCIAS

Alvarez-Mitre, F. M., Morales-Rueda, J. A., Dibildox-Alvarado, E., Charó-Alonso, M. A., & Toro Vazquez, J. F. 2012. Shearing as a variable to engineer the rheology of candelilla wax organogels.

- Food Research International*, 49(1), 580–587. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.08.025>
- Barbut, S., Wood, J., & Marangoni, A. G. 2016a. Potential use of organogels to replace animal fat in comminuted meat products. *Meat Science*, 122, 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.08.003>
- Barbut, S., Wood, J., & Marangoni, A. G. 2016b. Effects of Organogel Hardness and Formulation on Acceptance of Frankfurters. *Journal of Food Science*, 81(9). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13409>
- Barbut, S., & Youssef, M. K. 2009. Effects of protein level and fat / oil on emulsion stability , texture, microstructure and color of meat batters. *Meat Science*, 82(2), 228–233. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.015>
- Blake, A. I., Co, E. D., & Marangoni, A. G. 2014. Structure and Physical Properties of Plant Wax Crystal Networks and Their Relationship to Oil Binding Capacity. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(6), 885–903. <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2435-0>
- Callister, W. D. J., & Rethwisch, D. G. 2018. Material Science and Engineering An Introduction, Tenth Ed. In *John Wiley & Sons, Inc.*
- Dassanayake, L. S. K., Kodali, D. R., Ueno, S., & Sato, K. 2009. Physical Properties of Rice Bran Wax in Bulk and Organogels. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(12). <https://doi.org/10.1007/s11746-009-1464-6>
- Dassanayake, L. S. K., Kodali, D. R., Ueno, S., & Sato, K. 2012. Crystallization Kinetics of Organogels Prepared by Rice Bran Wax and Vegetable Oils. *Journal of Oleo Science*, 61(1), 1–9. <https://doi.org/10.5650/jos.61.1>
- Davidovich-Pinhas, M., Barbut, S., & Marangoni, A. G. 2016. Development, Characterization, and Utilization of Food-Grade Polymer Oleogels. *Annual Review of Food Science and Technology*, 7(1), 65–91. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-041715-033225>
- Doan, C. D., Van de Walle, D., Dewettinck, K., & Patel, A. R. 2015. Evaluating the Oil-Gelling Properties of Natural Waxes in Rice Bran Oil: Rheological, Thermal, and Microstructural Study. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92(6), 801–811. <https://doi.org/10.1007/s11746-015-2645-0>
- Domínguez, R., Pateiro, M., Agregán, R., & Lorenzo, J. M. 2017. Effect of the partial replacement of pork backfat by microencapsulated fish oil or mixed fish and olive oil on the quality of frankfurter type sausage. *Journal of Food Science and Technology*, 54(1), 26–37. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2405-7>
- Gaetano Dott Paltrinieri, M. R. M. 2002. *Elaboración de productos cárnicos* (D. B. J. Pastor Glass (ed.); Septima).
- García-Andrade, M., Gallegos-Infante, J. A., & González-Laredo, R. F. 2019. Organogeles como mejoradores del perfil lipídico en matrices cárnicas y lácteas. *CienciaUAT*, 14(1), 121. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1129>
- Hughes, N. E., Marangoni, A. G., Wright, A. J., Rogers, M. A., & Rush, J. W. E. 2009. Potential food applications of edible oil organogels. *Trends in Food Science & Technology*, 20(10), 470–480. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.06.002>
- Hwang, H. S., Kim, S., Singh, M., Winkler-Moser, J. K., & Liu, S. X. 2012. Organogel formation of soybean oil with waxes. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(4), 639–647. <https://doi.org/10.1007/s11746-011-1953-2>
- 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>
- Manzoor, S., Masoodi, F. A., Rashid, R., Naqash, F., & Ahmad, M. 2022. Oleogels for the development of healthy meat products: A review. *Applied Food Research*, 2(2), 100212. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100212>
- Marangoni, A. G. 2012. Organogels: An Alternative Edible Oil-Structuring Method. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(5), 749–780. <https://doi.org/10.1007/s11746-012-2049-3>
- Moschakis, T., Dergiade, I., Lazaridou, A., Biliaderis, C. G., & Katsanidis, E. 2017. Modulating the physical state and functionality of phytosterols by emulsification and organogel formation: Application in a model yogurt system. *Journal of Functional Foods*, 33, 386–395. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.04.007>
- Nettleton, J. A., Brouwer, I. A., Geleijnse, J. M., & Hornstra, G. 2017. Saturated Fat Consumption and Risk of Coronary Heart Disease and Ischemic Stroke: A Science Update. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 70(1), 26–33. <https://doi.org/10.1159/000455681>
- Özer, C. O., & Çelegen, Ş. 2021. Evaluation of quality and emulsion stability of a fat-reduced beef burger prepared with an olive oil oleogel-based emulsion. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(8), 1–11. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14547>
- Patel, A. R., Rajarethinem, P. S., Grędowska, A., Turhan, O., Lessaffer, A., De Vos, W. H., Van de Walle, D., & Dewettinck, K. 2014. Edible applications of shellac oleogels: spreads, chocolate paste and cakes. *Food Funct.*, 5(4), 645–652. <https://doi.org/10.1039/C4FO00034J>
- Ramos, N. A. G., Farias, M. E., Almada, C., & Crivaro, N. 2004. Estabilidad de Salchichas con Hidrocoloides y Emulsificantes. *Información Tecnológica*, 15(4). <https://doi.org/10.4067/S0718-07642004000400013>
- Ritzoulis, C., Petridis, D., Derlikis, E., Fytianos, K., & Asteriou, P. 2010. Utilization of inverse water-in oil emulsions as fat replacers in frankfurter model sausages: influence of fat emulsion content on the organoleptic and mechanical properties. *Journal of Texture Studies*, 41(1), 62–74. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2009.00213.x>
- Rocha, J. C. B., Lopes, J. D., Mascarenhas, M. C. N., Arellano, D. B., Guerreiro, L. M. R., & da Cunha, R. L. 2013. Thermal and rheological properties of organogels formed by sugarcane or candelilla wax in soybean oil. *Food Research International*, 50(1), 318–323. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.10.043>
- Ruíz, C., & Herrero, A. M. 2022. *Novel Strategies for the Development of Healthier Meat and Meat Products and Determination of Their Quality Characteristics*. MDPI. <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-2985-1>
- StatSoft, I. (2011). *No Title* (10).
- Stortz, T. A., Zetzl, A. K., Barbut, S., Cattaruzza, A., & Marangoni, A. G. 2012a. Edible oleogels in food products to help maximize health benefits and improve nutritional profiles. *Lipid Technology*, 24(7), 151–154. <https://doi.org/10.1002/lite.201200205>

- Tornberg, E., Olsson, A., & Perrson, K. 1990. The structural and interfacial properties of food proteins in relation to their function in emulsions. In K. Larsson (Ed.), *Food Emulsions* (pp. 247–326). Marcel Dekker Inc.
- Wolfer, T. L., Acevedo, N. C., Prusa, K. J., Sebranek, J. G., & Tarté, R. 2018. Replacement of pork fat in frankfurter-type sausages by soybean oil oleogels structured with rice bran wax. *Meat Science*, 145(July), 352–362. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.012>
- Yilmaz, E., & Ögütçü, M. 2014. Properties and Stability of Hazelnut Oil Organogels with Beeswax and Monoglyceride. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(6), 1007–1017. <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2434-1>
- Yilmaz, E., & Ögütçü, M. 2015. The texture, sensory properties and stability of cookies prepared with wax oleogels. *Food & Function*, 6(4), 1194–1204. <https://doi.org/10.1039/C5FO00019J>
- Youssef, M. K., & Barbut, S. 2010. Physicochemical Effects of the Lipid Phase and Protein Level on Meat Emulsion Stability, Texture, and Microstructure. *Journal of Food Science and Technology*, 75(2). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01475.x>
- Zetzel, A. K., Marangoni, A. G., & Barbut, S. 2012. Mechanical properties of ethylcellulose oleogels and their potential for saturated fat reduction in frankfurters. *Food and Function*, 3(3), 327–337. <https://doi.org/10.1039/c2fo10202a>