

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**

**GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

**EFEECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE GRASA  
POR UNA EMULSIÓN GELIFICADA ELABORADA  
CON COPRODUCTOS DEL CACAO Y ACEITE DE  
NUEZ SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS, FISI-  
COQUÍMICAS Y SENSORIALES DE HAMBURGUE-  
SAS DE TERNERA.**

**Autor: Samuel Sánchez Navío**

**Tutor: Manuel Viuda Martos**



# **EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE GRASA POR UNA EMULSIÓN GELIFICADA ELABORADA CON COPRODUCTOS DEL CACAO Y ACEITE DE NUEZ SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS, FISCOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE HAMBURGUESAS DE TERNERA.**

## **Resumen:**

La industria cárnica española es de los principales sectores del país, esta industria en los últimos años ha tenido que adaptarse a las nuevas tendencias y demandas de los consumidores, entre ellas la elaboración de productos con una menor densidad calórica, y también con un contenido reducido en grasas. El objetivo de este estudio es la elaboración de una hamburguesa de ternera donde parte de la grasa animal sea sustituida por una emulsión gelificada a base de coproductos del cacao y aceite de nuez, mejorando así el perfil lipídico del producto.

**Palabras clave:** sustitución, hamburguesa, poliinsaturados, cacao, emulsión gelificada.

## **EFFECT OF THE PARTIAL REPLACEMENT OF FAT BY A GELIFIED EMULSION PREPARED WITH CO-PRODUCTS OF COCOA AND WALNUT OIL ON THE CHEMICAL, PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES OF BEEF BURGER.**

## **Abstract:**

The meat industry in Spain is one of the main sectors of the country, this industry in recent years has had to adapt to new trends and consumer demands, including the production of products with a lower caloric density, and also with a reduced content in fats. The objective of this study is the elaboration of a beef burger where part of the animal fat is replaced by a gelled emulsion based on cocoa co-products and walnut oil, thus improving the lipid profile of the product.

**Key words:** replacement, burger, polyunsaturated, cocoa, gelled emulsion.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
1.2 CONSUMO DE CARNE Y SU RELACIÓN CON LA SALUD .....	8
1.3 ESTRATEGIAS ENCAMINADAS AL DESARROLLO DE CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS MÁS SALUDABLES .....	9
1.3.1 Modificación de la dieta animal .....	9
1.3.1.1 Reducción de la grasa animal .....	10
1.3.1.2 Modificación del Perfil Lipídico .....	11
1.3.1.3 Adición Directa de Aceite.....	12
1.3.1.4 Microencapsulación .....	13
1.3.1.5 Oleogeles .....	14
1.3.1.6 Emulsión Gelificada.....	15
1.3.2 ACEITES VEGETALES CON PERFIL LIPÍDICO MÁS SALUDABLE ...	16
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
2.1. Objetivo General .....	18
2.2. Objetivos particulares.....	18
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1. Elaboración de la emulsión gelificada .....	19
3.2. Elaboración de las hamburguesas .....	20
3.3. Determinación de la Composición química .....	21
3.3.1. Grasa .....	21
3.3.2. Proteínas .....	22
3.3.3. Cenizas .....	22
3.3.4. Humedad .....	22
3.4. Propiedades físico-químicas .....	22
3.4.1. Actividad de agua (Aw) .....	22
3.4.2. pH .....	22
3.4.3. Color .....	23
3.4.4. Análisis del perfil de textura .....	24
3.5. Propiedades de cocción .....	24
3.6. Análisis del perfil lipídico .....	24
3.7. Análisis de la oxidación lipídica (TBA) .....	25
3.8. Análisis sensorial .....	25
3.9. Análisis estadístico.....	26

<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>27</b>
4.1 Composición química de las hamburguesas.....	27
4.2. Perfil de ácidos grasos.....	29
4.3 Características físico-químicas y parámetros de color.....	31
4.4 Propiedades de textura.....	32
4.5 Propiedades de cocción.....	33
4.6 Grado de oxidación lipídica.....	34
<b>5. CONCLUSIÓN</b> .....	<b>37</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>39</b>



# 1. INTRODUCCIÓN

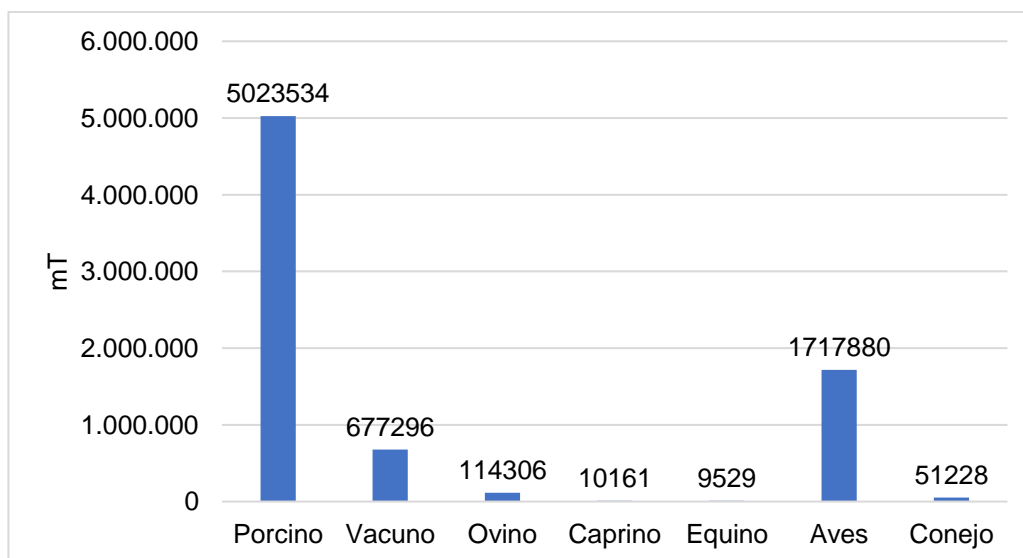
## 1.1 Producción y Consumo de Carne en España

La industria cárnica está en la cuarta posición a nivel de industrias en España, lo que significa que en el año 2020 llegaron a producirse 7,6 millones de toneladas de carne en España, de los cuales el 82,6%, es decir, 5 millones fueron carne porcina, lo que representa un hito histórico con un aumento del 8,2% de la producción de carne porcina con respecto al año 2019. Este aumento de la producción mundial sitúa a España como el cuarto productor mundial de carne porcina con un 4,4% (ANICE, 2020). A continuación, se muestran los datos que evidencian el aumento del consumo de carne durante los últimos 10 años.

**Tabla 1.** Producción española de carnes (T). Elaborada con datos del MAPA.

<b>Años</b>	<b>Especies ganaderas</b>					<b>Otras carnes</b>	
	<b>Porcino</b>	<b>Vacuno</b>	<b>Ovino</b>	<b>Caprino</b>	<b>Equino</b>	<b>Aves</b>	<b>Conejo</b>
2010	3.389,772	602.509	131.231	10.618	7.110	1.349.428	63.508
2011	3.469,348	604.111	130.587	11.142	11.265	1.373.604	64.139
2012	3.466,323	591.319	121.999	9.696	15.606	1.384.243	64.578
2013	3.431,219	580.840	118.261	8.939	11.668	1.342.578	63.289
2014	3.620,222	578.600	114.220	8.621	11.529	1.436.689	63.790
2015	3.854,658	626.104	115.864	9.120	12.940	1.446.990	63.461
2016	4.181,091	637.013	117.054	9.904	13.088	1.526.631	59.589
2017	4.298,789	643.861	115.114	10.713	11.034	1.528.845	57.258
2018	4.530,474	669.008	119.642	10.971	10.194	1.636.819	55.824
2019	4.641,162	695.164	121.338	10.420	9.632	1.705.190	52.143

En cuanto al consumo, cabe destacar que las circunstancias de este último año, el 2020, como podemos observar en la Figura 1, se han modificado los comportamientos de compra y también de consumo de los españoles provocando un incremento en el consumo de productos cárnicos.



**Figura 1.** Comparación de la producción de distintas carnes en España durante el año 2020.

Este aumento no se ve reflejado en los productos cárnicos de gama alta, como los ibéricos, los cuales han sufrido una bajada de consumo que es también justificable con el cierre temporal de la hostelería en España. De esta forma, en el año 2020 el consumo aumentó un 10,5% en volumen y un 12,9% en valor, lo que significa un consumo de 2.287 millones de kilos de carne (ANICE, 2020).

Estos datos se recogen en la Tabla 2, en la que se aprecia el aumento del consumo y del valor que este representa.

**Tabla 2.** Consumo en los hogares españoles durante el año 2020. Elaborada con datos de MAPA.

	2019	2020
<b>Volumen total (millones kg)</b>	2.090,22	2.287,58
<b>Valor (millones euros)</b>	14.277,88	15.990,10
<b>Consumo per cápita (kg)</b>	45,54	51,45
<b>Volumen (kg) / total alimentación</b>	7,27%	7,24%
<b>Valor (m.euros) / total alimentación</b>	20,57	20,39

## 1.2 CONSUMO DE CARNE Y SU RELACIÓN CON LA SALUD

La carne y sus derivados son productos ricos en proteínas de alto valor biológico, es decir, fácilmente asimilables por el organismo de los seres humanos, además estos productos aportan vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales, los aminoácidos que no pueden ser producidos en cantidades suficientes por el organismo humano. Es por ello que la carne es altamente recomendada en las etapas de desarrollo ([ANICE, 2020](#)).

En los últimos años, se ha visto una tendencia a la demanda de productos cárnicos con menor densidad calórica por parte de los consumidores, y el sector se ha adaptado a ello seleccionando animales más magros, de forma que se pueda así reducir el porcentaje de grasa del producto final ([Talbot, 2016](#)).

En cuanto a lo que a salud se refiere, estudios recientes han analizado el consumo de carne en los hogares españoles durante el año 2019, y es así como un estudio publicado en la revista "Annals of Internal Medicine" refleja que los niveles promedio de consumo de los adultos españoles durante el año 2019 no suponen un riesgo para la salud, puesto que las recomendaciones de consumo son de entre 2 y 4 raciones a la semana, y los adultos españoles consumen una media de 50 g al día de carne y 35 g al día si se trata de productos cárnicos procesados, valores que se encuentran alejados de lo que la Organización Mundial de la Salud considera un consumo elevado ([Johnston et al., 2019](#)).

Por otro lado, numerosos estudios concluyen que el consumo de carne y su asociación al desarrollo de ciertas enfermedades, está únicamente relacionado en casos particulares donde el consumo está fuera de las recomendaciones nutricionales siendo muy elevado ([Zhang et al., 2021](#)).



### **1.3 ESTRATEGIAS ENCAMINADAS AL DESARROLLO DE CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS MÁS SALUDABLES**

Como se ha mencionado anteriormente, el sector cárnico está experimentando nuevas tendencias por parte de los consumidores entre las que se encuentran el bienestar animal y la sostenibilidad de la producción. Entre estas tendencias, también se encuentra la demanda de productos cárnicos que tengan una menor densidad calórica y un bajo contenido en grasa ([ANICE, 2020](#)).

El sector de la industria cárnica no se ha quedado atrás, y en estos últimos años ha realizado algunas modificaciones para adaptarse a las nuevas tendencias y demandas de los consumidores, de esta forma, la ganadería se seleccionan los animales con un mayor contenido de carne magra para que esta característica de los mismos prevalezca en posteriores generaciones ([ANICE, 2020](#)), además de la selección de los animales también se ha comenzado a variar su alimentación por piensos de mejor calidad que favorezcan el desarrollo de tejido magro en los animales. No es esta la única estrategia a seguir para cumplir con esta tendencia, si no que recientemente se han llevado a cabo numerosas investigaciones para poder reducir el contenido de grasas de los derivados cárnicos, fruto de estas investigaciones son la gran cantidad de productos con el etiquetado “bajo en grasa” que podemos ver en el mercado actualmente, y estas investigaciones no cesan sino que además ya no están solo centradas en los derivados cárnicos como los embutidos, también han comenzado a realizarse en otros tipos de productos cárnicos tales como salchichas, hamburguesas o similares.

#### **1.3.1 Modificación de la dieta animal**

La dieta consumida durante la vida del animal es un factor determinante que afecta a diversas características de la carne, como por ejemplo a las propiedades organolépticas. Hoy en día los sistemas de alimentación de ganado con bajos insumos, como la alimentación basada en pasto o en forrajes forman la base para la producción de carne de rumiantes en todo el mundo. El resultado de estos sistemas son tasas de crecimiento más lentas que hacen que los animales deban vivir más años para alcanzar el tamaño óptimo de sacrificio, por otro lado, tras el sacrificio de estos

animales se obtienen canales más delgadas ([Kotch et al., 2018](#)). Por otro lado, hay sistemas de alimentación animal basados en la alimentación con gran cantidad de insumos mediante el uso de granos de cereal; estos sistemas son usados en la mayoría de los corrales y granjas de engorde y dan lugar a tasas de crecimiento más elevadas, aumentando también la eficiencia alimentaria. En el caso de estos sistemas los animales se sacrifican a una edad más temprana lo que produce carne de mayor calidad, pero en la mayoría de los casos con un mayor porcentaje de grasa ([Kotch et al., 2018](#)).

La tasa de crecimiento, la edad en el momento del sacrificio y el peso corporal influyen en las características musculares y el metabolismo energético. Dichas características pueden impulsar el metabolismo post-mortem y afectar a la aceptabilidad del producto final por parte de los consumidores ([Wicks et al., 2019](#)). De esta forma, hay estudios que muestran que la carne más tierna está asociada con una edad menor en el momento de la cosecha y con un mayor porcentaje de grasa, estos rasgos, así como también el peso corporal del animal en el momento del sacrificio tienen también influencia en el color de la carne ([Gagaoua et al., 2018](#)).

#### 1.3.1.1 Reducción de la grasa animal

Para reducir la grasa animal desde el sector de la ganadería primaria se utilizan distintas estrategias como la mejora de la alimentación de los animales a base de piensos de una calidad más elevada y más equilibrados desde el punto de vista nutricional. Además, también se llevan a cabo otras estrategias como aumentar la movilidad de los animales para que aumente su gasto calórico y también su tejido magro, o bien, la selección de animales con mayor cantidad de tejido magro por motivos genéticos de forma que esta sea una característica dominante y prevalente a lo largo de las generaciones.

### 1.3.1.2 Modificación del Perfil Lipídico

Para conseguir productos cárnicos que satisfagan las demandas de los consumidores otra de las adaptaciones del sector es la mejora del perfil lipídico de sus productos sustituyendo parte de los ácidos grasos saturados de la carne por otras sustancias.

En estas sustituciones de grasa se pueden utilizar diferentes ingredientes, por ejemplo, según el estudio realizado por [Cittadini et al. \(2021\)](#), hidrogeles realizados con una emulsión de aceite, estos aceites suelen ser aceites ricos ácidos grasos insaturados como el aceite de aguacate o de calabaza. En este caso, el estudio reveló que las propiedades sensoriales no se vieron afectadas por la sustitución de las grasas, pero en cambio el perfil lipídico mejoró notablemente con respecto a las hamburguesas sin sustitución de grasa.

Estudios recientes realizaron sustituciones de grasa animal utilizando oleogeles de etilcelulosa de diferentes concentraciones. Estos estudios revelaron que dicha sustitución mejoró el perfil nutricional del producto y también sus propiedades tecnológicas ya que disminuyó la oxidación del producto durante su almacenamiento y también las pérdidas del mismo durante el cocinado ([Moghtadaei et al., 2021](#)). Similar a este estudio fue la sustitución de grasa mediante oleogeles a base de gliceril monoesteárico en salchichas donde se indicó que estos oleogeles podrían ser un buen sustituyente de la grasa, ya que contienen gran cantidad de ácidos grasos y la sustitución mantiene las principales características sensoriales y la aceptación de los consumidores ([Ferro et al., 2020](#)).

También hay estudios donde la sustitución de grasa fue total y se realizó utilizando extracto de pitaya roja como sustituyente, en este caso se observaron grandes mejoras en el grado de oxidación y en el color tras el almacenamiento del producto durante 18 días ([Bellucci et al., 2021](#)).

Se han realizado estudios sustituyendo la grasa animal por emulsiones gelificadas que contienen ácidos grasos omega 3 y taninos, donde se observó que la sustitución de grasa no solo no afectaba a la capacidad antioxidante del producto si

no que le otorgaba mayor estabilidad oxidativa (Freire et al., 2018). Sustituciones de grasa similares también se utilizaron hidrogeles como vehículo de ácidos grasos omega 3 y poliinsaturados en salchichas tipo Frankfurt, en este caso se observó una mejora desde el punto de vista nutricional y también desde el punto de vista tecnológico (Salcedo-Sandovan et al., 2015).

Además de estos estudios, se realizaron otros donde la sustitución de la grasa fue mediante una emulsión de aceite proveniente de las semillas de uva con gelatina y alginato. En este estudio se observó que los resultados en cuanto a propiedades fisicoquímicas y sensoriales fueron aceptables demostrando así, que la emulsión podría ser un sustituyente de grasa animal deseable (Kim et al., 2020).

Otros estudios similares a los mencionados anteriormente utilizaron otros ingredientes como sustituyentes de la grasa animal, así como goma xantana (Abdulaziz et al., 2020), fructooligosacáridos (Brilhante de Sousa et al., 2020) y harinas de hongos comestibles (Cerón-Guevara et al., 2019) entre otros.

Como se ha mencionado, las estrategias de sustitución de la grasa son muchas, y aunque se sigue investigando sobre ello se han demostrado que la sustitución de grasa es una estrategia deseable a la hora de reducir las grasas animales de productos cárnicos y mejorar su perfil lipídico.

### 1.3.1.3 Adición Directa de Aceite

Dentro de la tendencia a la obtención de productos más saludables encontramos la adición directa de aceites, una técnica nada recomendada ya que no alcanza el objetivo de conseguir un producto tecnológica y sensorialmente viable (Vargas-Ramella et al., 2020).

Los principales problemas tecnológicos de adicionar de forma directa un ácido graso son la baja solubilidad, el aumento de la dureza de la carne y de la masticabilidad, debido a la formación de pequeños glóbulos de grasa (López-Pedrouso et al., 2021).

#### 1.3.1.4 Microencapsulación

En diferentes estudios se ha intentado mejorar el valor nutricional de productos cárnicos modificando su perfil lipídico mediante la incorporación de ácidos grasos más saludables (Afshari et al., 2017), siendo el enfoque más eficaz el del aumento de la relación AGPI/AGS. Aunque a nivel tecnológico, esta opción se plantea algo difícil si no se utilizan técnicas que respeten la calidad organoléptica y sensorial del producto, ya que la simple adición de aceite en las formulaciones cárnicas es una técnica muy poco eficaz si el objetivo es conseguir un producto equilibrado en todas sus propiedades. Uno de los principales problemas de esta adición de aceite son los procesos de enranciamiento que suceden y la aparición de metabolitos secundarios de la misma. (Dominguez, et al., 2019).

La microencapsulación es una técnica que permite imponer una barrera física a esta degradación de compuestos bioactivos, siendo esta tecnología una de las más prometedoras para incrementar la estabilidad oxidativa y prevenir la degradación térmica de los AGPI omega 3 (Gómez et al., 2018).

La técnica varía según el producto cárnico al que se quiera modificar el perfil lipídico, pero las operaciones de secado por aspersion, liofilización y gelificación son la base para poder formar micropartículas en las que las gotas de aceite estén incluidas en una matriz que haga posible su dispersión en el producto cárnico deseado (Heck et al., 2019).

La fuente de estos ácidos grasos de diversa naturaleza, como el de pescado, con el que se han producido diferentes productos cárnicos, desde nuggets de pollo, hasta hamburguesas o salchichón y midiendo en ellos las composición proximal, los atributos sensoriales y diferentes capacidades tecnológicas (Josquin et al., 2012), dónde se observan diferentes mejoras en sus capacidades tecnofuncionales, propiedades sensoriales, diferentes condiciones de almacenamiento, refrigeración y propiedades de cocción (Solomando et al., 2020).

### 1.3.1.5 Oleogeles

Los oleogeles son geles en los que la fase líquida es aceite, se caracterizan por ser sistemas semisólidos en los que la fase líquida hidrófoba está inmovilizada en una red tridimensional de sólidos lipófilos (Ferro et al., 2020). Los oleogeles además son una forma relativamente nueva de sustitución de grasas (Wolfer et al., 2018). Estas sustancias tienen los beneficios nutricionales del aceite y también las características organolépticas y tecnológicas de las grasas saturadas (Barbut et al., 2016a; Barbut et al., 2016b). Para la creación de oleogeles es necesario contar con una molécula gelificante que pueda aplicarse de forma organizada para darle estructura al aceite vegetal (Marangoni y Garti, 2011).

La molécula gelificante más utilizada en el desarrollo de oleogeles es la cera de salvado de arroz. Se ha observado que esta sustancia puede ser usada para desarrollar oleogeles con éxito en una proporción 1:99 (cera de salvado de arroz: aceite) (Blake et al., 2012). Los oleogeles desarrollados con esta cera aumentan la temperatura a medida que aumenta la concentración de cera de salvado de arroz, además los desarrollados con un 10% de cera son firmes y quebradizos a pesar de tener un contenido de grasa sólida menor al 7% (Wolfer et al., 2018). A colación de la temperatura de fusión, los estudios realizados por Dassanayake et al. en el año 2009 mostraron que la temperatura de fusión de oleogeles desarrollados con un 1%, 3%, 5% y 10% fue de 54.3 °C, 57.8 °C, 60.8 °C y 65.2 °C respectivamente. Además de la concentración de la sustancia gelificante, en este caso la cera, algunos estudios demostraron que existen otras variables que afectan a la temperatura de fusión y la firmeza de los oleogeles como la velocidad de enfriamiento, el agente gelificante y el tiempo de almacenamiento (Dassanayake et al., 2012).

En cuanto al uso de oleogeles en productos alimentarios hay pocos estudios. los estudios de Zetzi et al. (2012) y Barbut et al (2016a) utilizaron etilcelulosa y aceite de canola para desarrollar oleogeles que fueron utilizados en una sustitución parcial

de la grasa animal en salchichas de ternera. La sustitución realizada en estas salchichas con oleogeles tuvo como resultado características intermedias a las de salchichas producidas con grasa animal y las producidas con aceite de cáñola, además la sustitución de grasa animal con oleogeles de etilcelulosa mejoraron los rendimientos en la cocción de las salchichas ([Barbut et al., 2016b](#)).

Por otro lado, en cuanto al uso de oleogeles que tienen como agente gelificante la cera de salvado de arroz, en el estudio de [Wolfer et al., \(2018\)](#) se realizó una sustitución de grasa animal en salchichas tipo Frankfurt utilizando oleogeles desarrollados a partir de aceite de soja y cera de salvado de arroz, en este estudio se analizó además la vida útil del producto. El estudio concluyó que los oleogeles desarrollados con cera de salvado de arroz son potenciales sustancias en la sustitución de grasa animal en productos cárnicos.

#### 1.3.1.6 Emulsión Gelificada

Las emulsiones gelificadas consisten en una clase de materiales coloidales y viscoelásticos formados por gotas de aceite emulsionado dentro de una red tridimensional de biopolímero o una red de gotas agregadas ([Morales et al., 2019](#)). Las emulsiones gelificadas presentan diversas características beneficiosas, como su textura y reología, para la estructuración de alimentos y la dotación a los mismos de componentes bioactivos ([Mao et al., 2019](#)). Las emulsiones gelificadas se pueden obtener mediante pH, temperatura, sal, enzimas y también mediante gelificación inducida por presión ([Mao et al., 2019](#)).

En cuanto a emulsiones gelificadas utilizadas en el desarrollo de productos alimentarios, algunos estudios mostraron que se pueden desarrollar emulsiones gelificadas a partir de curdlan. Curdlan es un polisacárido natural que es generado por una bacteria y que está compuesto por múltiples unidades de D-glucosa unidas entre sí mediante enlaces  $\beta$ -1,3-glucosídicos ([Jiang et al., 2020](#)). Utilizando dos rangos distintos de temperaturas, curdlan pudo formar dos tipos diferentes de emulsiones gelificadas. El primer tipo, fue nombrada como una emulsión gelificada termo-reversible, esta fue formada cuando la solución acuosa alcanzó temperaturas entre los 55-



80 ° C, cuando la solución alcanzó temperaturas superiores a los 80 ° C dio lugar al segundo tipo de emulsión gelificada, llamada termo-irreversible (Wu et al., 2015). De igual forma que la celulosa, curdian es considerado indigerible por el tracto gastrointestinal, además también posee una buena estabilidad en los procesos de congelación y descongelación (Jiang et al., 2019). Los estudios concluyeron que curdian es una buena sustancia para ser usada como agente gelificante ya que podría mejorar la capacidad de retención de agua, textura y la estabilidad térmica de algunos productos alimenticios, además también podría ser usada para la sustitución de lípidos gracias a sus propiedades (Li et al., 2020).

Por otro lado, pueden desarrollarse diferentes emulsiones gelificadas, como por ejemplo emulsiones gelificadas a partir de la emulsión Pickering. Las emulsiones Pickering preparadas con geles de hidrocloreuro de quitosano-carboximetil almidón (CHC-CMS) mostraron una elevada eficiencia en los procesos de encapsulación y una excelente protección para el  $\beta$ -caroteno. Estas emulsiones además retrasaron la oxidación de lípidos en comparación con otras, y poseen una cantidad menor al 30% de grasa lo que indica que estas emulsiones podrían reducir el consumo de lípidos (Li et al., 2020). Estas características de las emulsiones Pickering fueron las que propiciaron los estudios de Li et al (2020) cuyo principal objetivo fue la preparación de emulsiones gelificadas a partir de emulsiones Pickering. Los resultados de dicho estudio mostraron que las emulsiones gelificadas Pickering son potenciales ingredientes para la protección de compuestos bioactivos en productos alimentarios y el desarrollo de productos con un contenido bajo en grasa.

### 1.3.2 ACEITES VEGETALES CON PERFIL LIPÍDICO MÁS SALUDABLE

Los aceites que son líquidos a temperatura ambiente tienen un elevado contenido de ácidos grasos insaturados. Dentro de los ácidos grasos insaturados se encuentran los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) presentes en aceites como el aceite de colza, cacahuete y de oliva; y los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) presentes en aceites como el aceite de girasol, nuez y de soja (BEDCA, 2021).



De los aceites mencionados anteriormente, son más interesantes desde el punto de vista nutricional los aceites con un perfil lipídico que contenga mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, por ello son los más utilizados en estudios cuyo objetivo es la sustitución de grasa animal por grasas insaturadas. Dentro de los aceites que contienen una elevada cantidad de ácidos grasos poliinsaturados encontramos el aceite de germen de trigo con un 61,7% (g/100 g de producto) de ácidos grasos poliinsaturados, el aceite de girasol con un 63,5%, el aceite de lino con un 66%, el aceite de nuez con un 69% y el aceite de soja con un 58,47% ([Herculano et al., 2021](#)).

Todos los aceites mencionados anteriormente tienen un perfil lipídico saludable por su elevado contenido de ácidos grasos insaturados. De ellos, los más saludables en orden creciente son el aceite de girasol, de lino y de nuez ya que son los que poseen mayor cantidad de ácidos grasos insaturados ([BEDCA, 2021](#)).

El aceite de girasol contiene una cantidad total de ácidos grasos poliinsaturados de un 63,5% como se ha mencionado anteriormente, además contiene un 57,53% de ácido linoleico (18:2) y aunque solo contiene un 1,6% de ácido linoléico (18:3), es un posible ingrediente para la sustitución de la grasa animal en productos cárnicos ([Galúcio et al., 2011](#)).

El aceite de lino tiene una mayor cantidad total de ácidos grasos poliinsaturados con un 66%, pero contiene una menor cantidad de ácido linoleico (18:2) con solo un 15,69% aunque contiene mayor cantidad de ácido linoleico (18:3) con un 55,47%, estos datos hacen que también sea un aceite interesante en la sustitución de grasa animal en productos cárnicos ([Qiu et al., 2020](#)).

El aceite de nuez tiene un perfil lipídico interesante no solo debido a su contenido total de ácidos grasos poliinsaturados, un 69% como se ha mencionado anteriormente, sino que además contiene una cantidad notable del ácido linoleico (18:2), un 61,84%, lo que hace que sea el mejor aceite para la sustitución de grasa animal por ácidos grasos insaturados en productos cárnicos de los aceites mencionados en el estudio mencionado anteriormente.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

El objetivo principal de este trabajo consistió en determinar el efecto de la sustitución parcial y total de la grasa animal por una emulsión gelificada con aceite de nuez sobre la composición química, las propiedades físico-químicas, de cocción y sensoriales, así como la estabilidad oxidativa de un producto cárnico fresco como son las hamburguesas.

### **2.2. Objetivos particulares**

Para alcanzar ese objetivo general se plantearon los siguientes objetivos particulares:

- ✓ Determinar el efecto de la sustitución de grasa sobre la composición química (contenido en humedad, cenizas, proteínas y grasas) de las distintas muestras de hamburguesa elaboradas.
- ✓ Establecer el efecto de la sustitución de grasa sobre las propiedades físico-químicas (valores de pH, actividad de agua, color y textura) de las distintas muestras de hamburguesa elaboradas.
- ✓ Determinar el efecto de la sustitución de grasa sobre las propiedades de cocción (rendimiento, acortamiento, incremento del grosor) de las distintas muestras de hamburguesa elaboradas.
- ✓ Analizar el efecto de la sustitución de grasa sobre el perfil lipídico de las distintas muestras de hamburguesa elaboradas.
- ✓ Estudiar el efecto de la sustitución de grasa sobre la estabilidad oxidativa de las distintas muestras de hamburguesa elaboradas.
- ✓ Analizar el efecto de la sustitución de grasa sobre las propiedades sensoriales de las distintas muestras de hamburguesa elaboradas

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Elaboración de la emulsión gelificada

Para llevar a cabo la elaboración de los distintos lotes de muestras que posteriormente serán estudiados, se procedió a la preparación de las emulsiones gelificadas que se usarán para reemplazar parte de la grasa del producto cárnico. La emulsión gelificada (CEG) se elaboró con harina de cascara de cacao (15%), aceite de nuez (*Juglans regia* L.) (40%), agua (40%) y como agente gelificante se empleó Instangel (5%) suministrado por SOSA. Se prepararon lotes de 500 g (por triplicado) mezclando los ingredientes en un homogeneizador (Thermomix TM 31). Para preparar CEG, primero se mezcló la harina de cascara de cacao con agua durante 30 s a alta velocidad (aprox. 5600 rpm). Luego, se añadió el agente gelificante y la muestra se mezcló durante 15 s (aprox. 5600 rpm). Para la obtención de la emulsión a esta preparación se le adicionó el aceite de nuez a una velocidad de homogeneización de aproximadamente 5600 rpm. Las CEG obtenidas se almacenaron en refrigeración a 2 °C durante 24 h.



Figura 2. Emulsión gelificada tras refrigeración lista para uso en formulación

### 3.2. Elaboración de las hamburguesas

Se prepararon tres réplicas independientes de cada lote en la Planta Piloto del Grupo de Investigación IPOA de la Universidad Miguel Hernández. Se utilizó una fórmula tradicional para obtener una masa de carne base. Esta mezcla original se utilizó como muestra de control, y las otras hamburguesas (dos formulaciones) se prepararon como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Ingredientes y proporciones en % de las diferentes formulaciones empleadas para la obtención de las muestras.

	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
<b>Magro de ternera</b>	70	70	70
<b>Panceta de cerdo</b>	30	15	0
<b>Sal</b>	1,5	1,5	1,5
<b>Hielo</b>	5	5	5
<b>Pimienta blanca</b>	0,3	0,3	0,3
<b>Emulsión gelificada</b>	0	15	30

M1: muestra control con formulación tradicional; M2: muestra con un 50% de sustitución de grasa por emulsión gelificada; M3: muestra con un 100% de sustitución de grasa por emulsión gelificada

Inicialmente, se procedió a la pesada de los aditivos y especias. Tras esto, se extrajeron del refrigerador las materias cárnicas que se encontraban a  $4\pm 1$  °C, se pesaron y se procedió a su acondicionamiento para la incorporación de estas al proceso.

Para obtener la mezcla base se troceó la carne de ternera y se picó en una picadora de tornillo con placas de 5 mm (Olotinox, Olot, España). Posteriormente se pasó a una amasadora (CATO 114, Sabadell, España) donde se añadieron el agua, la sal y la pimienta blanca y se mezclaron con el gancho espiral a velocidad media durante 5 minutos hasta que se formó una pasta uniforme.

Posteriormente se añadió la proporción correspondiente de emulsión gelificada (15% y 30%) y se mezcló de nuevo durante 5 minutos. Esta masa se moldeó con un equipo formador de hamburguesas comerciales (9 cm de diámetro interno), obteniendo hamburguesas de unos 80 g y 1 cm de espesor. Para ayudar a mantener la forma de las hamburguesas se empleó film plástico, se envasaron a vacío en bolsas de PVC y se almacenaron a  $4\pm 1$  °C.



Figura 3. Hamburguesa control (C), hamburguesa con 50% de emulsión gelificada.

Todas las determinaciones se realizaron inmediatamente después de su elaboración (muestras en fresco) y las propiedades de cocción se determinaron tras ser sometidas a tratamiento térmico (muestras cocidas).

### 3.3. Determinación de la Composición química

#### 3.3.1. Grasa

La determinación del contenido lipídico se realizó de acuerdo con el método oficial de la AOAC 24.005 (AOAC, 2007), utilizando el extractor Soxhlet J.O, Selecta Mo.6003286 (J.O Selecta S.A., Abrera, Barcelona, España). Los resultados se expresaron en g grasa/100 g de muestra. Las muestras se analizaron por duplicado.

### 3.3.2. Proteínas

Para la determinación del contenido en proteínas, cuyo resultado se expresó en g de proteína/ 100 g de muestra, se realizó según el método AOAC 24.007 (AOAC, 2007). Utilizando el digestor Büchi Digestion Unit modelo 426 y el destilador Büchi Destillation Unit modelo B-316 (Büchi, Suiza). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y el factor que se usó fue de 6,25 para convertir el porcentaje de nitrógeno en porcentaje en proteína, el cual fue proporcionado directamente por el programa.

### 3.3.3. Cenizas

El contenido de cenizas se determinó según el método de la AOAC 24.009 (AOAC, 2007), las determinaciones se realizaron por triplicado y el resultado fue expresado g cenizas/ 100 g muestra. Para su determinación se utilizó una mufla Habersal modelo 12- PR1300 PAD (Habersal S.A., Caldes de Montibui, Barcelona, España).

### 3.3.4. Humedad

La determinación del contenido de humedad se realizó según lo descrito por el método de la AOAC 24.003 (AOAC, 2007), en él se somete a las muestras a una temperatura de 105 °C, hasta alcanzar peso constante. Se llevó a cabo en una estufa modelo P. selecta (Barcelona, España), los resultados se expresaron en g agua/100 g de muestra. La determinación se realizó por triplicado.

## 3.4. Propiedades físico-químicas

### 3.4.1. Actividad de agua (Aw)

La actividad de agua se midió usando un higrómetro electrolítico Novasina modelo TH-500 (Novasina, Axair Ltd., Pfaeffikon, Switzerland). Se hicieron 3 mediciones por cada muestra.

### 3.4.2. pH

Para la determinación del pH, se disolvió 1 gramo de muestra en 10 mL de agua destilada y desionizada. Se determinó el pH de la suspensión mediante un pH-metro



GLP 21 Crison (Eutech Instruments Pte Ltd., Singapur). Realizando cada ensayo por triplicado.

### 3.4.3. Color

El color se evaluó mediante un medidor de color Minolta CM-700 (Minolta Camera Co., Osaka, Japón), con iluminador D65, modo SCI y un ángulo de observación de 10°. Se realizaron 18 mediciones de cada muestra de diferentes salchichas y diferentes zonas. Entre las muestras y el equipo, se colocó un vidrio de baja reflectancia (Minolta CR-A51/1829-752). Las coordenadas del espacio de color L\*a\*b\* (CIELAB) determinadas fueron: i) L\* (luminosidad), ii) a\* (+/- rojo/verde), iii) b\* (+/- amarillo/azul). A partir de los datos, también se calculó el parámetro h\* (tono) y el parámetro C\* (croma) mediante las *ecuaciones 1 y 2* (**Ec. 1 y Ec.2**).

$$\diamond \text{ Ec.1 } C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Ec. 2 } h^\circ = \arctan \frac{b^*}{a^*}$$



Además, se calculó la diferencia de color entre cada sustitución (S) y el control (C). Este cálculo se llevó a cabo mediante la *ecuación 3* (**Ec. 3**).

$$\diamond \Delta E = \sqrt{(L_S^* - L_C^*)^2 + (a_S^* - a_C^*)^2 + (b_S^* - b_C^*)^2} \text{ Ec. 3}$$

Se realizaron 9 medidas por cada muestra según las recomendaciones de la American Meat Science Association ([Hunt et al., 1991](#)).

#### 3.4.4. Análisis del perfil de textura

Se llevó a cabo la evaluación de la textura de cada muestra utilizando un texturómetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, England). Para llevar a cabo dicha evaluación se sometieron 6 secciones de cada muestra de 1 cm de espesor a dos ciclos de compresión al 75% a una temperatura entre los 15 y 20 °C y a una velocidad de 1 mm/s. De esta manera, se obtuvieron curvas de deformación fuerza-tiempo y a partir de ellas se calcularon siete parámetros: dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad, y masticabilidad (Bourne et al.,1982).

#### 3.5. Propiedades de cocción

Se cocinaron tres hamburguesas de cada formulación a 150 °C en una vitrocerámica de conducción (Balay Activa 505, BSH Electrodomésticos España SA, Pamplona, España) hasta alcanzar en el centro geométrico del producto una temperatura de 72 °C. Después de la cocción, se enfriaron a 21°C durante 1 h antes de pesar. El peso, el grosor y el diámetro de las hamburguesas de cada lote se midieron a temperatura ambiente antes y después de la cocción. Para estimar los cambios dimensionales, se calculó la reducción en un aumento de diámetro y espesor a partir de las siguientes ecuaciones(Ec.4, Ec.5 y Ec.6):

$$\diamond \text{ \% reducción de diámetro} = \frac{\text{diámetro crudo} - \text{diámetro cocido}}{\text{diámetro crudo}} \times 100 \text{ Ec. 4}$$

$$\diamond \text{ \% aumento de espesor} = \frac{\text{espesor crudo} - \text{espesor cocido}}{\text{espesor crudo}} \times 100 \text{ Ec. 5}$$

$$\diamond \text{ \% rendimiento de cocción} = \frac{\text{peso cocido}}{\text{peso crudo}} \times 100 \text{ Ec. 6}$$

#### 3.6. Análisis del perfil lipídico

Se llevó a cabo una extracción de lípidos de cada muestra según el método explicado en Folch et al. (1957). La fase lipídica se metiló según el método AOAC 969.33 (2010). Los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME; por sus siglas en inglés) fueron inyectados en un equipo de cromatografía de gases HP6890 con detector de ionizador de llama y columna capilar Suprewax-280 (Tecknokroma Barcelona, España). Los resultados fueron calculados mediante la utilización de estándares de



ácidos grasos y se identificaron por comparación con los tiempos de retención de estos estándares FAME (Supelco 37 componente FAME Mix, Bellefonte, PA, USA). Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados fueron expresados en gramos de ácido graso/ 100 g de aceite.

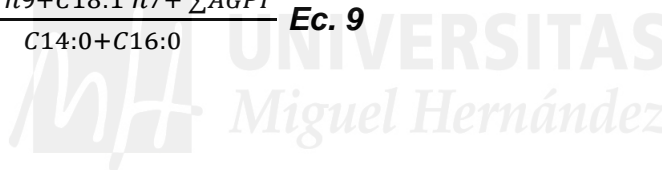
Los índices de aterogenicidad (IA) y trombogenicidad (IT) fueron calculado según lo informado por [Ulbricht & Southgate, \(1991\)](#); según Ecs. (7) y (8), respectivamente:

$$\diamond IA = \frac{C12:0+(4xC14:0)+C16:0}{\Sigma MUFA + \Sigma n6 + \Sigma n3} \quad \text{Ec. 7}$$

$$\diamond IT = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{(0,5x\Sigma AGMI)+(0,5x \Sigma n6)+(3x\Sigma n3)+\frac{\Sigma n3}{\Sigma n6}} \quad \text{Ec. 8}$$

El cociente hipocolesterolémico / hipercolesterolémico Ec. (9) se calculó siguiendo a [\(Fernández et al., 2007\)](#).

$$\diamond \frac{h}{H} = \frac{C18:1 n9+C18:1 n7+ \Sigma AGPI}{C14:0+C16:0} \quad \text{Ec. 9}$$



### 3.7. Análisis de la oxidación lipídica (TBA)

La oxidación lipídica se evaluó por triplicado mediante el método descrito por [Rosmini et al. \(1996\)](#). Los valores TBARS fueron calculados a partir de una curva patrón de malonaldehído (MDA) y se expresaron como mg MA/kg muestra.

### 3.8. Análisis sensorial

Para la evaluación sensorial, se realizó una prueba hedónica a 30 jueces no entrenados (estudiantes de la universidad Miguel Hernández, UMH). Los atributos medidos fueron los siguientes: aroma a nuez, aroma a cacao, sabor amargo, sabor a cacao, granulosis, jugosidad, gomosis, masticabilidad, sensación de grasa y por último se evaluó la percepción global del producto. Dichos atributos se midieron con una escala hedónica de 9 puntos (1: me disgusta extremadamente a 9: me

gusta extremadamente) mediante una hoja de cata en la cual al final se realizó una encuesta de datos demográficos, frecuencia de consumo y opinión general de la muestra que más y que menos gustó. Las muestras fueron cortadas con un tamaño de aproximadamente 2 cm, se dispusieron en platos de plástico blancos numerados. La colocación fue de tres muestras en cada plato a las que se asignó un número aleatorio el cual no fuese identificado por los jueces. La evaluación sensorial, se realizó en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la UMH, en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, de acuerdo con los estándares (ASTM 1986, ISO 1988).



Figura 4. Muestras M1, M2 y M3 codificadas y preparadas para cata.

### 3.9. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó una ANOVA (Análisis de la Varianza de una vía ONEWAY ANOVA) con varios niveles (0, 50, y 100% de sustitución), para detectar las diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) se aplicó el Test de Tukey (post-hoc de Tukey's test). Se utilizó el programa SPSS v.24.0 (SPSS inc., Chicago, Illinois, EE.UU.).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Composición química de las hamburguesas

La composición química de todas las muestras queda reflejada en la Tabla 4. En referencia a la humedad se observa que para las muestras crudas a medida que aumenta el grado de sustitución, el contenido en humedad disminuye observándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras.

Esta sustitución combinada con el efecto del cocinado justifica ese descenso en la humedad, de las muestras cocidas, siendo este uno de los aspectos más importantes en cuanto a la estabilidad de los productos cárnicos sustituidos con emulsiones de aceites vegetales, tal y como argumentan [Gema Nieta et al, \(2021\)](#) y [Ferro et al., \(2021\)](#).

El porcentaje de grasa en las muestras crudas presenta diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ellas debido a la sustitución de la grasa, es decir, la muestra con la sustitución del 100% contiene un porcentaje mayor de grasa debido a que la emulsión gelificada aporta un contenido graso mayor en % que la grasa utilizada en la formulación de las dos muestras anteriores. Este es el motivo por el que la M2 cruda tiene un porcentaje menor de grasa que la M3 cruda.

Por otro lado, el % de grasa no presenta diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las muestras cocinadas con sustitución de grasa, ya que de nuevo el efecto del cocinado provoca una reducción de peso de la muestra, lo que hace aumentar porcentualmente el contenido del resto de componentes de esta, como ya comprobaron [Kim et al. 2020;](#) y [Woern et al., 2021](#).

**Tabla 4.** Composición química de las hamburguesas reemplazadas con emulsión gelificada.

<i>Muestra</i>		<i>Humedad</i>	<i>Cenizas</i>	<i>Grasa</i>	<i>Proteína</i>
<b>M1</b>	CRUDO	68,20±0,09 <sup>a</sup>	1,94±0,04 <sup>c</sup>	12,63±0,24 <sup>b</sup>	19,75±1,41 <sup>a</sup>
<b>M2</b>		66,76±0,09 <sup>b</sup>	3,12±0,16 <sup>a</sup>	11,38±0,10 <sup>c</sup>	17,92±1,09 <sup>ab</sup>
<b>M3</b>		61,90±0,14 <sup>c</sup>	2,25±0,04 <sup>b</sup>	15,93±0,09 <sup>a</sup>	14,16±1,36 <sup>b</sup>
<b>M1</b>	COCIDO	60,01±0,08 <sup>a</sup>	2,22±0,03 <sup>b</sup>	12,30±0,11 <sup>b</sup>	26,11±0,15 <sup>a</sup>
<b>M2</b>		55,6±0,310 <sup>b</sup>	2,33±0,05 <sup>ab</sup>	16,48±0,11 <sup>a</sup>	23,16±0,39 <sup>b</sup>
<b>M3</b>		57,14±0,06 <sup>c</sup>	2,50±0,09 <sup>a</sup>	16,31±1,10 <sup>a</sup>	19,90±0,50 <sup>c</sup>

Resultados expresados en g/100g. M1: muestra control con formulación tradicional; M2: muestra con un 50% de sustitución de grasa por emulsión gelificada; M3: muestra con un 100% de sustitución de grasa por emulsión gelificada. Para cada parámetro, los resultados seguidos por la misma letra(a,b,c) no son significativamente diferentes según la prueba post-hoc HSD de Tukey ( $p > 0.05$ ). Los datos se presentan como los valores medios de las repeticiones  $\pm$  DE.

En cuanto a la cantidad de cenizas de las muestras cocinadas, se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), por lo que la sustitución de la grasa por la emulsión es un factor determinante. También en las muestras crudas se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), siendo el valor 3,12 el más alto, esto puede deberse a la presencia de la emulsión gelificada en un 50% y a la presencia de la fibra contenida en la cáscara de cacao, ya que como han descrito diferentes investigadores anteriormente ([Lecumberri et al., 2007](#); [Martínez et al., 2012](#); [Rojo-Poveda et al., 2019](#)), su alto contenido es indiscutible.

Por último, la proteína presenta unos valores significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) en las muestras cocinadas, ya que sufre un descenso en su concentración directamente proporcional a la cantidad de grasa de cerdo que se sustituye por emulsión gelificada. Esto se debe a la reducción de la grasa utilizada, siendo esta tan magra y la responsable del aporte proteico de la hamburguesa, como ya estudiaron [Okuyama et al., 2019](#) y [Heck et al., 2017](#) siendo la cáscara de cacao un ingrediente que no aporta la misma cantidad de proteína como la parte magra de la grasa utilizada

## 4.2. Perfil de ácidos grasos

La Tabla 5. muestra que la composición de ácidos grasos de las hamburguesas formuladas con emulsión gelificada, con el objetivo de sustituir la grasa animal, ha mejorado el contenido de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) ( $p < 0.05$ ) con respecto al control, así como la cantidad de omega 3 y 6, gracias al elevado contenido en ácido linoleico(18:2n6) y ácido linolénico (18:3n3). A demás, se ha logrado una reducción de los ácidos grasos saturados (AGS), concretamente del palmítico (16:0) en las dos muestras con sustitución de grasa con respecto al control. Diferentes investigadores han infirmado de hechos semejantes en salchichas, hamburguesas y diferentes formulaciones cárnicas [Li et al., 2021](#); [Nieto and Lorenzo, 2021](#); [Öztürk-Kerimoğlu et al., 2021](#).

El contenido en ácidos grasos monoinsaturados presenta un descenso significativo ( $p < 0.05$ ) debido al descenso de la concentración del ácido oleico (18:1)

Estos resultados pueden estar asociados al menor contenido en AGS y al mayor contenido de AGPI que presenta el aceite de nuez frente a la grasa de cerdo. Es de vital importancia resaltar que la reducción de AGS es una recomendación de la Organización Mundial de la Salud y que está incluida como objetivo en todas las técnicas de sustitución de grasa animal [Carvalho Barros et al., 2020](#).

**Tabla 5.** Perfil lipídico de las hamburguesas con sustitución de grasa y del aceite de nuez

% Ácidos grasos (n=3)	M1	M2	M3	M1	M2	M3	Aceite de Nuez
	CRUDO			COCIDO			
C 8:0	0	0.01 <sup>aP</sup>	0.01 <sup>bM</sup>	0	0.01 <sup>aN</sup>	0.00 <sup>bO</sup>	0
C 10:0	0,06 <sup>aN</sup>	0,03 <sup>bN</sup>	0,02 <sup>cN</sup>	0,05 <sup>aN</sup>	0,03 <sup>bM</sup>	0,01 <sup>cN</sup>	0
C 12:0	0,06 <sup>aN</sup>	0,03 <sup>bN</sup>	0,02 <sup>cN</sup>	0,06 <sup>aN</sup>	0,03 <sup>bM</sup>	0,02 <sup>cN</sup>	0
C 13:0	0	0	0,02 <sup>N</sup>	0	0	0,02 <sup>N</sup>	0
C 14:0	1,30 <sup>aE</sup>	0,91 <sup>bG</sup>	0,97 <sup>bF</sup>	1,55 <sup>aF</sup>	0,92 <sup>bF</sup>	0,90 <sup>cF</sup>	0,03 <sup>J</sup>
C14:1 cis	0,13 <sup>bK</sup>	0,11 <sup>cK</sup>	0,21 <sup>aI</sup>	0,26 <sup>aJ</sup>	0,15 <sup>cJ</sup>	0,19 <sup>bI</sup>	0
C14:1 trans	0	0,02 <sup>bO</sup>	0,07 <sup>aL</sup>	0	0,03 <sup>bM</sup>	0,06 <sup>aM</sup>	0
C 15:0	0,08 <sup>cM</sup>	0,09 <sup>bL</sup>	0,18 <sup>aJ</sup>	0,16 <sup>bL</sup>	0,10 <sup>cK</sup>	0,17 <sup>aJ</sup>	0
C 15:1	0,14 <sup>bK</sup>	0,21 <sup>aJ</sup>	0,07 <sup>cL</sup>	0,30 <sup>aJ</sup>	0,17 <sup>bJ</sup>	0,07 <sup>cL</sup>	0
C16:0	22,42 <sup>aB</sup>	17,01 <sup>bC</sup>	14,98 <sup>cC</sup>	24,21 <sup>aB</sup>	16,42 <sup>bC</sup>	14,40 <sup>cC</sup>	6,85 <sup>D</sup>
C16:1 trans	0,37 <sup>aH</sup>	0,21 <sup>bJ</sup>	0,11 <sup>cK</sup>	0,31 <sup>aI</sup>	0,20 <sup>bI</sup>	0,11 <sup>cK</sup>	0
C16:1 cis	3,15 <sup>aD</sup>	1,95 <sup>bF</sup>	1,33 <sup>cE</sup>	3,31 <sup>aE</sup>	1,97 <sup>bF</sup>	1,23 <sup>cF</sup>	0,07 <sup>I</sup>

<i>C 17:0</i>	0,27 <sup>bl</sup>	0,24 <sup>cj</sup>	0,36 <sup>ah</sup>	0,42 <sup>ah</sup>	0,26 <sup>eh</sup>	0,34 <sup>bh</sup>	0
<i>C 17:1</i>	0,32 <sup>ah</sup>	0,21 <sup>cj</sup>	0,22 <sup>bl</sup>	0,38 <sup>al</sup>	0,23 <sup>bh</sup>	0,21 <sup>cl</sup>	0
<i>C 18:0</i>	9,77 <sup>ac</sup>	7,92 <sup>bd</sup>	7,92 <sup>bd</sup>	11,94 <sup>ac</sup>	7,62 <sup>cd</sup>	7,74 <sup>be</sup>	2,67 <sup>E</sup>
<i>C 18:1 cis</i>	48,99 <sup>aA</sup>	34,69 <sup>bA</sup>	23,48 <sup>cB</sup>	45,31 <sup>aA</sup>	33,42 <sup>bA</sup>	22,89 <sup>cB</sup>	14,51 <sup>B</sup>
<i>C 18:1 trans</i>	0,17 <sup>aj</sup>	0,11 <sup>ck</sup>	0,15 <sup>bj</sup>	0,19 <sup>ak</sup>	0,12 <sup>bj</sup>	0,12 <sup>bjk</sup>	0,64 <sup>F</sup>
<i>C 18:2 (n-6,9)</i>	9,63 <sup>cc</sup>	28,63 <sup>bb</sup>	40,08 <sup>aa</sup>	8,39 <sup>cd</sup>	30,45 <sup>bb</sup>	41,32 <sup>aa</sup>	61,21 <sup>A</sup>
<i>C 18:2 (n-6,9) isomer</i>	0,04 <sup>co</sup>	0,09 <sup>bl</sup>	0,11 <sup>ak</sup>	0,03 <sup>co</sup>	0,10 <sup>bk</sup>	0,14 <sup>aj</sup>	0
<i>C 18:2 (n-3,6)</i>	0,08 <sup>M</sup>	0	0	0,07 <sup>N</sup>	0	0	0,57 <sup>G</sup>
<i>C 18:3 (n-3,6,9)</i>	0,50 <sup>cG</sup>	5,13 <sup>be</sup>	8,05 <sup>ad</sup>	0,62 <sup>cG</sup>	5,54 <sup>be</sup>	8,23 <sup>ad</sup>	12,43 <sup>C</sup>
<i>C 18:3 (n-3,6,9) isomer</i>	0,10 <sup>cl</sup>	0,25 <sup>bj</sup>	0,43 <sup>ag</sup>	0,14 <sup>cl</sup>	0,28 <sup>bh</sup>	0,44 <sup>ag</sup>	0,68 <sup>F</sup>
<i>C18:3 (n6,9,12)</i>	0	0,08 <sup>bl</sup>	0,10 <sup>ak</sup>	0	0,09 <sup>ak</sup>	0,09 <sup>ak</sup>	0,09 <sup>H</sup>
<i>C 20:0</i>	0,17 <sup>aj</sup>	0,14 <sup>bk</sup>	0,11 <sup>ck</sup>	0,15 <sup>al</sup>	0,13 <sup>bj</sup>	0,11 <sup>ck</sup>	0
<i>C 20:1</i>	0,87 <sup>af</sup>	0,53 <sup>bh</sup>	0,17 <sup>cj</sup>	0,66 <sup>ag</sup>	0,48 <sup>bg</sup>	0,17 <sup>cj</sup>	0,2 <sup>K</sup>
<i>C20:2 (n11,14)</i>	0,48 <sup>ag</sup>	0,25 <sup>bj</sup>	0,04 <sup>cm</sup>	0,34 <sup>al</sup>	0,23 <sup>bh</sup>	0,04 <sup>cmn</sup>	0
<i>C20:3 (n8,11,14)</i>	0,13 <sup>ak</sup>	0,12 <sup>bk</sup>	0,07 <sup>cl</sup>	0,19 <sup>ak</sup>	0,11 <sup>bk</sup>	0,10 <sup>ck</sup>	0
<i>C20:3 (n11,14,17)</i>	0,37 <sup>ah</sup>	0,33 <sup>bl</sup>	0,11 <sup>ck</sup>	0,54 <sup>ah</sup>	0,30 <sup>bh</sup>	0,24 <sup>cl</sup>	0
<i>C 24:0</i>	0,06 <sup>bn</sup>	0,07 <sup>am</sup>	0,04 <sup>cm</sup>	0,13 <sup>am</sup>	0,07 <sup>bl</sup>	0,06 <sup>cm</sup>	0
<b>AGS</b>	34,37	26,58	24,74	38,85	25,70	23,90	9,56
<b>AGI</b>	65,55	73,10	74,79	61,10	73,95	75,63	90,44
<b>AGMI</b>	54,17	38,06	25,77	50,75	36,76	25,00	15,44
<b>AGPI</b>	11,37	35,03	49,02	10,34	37,18	50,62	74,99
<b>AGS/AGI</b>	0,52	0,36	0,33	0,63	0,34	0,31	0,10
<b>n-3/n-6 ratio</b>	0,09	0,19	0,21	0,14	0,20	0,21	0,21
<b>n3</b>	0,99	5,75	8,60	1,32	6,15	8,91	13,12
<b>n6</b>	10,38	29,20	40,42	9,02	30,99	41,71	61,87
<b>IA</b>	0,42	0,28	0,25	0,50	0,27	0,23	0,07
<b>IT</b>	0,94	0,50	0,40	1,11	0,47	0,382	0,12
<b>h/H</b>	2,54	3,89	4,54	2,16	4,07	4,80	12,99

M1: muestra control con formulación tradicional; M2: muestra con un 50% de sustitución de grasa por emulsión gelificada; M3: muestra con un 100% de sustitución de grasa por emulsión gelificada. Para cada parámetro, los resultados seguidos por la misma letra (a,b,c) no son significativamente diferentes según la prueba post-hoc HSD de Tukey ( $p > 0.05$ ). Los datos se presentan como los valores medios de las repeticiones  $\pm$  DE.

En cuanto a los índices y ratios, el ratio de ácidos grasos n-3/n-6 no varía entre las muestras formuladas con emulsión gelificada, aunque se observa un ligero incremento en la sustitución del 100%. De la misma forma que el ratio AGS/AGI, disminuye, de igual forma que el índice trombogénico ha disminuido ligeramente, lo que es un buen indicador para prevenir el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y algunas enfermedades crónicas, como el cáncer (Woloszyn et al., 2020).

### 4.3 Características físico-químicas y parámetros de color

El pH, actividad del agua y color de las hamburguesas formuladas con emulsión gelificada se muestran en la tabla 6. El pH de las hamburguesas presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), ya que varió desde 5,82 de la hamburguesa control cruda hasta 5.64 de la hamburguesa con 100% de sustitución en crudo. Por otro lado, en las cocinadas, se observa de nuevo una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) una disminución conforme la cantidad de emulsión gelificada aumenta. Estas disminuciones de pH son causadas por el aceite de nuez, como ya observaron Ferro et al., (2021) y Martins et al., (2020) con el efecto que producían otros aceites vegetales tales como el de oliva o lino.

**Tabla 6.** Parámetros físico-químicos de las hamburguesas con sustitución de grasa.

MUESTRA		pH	Aw	L*	a*	b*	C*	h	$\Delta E$
M1	cruda	5,82±0,01 a	0,889± 0,002 <sup>a</sup>	38,54±4,03 <sup>b</sup>	7,96±2,30 a	9,29±1,62 <sup>b</sup>	12,30±2,4 9 <sup>b</sup>	50,08± 6,54 <sup>b</sup>	-
M2		5,72±0,02 b	0,893± 0,001 <sup>a</sup>	42,29±2,07 <sup>a</sup>	7,33±0,88 a	11,16±0,90 a	13,36±1,1 3 <sup>a</sup>	56,77± 2,43 <sup>a</sup>	4,57±1,72 a
M3		5,64±0,02 c	0,894± 0,001 <sup>a</sup>	42,43±1,66 <sup>a</sup>	7,56±0,67 a	10,86±0,9 5 <sup>a</sup>	13,25±0,99 a	55,12± 2,55 <sup>a</sup>	4,36±1,71 a
M1	Cocida	5,90±0,02 a	ND	44,06±3,27 <sup>a</sup>	4,86±0,81 a	11,37±1,3 2 <sup>a</sup>	12,40±1,21 a	66,67± 4,52 <sup>a</sup>	-
M2		5,78±0,04 b	ND	39,57±4,06 <sup>b</sup>	5,54±0,66 a	9,56±1,51 b	11,07±1,45 b	59,57± 4,44 <sup>b</sup>	5,50±3,59 a
M3		5,61±0,11 c	ND	39,01±4,50 <sup>b</sup>	5,47±0,51 a	9,24±1,18 b	10,77±0,99 b	59,05± 4,56 <sup>b</sup>	5,94±4,14 a

M1: muestra control con formulación tradicional; M2: muestra con un 50% de sustitución de grasa por emulsión gelificada; M3; muestra con un 100% de sustitución de grasa por emulsión gelificada. Para cada parámetro, los resultados seguidos por la misma letra (a,b,c) no son significativamente diferentes según la prueba post-hoc HSD de Tukey ( $p > 0.05$ ). Los datos se presentan como los valores medios de las repeticiones  $\pm$  DE

El color de las hamburguesas crudas con sustitución de grasa se vio afectado por la emulsión gelificada, destacando diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) como se



puede observar en la Tabla. 6. Los valores de luminosidad ( $L^*$ ), la coordenada  $b^*$ (amarillo-azúl) el croma ( $C^*$ ) y el tono (h), evidencian que la adición de emulsión influye en estos con respecto al control, encontrando valores más altos en las muestras sustituidas con emulsión, tendiendo a la claridad y a tonos más amarillos que el control.

En las coordenadas  $a^*$  (rojo-verde), no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). Estos resultados coinciden con los encontrados por [\(Lucas-González et al., 2020\)](#) dónde tampoco se producía una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en las hamburguesas reformuladas con harina de castaña y aceite de chía.

En cuanto a los parámetros colorimétricos de las muestras cocinadas, se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con respecto al control, ya que las muestras con mayor contenido de emulsión gelificada presentan una disminución de luminosidad ( $L^*$ ) haciendo las hamburguesas más oscuras, croma ( $C^*$ ) y tono ( $h^*$ ).

En cuanto a la diferencia de color ( $\Delta E$ ) de las muestras sustituidas con emulsión gelificada, todas presentaron un valor que a los consumidores les hace posible la distinción de productos, como ya dijeron [Martínez et al., 2001](#) y [Pielak et al., 2020](#), al superar el valor de 3 unidades, por lo tanto las hamburguesas presentan una diferencia de color evidente, más oscuras, pero no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre ellas, ni en crudas ni en cocinadas.

Por otro lado, también se encuentran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la coordenada  $b^*$ , ya que las muestras con grasa sustituida presentan un valor más bajo con respecto al control. Esto se debe al efecto del cocinado, ya que el tratamiento térmico podría afectar directamente a las proteínas de la carne provocando su desnaturalización y haciendo que pierdan sus características colorimétricas.

#### **4.4 Propiedades de textura**

La Tabla 7. presenta los resultados del análisis del perfil de textura de las hamburguesas elaboradas con sustitución de grasa por emulsión gelificada. La dureza muestra diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), disminuyendo sus valores en las muestras sustituidas al 50 y 100%, coincidiendo con los resultados de [Selani et al.,](#)



(2016). Por otro lado, la elasticidad, la cohesividad y la resiliencia de las hamburguesas formuladas con emulsión gelificada no muestran ninguna diferencia significativa ( $p > 0,05$ ). Estos resultados coinciden con lo demostrado por Afshari et al., (2017), que utilizó aceite de canola para la sustitución de grasa a partir de una emulsión de aceites vegetales y con los de Lucas-González et al., (2020), que observaron como las propiedades de elasticidad y cohesividad no variaban en las hamburguesas reformuladas con harina de castaña y aceite de chía.

**Tabla 7.** Perfil de textura de las hamburguesas con sustitución de grasa.

Muestra	Dureza (N)	Elasticidad	Cohesividad	Gomosidad	Masticabilidad	Resiliencia
M1	52,55±11,36 <sup>a</sup>	0,32±0,03 <sup>a</sup>	0,53±0,03 <sup>a</sup>	27,64±5,61 <sup>a</sup>	8,87±2,48 <sup>a</sup>	0,21±0,01 <sup>a</sup>
M2	35,06±7,97 <sup>ab</sup>	0,27±0,02 <sup>a</sup>	0,44±0,09 <sup>a</sup>	16,08±5,90 <sup>b</sup>	4,35±1,62 <sup>b</sup>	0,16±0,04 <sup>a</sup>
M3	22,52±6,45 <sup>b</sup>	0,24±0,05 <sup>a</sup>	0,42±0,04 <sup>a</sup>	9,31±2,35 <sup>b</sup>	2,34±0,97 <sup>b</sup>	0,15±0,02 <sup>a</sup>

M1: muestra control con formulación tradicional; M2: muestra con un 50% de sustitución de grasa por emulsión gelificada; M3: muestra con un 100% de sustitución de grasa por emulsión gelificada. Para cada parámetro, los resultados seguidos por la misma letra (a,b,c) no son significativamente diferentes según la prueba post-hoc HSD de Tukey ( $p > 0.05$ ). Los datos se presentan como los valores medios de las repeticiones  $\pm$  DE

Los valores del resto de propiedades también disminuyen significativamente ( $p < 0,05$ ), mostrando un descenso de la gomosis y masticabilidad de las hamburguesas formuladas con la emulsión gelificada, lo que puede significar una ventaja para los consumidores, ya que estas propiedades hacen más atractivo al producto.

Las hamburguesas control tuvieron el valor de gomosis más alto, lo que indica que la estructura de la formulación control podría tener muchas más proteínas disponibles y conformando una red entre ellas más elaborada que el resto de muestras, tal y como afirman Youssef et al., (2011).

#### 4.5 Propiedades de cocción

Las propiedades de cocción que presentan las diferentes muestras quedan recogidas en la Tabla.8, en la que se observa que la muestra con menores pérdidas de cocción es la M3, presentando una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) con respecto al control. Este efecto está provocado por el alto contenido en fibra, ya que diferentes autores como son Lecumberri et al., 2007; Martínez et al., 2012; Rojo-Poveda et

al., 2019 han cuantificado la fibra de la cáscara de cacao en un rango entre 39,25-66,33 g/100 g.

El acortamiento y el aumento de espesor de las hamburguesas reformuladas con emulsión gelificada no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), por lo que contradicen los resultados de diferentes estudios realizados con anterioridad (Selani et al., 2016; BESBES et al., 2008) dónde se utilizó subproductos de la piña y aceite de colza como sustituto en hamburguesas con bajo contenido en grasa; y fibra de guisante y trigo para la sustitución de grasa en hamburguesas.

**Tabla 8.** Propiedades de cocción.

<i>Muestra</i>	<i>Pérdidas cocción (%)</i>	<i>Acortamiento (%)</i>	<i>Aumento Espesor (%)</i>
<b>M1</b>	28,04±0,79 <sup>ab</sup>	19,77±0,91 <sup>a</sup>	10,48±3,81 <sup>a</sup>
<b>M2</b>	29,44±0,25 <sup>a</sup>	17,99±2,16 <sup>a</sup>	11,44±0,33 <sup>a</sup>
<b>M3</b>	22,62±1,41 <sup>b</sup>	17,27±1,46 <sup>a</sup>	7,14±0,02 <sup>a</sup>

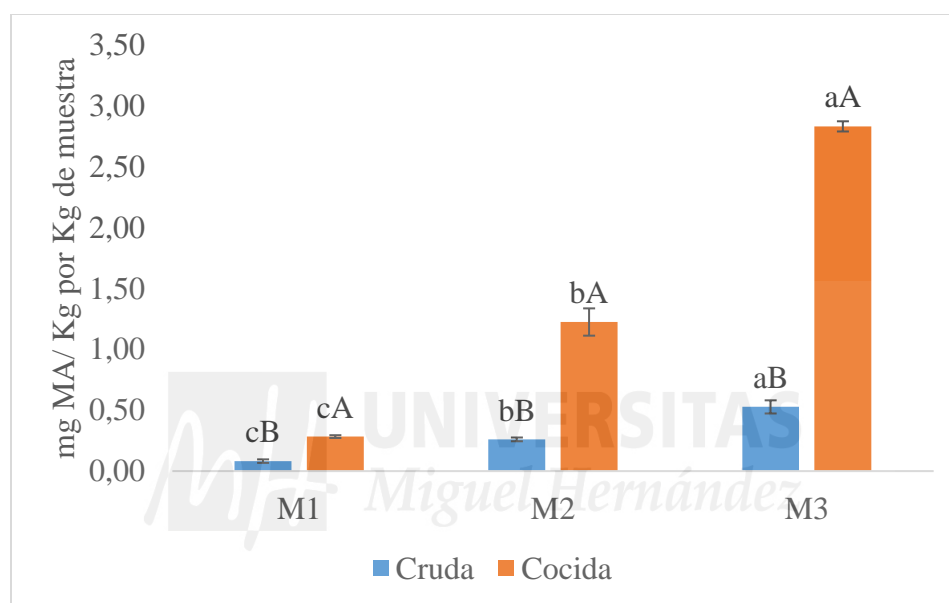
M1: muestra control con formulación tradicional; M2: muestra con un 50% de sustitución de grasa por emulsión gelificada; M3: muestra con un 100% de sustitución de grasa por emulsión gelificada. Para cada parámetro, los resultados seguidos por la misma letra (a,b,c) no son significativamente diferentes según la prueba post-hoc HSD de Tukey ( $p > 0.05$ ). Los datos se presentan como los valores medios de las repeticiones  $\pm$  DE

#### 4.6 Grado de oxidación lipídica

La oxidación de lípidos es un aspecto fundamental en la sustitución de grasa animal por vegetal, esa capacidad oxidativa de las muestras analizadas queda recogida en la Figura 2., dónde se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el grado de oxidación entre las muestras crudas con sustitución y la muestra control. Esta diferencia en el grado de oxidación de los lípidos viene dada por el perfil lipídico de las muestras, es decir, la muestra con un 100% de sustitución es más susceptible a la oxidación lipídica que el resto, pudiendo ser debido a su alto contenido en AGPI. Estos resultados contradicen los hallados por Nieto and Lorenzo, (2021) y Kim et al., (2020) que encontraron una disminución de la capacidad oxidativa de las muestras con mayor porcentaje de aceite vegetal. Los valores del grado de oxidación son altos y al superar 1mg MA/Kg de muestra se considera que supera el punto para que se dé la reacción química de la rancidez (Domínguez et al., 2019), pero hasta

que no alcanza los 2 mgMA/Kg los consumidores pueden no llegar a notar las reacciones de oxidación, pérdida de atributos sensoriales, etc. (Almeida da Trindade et al., 2009).

Estos resultados negativos están causados por la eliminación de los AGS, ya que estos al no tener dobles enlaces, son más estables a la oxidación, y por tanto no sufren los mismos efectos oxidativos. (Lucas-González et al., 2020).



**Figura 5 .** Grado de oxidación de las hamburguesas formuladas con sustitución de grasa.

Resultados expresados en mg de manolaldehído/Kg de muestra. M1: muestra control con formulación tradicional; M2: muestra con un 50% de sustitución de grasa por emulsión gelificada; M3: muestra con un 100% de sustitución de grasa por emulsión gelificada. Para cada parámetro, los resultados seguidos por la misma letra (a,b,c;A;B;C) no son significativamente diferentes según la prueba post-hoc HSD de Tukey ( $p > 0.05$ ).

#### 4.7 Evaluación Sensorial

La tabla 10. muestra el valor medio de los parámetros color y aspecto visual obtenido en la sesión cata de producto realizado cuanto al color y aspecto visual global que el panel de cata ha valorado. No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en parámetro de color de las muestras. La principal diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) se encuentra en el aspecto visual de la muestra control con respecto a las sustituidas, ya que, la muestra con más aceptación de aspecto visual es la M2. Este

resultado es muy positivo, ya que la sustitución del 50% de la grasa animal influye de forma positiva en los potenciales consumidores.

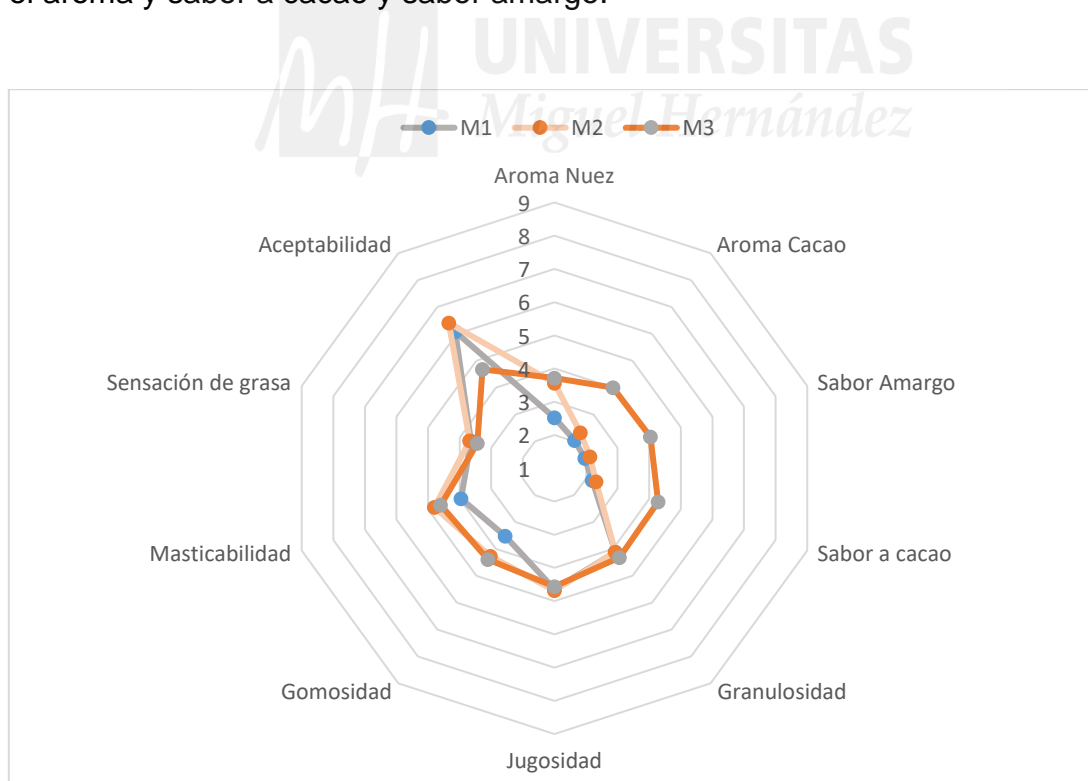
**Tabla 9.** Análisis sensorial de las hamburguesas crudas.

<i>Muestra</i>	<i>Color</i>	<i>Aspecto Visual</i>
<b>M1</b>	5,88±1,56 <sup>a</sup>	2,80±1,74 <sup>b</sup>
<b>M2</b>	6,44±2,02 <sup>a</sup>	6,16±2,56 <sup>a</sup>
<b>M3</b>	5,92±1,29 <sup>a</sup>	4,76±1,88 <sup>a</sup>

. M1: muestra control con formulación tradicional; M2: muestra con un 50% de sustitución de grasa por emulsión gelificada; M3; muestra con un 100% de sustitución de grasa por emulsión gelificada

Por otro lado, en la Figura 3. se muestran los dos aspectos que se han valorado en la evaluación sensorial, valorados en una escala del 0 al 9. Es evidente que la muestra dos es ligeramente más aceptada que el control, de forma global, mientras que la M3 ha sido valorada con menor puntuación media.

La presencia del cacao es notable, ya que en la evaluación sensorial las propiedades relacionadas con este también han sido valoradas de forma notable, como son el aroma y sabor a cacao y sabor amargo.



**Figura 6.** Análisis sensorial de las hamburguesas cocinadas.

M1: muestra control con formulación tradicional; M2: muestra con un 50% de sustitución de grasa por emulsión gelificada; M3; muestra con un 100% de sustitución de grasa por emulsión gelificada.

## 5. CONCLUSIÓN

1. En la composición química de las hamburguesas, el contenido de humedad y proteína disminuyen de forma significativa al añadir emulsión gelificada como sustituto de la grasa animal, mientras que los contenidos de cenizas y grasas aumentan de forma significativa en las hamburguesas formuladas con emulsión gelificada.

2. En cuanto a las propiedades fisicoquímicas, la sustitución de la grasa por emulsión gelificada con aceite de nuez y cáscara de cacao provocó un descenso del pH en las hamburguesas. En cuanto a los parámetros colorimétricos, la emulsión gelificada también provocó una disminución de las coordenadas  $L^*$  y  $b^*$ , además de en los parámetros  $C^*$  y  $h$ . La presencia de la emulsión gelificada no afectó a la coordenada de color  $a^*$ , pero sí provocó una diferencia de color, medida por el parámetro  $\Delta E$ , en las hamburguesas. En cuanto a las propiedades de textura, la presencia de emulsión gelificada provocó una disminución en los parámetros dureza, gomosidad y masticabilidad, mientras que no provocó cambios en la elasticidad, cohesividad y resiliencia.

3. Considerando las propiedades de cocción, la presencia de la emulsión gelificada con el objetivo de sustituir la grasa de cerdo en las hamburguesas provocó una reducción significativa en las pérdidas por cocción, mientras que el acortamiento y el aumento de espesor no presentaron cambios.

4. El efecto de la presencia de la emulsión gelificada en las hamburguesas sobre el perfil lipídico provocó el incremento significativo del contenido de ácidos grasos poliinsaturados y un aumento del valor del ratio n-3/n-6, mientras que el contenido de ácidos grasos saturados (AGS) disminuyó notablemente. También la presencia de emulsión gelificada provocó una disminución de los índices aterogénico y trombogénico (IT,IA), y una disminución del ratio AGS/AGI.

5. En cuanto a la estabilidad oxidativa, la emulsión gelificada provocó un aumento en el grado de oxidación de las hamburguesas que la contenían, siendo estas menos estables frente a la oxidación lipídica.

6. El efecto de la sustitución de grasa por emulsión gelificada en las propiedades sensoriales ejerció un efecto positivo en la percepción de atributos sensoriales, como el color o el aspecto visual global.



## 6. BIBLIOGRAFIA

Afoakwa, E. O. (2016). *Chocolate Science and Technology*. John Wiley and Sons, Ltd.

Afshari, R., Hosseini, H., Khaneghah, A.M., Khaksar, R. (2017). Physico-chemical properties of functional low-fat beef burgers: Fatty acid profile modification. *LWT-Food Science and Technology*, 78, 325-331. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.054>

Alejandre, M., Astiasarán, I., Ansorena, D., and Barbut, S. (2019). Using canola oil hydrogels and organogels to reduce saturated animal fat in meat batters. *Food Research International*, 122, 129-136. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.056>

Almeida da Trindade, R., Mancini-Filho, J., and Casañas Haasis Villavicencio, A. L. (2009). Effects of natural antioxidants on the lipid profile of electron beam-irradiated beef burgers. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111(11), 1161-1168. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200900146>

AOAC. Association of Official Analytical Chemists (2007). *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 18th ed.; AOAC: Washington, DC, USA.

AOAC Official Method 969.33. 1: Fatty acids in oils and fats (2010). Preparation of methyl esters. Boron trifluoride method. In *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (18th ed.)*, Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.

Araujo, Q. R., Fernandes, C. A. F., Ribeiro, D. O., Efraim, P., Steinmacher, D., Lieberei, R., Bastide, P., and Araujo, T. G. (2014). Cocoa Quality Index - A proposal. *Food Control*, 46, 49-54. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.05.003>

ASTM. American Society for Testing and Materials. (1986). Physical requirements. Guidelines for sensory evaluation laboratories. Am. Soc. Testing and Materials.

Badrie, N., and , Frances Bekele, E. S. andMarek S. (2014). Cocoa Agronomy, Quality, Nutritional, and Health Aspects. *Food Science and Nutrition*, 55(5), 620-659.

Barbut, S., Wood, J., and Marangoni, A. (2016). 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>

Bellucci, E. R. B., Munekata, P. E. S., Pateiro, M., Lorenzo, J. M., and da Silva Barretto, A. C. (2021). Red pitaya extract as natural antioxidant in pork patties with total replacement of animal fat. *Meat Science*, 171, 108284. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108284>

Belščak, A., Komes, D., Horžić, D., Ganić, K. K., and Karlović, D. (2009). Comparative study of commercially available cocoa products in terms of their bioactive composition. *Food Research International*, 42(5-6), 707-716. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2009.02.018>

Bertazzo, A., Agnolin, F., Comai, S., Zancato, M., Costa, C. V. L., Seraglia, R., and Traldi, P. (2011). The protein profile of *Theobroma cacao* L. seeds as obtained



by matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 25(14), 2035-2042. <https://doi.org/10.1002/rcm.5080>

Besbes, S., Attia, H., Deroanne, C., Makni, S., and Blecker, C. (2008). Partial replacement of meat by pea fiber and wheat fiber: effect on the chemical composition, cooking characteristics and sensory properties of beef burgers. *Journal of Food Quality*, 31(4), 480-489. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2008.00213.x>

Bourne, M. C. (1982). Texture, Viscosity, and Food. In *Food Texture and Viscosity* (pp. 1-23). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-119080-4.50006-0>

Brunetto, M. del R., Gutiérrez, L., Delgado, Y., Gallignani, M., Zambrano, A., Gómez, Á., Ramos, G., and Romero, C. (2007). Determination of theobromine, theophylline and caffeine in cocoa samples by a high-performance liquid chromatographic method with on-line sample cleanup in a switching-column system. *Food Chemistry*, 100(2), 459-467. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2005.10.007>

C. Hernández- Hernández, Procopio Alejandro López-Andrade, Miguel A. Ramírez-Guillermo, Diana Guerra Ramírez, J. F. C. P. (2016). Evaluation of different fermentation processes for use by small cocoa growers in Mexico. *Food Science and Nutrition*, 4(5), 690-995. <https://doi.org/10.1002/fsn3.333>

Carrillo, L. C., Londoño-Londoño, J., and Gil, A. (2014). Comparison of polyphenol, methylxanthines and antioxidant activity in *Theobroma cacao* beans from different cocoa-growing areas in Colombia. *Food Research International*, 60, 273-280. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2013.06.019>

Carvalho Barros, J., Munekata, P. E. S., de Carvalho, F. A. L., Pateiro, M., Barba, F. J., Domínguez, R., Trindade, M. A., and Lorenzo, J. M. (2020). Use of Tiger Nut (*Cyperus esculentus* L.) Oil Emulsion as Animal Fat Replacement in Beef Burgers. *Foods*, 9(1), 44. <https://doi.org/10.3390/foods9010044>

Carvalho, L. T., Pires, M. A., Baldin, J. C., Munekata, P. E. S., de Carvalho, F. A. L., Rodrigues, I., Polizer, Y. J., de Mello, J. L. M., Lapa-Guimarães, J., and Trindade, M. A. (2019). Partial replacement of meat and fat with hydrated wheat fiber in beef burgers decreases caloric value without reducing the feeling of satiety after consumption. *Meat Science*, 147, 53-59. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.010>

Caso Barrea, L. (2016). *Laura Caso Barrera (Coord.): Cacao. Producción, consumo y comercio. Del período prehispánico a la actualidad en América Latina.*

Deus, V. L., Bispo, E. S., Franca, A. S., and Gloria, M. B. A. (2020). Influence of cocoa clones on the quality and functional properties of chocolate - Nitrogenous compounds. *LWT*, 134, 110202. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110202>

Dominguez R.;Pateiro M;Gagaoua M; Barba F.J; Zhang W, L. J. . (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85073430319&origin=inward&txGid=72f9e533bf4f0878d36255b8c8bff811>

- Domínguez, R., Munekata, P.E., Pateiro, M., López-Fernández, O., Lorenzo, J.M. (2021). Immobilization of oils using hydrogels as strategy to replace animal fats and improve the healthiness of meat products. *Current Opinion in Food Science*, 37, 135-144. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.005>
- Fernández, M., Ordóñez, J. A., Cambero, I., Santos, C., Pin, C., & Hoz, L. de la. (2007). Fatty acid compositions of selected varieties of Spanish dry ham related to their nutritional implications. *Food Chemistry*, 101(1), 107-112. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.006>
- Ferro, A.C., de Souza Paglarini, C., Rodrigues Pollonio, M.A., Lopes Cunha, R. (2021). Glycerol monostearate-based oleogels as a new fat substitute in meat emulsion. *Meat Science*, 174, 108424. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108424>
- Folch, J. M., and Lees, S. G. H. S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 467-501.
- Franco, D., Martins, A., López-Pedrouso, M., Purriños, L., Cerqueira, M., Vicente, A., Pastrana, L., Zapata, C., and Lorenzo, J. (2019). Strategy towards Replacing Pork Backfat with a Linseed Oleogel in Frankfurter Sausages and Its Evaluation on Physicochemical, Nutritional, and Sensory Characteristics. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 8(9), 366. <https://doi.org/10.3390/foods8090366>
- Galúcio, C. S., Souza, R. A., Stahl, M. A., Sbaite, P., Benites, C. I., and Maciel, M. R. W. (2011). Physicochemical characterization of monoacylglycerols from sunflower oil. *Food Science*, 1, 1459-1464. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.216>

Gómez, B., Barba, F. J., Domínguez, R., Putnik, P., Kovačević, D.B., Pateiro, M., Toldrá, F., and Lorenzo, J. M. (2018). Microencapsulation of antioxidant compounds through innovative technologies and its specific application in meat processing. *Trends in Food Science and Technology*, 82, 135-147. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.006>

Heck, R. T., Vendruscolo, R. G., de Araújo Etchepare, M., Cichoski, A. J., de Menezes, C. R., Barin, J. S., Lorenzo, J. M., Wagner, R., and Campagnol, P. C. B. (2017). Is it possible to produce a low-fat burger with a healthy n – 6/n – 3 PUFA ratio without affecting the technological and sensory properties? *Meat Science*, 130, 16-25. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.03.010>

Herculano, L. S., Lukasiewicz, G. V. B., Sehn, E., Torquato, A. S., Belançon, M. P., Savi, E., Kimura, N. M., Malacarne, L. C., Baesso, M. L., and Astrath, N. G. C. (2021). The correlation of physicochemical properties of edible vegetable oils by chemometric analysis of spectroscopic data. *Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 245, 118877. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2020.118877>

ISO. (1988). International Organization for Standardization 8589. Sensory analysis general guidance for the design of test rooms. Ref. no ISO 8589:1988. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/15879.html>

Jiang, Y., Liu, L., Wang, B., Yang, X., Chen, Z., Zhong, Y., Zhang, L., Mao, Z., Xu, H., & Sui, X. (2019). Polysaccharide-based edible emulsion gel stabilized by regenerated cellulose. *Food Hydrocolloids*, 91, 232–237. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2019.01.028>

Johnston, B.C., Zeraatkar, D., Han, M.A., Vernooij, R.W.M., Valli, C., Regina El Dib Catherine Marshall , Patrick J Stover , Susan Fairweather-Taitt , Grzegorz Wójcik, Faiz Bhatia, Russell de Souza, Carlos Brotons, J.G.H.G.(2019). Unprocessed red meat and processed meat consumption: dietary guideline recommendations from the nutritional recommendations (NutriRECS) Consortium. *Annals of Internal Medicine*, 171(10), 756-764. <https://doi.org/10.7326/M19-1621>

Josquin, N. M., Linssen, J. P. H., and Houben, J. H.2012. Quality characteristics of Dutch-style fermented sausages manufactured with partial replacement of pork back-fat with pure, pre-emulsified or encapsulated fish oil. *Meat Science*, 90, 81-86. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.06.001>

Kim, T.-K., Yong, H.-I., Jung, S., Kim, Y.-B., and Choi, Y.-S. (2020). *Effects of replacing pork fat with grape seed oil and gelatine/alginate for meat emulsions.* <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108079>

Lecumberri, E., Mateos, R., Izquierdo-Pulido, M., Rupérez, P., Goya, L., and Bravo, L. (2007). Dietary fibre composition, antioxidant capacity and physico-chemical properties of a fibre-rich product from cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Food Chemistry*, 104(3), 948-954. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.12.054>

Li, X. M., Meng, R., Xu, B. C., and Zhang, B. (2021). Investigation of the fabrication, characterization, protective effect and digestive mechanism of a novel Pickering emulsion gels. *Food Hydrocolloids*, 117, 106708. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106708>

López-Pedrouso, M., Lorenzo, J. M., Gullón, B., Campagnol, P. C. B., and Franco, D. (2021). Novel strategy for developing healthy meat products replacing saturated fat with oleogels. *In Current Opinion in Food Science* 40, 40-45. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.06.003>

Lucas-González, R., Roldán-Verdu, A., Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., and Viuda-Martos, M. (2020). Assessment of emulsion gels formulated with chestnut (*Castanea sativa* M.) flour and chia (*Salvia hispanica* L) oil as partial fat replacers in pork burger formulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(3), 1265-1273. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10138>

Martínez, J. A., Melgosa, M., Pérez, M. M., Hita, E., & Negueruela, A. I. (2001). Note. Visual and Instrumental Color Evaluation in Red Wines. *Food Science and Technology International*, 7(5), 439-444. <https://doi.org/10.1106/VFAT-5REN-1WK2-5JGQ>



Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., and Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) co-products. *Food Research International*, 49(1), 39-45. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2012.08.005>

Martins, A. J., Lorenzo, J. M., Franco, D., Pateiro, M., Domínguez, R., Munekata, P. E. S., Pastrana, L. M., Vicente, A. A., Cunha, R. L., and Cerqueira, M. A. (2020). Characterization of Enriched Meat-Based Pâté Manufactured with Oleogels as Fat Substitutes. *Gels*, 6(2), 17. <https://doi.org/10.3390/gels6020017>

M.C. Hunt, J.C. Acton, R.C. Benedict, C.R. Calkins, D.P. Cornforth, L.E. Jeremiah, et al. Guidelines for meat color evaluation American Meat Science Association and National Live Stock and Meat Board, Chicago (1991). [https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/1991/guidelines-for-meat-color-evaluation.pdf?sfvrsn=1338bbb3\\_2](https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/1991/guidelines-for-meat-color-evaluation.pdf?sfvrsn=1338bbb3_2)

Morales Gómez, J. F., Antonelo, D. S., Beline, M., Pavan, B., Bambil, D. B., Fantinato-Neto, P., Saran-Netto, A., Leme, P. R., Goulart, R. S., Gerrard, D. E., and Silva, S. L. (2021). Feeding strategies impact animal growth and beef color and tenderness. *Meat Science* <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108599>

Nieto, G., and Lorenzo, J. M. (2021). Use of olive oil as fat replacer in meat emulsions. *In Current Opinion in Food Science* 40, 79-186. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.04.007>

Okiyama, D. C. G., Soares, I. D., Toda, T. A., Oliveira, A. L., and Rodrigues, C. E. C. (2019). Effect of the temperature on the kinetics of cocoa bean shell fat extraction using pressurized ethanol and evaluation of the lipid fraction and defatted meal. *Industrial Crops and Products*, 130, 96-103. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.063>

Öztürk-Kerimoğlu, B., Kavuşan, H. S., Benzer Gürel, D., Çağındı, Ö., and Serdaroğlu, M. (2021). Cold-set or hot-set emulsion gels consisted of a healthy oil blend to replace beef fat in heat-treated fermented sausages. *Meat Science*, 176, 108461. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108461>

- Panagiotopoulou, E., Moschakis, T., and Katsanidis, E. (2016). Sunflower oil organogels and organogel-in-water emulsions (part II): Implementation in frankfurter sausages. *LWT - Food Science and Technology*, 73, 351-356. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.006>
- Pielak, M., Czarniecka-Skubina, E., & Głuchowski, A. (2020). Effect of Sugar Substitution with Steviol Glycosides on Sensory Quality and Physicochemical Composition of Low-Sugar Apple Preserves. *Foods*, 9(3), 293. <https://doi.org/10.3390/foods9030293>
- Qiu, C., Wang, H., Guo, Y., Long, S., Wang, Y., Abbasi, A. M., Guo, X., and Jarvis, D. I. (2020). Comparison of fatty acid composition, phytochemical profile and antioxidant activity in four flax (*Linum usitatissimum* L.) varieties. *Oil Crop Science*, 5(3), 136-141. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2020.08.001>
- Rojo-Poveda, Barbosa-Pereira, Mateus-Reguengo, Bertolino, Stévigny, and Zeppa. (2019). Effects of Particle Size and Extraction Methods on Cocoa Bean Shell Functional Beverage. *Nutrients*, 11(4), 867. <https://doi.org/10.3390/nu11040867>
- Rosmini, M. R., Perlo, F., Pérez-Alvarez, J. A., Pagán-Moreno, M. J., Gago-Gago, A., López-Santoveña, F., and Aranda-Catalá, V. (1996). TBA test by an extractive method applied to "Paté." *Meat Science*, 42(1), 103-110. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(95\)00010-0](https://doi.org/10.1016/0309-1740(95)00010-0)
- Santos, M. M. F., Lima, D. A. S., Madruga, M. S., and Silva, F. A. P. (2020). Lipid and protein oxidation of emulsified chicken patties prepared using abdominal fat and skin. *Poultry Science*, 99, 1777-1787. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.027>



Selani, M. M., Shirado, G. A. N., Margiotta, G. B., Saldaña, E., Spada, F. P., Piedade, S. M. S., Contreras-Castillo, C. J., and Canniatti-Brazaca, S. G. (2016). Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. *Meat Science*, 112, 69-76. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2015.10.020>

Talbot, G. (2016). Developing food products for customers with low fat and low saturated fat requirements: Dairy and meat products. In *Developing Food Products for Consumers with Specific Dietary Needs* 107-128. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100329-9.00006-2>

Ulbricht, T. L. V., & Southgate, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 338(8773), 985-992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)

Vargas-Ramella, M., Pateiro, M., Barba, F. J., Franco, D., Campagnol, P. C. B., Munekata, P. E. S., Tomasevic, I., Domínguez, R., and Lorenzo, J. M. (2020). Microencapsulation of healthier oils to enhance the physicochemical and nutritional properties of deer pâté, 125, 109223. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109223>

Woern, C., Marangoni, A. G., Weiss, J., and Barbut, S. (2021). Effects of partially replacing animal fat by ethylcellulose based organogels in ground cooked salami. *Food Research International*, 147, 110431. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110431>

Wolfer, T. L., Acevedo, N. C., Prusa, K. J., Sebranek, J. G., and Tarté, R. (2018). Replacement of pork fat in frankfurter-type sausages by soybean oil oleogels structured with rice bran wax. *Meat Science*, 145, 352-362. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.012>

Youssef, M. K., Barbut, S., and Smith, A. (2011). Effects of pre-emulsifying fat/oil on meat batter stability, texture and microstructure. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(6), 1216-1224. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02607.x>

Zhang, J., Hayden, K., Jackson, R., and Schutte, R. (2021). Association of red and processed meat consumption with cardiovascular morbidity and mortality in participants with and without obesity. *Clinical Nutrition*, 40(5), 3643-3649. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.12.030>

