

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



“UTILIZACIÓN DE EMULSIONES GELIFICADAS ELABORADAS CON PRODUCTOS ANDINOS (HARINA DE MACA, ACEITE DE SOJA Y ACEITE ESENCIAL DE CHINCHO) COMO FUENTE DE GRASA Y SU APLICACIÓN A PRODUCTOS CÁRNICOS”.



TRABAJO FIN DE GRADO

Julio-2024

Autor/a: Tatyana Svilenova Stancheva

Tutor/a: Juana Fernández López

Cotutor/a: Carmen M. Botella-Martínez

Título: Utilización de emulsiones gelificadas elaboradas con productos andinos (harina de maca, aceite de soja y aceite esencial de chincho) como fuente de grasa y su aplicación a productos cárnicos.

Resumen:

En la sociedad actual, las hamburguesas son uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial y las industrias, a su vez, son cada vez más conscientes de la demanda de alimentos saludables por parte de los consumidores, que comprenden cada vez más, la relación entre la alimentación y su influencia sobre la salud. Es por ello que, el objetivo de este trabajo fue la investigación del reemplazo parcial de grasa dorsal de cerdo (50 %) en hamburguesas de ternera por emulsión gelificada (EG1): aceite de soja y harina de maca o (EG2): aceite de soja, harina de maca y aceite esencial de chincho. Se analizó la composición proximal (proteína, grasa, cenizas y humedad), propiedades fisicoquímicas (pH, aw, color y textura) y de cocinado, parámetros de oxidación lipídica (TBA) y propiedades sensoriales. Los resultados mostraron efectos positivos de dureza, masticabilidad, ($\Delta E^* < 3$) en muestras cocinadas y mayor aceptabilidad sensorial tras la utilización de emulsión gelificada a base de aceite de soja y harina de maca en la sustitución parcial de grasa de cerdo en hamburguesas de ternera.

Palabras clave: Hamburguesa funcional, sustitución de grasa, emulsión gelificada, aceite de soja, aceite esencial de chincho, harina de maca, grasa saturada.

Title: Use of gelled emulsions made with Andean products (maca flour, soybean oil and chincho essential oil) as a source of fat and their application to meat products.

Abstract:

In today's society, burgers are one of the most consumed foods worldwide and industries, in turn, are increasingly aware of the demand for healthy foods by consumers, who increasingly understand the relationship between food and its influence on health. Therefore, the objective of this work was to investigate the partial replacement of pork backfat (50 %) in beef burgers by gelled emulsion (GE1): soybean oil and maca flour or (GE2): soybean oil, maca flour and essential oil of chincho. Were analyzed proximal composition (protein, fat, ash and moisture), physicochemical (pH, aw, color and texture) and cooking properties, lipid oxidation parameters (TBA) and sensory properties. The results showed positive effects on toughness, chewiness, ($\Delta E^* < 3$) in cooked samples and higher sensory acceptability after the use of gelled emulsion base on soybean oil and maca flour in the partial replacement of pork fat in beef patties.

Key words: Functional burger, fat replacement, gelled emulsion, soybean oil, chincho essential oil, maca flour, saturated fat.

“UTILIZACIÓN DE EMULSIONES GELIFICADAS ELABORADAS CON PRODUCTOS ANDINOS (HARINA DE MACA, ACEITE DE SOJA Y ACEITE ESENCIAL DE CHINCHO) COMO FUENTE DE GRASA Y SU APLICACIÓN A PRODUCTOS CÁRNICOS”.

Agradecimientos:



No podría finalizar este trabajo sin antes expresar el agradecimiento profundo a mi familia, por su apoyo incondicional, por creer en mí y por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación. Quiero aprovechar esta oportunidad, también, para agradecer al departamento que me ha brindado la oportunidad de realizar este trabajo, por su orientación y paciencia a lo largo de este camino, en especial a mi tutora Juana Fernández López y mi cotutora Carmen M. Botella-Martínez.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Visión global de la industria cárnica y su importancia a nivel nacional.....	2
1.2. Preparados cárnicos más comunes en España	3
1.3. Cultivos andinos.....	5
1.4. La soja y su aceite	7
1.5. Maca (<i>Lepidium meyenii</i>)	10
1.6. Chincho (<i>Tagetes elliptica Sm</i>)	11
1.7. Innovaciones actuales en la producción de hamburguesas	12
2. OBJETIVOS	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. Materias primas	13
3.2. Preparación de emulsiones gelificadas de aceite en agua (O/W)	15
3.3. Formulación y procesamiento de hamburguesas que contienen (EG).....	16
3.4. Análisis proximal	18
3.5. Análisis fisicoquímico	20
3.6. Propiedades de cocción.....	22
3.7. Estabilidad oxidativa (método TBA).....	23
3.8. Análisis sensorial	23
3.9. Análisis estadístico	24
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Composición proximal de las hamburguesas.....	25
4.2. Análisis fisicoquímico de las hamburguesas.....	27
4.3. Propiedades de cocinado de las hamburguesas	32
4.4. Oxidación lipídica (TBA).....	34
4.5. Análisis sensorial de las hamburguesas	35
5. CONCLUSIONES	37
6. BIBLIOGRAFÍA	37

1. INTRODUCCIÓN

La carne y sus derivados son componentes esenciales que forman parte de nuestra dieta moderna por la fuente importante de nutrientes que presenta. La mayor producción se engloba en los sectores porcino, avícola y bovino. Los métodos de procesamiento tradicionales y modernos permiten la producción de diferentes elaborados que incluyen hamburguesas, cortes marinados, embutidos (frescos, fermentados/curados y pasteurizados), paté de hígado, entre otros. Dichos elaborados o derivados cárnicos se clasifican en preparados de carne y productos cárnicos en el *Reglamento (CE) nº 853/2004*, cuya diferencia radica en que los primeros consisten en carne fresca, incluida la carne que ha sido troceada, a la que se le han añadido productos alimenticios, condimentos o aditivos, o que ha sido sometida a transformaciones que no bastan para alterar la estructura interna de la fibra muscular ni, por lo tanto, para eliminar las características de la carne fresca. En este grupo se encuentran las hamburguesas y longanizas frescas. Sin embargo, los productos cárnicos se definen como los productos transformados resultantes de la transformación clara de la carne, de modo que la superficie de corte muestre que el producto ha dejado de poseer las características de la carne fresca. Serían aquellos sometidos a los diversos tratamientos térmicos o técnicas como el picado: longanizas, chorizos curados o salchichas tipo Frankfurt.

A día de hoy, las hamburguesas de carne son uno de los preparados más demandados en la sociedad, sin embargo, los consumidores son cada vez más conscientes con la alimentación, excluyendo así de su dieta, alimentos poco saludables y por ende perjudiciales para su salud. En el caso de las hamburguesas su alto contenido en ácidos grasos saturados (AGS) y *trans* (AGT) se encuentra estrechamente relacionado con un alto riesgo de desarrollar enfermedades crónicas no transmisibles como la obesidad, hipertensión e incluso diabetes tipo 2, por lo que la agencia internacional de seguridad alimentaria ha realizado recomendaciones en vista de disminuir o limitar su consumo Botella-Martínez et al., (2022). Según un informe de la Organización Mundial de la Salud las enfermedades cardiovasculares (ECV) representan aproximadamente el 45 % de las muertes en todo el mundo. Para disminuir la incidencia de ECV, la OMS reguló la ingesta total de grasa a valores inferiores al 30 %, así como de grasa saturada y *trans* al 10 % y 1% respectivamente (OMS, 2018).

Es por ello que, las industrias alimentarias trabajan continuamente para mejorar no solo el contenido en grasa sino también el perfil lipídico, siendo posible mediante la reformulación, una de las estrategias tecnológicas más importantes, que puede darse, por ejemplo, con la incorporación de emulsiones gelificadas (EG). En este caso, la grasa sólida de origen animal es sustituida por aceites vegetales de gran interés tecnológico y nutricional. Cabe señalar que estos aceites son más susceptibles a la oxidación lipídica debido a las insaturaciones que presentan, por lo que deben implementarse acciones de prevención para controlarla. Para evitar esto, se han desarrollado nuevos métodos de estructuración para dotar a los aceites vegetales de una estructura sólida similar a la de las grasas animales, pero manteniendo estable su perfil lipídico saludable. Entre estas estrategias, las EG muestran un gran potencial como sustituto de la grasa animal en productos cárnicos, y en este sentido, la incorporación de productos andinos (maca, soja y chincho) podría favorecer positivamente la calidad total de la hamburguesa Cardona et al., (2023).

1.1. Visión global de la industria cárnica y su importancia a nivel nacional

Según la Oficina Europea de Estadística, en 2022 la Unión Europea (UE) lideró con una producción de 22,1 millones de toneladas de carne de cerdo, aproximadamente 12,1 millones de toneladas de carne de ave y 6,6 millones de toneladas de carne bovina (Eurostat, 2022). Asimismo, España figura como el primer país en la producción de carne de cerdo a nivel europeo con un porcentaje de (23,0 %) por delante de Alemania (20,3 %). En cuanto a la carne de ave, Polonia representa el mayor porcentaje (22,5 %) seguido de España con un (13,5 %), mientras que Francia posee un (20,5 %) para carne de vacuno producida en la UE (Eurostat, 2023).

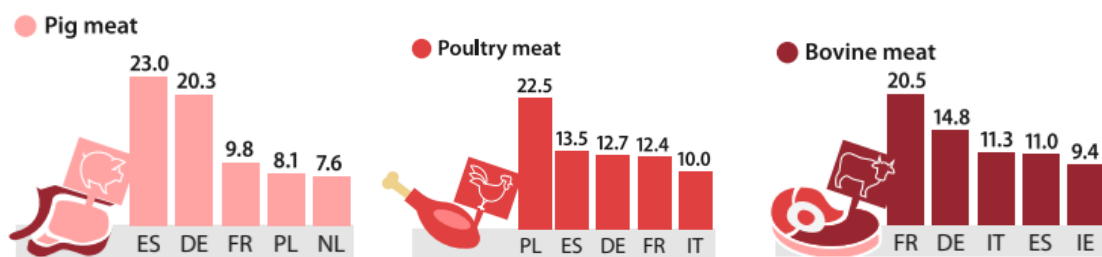


Figura 1. Producción europea de carne porcina, avícola y bovina (Eurostat, 2023).

Por otro lado, a nivel nacional la industria cárnica, en especial la porcina, ocupa con diferencia el primer lugar de toda la industria española de alimentos y bebidas, con una cifra de negocio de 31.032 millones de euros, el 28,4% de todo el sector alimentario español (ANICE, 2022). Este sector está formado por mataderos, salas de despiece e industrias de elaborados. Es más, la industria cárnica se encuentra entre los grandes sectores del país, a continuación de la industria de suministro de energía y la automovilística, y junto a sectores como la industria química o metalúrgica (ANICE, 2022).

Según los datos del MAPA, sobre el consumo de carne en kilos por persona y año, se puede destacar una reducción total de la carne entre 2021 y 2022, el dato más bajo registrado desde el 2008. La categoría de carne se distingue en tres segmentos: carne fresca, carne congelada y carne transformada. Tal y como se puede observar en la **figura 2**, el consumo se ve reducido en los tres segmentos, destacando la carne fresca debido a que el precio medio creció un 8,4 % con respecto al 2021. Aun así, se resalta que el 70,6 % de los kilos de carne que se adquieren para consumo doméstico son de carne fresca. La carne transformada se sitúa con cuotas en volumen y valor del 27,0 %. Por último, la compra de carne congelada supone un 2,4 % del total.

	Consumo per cápita (kg)	
	2021	2022
TOTAL CARNE	44,74	39,07
CARNE FRESCA	31,98	27,59
CARNE CONGELADA	1,19	0,93
CARNE TRANSFORMADA	11,57	10,54

Figura 2. Tabla extraída del Informe Anual de Consumo (MAPA, 2022).

1.2. Preparados cárnicos más comunes en España

La gastronomía española es muy diversa, con una amplia variedad de platos que incorporan carne en diferentes formas y presentaciones. De acuerdo con la norma de calidad de derivados cárnicos que se recoge en el *Real Decreto 474/2014*, los preparados cárnicos se muestran como “derivados cárnicos no sometidos a tratamiento”, pertenecientes a este grupo los figatells, el flamenquín cordobés, la hamburguesa, el «burger meat» (producto fresco, elaborado a partir de carne picada y otros ingredientes, incluidos los aditivos, con un contenido mínimo de cereal o de hortalizas, o de ambos, del 4 %), el «steak tartare»

(producto fresco destinado a consumirse crudo, elaborado a partir de carne picada y otros ingredientes, incluidas las salsas y los aditivos), el relleno de Huéscar, la longaniza, la salchicha, la butifarra y el chorizo frescos (**figuras 3, 4 y 5**).



Figura 3. Hamburguesa.



Figura 4. Longaniza fresca.



Figura 5. Chorizo fresco.

Estos productos son fácilmente deteriorables debido a su elevada $a_w > 0,95$, es por ello que se deben conservar en refrigeración entre 0-4 °C, o bien congelarse a una temperatura interna no superior a -18 °C, asimismo, consumirse con previo tratamiento térmico a excepción del steak tartar, así como se dicta en el *Real Decreto 474/2014*.

Las siguientes menciones deben formar parte del etiquetado informando al consumidor (**figura 6**), para garantizar un correcto mantenimiento como producto fresco durante la vida útil del mismo.



Figura 6. Burger Meat Vacuno.

Con respecto a los embutidos frescos, cabe destacar que forman parte de la exclusiva salchichería española (MAPA, 2007) que en la práctica, su preparación constituye un recurso muy generalizado para conservar, sobre todo, la carne de cerdo y obtener alimentos con experiencias sensoriales más sabrosas y novedosas. Múltiples regiones

cuentan con recetas típicas, y entre la población rural son considerados como alimentos de extraordinaria aceptación. El ingrediente principal de estos elaborados es la carne picada o “burger meat”, que posteriormente será mezclada junto a varios ingredientes adicionales para dar lugar a diferentes preparados, como por ejemplo las hamburguesas, uno de los platos más simbólicos de la cocina internacional.

Históricamente, la molienda de la carne formaba parte de un proceso muy importante a la hora de cocinarla, puesto que era más sencilla la distribución del calor por toda la superficie de forma homogénea, lo cual mejoraba también la masticabilidad. Otros datos exponen sobre una ligera conservación tras el picado, mediante la adición de sal y condimentos, a modo de preservar la carne unas cuantas horas para un consumo cercano, ya que no iba a sufrir ningún tratamiento de curado ni salmuerado.

La definición de hamburguesa se especifica en la legislación española como: producto elaborado con carne picada con adición de sal, especias, condimentos u otros productos alimenticios.

1.3. Cultivos andinos



Debido a su diversidad, la región andina de América del Sur se caracteriza por ser uno de los principales centros mundiales de domesticación de plantas como la quinoa (*Chenopodium quinoa*) o el amaranto (*Amaranthus caudatus* y *A. quitensis*), entre otros.

En esta región se encuentran 38 especies de plantas domesticadas, entre las cuales más de la mitad corresponden a Perú, puesto que es uno de los 12 países con la mayor diversidad biológica, con aproximadamente 10 % de flora mundial Jacobsen et al., (2003).



Figura 7. Cordillera de los andes.

Anterior a la conquista española los cultivos andinos fueron una importante fuente de abastecimiento en las zonas altas donde pocos cultivos florecían, puesto que supieron adaptarse y por ende sobrevivir a variaciones climáticas de riesgo. Sin embargo, estos cultivos no siempre han poseído el interés que presentan hoy en día y esto se debe a que durante los períodos colonial y republicano fueron desacreditados con frecuencia como un “alimento para los indios” Dollfus, (2014).

Es por ello que su consumo se redujo significativamente y desapareció de muchos sistemas agrícolas. La búsqueda reciente de alimentos saludables en Europa y el resto del mundo ha despertado su renovado interés, por su productividad y alta calidad nutricional Basantes et al., (2022). La biodiversidad en la zona andina posee ventajas comparativas y competitivas excepcionales con respecto a otras regiones o países, ya que los granos, raíces, tubérculos y frutas tienen características nutritivas para resolver problemas de desnutrición humana, no únicamente en Los Andes, sino también en gran parte del mundo Tapia et al., (2007).

1.4. La soja y su aceite

El cultivo de soja (*Glycine max*) es uno de los cinco más importantes a nivel mundial, junto con el maíz, trigo, algodón y arroz Karges et al., (2022). La soja pertenece a la familia de las leguminosas, como la judía o el guisante entre otras. Se trata de una planta anual que se cultiva durante la estación cálida, principalmente para obtener aceite y proteínas de alta calidad, por lo que la producción mundial incrementó desde el año 1998 con 160 millones de toneladas a 350 millones de toneladas en 2018 (FAOSTAT, 2021), tomando el 92% de la producción EE. UU, Argentina, Brasil, China e India.



Figura 8. Cultivo de soja (*Glycine max*).

La soja es un cultivo andino, debido a su adaptación a climas diversos y la resistencia a múltiples enfermedades. Estas dos características la convierten en una forma de cultivo muy rentable (Garzón, 2005), sin embargo, cabría destacar que las tasas de crecimiento disminuyen por encima de los 35 °C y por debajo de los 18 °C (FAO, 2023).

Asimismo, entre las semillas oleaginosas más utilizadas para la extracción de aceites comestibles se encuentran la soja, la colza, el girasol, la semilla de algodón, el maíz y el maní, entre otras. Los aceites de colza, soja y girasol representan el 87 % de la producción mundial de aceites vegetales. La mayoría de ellos se obtienen principalmente por extracción en continuo con solventes (MAPA, 1988), siendo la extracción con hexano el método más utilizado en la industria para producir aceite de soja debido a su alta recuperación y menor costo de producción Cheng y Rosentrater (2017), además de poseer una menor peligrosidad, toxicidad y corrosividad en las instalaciones (MAPA, 1988).

Tras la extracción, se precisa de un refinado previo a su consumo mejorando así las condiciones de conservación y nutrición, puesto que algunas semillas contienen sustancias llamadas antinutrientes que pueden resultar tóxicas para el organismo.

Según la Base de Datos Española de Composición de Alimentos (BEDCA), la composición del aceite de soja es de 14,4 % de ácidos grasos saturados (10,05 % de ácido palmítico (16:0) y 3,79 % de ácido esteárico (18:0)), 27,13 % de ácidos grasos monoinsaturados (principalmente ácido oleico (18:1) aproximadamente 25,14 %), y 58,47 % de ácidos grasos poliinsaturados (49,54 % de ácido linoleico (18:2) y 9 % de ácido linolénico (18:3)). Al igual que otros aceites vegetales, el aceite de soja también contiene tocoferoles o comúnmente llamados como vitamina E, puesto que es un nutriente liposoluble necesario para ayudar a proteger las células contra los daños causados por los radicales libres, definiéndose como antioxidante.

Por todo ello el aceite de soja es mundialmente conocido principalmente por los ácidos grasos poliinsaturados y el contenido en tocoferol, entre otros compuestos bioactivos Cerrón-Mercado et al., (2022). Así, debido a esta composición, el aceite de soja podría ser una buena fuente de lípidos para la elaboración de emulsiones gelificadas para ser utilizadas como sustitutos de grasas Cerrón-Mercado et al., (2022).



Componente	Valor	Unidad	Fuente
Proximales			
alcohol (etanol)	0	g	38
energía, total	3700 (888)	KJ(kcal)	236
grasa, total (lípidos totales)	99,99	g	38
proteína, total	0	g	38
agua (humedad)	0,01	g	38
Hidratos de carbono			
fibra, dietética total	0	g	38
carbohidratos	0	g	38
Grasas			
ácido graso 22:6 n-3 (ácido docosahexaenóico)	-	-	-
ácidos grasos, monoinsaturados totales	27,13	g	310
ácidos grasos, poliinsaturados totales	58,47	g	310
ácidos grasos saturados totales	14,4	g	310
ácido graso 12:0 (láurico)	-	-	-
ácido graso 14:0 (ácido mirístico)	0,07	g	310
ácido graso 16:0 (ácido palmítico)	10,05	g	310
ácido graso 18:0 (ácido esteárico)	3,79	g	310
ácido graso 18:1 n-9 cis (ácido oléico)	25,14	g	310
colesterol	0	mg	38
ácido graso 18:2	49,54	g	310
ácido graso 18:3	9	g	310
ácido graso 20:4 n-6 (ácido araquidónico)	-	-	-
ácido graso 20:5 (ácido eicosapentaenóico)	-	-	-
Vitaminas			
Vitamina A equivalentes de retinol de actividades de retinos y carotenoides	0	µg	38
Vitamina D	0	µg	38
Vitamina E equivalentes de alfa tocoferol de actividades de vitámeros E	16,75	mg	38
folato, total	0	µg	38
equivalentes de niacina, totales	0	mg	38
riboflavina	traza	mg	38
tiamina	traza	mg	38
Vitamina B-12	0	µg	38
Vitamina B-6, Total	traza	mg	38
Vitamina C (ácido ascórbico)	0	mg	38
Minerales			
calcio	0	mg	38
hierro, total	0	mg	38
potasio	0	mg	38
magnesio	0	mg	38
sodio	0	mg	38
fósforo	0	mg	38
ioduro	traza	µg	38
selenio, total	traza	µg	38
zinc (cinc)	traza	mg	38

Figura 9. Valor nutricional del aceite de soja. Fuente: Bedca 2024.

1.5. Maca (*Lepidium meyenii*)

La maca es una raíz perteneciente a la familia de las Crucíferas, originaria de Los Andes Centrales del Perú, tolerante al frío y por ende resistente a granizadas y heladas, además también a sequías prolongadas. Se cultiva desde la época incaica en altitudes comprendidas entre los 3800 a 4500 m.s.n.m Sifuentes-Penagos et al., (2015).



Figura 10. Cultivo de maca (*Lepidium meyenii*).

Se trata de un tubérculo con un alto valor nutricional destacando a su vez la presencia de hasta siete aminoácidos esenciales, un contenido mayoritario con respecto a las patatas y zanahorias. Por otro lado, el contenido de ácidos grasos insaturados, como linoleico y oleico es de 52,7% a 60,3% de ácidos grasos totales. En cuanto a los minerales resaltan el calcio 247 mg, fósforo 183 mg y hierro 14,7 mg Sifuentes-Penagos et al., (2015).

Componentes	Contenido (%)
Proteínas	8,87 – 11,60
Lípidos	1,09 – 2,20
Carbohidratos	54,60 – 60,00
Fibra	8,23 – 9,08
Cenizas	4,90 – 5,00

Figura 11. Valor nutricional de la raíz seca de maca. Fuente: Castaño-Corredor (2008).

Su utilidad en la industria alimentaria radica en la elaboración de harina mediante el secado de las raíces, selección, lavado, desinfección y molienda de las mismas para conseguir concentrar los nutrientes, ya que poseen efectos beneficiosos para la salud debido a su contenido en compuestos bioactivos, incluidos glucosinolatos y flavonoides. Desde un punto de vista tecnológico, el contenido de almidón en la maca como producto del procesamiento de fraccionamiento podría utilizarse como emulsionante y estabilizador así pues otorgar a los alimentos la textura y consistencia deseadas. Además, los antioxidantes

derivados de la maca podrían ser útiles para evitar que los alimentos ricos en lípidos se vuelvan rancios y para controlar el pardeamiento enzimático de los productos frescos Cerrón-Mercado et al., (2022).

1.6. Chincho (*Tagetes elliptica* Sm)

Las primeras civilizaciones andinas descubrieron que las hierbas aromáticas poseían efectos en la conservación natural de sus alimentos y sobre la salud de sus pobladores (Alvarez et al., 2022), debido a la costumbre ancestral en el uso de plantas medicinales. Conforme se fueron desarrollando estas plantas siguieron adquiriendo valor hasta hoy en día, es así que las especies del género *Tagetes* y familia *Asteraceae* no solo son empleadas en la gastronomía peruana, sino que además han demostrado propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Más concretamente, una de las especies de *Tagetes*, es el “chincho” (*Tagetes elliptica* Smith) que se cultiva principalmente en la región central de la sierra peruana, al cual se le atribuyen actividad bactericida, antifúngica, antioxidante y un gran aporte de sabor y aroma a la gastronomía peruana, utilizado más comúnmente en preparaciones con carne.



Figura 12. Cultivo de chincho (*Tagetes elliptica* Smith)

Aunque el consumo de esta especie o condimento sea más bien local y no sea muy conocida por la comunidad investigadora ni por los consumidores, lo cierto es que actualmente, la industria alimentaria se halla explorando fuentes naturales para ayudar a conservar los alimentos, significando con ello un reemplazo parcial o total de los aditivos sintéticos (Alvarez et al., 2022). Con ello se incrementa el uso de especias y productos derivados, como aceites esenciales, que contienen propiedades antimicrobianas y antioxidantes, entre otras. Varios estudios (Cerrón-Mercado et al., 2022) destacan la capacidad antioxidante del chincho, jugando un papel fundamental en la incorporación de

emulsiones gelificadas a productos cárnicos, ya que evita aspectos negativos como rancidez, sabores desagradables y decoloraciones, procedentes de la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados originarios del aceite de soja. Por ende, debido además a su capacidad antimicrobiana su aceite esencial podría proporcionar los efectos deseados de un conservante alimentario, promovido por alguno de los metabolitos bioactivos presentes: β -trans-ocimeno (25,03 %), trans-tagetona (51,37 %), β -mirceno (2,78) y β -cariofileno (1,17 %) (Cerrón-Mercado et al., 2022).

1.7. Innovaciones actuales en la producción de hamburguesas: mejora del perfil lipídico

En especial, para los productos cárnicos, la grasa es un componente intrínseco importante con un gran valor tecnológico (estructura, textura, desarrollo de sabor y jugosidad, entre otros). Su reducción o eliminación no es una tarea sencilla, debido a que las grasas saturadas juegan un papel fundamental en el procesamiento de los alimentos y en su percepción sensorial aportando el sabor característico de la hamburguesa que todo consumidor espera.

Con el tiempo se han realizado muchos esfuerzos para desarrollar hamburguesas más saludables y uno de ellos es la reformulación de los productos cárnicos con fuentes lipídicas más saludables (ricas en ácidos grasos insaturados), especialmente procedentes de aceites vegetales (Moghtadaei, 2021). Sin embargo, la sustitución directa de la grasa animal por estos aceites no es tecnológicamente viable, dado que contribuye a la formación de estructura de la matriz cárnica y no queda retenida en la misma. De hecho, se ha observado que un elevado contenido de ácidos grasos insaturados puede aumentar la dureza y la fuerza de corte, lo que a su vez reduce la puntuación de textura de las hamburguesas de carne en la evaluación sensorial. (Moghtadaei, 2021)

Una forma de realizar esta sustitución, con mínimos efectos tecnológicos, podría ser el uso de emulsiones gelificadas (EG) (Botella-Martínez et al., 2022), es decir, obtener una red de gel con estructura tridimensional a partir de aceite con características autónomas, termorreversibles y viscoelásticas.

Entre la variedad de productos cárnicos, las hamburguesas parecen ser una opción adecuada tanto para la reducción de la grasa como para mejorar el perfil lipídico, ya que

son productos populares que se venden como alimentos de consumo rápido, fáciles de preparar en casa y, por lo tanto, con un alto impacto en la dieta.

En este trabajo se propuso el aceite de soja como aporte de ácidos grasos poliinsaturados puesto que varios hallazgos demuestran su potencial, y como novedad la harina de maca como agente gelificante y el aceite esencial de chincho.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar la viabilidad tecnológica, fisicoquímica y sensorial de la sustitución parcial de la grasa dorsal de cerdo por emulsión gelificada (EG) en una hamburguesa de carne.

2.2. Objetivos específicos

- Desarrollar una emulsión gelificada a base de harina de maca y aceite de soja (EG1) y otra con harina de maca, aceite de soja y aceite esencial de chincho (EG2).
- Determinar el efecto del uso de la emulsión gelificada al 50 % de sustitución sobre la composición proximal, propiedades fisicoquímicas y de cocinado, oxidación lipídica y análisis sensorial.
- Comparar las muestras HEG1 y HEG2 entre ambas y con el grupo control.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materias primas

En el presente trabajo, se prepararon diferentes emulsiones gelificadas con los siguientes ingredientes:

- **Harina de maca peruana orgánica** (proteínas 11,9%, carbohidratos 61,5%, grasas 0,7%, y fibra dietética 15,1%). Se adquirió en un supermercado local de (Orihuela, España).



Figura 13. Harina de maca.

- **Aceite de soja** (48,22% ácido linoleico, 30,26% ácido oleico, 11,07% de ácido palmítico y 5,36% de ácido linolénico). Se adquirió en un supermercado local de (Orihuela, España).



Figura 14. Aceite de soja.

- **Aceite esencial de Chincho**, se obtuvo por destilación al vapor a partir de hojas de chincho recolectadas en la provincia de Chupaca, Región Junín, Perú (3263 m sobre el nivel del mar). Fue proporcionado por la Investigadora Dña. Francis Gladis Cerrón Mercado de la Universidad de la Molina (Perú).



Figura 15. Aceite esencial de Chincho.

Otros ingredientes necesarios para la preparación de las hamburguesas:

- **Carne de bovino** (72,30% de humedad, 1,85% de grasa, 24,96% de proteína y 0,87% cenizas). Se adquirió de una carnicería local (Orihuela, España).
- **Panceta de cerdo** (11,20% humedad, 75,60% lípidos, 12,43% proteínas y 0,77% cenizas). Se adquirió en una carnicería local (Orihuela, España).

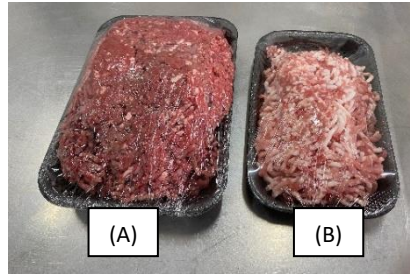


Figura 16. Carne de res (A). Grasa de cerdo (B).

- **Gelatina de origen animal (cerdo)** de 180 grados Bloom, se obtuvo de Sosa Ingredients S.L. (Barcelona, España). Fue utilizada en la formación de las emulsiones gelificadas.



Figura 17. Instangel de cerdo.

- **Especias** (perejil, pimienta negra, cebolla, ajo) **y sal**. Se adquirieron en un supermercado local (Orihuela, Alicante).

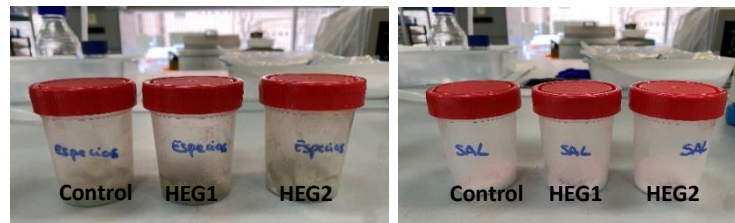


Figura 18. Distribución de especias y sal para su posterior adición en cada muestra.

3.2. Preparación de emulsiones gelificadas de aceite en agua (O/W)

Las emulsiones gelificadas (EG) se prepararon con harina de maca, aceite de soja y aceite esencial de chincho, según Botella-Martínez et al., (2021). Se formularon dos emulsiones gelificadas (EG1 y EG2) y su composición se describe en la (Tabla 1). Las emulsiones obtenidas se mantuvieron a 4 °C hasta la elaboración de las hamburguesas.



Figura 19. Emulsión gelificada congelada (A). Emulsión gelificada triturada para la obtención semejante de grasa animal (B).

Tabla 1. Composición de emulsiones gelificadas (EG) de maca-soja y maca-soja-aceite esencial de chincho.

Formulaciones (%)					
Muestras	Agua	Gel instantáneo	Harina de Maca	Aceite de Soja	Aceite esencial de Chincho
EG1	40	5	15	40	0
EG2	40	5	15	38	2

3.3. Formulación y procesamiento de hamburguesas que contienen (EG)

Se prepararon tres lotes de hamburguesas de carne reemplazando parcialmente la grasa animal con las emulsiones gelificadas. Un total de 54 hamburguesas (18 hamburguesas por cada lote) con un peso aproximado de $29,5 \pm 0,05$ g cada una. Para la muestra control se utilizó la fórmula tradicional, mientras que para las otras dos muestras (HEG1 y GEG2) se reemplazó la panceta de cerdo al 50 % por cada una de las emulsiones gelificadas, como se indica en la (Tabla 2). Las muestras fueron moldeadas con equipos de formación de hamburguesas para obtener muestras de aproximadamente $0,90 \pm 0,05$ cm de espesor y $6,3 \pm 0,29$ cm de diámetro.

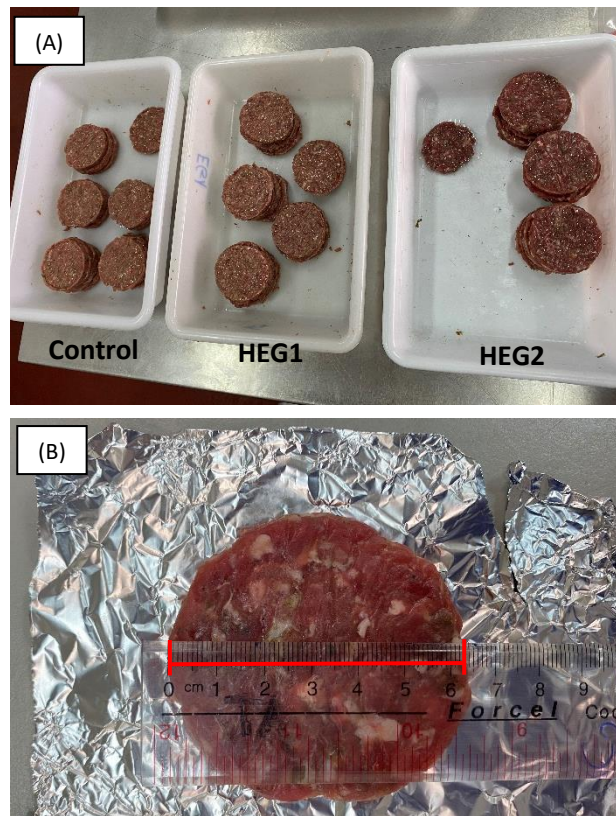


Figura 20. Hamburguesas moldeadas (A). Medición del diámetro en crudo (B).

Las hamburguesas se envasaron en bolsas de plástico y se almacenaron a 4 °C hasta su posterior análisis. Tres hamburguesas de cada formulación se cocinaron a la plancha aproximadamente 2,5 minutos por cada lado, hasta alcanzar una temperatura interna de 72,8 °C, tomada en el centro geométrico de cada hamburguesa a través de un termómetro tipo hipodérmico (Modelo HVP-2-21-V2-TG-48-OCT-M Omega, Stanford, CT, EE. UU.)



Figura 21. Medición de temperatura óptima tras el cocinado.

Tabla 2. Formulación de hamburguesas de carne con y sin emulsiones gelificadas (EG) utilizadas como sustitutos parciales de la grasa animal.

Formulación de hamburguesas (%)			
	Control	HEG1 ^{*soja}	HEG2 ^{*soja+chincho}
Carne de bovino	80	80	80
Grasa de cerdo	20	10	10
EG1	—	10	—
EG2	—	—	10
Agua	5	5	5
Sal	1,5	1,5	1,5
<i>Espicias</i>			
Cebolla	0,3	0,3	0,3
Ajo	0,3	0,3	0,3
Pimienta	0,2	0,2	0,2
Perejil	0,5	0,5	0,5

Control: hamburguesa de ternera con elaboración tradicional; HEG1: hamburguesa con un 50 % de sustitución de grasa animal por emulsión gelificada a base de harina de maca y aceite de soja; HEG2: hamburguesas con un 50 % de sustitución de grasa animal por emulsión gelificada a base de harina de maca, aceite de soja y aceite esencial de chincho.

3.4. Análisis proximal

Se determinaron los contenidos de humedad, proteínas, grasas y cenizas, según los métodos oficiales de la (AOAC, 2010) en hamburguesas crudas y cocinadas.

Humedad y cenizas

En el caso de la humedad y cenizas, todas las determinaciones se realizaron por triplicado de acuerdo con el método de la AOAC 925.45 (AOAC, 2010) en el caso de la humedad y AOAC 923.03 (AOAC, 2010) para las cenizas. Los resultados fueron expresados en g de agua o ceniza por 100 g de muestra, en cada caso.



Figura 22. Muestras calcinadas.

Proteínas

Por otro lado, en el caso de la proteína, su determinación en hamburguesas se realizó de acuerdo con el método Kjeldhal referenciado por AOAC 24.007 (AOAC, 2010). Este método se basa en la determinación del contenido en nitrógeno en (%), que posteriormente será transformado en porcentaje de proteína multiplicándolo por 6,25 como factor de conversión. Para ello, se empleó un digestor BüchiDigestionUnit modelo 426 y un destilador BüchiDestillationUnit modelo B-316 (Büchi, Suiza). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron en g de proteína por 100 g de muestra.



Figura 23. Digestión y destilación de proteína de hamburguesas crudas y cocinadas.

Grasas

La determinación del contenido lipídico en hamburguesas crudas y cocinadas se realizó mediante el extractor Soxhlet J.O, Selecta Mo.60003286 (J.O Selecta S.A., Abrera, Barcelona, España), de acuerdo con el método oficial de la AOAC 24.005 (AOAC, 2010). Las muestras se analizaron por duplicado en cada lote. Los resultados fueron expresados en g de grasa por 100 g de muestra.



Figura 24. Extracción de lípidos (Soxhlet J.O Selecta S.A.).

3.5. Análisis fisicoquímico

3.5.1. Parámetros de color, pH y actividad de agua

Color

El color de las hamburguesas crudas y cocidas se evaluó utilizando el espacio de color CIELAB* (D₆₅ como iluminante, modo SCI y ángulo de observación 10°), obteniendo coordenadas colorimétricas L*, a*, y b* (representando [L*] la luminosidad, [a*] la coordenada rojo/verde y [b*] la coordenada amarillo/azul, respectivamente). Las muestras se midieron usando un espectrofotocolorímetro Minolta CM-700 (Minolta Camera Co., Osaka, Japón) y un vidrio de baja reflectancia colocado sobre la superficie de la muestra y el equipo. Antes de proceder a las mediciones, el equipo fue calibrado siguiendo las recomendaciones del equipo (calibrar placa valores de L* = 97,14, a* = 0,14 y b* = 2,40). Seis puntos aleatorios de cada muestra fueron tomados para la determinación del color.

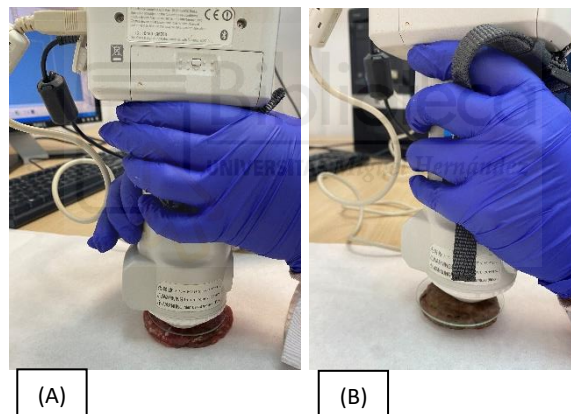


Figura 25. Medición de color en crudo (A) y tras la cocción (B).

Las magnitudes psicofísicas tono (H*) y croma (C*) en hamburguesas crudas y cocidas también se calcularon utilizando las ecuaciones (1) y (2), respectivamente.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Ec.1}) \quad H^* = \arctang\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (\text{Ec.2})$$

Las diferencias totales de color (ΔE^*) de cada muestra reformulada respecto a la hamburguesa control se calcularon con la ecuación (3), donde s = muestra, y c = hamburguesa de res control. Las ecuaciones (1) a (3) se obtuvieron según Cassens et al.

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_s^* - L_c^*)^2 + (a_s^* - a_c^*)^2 + (b_s^* - b_c^*)^2} \quad (\text{Ec.3})$$

aw

La actividad del agua se determinó en hamburguesas crudas utilizando un higrómetro electrolítico (Novasina TH-500, Novasina, Pfaeffikon, Suiza) a 22 °C.



Figura 26. Medición de actividad de agua.

pH

El pH de las muestras se realizó con un medidor de pH portátil digital utilizando una sonda de penetración en diferentes puntos de las hamburguesas crudas y cocinadas utilizando un medidor de pH Crison modelo 510, (Barcelona, España).



Figura 27. Medición del pH en hamburguesa cruda.

3.5.2. *Análisis del perfil de textura (TPA)*

El TPA se realizó en cinco réplicas de hamburguesas tanto crudas como cocinadas de las distintas muestras (control, HEG1 y HEG2), mediante un analizador de textura TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra). Para ello, se obtuvieron muestras cúbicas de (2x2x2 cm). Las muestras se comprimieron al 75% de su altura original con una sonda cilíndrica de 10 cm. de diámetro con una carga de compresión de 25 kg con una velocidad

constante de 1 mm/s a 15-20 °C. Tras finalizar, se calcularon los siguientes parámetros: dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, masticabilidad, gomosidad y resiliencia (Claus, 1995).

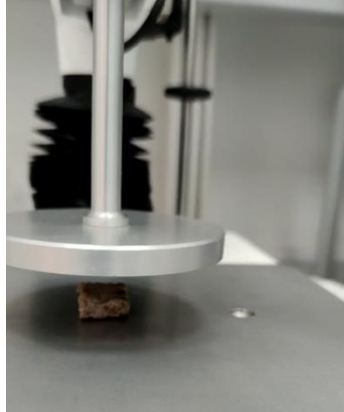


Figura 28. Medición de textura en hamburguesa cocinada.

3.6. Propiedades de cocción

Las propiedades de cocción de las hamburguesas se determinaron utilizando cuatro muestras de cada lote. A continuación, se pesaron a temperatura ambiente y se midieron los diámetros y el grosor. Dichos procedimientos se repitieron tanto en crudo como después de la cocción. La reducción del diámetro, los aumentos de espesor y la pérdida por cocción fueron determinados de acuerdo con las siguientes ecuaciones (4) a (6).

$$\text{Encogimiento (\%)} = \frac{(\text{diámetro crudo} - \text{diámetro cocido})}{(\text{diámetro crudo})} \times 100 \quad (\text{Ec.4})$$

$$\text{Aumento de espesor (\%)} = \frac{(\text{espesor cocido} - \text{espesor crudo})}{(\text{espesor crudo})} \times 100 \quad (\text{Ec.5})$$

$$\% \text{ de pérdida de peso} = \frac{(\text{peso crudo} - \text{peso cocido})}{(\text{peso crudo})} \times 100 \quad (\text{Ec.6})$$

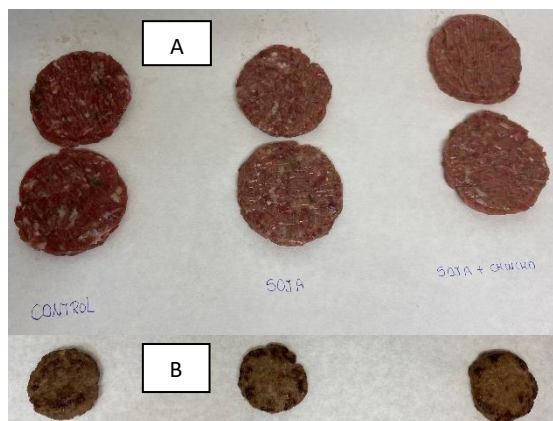


Figura 29. Hamburguesas crudas (A). Hamburguesas cocinadas con mayor % de encogimiento, pérdida de peso y aumento de espesor (B).

3.7. Estabilidad oxidativa (método TBA)

La evaluación de la estabilidad de los lípidos se realizó en hamburguesas crudas y cocinadas midiendo sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico (TBA) siguiendo el método propuesto por Rosmini et al., (1996). Este método se basa en la reacción del malondialdehído (MDA) con el reactivo TBA, del cual resulta un complejo cromógeno rojizo, cuya intensidad de color permite la estimación del grado de oxidación de la muestra mediante un espectrofotómetro. El MDA es un producto secundario que aparece tras la oxidación de los ácidos grasos.

El valor del TBARS se calculó a partir de una curva estándar de malonaldehído expresado como mg de malondialdehído (MDA)/kg de muestra.

3.8. Análisis sensorial

El siguiente análisis tuvo lugar en los laboratorios de análisis sensorial de la UMH de acuerdo con los estándares oficiales (ASTM 1986, ISO 1988). La prueba se fundamenta en una escala hedónica de 9 puntos (1: me disgusta extremadamente a 9: me gusta extremadamente) con 29 jueces no entrenados, entre ellos alumnos y profesores de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela.

Los atributos medidos fueron los siguientes: aspecto general, color, aroma, dureza, jugosidad y sabor global de la muestra, mediante un cuestionario en papel. Una vez finalizada la cata, pero en la misma hoja, se pidió a los participantes que indicaran la muestra que más y menos le había gustado, identificando además en caso afirmativo el aroma predominante en cada número de muestra.



Figura 30. Folleto informativo.



Figura 31. Evaluación sensorial.

3.9. Análisis estadístico

Los datos experimentales se expresan como media \pm desviación estándar. En cuanto al análisis estadístico de composición química y las propiedades fisicoquímicas y de cocción se realizaron mediante análisis unidireccional de varianza (ANOVA).

La estabilidad oxidativa se analizó mediante un ANOVA de dos vías con dos factores: tratamiento térmico (dos niveles: crudo o cocinado) y tratamientos (tres niveles: control, HEG1 y HEG2). Se aplicó el test de Tukey para determinar qué muestras presentaban diferencias significativas; se aceptó significación estadística a un nivel de ($p < 0,05$) en todos los análisis estadísticos utilizando el software SPSS versión 22.0.0.0. (Internacional Business Machines Corp., Armonk, Nueva York, NY, EE. UU.).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición proximal de las hamburguesas

En la Tabla 3, se presentan los valores obtenidos de la composición proximal de la hamburguesa control comparada con los valores de las hamburguesas con sustitución parcial de grasa. Los resultados se expresaron en g / 100 g de muestra.

Tabla 3. Composición proximal de los tres lotes de hamburguesas crudas y cocinadas.

Crudas				
Muestra	Cenizas	Humedad	Grasa	Proteína
Control	2,61± 0,07 ^a	67,14± 7,66 ^b	7,39± 0,78 ^b	20,90± 0,00 ^b
HEG1	2,64± 0,07 ^a	67,06± 0,22 ^b	5,30± 0,30 ^a	19,21± 0,63 ^a
HEG2	2,49± 0,09 ^a	65,85± 0,04 ^a	5,18± 0,47 ^a	19,77± 0,12 ^a
Cocinadas				
Control	2,67± 0,27 ^a	58,82± 0,24 ^b	8,22± 0,23 ^a	27,86± 0,17 ^c
HEG1	2,96± 0,07 ^a	57,42± 0,18 ^a	9,01± 0,15 ^a	26,30± 0,18 ^b
HEG2	2,76± 0,17 ^a	57,17± 0,29 ^a	9,90± 0,05 ^a	25,00± 0,08 ^a

Control: hamburguesa de ternera con elaboración tradicional; HEG1 hamburguesas con un 50 % de sustitución de grasa animal por emulsión gelificada a base de harina de maca y aceite de soja; HEG2: hamburguesas con un 50 % de sustitución de grasa animal por emulsión gelificada a base de harina de maca, aceite de soja y aceite esencial de chincho. Letras minúsculas (a-c) compara el mismo parámetro entre las distintas muestras en la misma columna. Parámetros seguidos de la misma letra, no presentan diferencias estadísticamente significativas según el test de Tukey ($p > 0,05$).

Tras el análisis de las distintas formulaciones de hamburguesas en la **tabla 3**, se puede apreciar que tanto la humedad, grasas y proteínas presentaron diferencias significativas

($p < 0,05$) entre las diferentes muestras crudas. Sin embargo, tras el cocinado únicamente presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de humedad y proteína.

En cuanto al contenido de cenizas no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre el control y las muestras sustituidas con las dos emulsiones gelificadas (EGs) tanto para las muestras crudas como para las cocinadas.

En relación con el contenido proteico de las muestras crudas, la muestra control presentó el mayor valor ($p < 0,05$), mientras que no se obtuvieron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las muestras donde se empleó la emulsión gelificada (HEG1 y HEG2) como sustituto parcial de la grasa de cerdo. La misma tendencia se observó en las muestras cocinadas, donde la muestra control tuvo los valores de proteína más elevados ($p < 0,05$). La reducción del contenido proteico con las emulsiones gelificadas concuerda con los resultados obtenidos por Botella-Martinez et al., (2021) y Carvalho Barros et al., (2020). Esta disminución en las muestras sustituidas (HEG1 y HEG2) se debe a que la cantidad de proteína que aporta la harina de maca (1,7 g de proteína/100 g) es menor que la aportada por el tocino de cerdo (12,19 g de proteína/100 g) (Cerrón-Mercado et al., 2022).

Tras el cocinado, por la pérdida de humedad durante dicho tratamiento, las proteínas se observan con valores bastante superiores a las hamburguesas crudas, tal y como se puede observar en el estudio llevado a cabo por Botella-Martínez et al., (2022).

Entre las diferentes muestras analizadas para las hamburguesas crudas, la muestra control mostró un mayor contenido de grasa en comparación con las hamburguesas parcialmente sustituidas (HEG1 y HEG2). La muestra que menor contenido de grasa presentó fue HEG2, desde un valor de 7,39 g/100 g (control) a 5,18 g/100 g (HEG2). Esto se puede relacionar con que a medida que se añade la emulsión gelificada disminuye el contenido de grasa en las hamburguesas crudas, tal y como ocurre en el análisis realizado por Botella-Martinez et al., (2021), en el que se adiciona aceite de nuez como grasa vegetal.

Al igual que con el contenido proteico, la disminución de grasa se puede atribuir a que el tocino de cerdo presenta 71 g/100 g de grasa (BEDCA), una cantidad superior a la emulsión gelificada 40 g/100 g de grasa para EG1 y 38 g/100 g para EG2. En cambio, en las

hamburguesas cocinadas ocurre al contrario, ya que el grupo control presentó menor contenido de grasa en comparación a las hamburguesas con emulsión gelificada Heck et al., (2019) y Botella-Martinez et al., (2021).

Y por último la humedad en hamburguesas crudas osciló entre 65,85 y 67,14 g/100 g destacando la diferencia significativa entre las muestras HEG2 y (HEG1 y control), teniendo HEG2 un valor inferior con respecto a la muestra control y HEG1 que no presentan diferencias significativas entre ellas. Los datos expuestos en cuanto a las hamburguesas cocinadas mostraron un valor más alto en la hamburguesa control 58,82 g/100 g y disminuyó conforme se realizó la sustitución de grasa. En este punto, se ha podido observar que la humedad de las muestras sustituidas debería aumentar por la adición de agua durante la elaboración de la emulsión, como se observa en el estudio de Lucas-Gonzalez et al., (2019) y Özer y Çelegen (2020).

Asimismo, cabe destacar que la grasa además de favorecer los parámetros sensoriales influye en mantener una humedad óptima, así pues, evitar texturas más secas (Ferdaus et al., 2024). Teniendo en cuenta el reemplazo de la grasa animal por emulsión gelificada, ésta última contribuye a reducir la pérdida de agua en la masa cárnica, favoreciendo así la imitación de las propiedades físicas de las grasas animales (Tan et al., 2023) y (Ren et al., 2022), pero si la cantidad de harina de maca es más elevada de lo esperado, podría ser que las muestras se quedaran ligeramente más secas que la hamburguesa control, tal y como aparentemente ocurre en la **tabla 3**.

4.2. Análisis fisicoquímico de las hamburguesas

En la Tabla 4, se presentan los valores de pH, actividad de agua, y parámetros de color obtenidos tras el análisis en hamburguesas crudas y cocinadas.

Tabla 4. Análisis fisicoquímico de los tres lotes de hamburguesas crudas y cocinadas.

Crudas								
Muestra	pH	aw	L*	a*	b*	C*	h	ΔE^*
Control	5,64± 0,02 ^a	0,895± 0,001 ^a	39,70± 3,41 ^a	5,69± 1,62 ^a	10,35± 1,94 ^a	11,90± 2,04 ^a	61,15± 7,24 ^b	-
HEG1	5,61± 0,04 ^a	0,898± 0,002 ^a	43,80± 3,06 ^b	6,64± 1,79 ^b	13,87± 1,84 ^b	15,46± 2,04 ^b	64,59± 5,92 ^c	6,45± 2,11 ^a
HEG2	5,64± 0,02 ^a	0,891± 0,000 ^a	43,49± 2,74 ^b	8,27± 1,14 ^c	13,91± 0,81 ^b	16,21± 0,94 ^c	59,32± 3,65 ^a	6,24± 2,05 ^a
Cocinadas								
Control	5,86± 0,05 ^a	-	41,45± 6,14 ^a	5,17± 1,94 ^a	12,04± 1,64 ^a	13,26± 1,60 ^a	66,85± 8,89 ^b	-
HEG1	5,82± 0,04 ^a	-	41,84± 6,59 ^a	5,68± 1,74 ^a	13,27± 2,21 ^b	14,61± 1,66 ^b	66,33± 9,27 ^b	1,38± 0,75 ^a
HEG2	5,83± 0,05 ^a	-	41,94± 4,98 ^a	6,41± 1,50 ^b	13,97± 2,17 ^b	15,48± 1,85 ^c	65,00± 7,28 ^a	2,34± 1,36 ^a

Control: hamburguesa de ternera con elaboración tradicional; HEG1 hamburguesas con un 50 % de sustitución de grasa animal por emulsión gelificada a base de harina de maca y aceite de soja; HEG2: hamburguesas con un 50 % de sustitución de grasa animal por emulsión gelificada a base de harina de maca, aceite de soja y aceite esencial de chincho. Letras minúsculas (a-c) compara el mismo parámetro entre las distintas muestras en la misma columna. Parámetros seguidos de la misma letra, no presentan diferencias estadísticamente significativas según el test de Tukey ($p>0,05$).

La medición del pH es muy importante, ya que se trata de un factor crítico, que puede afectar a múltiples características de la hamburguesa, incluida la textura y su vida útil Albergamo et al., (2021) y Cerrón-Mercado (2024). Tal y como se muestra en la **tabla 4**, los valores de pH en las hamburguesas crudas variaron entre 5,61 y 5,64 sin diferencias significativas ($p>0,05$). Tras el tratamiento térmico, tampoco hubo diferencias significativas entre las muestras, aunque éstas sí mostraron un aumento en el valor de pH, con valores que oscilaron entre 5,82 y 5,86. Asimismo, tanto HEG1 como HEG2 presentan un pH inferior a la hamburguesa control, esto puede deberse a la adición de emulsión gelificada Cerrón-Mercado et al., (2022) o más concretamente al aceite de soja o aceite esencial de chincho.

En referencia a la actividad de agua de las muestras crudas recogida en la **tabla 4**, la adición de aceite esencial de chincho (*Tagetes elliptica*) junto a la harina de maca en la muestra (HEG2) produjo una ligera reducción en los valores de aw, pero sin diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) con la muestra control y HEG1. Todas las muestras alcanzaron valores inferiores a 0,90, lo que coincide con los valores obtenidos en el estudio de Botella-Martinez et al., (2022) para hamburguesas de ternera crudas con sustitución de un 25 y 50 % de grasa animal por emulsiones gelificadas a base de aceite de cáñamo y chía.

En el caso del color, la mayoría de los parámetros se vieron afectados por la sustitución de la grasa dorsal de cerdo por las emulsiones gelificadas. En las muestras crudas ha sido posible observar que la adición de emulsiones gelificadas como sustitutos de grasa animal aumentó los valores de luminosidad (L^*) y las coordenadas cromáticas rojo-verde (a^*) y amarillo-azul (b^*) en todas las muestras ($p < 0,05$) con respecto al control. Según varios autores, el incremento de L^* se debe a una mayor reflexión de luz. Este fenómeno estaría relacionado con el tamaño de los glóbulos de grasa, siendo mayor la reflexión de luz cuando el diámetro es menor. En este caso, el diámetro de los glóbulos de aceite de las emulsiones gelificadas es más pequeño que el de los glóbulos de la grasa animal (Poyato et al., 2014), por ello la reflexión sería mayor.

Por otra parte, el incremento de los valores de b^* se podría relacionar con la coloración amarillenta característica de los aceites vegetales incorporados en la emulsión, difiriendo así de la coloración blanquecina de la grasa de cerdo (Barbut y Marangoni 2019).

En el caso de la rojez (a^*), ésta también se incrementó en las hamburguesas con EG, lo que podría deberse a una mejor distribución de la grasa de la emulsión gelificada que podría, en parte, quedar enmascarada con la parte magra de la carne. Hay autores que describen disminuciones en los valores de la coordenada a^* cuando se utilizan EG como sustituto de grasa animal en productos cárnicos, disminuyendo, a su vez, la mioglobina y, por ende, la pigmentación rojiza de la carne, Lopes et al., (2022) y Gómez et al., (2018). En relación a las muestras cocinadas, la hamburguesa que presenta aceite de soja y aceite esencial de chincho (HEG2), obtuvo valores de (a^*) ligeramente superiores en comparación con el control y HEG1.

En el caso de la luminosidad (L^*), no se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$). En cambio, para la coordenada (b^*) las muestras con sustitución de grasa (HEG1 y HEG2) no presentaron diferencias significativas entre ellas, pero sí con las muestras control ($p < 0,05$). En otros trabajos en los que se usan EG como sustitutos de grasa en productos cárnicos, los cambios en el color del producto se relacionan mucho con el propio color de los aceites utilizados para elaborar la EG (Domínguez et al., 2021) y (Jiménez-Colmenero et al., 2010).

Otro de los parámetros de color analizado fue el croma (C^*), que en este caso, es dependiente de b^* , ya que ambos valores se incrementan en las hamburguesas con EG (HEG1 y HEG2) a medida que se produce la sustitución parcial de grasa. En el caso del croma se pueden apreciar diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tres lotes, tanto en crudo como en cocinado, siendo los valores algo superiores en el caso de la emulsión gelificada con chincho (HEG2). Para el tono (h) no ocurre de la misma forma, puesto que la muestra con chincho (HEG2), tanto en crudo como tras el cocinado, presentó el valor más pequeño con respecto a las muestras control y HEG1.

A día de hoy, en cuanto a parámetros de color se refiere, existen datos controvertidos en la literatura científica sobre el efecto del reemplazo de grasas por emulsiones gelificadas, tanto en hamburguesas de cerdo como de ternera, Tae-Kyung et al., (2018) y Heck et al., (2020).

Finalmente, el parámetro que mejor evalúa las modificaciones de color tras la reformulación de un producto cárnico es la diferencia de color respecto al control (ΔE^*). Según la recopilación de varios hallazgos en Botella-Martinez et al., (2021) se informa que la sustitución de grasa puede generar cambios visuales de color percibidos por el ojo humano si superan las 3 unidades de diferencia ($\Delta E^* > 3$), como sucede en las hamburguesas crudas recogidas en la **tabla 4**. No se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el parámetro ΔE^* en hamburguesas crudas y tampoco en cocinadas. Cabría destacar que el ΔE fue mayor en las hamburguesas crudas (6,45 y 6,24 para la muestra HEG1 y HEG2 respectivamente) que en las cocinadas (1,38 y 2,34 para HEG1 y HEG2 respectivamente), estas diferencias podrían deberse a que el tratamiento térmico enmascara dicho cambio de color de forma que no se percibe por el ojo humano ($\Delta E^* < 3$) (Summo et al., (2020).

La Figura 32, representa gráficamente los resultados de la dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia obtenidos tras el análisis del perfil de textura en hamburguesas cocinadas.

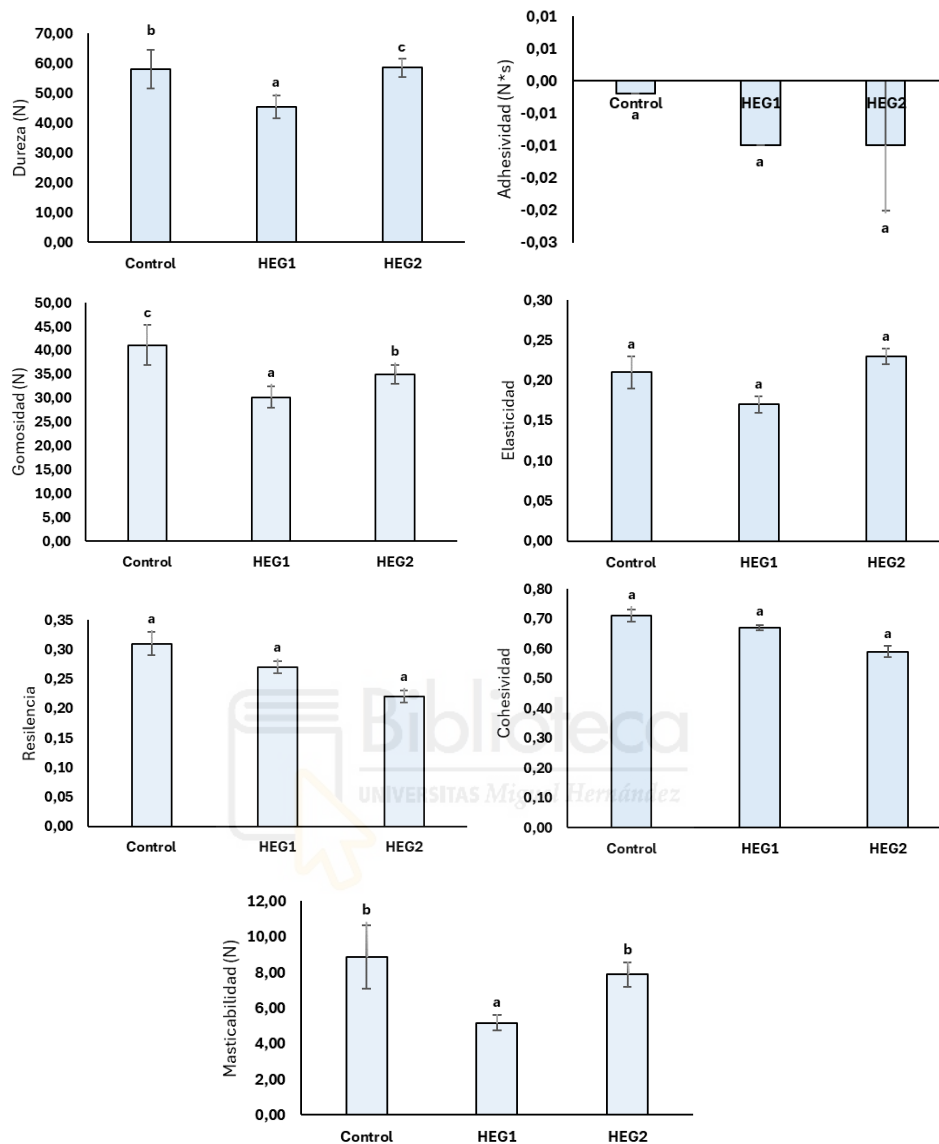


Figura 34. Análisis del perfil de textura en hamburguesas cocinadas (control) y con incorporación de emulsiones gelificadas (HEG1) y (HEG2).

Control: hamburguesa de ternera con elaboración tradicional; HEG1 hamburguesas con un 50 % de sustitución de grasa animal por emulsión gelificada a base de harina de maca y aceite de soja; HEG2: hamburguesas con un 50 % de sustitución de grasa animal por emulsión gelificada a base de harina de maca, aceite de soja y aceite esencial de chincho. Letras minúsculas (a-c) compara el mismo parámetro entre las distintas muestras en la misma columna. Parámetros seguidos de la misma letra, no presentan diferencias estadísticamente significativas según el test de Tukey ($p > 0,05$).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) para la adhesividad, elasticidad, cohesividad y resiliencia. Sin embargo, sí fueron modificadas las propiedades de dureza, masticabilidad y gomosidad ($p < 0,05$), influenciadas por la sustitución de grasa animal por EG1 y EG2.

Tal y como se expone en la introducción, según (Moghtadaei et al., 2021) un elevado contenido de ácidos grasos insaturados (AGI) aumenta la dureza de la hamburguesa, sin embargo, si la adición de este tipo de ácidos grasos (AGI) se realiza mediante oleogeles o emulsiones, se evitaría dicho efecto indeseado (Tan et al., 2023). Asimismo, si se observa la **figura 32**, se puede apreciar que el parámetro de dureza se vio afectado por la sustitución de la grasa animal con EG1 y EG2, presentando diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las tres muestras. La muestra HEG2 fue la que mayor valor de dureza presentó, seguida de la muestra control y de HEG1. Este comportamiento, ha sido previamente observado por Chen et al., (2024) cuando se incorporó aceite esencial de *Zanthoxylum Bungeanum*. Estos autores relacionan dicho efecto con la bajada de pH, no obstante, existen múltiples contradicciones al respecto, puesto que, depende de la concentración y tipo de ingredientes utilizados como sustitutos de grasas (Lucas-Gonzalez et al., 2019).

Según Rabadán et al., (2021), la utilización de almidón en forma de harina favoreció la mezcla de carne magra y grasa, mejorando la textura, en especial el parámetro de masticabilidad. Este parámetro se relaciona con la dureza, así pues, la muestra HEG1 presentó el mejor valor de masticabilidad en comparación a la muestra control y HEG2 ($p < 0,05$). En el caso de la muestra HEG1 podría deberse a la incorporación de harina de maca.

Por lo que respecta al parámetro de gomosidad, se pueden observar diferencias significativas entre los tres lotes, con menor valor para la muestra HEG1 y mayor valor para el control. La tendencia en los datos de dureza, masticabilidad y gomosidad fue similar a los reportados por Serdaroglu et al., (2016).

4.3. Propiedades de cocinado de las hamburguesas

Los cambios dimensionales son una de las alteraciones más importantes en hamburguesas, ya que estos pueden verse afectados por la incorporación de ingredientes novedosos (Serdaroglu et al., 2017). Además, la liberación de grasa del producto es uno de los principales efectos reductores del diámetro durante el cocinado.

En la **tabla 5**, se presentan los valores de pérdida de peso, acortamiento y aumento del espesor obtenidos tras el análisis en hamburguesas cocinadas, observándose que la pérdida de peso y el acortamiento no presentaban diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) entre los tres lotes, tal y como muestran algunos autores en Rodríguez-Carpena et al., (2012).

Por otro lado, referente al aumento de espesor (**tabla 5**) en las muestras HEG1 y HEG2 no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre éstas, pero sí entre la muestra control y las hamburguesas sustituidas ($p<0,05$). Además, se observa una clara relación entre la reducción del diámetro y el aumento del espesor en estas mismas muestras.

Tabla 5. Propiedades de cocinado de los tres lotes de hamburguesas de carne.

Muestra	Pérdida de peso (%)	Acortamiento (%)	Aumento de espesor (%)
Control	24,13± 0,81 ^a	19,47± 2,80 ^a	23,74± 14,87 ^a
HEG1	24,77± 2,17 ^a	19,09± 2,63 ^a	26,08± 10,63 ^b
HEG2	23,59± 1,36 ^a	18,11± 2,59 ^a	26,04± 8,53 ^b

Control: hamburguesa de ternera con elaboración tradicional; **HEG1** hamburguesas con un 50 % de sustitución de grasa animal por emulsión gelificada a base de harina de maca y aceite de soja; **HEG2:** hamburguesas con un 50 % de sustitución de grasa animal por emulsión gelificada a base de harina de maca, aceite de soja y aceite esencial de chincho. Letras minúsculas (a-b) compara el mismo parámetro entre las distintas muestras en la misma columna. Parámetros seguidos de la misma letra, no presentan diferencias estadísticamente significativas según el test de Tukey ($p>0,05$).

La reducción del diámetro se relaciona con la gelificación de las proteínas miofibrilares en el estudio publicado por P. Patriani y Rosadi (2023), en el cual se indica que tras la adición de harina de yuca se favoreció la capacidad de retención de agua y con ello dicha gelificación hasta llegar a afectar al contenido proteico de la masa. Esto ocurre debido que estos cultivos (yuca, maca...) son tubérculos, los cuales presentan un elevado contenido de fibra soluble que gelifica en solución acuosa. No obstante, según (Liu et al., 2022) la mayor reducción del diámetro y el incremento del espesor se encuentra relacionado con la

hinchazón y la formación de gel por el agente gelificante, lo que favorece a su vez, la contracción lateral y la expansión longitudinal de las hamburguesas.

4.4. Oxidación lipídica (TBA)

La oxidación es la principal causa del deterioro de los aceites y grasas, que no sólo acorta la vida útil, la aceptación sensorial y el valor nutricional de los alimentos, sino que también produce compuestos perjudiciales para la salud (Poyato et al., 2015). En la **figura 33** se ilustran gráficamente los valores de TBARS (mg MDA/Kg muestra) de hamburguesas de carne de ternera crudas y cocinadas con sustitución parcial de la grasa de cerdo por dos emulsiones gelificadas (EG1 y EG2). Referente a las hamburguesas crudas el contenido de TBAR no se vio afectado significativamente ($p > 0,05$) por la sustitución de grasa animal por la emulsión gelificada. No obstante, los valores oscilaron entre 0,19 y 0,28 mg MDA/Kg muestra, donde HEG1 presentó el mayor valor en comparación al control y la muestra HEG2. A su vez, HEG2 tuvo el valor más bajo, esto podría deberse a la adición del aceite esencial de chincho, lo que puede indicar una mejora en la conservación del producto en fresco (Aparco et al., 2021), al igual que ocurre con la adición del aceite esencial de *Zanthoxylum Bungeanum* en películas de quitosano para tratar la carne de cerdo, referente al estudio de Chen et al., (2024). En artículos relacionados se comenta que los aceites esenciales ayudan a la conservación de la carne, desacelerando los procesos de oxidación Campolina et al., (2023) y Rodrigues et al., (2024). Es posible que la reducción del contenido de grasa para la muestra HEG2 respecto a la muestra control (**tabla 3**) y su menor estado oxidativo debido a la emulsión con chincho, favorezca una acción combinada disminuyendo los valores de MDA.

Tras el cocinado, aparecen diferencias significativas dando lugar a un ligero incremento del contenido de MDA para las muestras HEG1 y HEG2 respecto a la muestra control, siendo independiente del tipo de sustituto empleado. El rango de valores para las muestras cocinadas fue de 0,31 a 0,47 mg MDA/Kg muestra. El aumento en la oxidación observado en las hamburguesas reformuladas con emulsión de aceite de soja (HEG1 y HEG2) podría deberse a su alto contenido de ácidos grasos polinsaturados, lo cual, favorece dicha reacción. Según Lucas-Gonzalez et al., (2023) cuanto mayor sea el grado de sustitución de

grasas saturadas por insaturadas, mayor será el grado de oxidación. Esto se relaciona con el efecto del tratamiento térmico sobre la estructura celular de la carne, permitiendo la reacción del oxígeno y otros tipos de radicales libres con los ácidos grasos insaturados (Tullberg et al., 2016).

Aunque existan cambios en los valores de TBAR tanto en hamburguesas crudas como en cocinadas, ninguna de las muestras superó el límite de aceptabilidad 2,28 mg MDA/Kg muestra dado por Campo et al., (2006) y por ello el consumidor no apreciaría este incremento en la oxidación sensorialmente.

En cuanto a la maca, se esperaban mayores efectos antioxidantes, pero se observó que el efecto se potencia si se añade en forma de extracto acuoso, ya que de esta forma hay mayor cantidad de fenoles en comparación a la harina adicionada directamente (Gan et al., 2017).

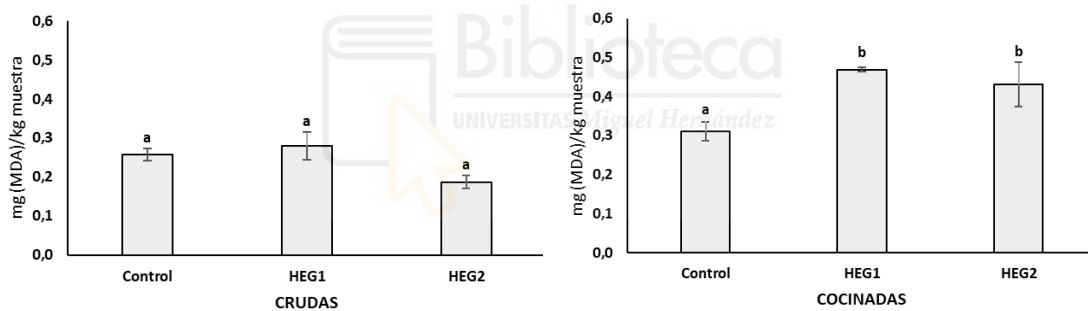


Figura 33. Efecto de la sustitución parcial de grasa de cerdo por emulsión gelificada en la oxidación lipídica de las hamburguesas de ternera.

Control: hamburguesa de ternera con elaboración tradicional; HEG1 hamburguesas con un 50 % de sustitución de grasa animal por emulsión gelificada a base de harina de maca y aceite de soja; HEG2: hamburguesas con un 50 % de sustitución de grasa animal por emulsión gelificada a base de harina de maca, aceite de soja y aceite esencial de chincho. Letras minúsculas (a-b) compara el mismo parámetro entre las distintas muestras en la misma columna. Parámetros seguidos de la misma letra, no presentan diferencias estadísticamente significativas según el test de Tukey ($p > 0,05$).

4.5. Análisis sensorial de las hamburguesas

En la Figura 34, se ilustran gráficamente los resultados de la evaluación sensorial de las hamburguesas sometidas a estudio:

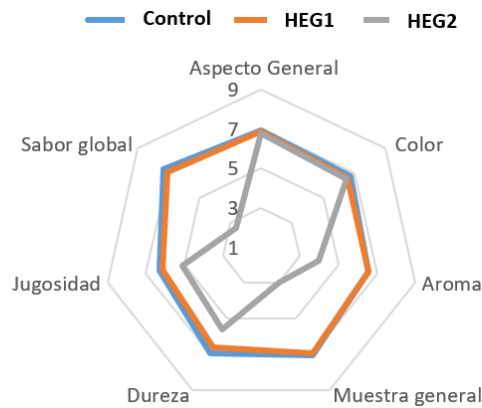


Figura 34. Análisis sensorial de las hamburguesas.

Los ensayos sensoriales son fundamentales a la hora de desarrollar un producto, puesto que define la calidad, así como su aceptación por parte del consumidor. Cuando la estrategia principal se basa en la reducción o modificación de la grasa, es más que importante realizar evaluaciones con panelistas, ya que la grasa influye sobre múltiples atributos de calidad, como la textura, jugosidad, color y la palatabilidad general (Botella-Martinez et al., 2021).

Tal y como se puede observar en la **figura 34**, la muestra control y HEG1 no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$), entre ellas, puesto que las puntuaciones de los parámetros fueron muy similares. De hecho, la muestra con emulsión gelificada a base de harina de maca y aceite de soja sorprendió gratamente a los panelistas, del mismo modo que sucede entre el grupo control y la muestra con aceite de soja en el estudio llevado a cabo por Ferrer-González et al., (2019), en el que se realiza una sustitución total de la grasa de cerdo en rebozados de carne cocida.

Por otro lado, la muestra con emulsión gelificada a base de harina de maca, aceite de soja y aceite esencial de chincho (HEG2) presentó valores menores para los atributos de aroma y sabor global. Estos resultados, en general, se deben a la incorporación del aceite esencial, ya que puede tener un impacto en la calidad sensorial y la aceptación del consumidor (Rodrigues et al., 2024), además, se observó relación entre la adición de aceites esenciales a la carne de cerdo picada, especialmente en altas concentraciones y los cambios en las características sensoriales del producto, particularmente debido al intenso olor y sabor. En otro estudio se observó que la combinación de aceites esenciales tuvo un impacto negativo sobre el flavor global en mortadela Pinelli et al., (2024), así como ocurre en el caso de la

figura 34 en las muestras HEG2 con el aceite esencial de chincho. Posiblemente, si se utilizara en una concentración inferior a la empleada en el presente estudio (2 %), podrían paliarse los efectos sensoriales negativos.

5. CONCLUSIONES

La sustitución parcial de la grasa de cerdo por emulsiones gelificadas (EGs) a base de productos andinos (aceite de soja, harina de maca y aceite esencial de chincho), demostró ser eficaz tecnológicamente, disminuyendo, además, la cantidad total de ácidos grasos en muestras crudas. No hubo modificaciones en el contenido de cenizas, ni en el pH y la actividad de agua (a_w) en hamburguesas crudas y tampoco en cocinadas. Se observó una disminución del contenido de humedad y proteína con el reemplazo de la grasa animal por EGs. En el caso de la humedad, posiblemente, por una elevada cantidad de maca y en el caso de la proteína podría ser porque la maca posee menor porcentaje de proteína, en comparación al tocino de cerdo.

En hamburguesas crudas, la adición de EGs mostró valores superiores de L^* , a^* y b^* en las hamburguesas con EGs con respecto al control. Las hamburguesas con EGs presentaron valores superiores de la coordenada b^* debido a los aceites vegetales. Las diferencias de color respecto del control fueron mayores en hamburguesas crudas que en las cocinadas.

Las muestras con emulsiones gelificadas presentaron valores mayores de oxidación lipídica, debido al mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados. No obstante, los valores de TBAR tanto en muestras crudas como en cocinadas no superaron el límite de aceptabilidad sensorial 2,28 mg de MDA/Kg muestra.

La aplicación de EGs no modificó la adhesividad, elasticidad, cohesividad y resiliencia de las hamburguesas. Las muestras a las que se incorporó la EG en menor cantidad resultaron menos duras que el resto. Es por ello que, el reemplazo con emulsión gelificada a base de aceite de soja y harina de maca podría utilizarse en la mejora nutricional de hamburguesas de origen animal, ya que, tuvo una puntuación sensorial positiva al igual que el control.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Albergamo, A., Vadalà, R., Metro, D., Nava, V., Bartolomeo, G., Rando, R., Macrì, A., Messina, L., Gualtieri, R., Colombo, N., Sallemi, S., Leonardi, M., lo Turco, V., Dugo, G., & Cicero, N. (2021). Physicochemical, nutritional, microbiological, and sensory qualities of chicken burgers reformulated with mediterranean plant ingredients and health-promoting compounds. *Foods*, *10*(9). <https://doi.org/10.3390/foods10092129>
2. Alvarez, R. T., Cama, D. N., & Monzon, L. T. (2022). Effect of the conditioning and ultrasound-microwave sequential technique on the yield, chemical and functional properties of the essential oils and hydrolats extracted from the leaves of *Tagetes elliptica* Smith. *Scientia Agropecuaria*, *13*(4), 315–325. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.028>
3. Aparco, R. H., Laime, M. D. C. D., & Tadeo, F. T. (2021). Bioactive metabolites and in vitro antioxidant activity of essential oil extracted from two species of the genus *Tagetes*. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas(Colombia)*, *50*(3), 726–739. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v50n3.93429>
4. Baquero Franco, J. (1988). Extracción de aceite de semillas oleaginosas (MAPA). https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1988_03.pdf
5. Barbut, S., & Marangoni, A. (2019). Organogels use in meat processing – Effects of fat/oil type and heating rate. *Meat Science*, *149*, 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.003>
6. Barros, J. C., Munekata, P. E. S., de Carvalho, F. A. L., Pateiro, M., Barba, F. J., Domínguez, R., Trindade, M. A., & Lorenzo, J. M. (2020). Use of tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) oil emulsion as animal fat replacement in beef burgers. *Foods*, *9*(1). <https://doi.org/10.3390/foods9010044>

7. Basantes Vizcaíno, T. F., Aragón Suárez, J. P., & Albuja Illescas, L. M. (2022). Cultivos Andinos de importancia agro productiva y comercial en la Zona 1 del Ecuador. Universidad Técnica del Norte.
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12828>
8. Botella-Martínez, C., Gea-Quesada, A., Sayas-Barberá, E., Pérez-Álvarez, J. Á., Fernández-López, J., & Viuda-Martos, M. (2022). Improving the lipid profile of beef burgers added with chia oil (*Salvia hispanica* L.) or hemp oil (*Cannabis sativa* L.) gelled emulsions as partial animal fat replacers. *LWT*, 161.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113416>
9. Botella-Martínez, C., Lucas-González, R., Lorenzo, J. M., Santos, E. M., Rosmini, M., Sepúlveda, N., Teixeira, A., Sayas-Barberá, E., Pérez-Alvarez, J. A., Fernandez-Lopez, J., & Viuda-Martos, M. (2021). Cocoa coproducts-based and walnut oil gelled emulsion as animal fat replacer and healthy bioactive source in beef burgers. *Foods*, 10(11).
<https://doi.org/10.3390/foods10112706>
10. Botella-Martínez, C., Sayas-Barberá, E., Pérez-Álvarez, J. Á., Viuda-Martos, M., & Fernández-López, J. (2023). Chia and hemp oils-based gelled emulsions as replacers of pork backfat in burgers: effect on lipid profile, technological attributes and oxidation stability during frozen storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(6), 3234–3243. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15907>
11. Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D., & Richardson, R. I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303–311.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.015>
12. Campolina, G. A., Cardoso, M. D. G., Caetano, A. R. S., Nelson, D. L., & Ramos, E. M. (2023). Essential Oil and Plant Extracts as Preservatives and Natural Antioxidants Applied to Meat and Meat Products: A Review. In *Food Technology and Biotechnology* (Vol. 61, Issue 2, pp. 212–225). University of Zagreb.
<https://doi.org/10.17113/ftb.61.02.23.7883>

13. Capítulo III. Longanizas y Chorizos (2007) MAPA.
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/fondo/pdf/44421_4.pdf
14. Cardona, M., Hernández, M., Fuentes, A., Barat, J. M., & Fernández-Segovia, I. (2023). Assessment of the attributes that most affect the choice of minced meat and hamburgers. *Meat Science*, 198. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109089>
15. Castaño Corredor, M. P. (2008). Maca (*Lepidium peruvianum* Chacón): chemical constituents and pharmacological effects. *Revista Fitoterapia*, 8(1), 21-28, ibc-132771.
16. Cerrón Mercado, F. G. (2024). Nanoencapsulación del aceite esencial de chincho (*Tagetes elliptica* Sm.) en la estabilidad fisicoquímica de la carne de alpaca marinada (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina).
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/6232>
17. Cerrón-Mercado, F., Botella-Martínez, C. M., Salvá-Ruiz, B. K., Fernández-López, J., Pérez-Alvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2022). Effect of Gelled Emulsions Elaborated with Soybean Oil, Maca (*Lepidium meyenii*) Flour, and Chincho (*Tagetes elliptica* Sm.) Essential Oil upon Animal Fat Substitution in Beef Burgers. *Foods*, 11(15).
<https://doi.org/10.3390/foods11152198>
18. Cerrón-Mercado, F., Salva-Ruiz, B. K., Nolazco-Cama, D., Espinoza-Silva, C., Fernández-López, J., Pérez-Alvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2022). Development of Chincho (*Tagetes elliptica* Sm.) Essential Oil Organogel Nanoparticles through Ionic Gelation and Process Optimization with Box–Behnken Design. *Gels*, 8(12).
<https://doi.org/10.3390/gels8120815>
19. Cerrón-Mercado, F., Salva-Ruiz, B. K., Nolazco-Cama, D., Espinoza-Silva, C., Fernández-López, J., Pérez-Alvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2022). Development of Chincho (*Tagetes elliptica* Sm.) Essential Oil Organogel Nanoparticles through Ionic Gelation and Process Optimization with Box–Behnken Design. *Gels*, 8(12).
<https://doi.org/10.3390/gels8120815>

20. Chen, Z., Tian, W., Qin, X., Wang, H., Tan, L., & Liu, X. (2024). Chitosan/oxidized Konjac Glucomannan films incorporated with Zanthoxylum Bungeanum essential oil: A novel approach for extending the shelf life of meat. *International Journal of Biological Macromolecules*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.129683>
21. Cheng, M. H., & Rosentrater, K. A. (2017). Economic feasibility analysis of soybean oil production by hexane extraction. *Industrial Crops and Products*, 108, 775–785. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.036>
22. Composición Aceite de Soja (2024) BEDCA. <https://www.bedca.net/bdpub/>
23. Dollfus, O. (2014). Territorios Andinos: reto y memoria. Lima. Doi: [10.4000/books.ifea.1836](https://doi.org/10.4000/books.ifea.1836)
24. 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. In *Current Opinion in Food Science* (Vol. 37, pp. 135–144). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.005>
25. Ferdaus, M. J., Barman, B., Mahmud, N., & da Silva, R. C. (2024). Oleogels as a Promising Alternative to Animal Fat in Saturated Fat-Reduced Meat Products: A Review. In *Gels* (Vol. 10, Issue 2). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/gels10020092>
26. Ferrer-González, B. M., García-Martínez, I., & Totosaus, A. (2019). Textural properties, sensory acceptance and fatty acid profile of cooked meat batters employing pumpkin seed paste or soybean oil oleogel as fat replacers. *Grasas y Aceites*, 70(3). <https://doi.org/10.3989/gya.1055182>
27. Gan, J., Feng, Y., He, Z., Li, X., & Zhang, H. (2017). Correlations between Antioxidant Activity and Alkaloids and Phenols of Maca (*Lepidium meyenii*). *Journal of Food Quality*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/3185945>

28. Garzón, F. S., (2005). Cultivo de soja en Castilla y León (Cuenca del Duero). ITACyL.
29. Gómez, I., Sarriés, M. V., Ibañez, F. C., & Beriain, M. J. (2018). Quality Characteristics of a Low-Fat Beef Patty Enriched by Polyunsaturated Fatty Acids and Vitamin D3. *Journal of Food Science*, 83(2), 454–463. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14043>
30. Heck, R. T., Ferreira, D. F., Fagundes, M. B., Santos, B. A. dos, Cichoski, A. J., Saldaña, E., Lorenzo, J. M., de Menezes, C. R., Wagner, R., Barin, J. S., & Campagnol, P. C. B. (2020). Jabuticaba peel extract obtained by microwave hydrodiffusion and gravity extraction: A green strategy to improve the oxidative and sensory stability of beef burgers produced with healthier oils. *Meat Science*, 170. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108230>
31. Heck, R. T., Saldaña, E., Lorenzo, J. M., Correa, L. P., Fagundes, M. B., Cichoski, A. J., de Menezes, C. R., Wagner, R., & Campagnol, P. C. B. (2019). Hydrogelled emulsion from chia and linseed oils: A promising strategy to produce low-fat burgers with a healthier lipid profile. *Meat Science*, 156, 174–182. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.034>
32. Informe Annual de Consumo (2022) MAPA. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/informe-consumo-2022-baja-res_tcm30-655390.pdf
33. Jacobsen, S., Mujica Ortiz, A. R., Mujica, A., Ortiz, R., Ejército, D., Ph en, P. D., & Ortiz Profesor de, R. (2003). La Importancia de los Cultivos Andinos. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 13(36), 14-24.
34. 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>
35. Karges, K., Bellingrath-Kimura, S. D., Watson, C. A., Stoddard, F. L., Halwani, M., & Reckling, M. (2022). Agro-economic prospects for expanding soybean production

- beyond its current northerly limit in Europe. *European Journal of Agronomy*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126415>
36. Key figures on the European food chain (2022) EUROSTAT. Doi:10.2785/500223
37. Key figures on the European food chain (2023) EUROSTAT. Doi:10.2785/265789
38. Kim, T. K., Hwang, K. E., Sung, J. M., Park, J. D., Kim, M. H., Jeon, K. H., Kim, Y. B., & Choi, Y. S. (2018). Replacement of pork back fat with pre-emulsion of wheat (*Triticum aestivum* L.) sprout and collagen and its optimization for reduced-fat patties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(4). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13576>
39. Liu, S., Lu, J., Zhang, J., Su, X., Peng, X., Guan, H., & Shi, C. (2022). Emulsion gels prepared with chia mucilage and olive oil as a new animal fat replacer in beef patties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(11). <https://doi.org/10.1111/jfpp.16972>
40. Lopes, R., Costa, V., Costa, M., & Paiva-Martins, F. (2022). Olive oil oleogels as strategy to confer nutritional advantages to burgers. *Food Chemistry*, 397. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133724>
41. Lucas-González, R., Roldán-Verdu, A., Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., & 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>
42. Lucas-Gonzalez, R., Sayas-Barberá, E., Lorenzo, J. M., Pérez-Álvarez, J. Á., Fernández-López, J., & Viuda-Martos, M. (2023). Changes in bioactive compounds present in beef burgers formulated with walnut oil gelled emulsion as a fat substitute during in vitro gastrointestinal digestion. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(13), 6473–6482. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12725>

43. Marconato, A. M., Hartmann, G. L., Santos, M. M. R., do Amaral, L. A., de Souza, G. H. O., dos Santos, E. F., & Novello, D. (2020). Sweet potato peel flour in hamburger: Effect on physicochemical, technological and sensorial characteristics. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11519>
44. Memoria Anual (2022) ANICE. https://www.anice.es/anice/memoria-anice/memoria-de-actividades-de-anice-2022_33497_201_45608_0_1_in.html
45. Moghtadaei, M., Soltanizadeh, N., Sayed Amir., Goli, H., & Sharifimehr, S. (2021). Physicochemical properties of beef burger after partial incorporation of ethylcellulose oleogel instead of animal fat. *Journal of Food Science and Technology*, 58. <https://doi.org/10.1007/s13197>
46. Özer, C. O., & Çelegen, S. (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). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14547>
47. Patriani, P., & Rosadi. (2023). Physical quality of beef patty with substitution mocaf flour (modified cassava flour) and bread crumbs. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1241(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1241/1/012135>
48. Pinelli, J. J., Guimarães, A. S., Silva, M. S., de Moraes, T. S. J., Gonçalves, M. C., & Piccoli, R. H. (2024). Aceites esenciales emulsionados y nanoemulsionados en el control de *Clostridium botulinum* y *Clostridium sporogenes* en mortadela. *Revista de Ciencias Alimentarias*, 21(5). <https://doi.org/10.1089/fpd.2023.0095>
49. Poyato, C., Ansorena, D., Berasategi, I., Navarro-Blasco, Í., & Astiasarán, I. (2014). Optimization of a gelled emulsion intended to supply ω -3 fatty acids into meat products by means of response surface methodology. *Meat Science*, 98(4), 615–621. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.016>
50. Poyato, C., Astiasarán, I., Barriuso, B., & Ansorena, D. (2015). A new polyunsaturated gelled emulsion as replacer of pork back-fat in burger patties: Effect on lipid

- composition, oxidative stability and sensory acceptability. *LWT*, 62(2), 1069–1075.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.004>
51. Rabadán, A., Álvarez-Ortí, M., Martínez, E., Pardo-Giménez, A., Zied, D. C., & Pardo, J. E. (2021). Effect of replacing traditional ingredients for oils and flours from nuts and seeds on the characteristics and consumer preferences of lamb meat burgers. *LWT*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110307>
52. Real Decreto 474/2014, de 13 de junio, por el que se aprueba la norma de calidad de derivados cárnicos. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/06/13/474>
53. Reglamento (CE) nº 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal. <http://data.europa.eu/eli/reg/2004/853/oj>
54. Ren, Y., Huang, L., Zhang, Y., Li, H., Zhao, D., Cao, J., & Liu, X. (2022). Application of Emulsion Gels as Fat Substitutes in Meat Products. In *Foods* (Vol. 11, Issue 13). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods11131950>
55. Ricardo-Rodrigues, S., Rouxinol, M. I., Agulheiro-Santos, A. C., Potes, M. E., Laranjo, M., & Elias, M. (2024). The Antioxidant and Antibacterial Potential of Thyme and Clove Essential Oils for Meat Preservation—An Overview. *Applied Biosciences*, 3(1), 87–101. <https://doi.org/10.3390/applbiosci3010006>
56. Rodríguez-Carpena, J. G., Morcuende, D., & Estévez, M. (2012). Avocado, sunflower and olive oils as replacers of pork back-fat in burger patties: Effect on lipid composition, oxidative stability and quality traits. *Meat Science*, 90(1), 106–115. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.06.007>
57. Rosmini, S., Perloa, F., Pérez-Álvarez, J. A., Pagán Moreno, M. J., Gago-Gago, A., López-Santoveña, F., & Aranda-Catalá, V. (1996). Prueba TBA mediante un método extractivo aplicado al 'paté' (Vol. 42) [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(95\)00010-0](https://doi.org/10.1016/0309-1740(95)00010-0)

58. Serdaroğlu, M., Nacak, B., & Karabiyikoğlu, M. (2017). Effects of beef fat replacement with gelled emulsion prepared with olive oil on quality parameters of chicken patties. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(3), 376–384. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.3.376>
59. Serdaroğlu, M., Öztürk, B., & Urgu, M. (2016). Emulsion characteristics, chemical and textural properties of meat systems produced with double emulsions as beef fat replacers. *Meat Science*, 117, 187–195. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.012>
60. Sifuentes-Penagos, G., León-Vásquez, S., & Paucar-Menacho, L. M. (2015). Study of Maca (*Lepidium meyenii* Walp.), Andean crop with therapeutic properties. *Scientia Agropecuaria*, 131–140. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.02.06>
61. Summo, C., de Angelis, D., Difonzo, G., Caponio, F., & Pasqualone, A. (2020). Effectiveness of Oat-Hull-based ingredient as fat replacer to produce low fat burger with high beta-glucans content. *Foods*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/foods9081057>
62. Tan, T. H., Chan, E. S., Manja, M., Tang, T. K., Phuah, E. T., & Lee, Y. Y. (2023). Production, health implications and applications of oleogels as fat replacer in food system: A review. In *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society* (Vol. 100, Issue 9, pp. 681–697). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/aocs.12720>
63. Tapia, M. E. y A.M. Fries. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima.
64. Tullberg, C., Larsson, K., Carlsson, N. G., Comi, I., Scheers, N., Vegarud, G., & Undeland, I. (2016). Formation of reactive aldehydes (MDA, HHE, HNE) during the digestion of cod liver oil: Comparison of human and porcine in vitro digestion models. *Food and Function*, 7(3), 1401–1412. <https://doi.org/10.1039/c5fo01332a>