

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA, PROPIEDADES
FISICOQUÍMICAS, TECNOFUNCIONALES Y ACTIVIDAD
ANTIOXIDANTE DE LA HARINA DE CASTAÑA. POSTERIOR
APLICACIÓN DE LA MISMA A UN PRODUCTO CÁRNICO COCIDO
TIPO SALCHICHA FRANKFURT.**

TRABAJO FIN DE GRADO

Septiembre 2018

Autor: Carmen María Botella Martínez

Tutor: Manuel Viuda Martos

Determinación de la composición química, propiedades fisicoquímicas, tecnofuncionales y actividad antioxidante de la harina de castaña. Posterior aplicación de la misma a un producto cárnico cocido tipo salchicha frankfurt.
RESUMEN

Debido a las nuevas tendencias en el sector cárnico, la elaboración, desarrollo e innovación de productos más saludables, es decir, productos en cuya formulación existe un menor contenido en grasa, que contengan una mayor cantidad en fibra, antioxidantes, en definitiva, con mayores propiedades bioactivas, es una gran oportunidad para la industria cárnica.

En el presente trabajo, se determinó la composición química, físico-química, tecnofuncional, así como el contenido de compuestos bioactivos y el poder antioxidante de la harina de castaña. Tras esto, dicha harina junto a diferentes aceites vegetales, en concreto de lino y aguacate, se usaron para generar dos emulsiones diferentes y así ser usado como sustituto de grasa animal en la formulación del producto cárnico cocido tipo salchicha Frankfurt. Se determinaron las diferencias existentes entre propiedades químicas, físico-químicas, tecnológicas, texturales y sensoriales entre las distintas formulaciones obtenidas.

Palabras clave: sustitución de grasa, harina castaña, aceite lino, aceite aguacate y emulsión.

Determination of chemical composition, physicochemical properties, technofunctional and antioxidant activity of chestnut flour. Subsequent it will be applying to cooked meat product as aFrankfurter.
ABSTRACT

Due to new trends in the meat sector, the elaboration, development and innovation of healthier products, that is, products in their formulation, there is a lower fat content, which contains a greater amount of fiber, antioxidants, in short, with Greater bioactive properties, is a great opportunity for the meat industry.

In this study, the chemical, physical-chemical, technofunctional properties were determined so bioactive compounds and the antioxidant power of the chestnut flour. After this, chestnut flour, avocado oil and flax oil were used to generate two different emulsions and it was used as an animal fat replacer in the formulation of the Frankfurter sausage. The differences between the chemical, physical-chemical, technofunctional, textural and sensory properties between the different formulations were determined.

Key words: fat replacement, chestnut flour, flax oil, avocado oil and emulsion.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. El cultivo de la castaña.	8
1.1.1. Definición.....	8
1.1.2. Producción.....	9
1.1.3. Valor nutricional de la castaña.	15
1.1.4. La castaña en la industria alimentaria.	17
1.2. Riesgos y beneficios del consumo de carne.....	19
1.3. Estrategias para conseguir alimentos funcionales cárnicos.	20
1.3.1. Modificación de los ácidos grasos y el contenido de colesterol en la carne.	21
1.3.2. Sustituir la grasa en productos cárnicos.	21
1.3.3. Adición de productos vegetales.....	22
1.3.4. Otras estrategias.	23
2. OBJETIVOS.....	25
2.1. Objetivo general.....	25
2.2. Objetivos particulares.	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. Materias primas.....	28
3.2. Métodos analíticos para la caracterización de la harina de castaña.	28
3.2.1. Composición química.....	29
3.2.2. Composición físico- química.	32
3.2.3. Propiedades tecnofuncionales.	33
3.2.4. Determinación de compuestos bioactivos.	36
3.2.5. Actividad antioxidante.	39
3.3. Proceso de elaboración del producto cárnico cocido tipo salchicha Frankfurt....	43
3.3.1. Formulación de los carriers.	43
3.3.2. Formulación de los distintos lotes de salchichas tipo Frankfurt.	44
3.4. Métodos analíticos para la caracterización de las salchichas tipo Frankfurt.	49
3.4.1. Composición química.....	49
3.4.2. Composición físico-química.	50
3.4.3. Estabilidad de la emulsión (TEF).....	51
3.4.4. Análisis de la oxidación lipídica (TBA).....	51
3.4.5. Análisis del perfil textural (TPA).....	51
3.4.6. Análisis sensorial.....	53

3.4.7. Análisis estadístico.....	53
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
4.1. Composición química de la harina de castaña.....	56
4.2. Composición físico-química de la harina de castaña.....	58
4.3. Propiedades tecnofuncionales de la harina de castaña.....	59
4.4. Compuestos bioactivos de la harina de castaña.....	64
4.5. Actividad antioxidante de la harina de castaña.....	65
4.6. Composición química de las salchichas tipo Frankfurt con sustitución de grasa.....	68
4.7. Propiedades físico-química de las salchichas tipo Frankfurt con sustitución de grasa.....	72
4.8. Estabilidad de la emulsión de las salchichas tipo Frankfurt con sustitución de grasa.....	75
4.9. Análisis de la oxidación lipídica de las salchichas tipo Frankfurt con sustitución de grasa.....	76
4.10. Análisis del perfil textural de las salchichas tipo Frankfurt con sustitución de grasa.....	78
4.11. Análisis sensorial de las salchichas tipo Frankfurt con grasa sustituida.....	80
5. CONCLUSIONES.....	85
6. BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXO 1	



1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. El cultivo de la castaña.

1.1.1. Definición.

La castaña es el fruto del castaño (*Castanea sativa* Mill.), dicho árbol pertenece a la familia de las fagáceas. El castaño es un árbol característico del hemisferio norte, cuyo propósito de cultivo no es únicamente por su fruto, sino que también se aprovecha su madera, se utiliza para obtener taninos y su cultivo aporta un impacto positivo sobre el paisaje rural (Pereira-Lorenzo *et al.*, 2006).

Existen 13 géneros de castaños, que se dividen en tres áreas geográficas importantes, Asia (*Castanea crenata* Sieb. y Zucc.) es la más importante principalmente China, el sur de Europa y Turquía (*Castanea sativa* Mill.) es la segunda área principal y el Norte de América (*Castanea dentata* Borkh). A nivel nacional, el castaño ha sido principalmente cultivado para la producción de castañas en el norte de España: País Vasco, Asturias, Castilla-León y Galicia; en la zona centro de España en concreto en Extremadura; en el sur-este de España en Andalucía; en la zona este de España, en concreto en Cataluña, por último también se cultiva en las islas Canarias (Figura 1). En todas las zonas se seleccionaron los mejores árboles para producir castañas y su propagación se realizó a través de injertos (Pereira-Lorenzo *et al.*, 2001).



Figura 1. Mapa de distribución del cultivo del castaño en España

En cuanto a la castaña, es un fruto tipo nuez o aquenio, cubierto por un involucre (erizo) primero verde y después amarillento, con espinas largas (Figura 2). El involucre

contiene al fruto en grupos de 1 a 3 y en su madurez se abre en dos o cuatro valvas, dejando caer las castañas. La castaña tiene forma ovoide, ancha, de color marrón en su exterior (Figura 3). Presenta un pericarpio duro y brillante y en su interior es de color amarilla (Figura 4). Mide de 2 a 3 cm, tiene una cicatriz de inserción en la base clara y acabada en punta [MAPAMA, \(2018\)](#).



Figura 2. Infrutescencia (erizo) del castaño.



Figura 3. Semillas de *Castanea sativa*.



Figura 4. Endocarpio, pericarpio y fruto de la castaña.

1.1.2. Producción.

A continuación, en la Figura 5, se muestran las zonas productoras mundiales de castaña [FAOSTAT, \(2018\)](#).

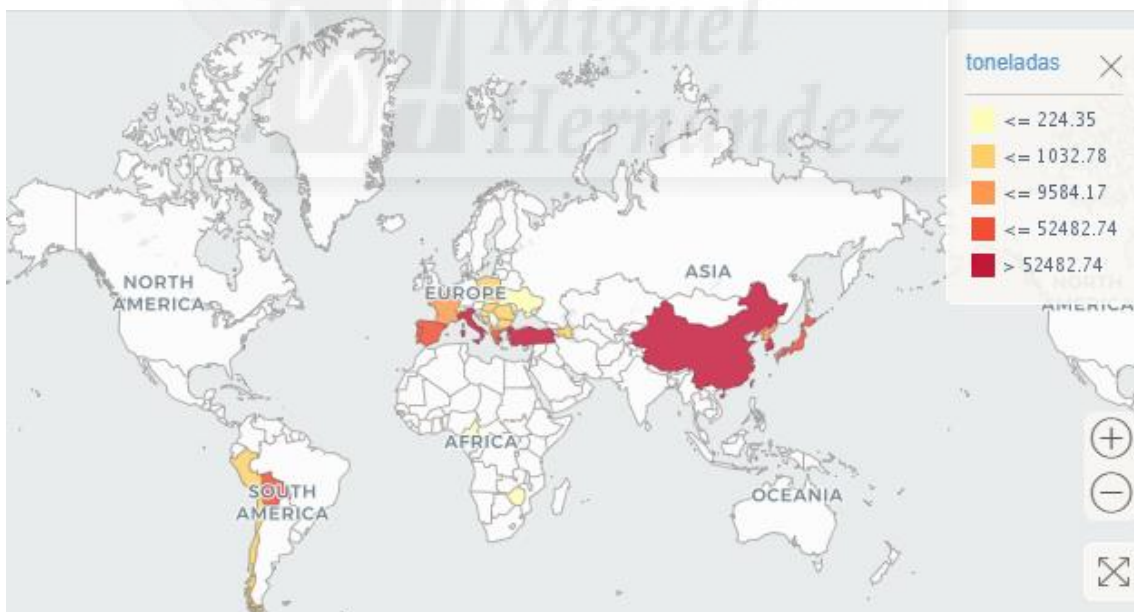


Figura 5. Mapa en el cual se muestran las zonas productoras de castaña a nivel mundial. Fuente: FAOSTAT.

En la Figura 6 se muestra la producción de castaña a nivel mundial en el periodo comprendido entre el año 2007 y 2016. La producción se expresa en millones de toneladas [FAOSTAT, \(2018\)](#). En ella (Figura 6) se observa que la producción ha ido

aumentando de manera progresiva, siendo el año que más se produjo el 2016. Posterior a la disminución que se observa en los años 2014 y 2015.

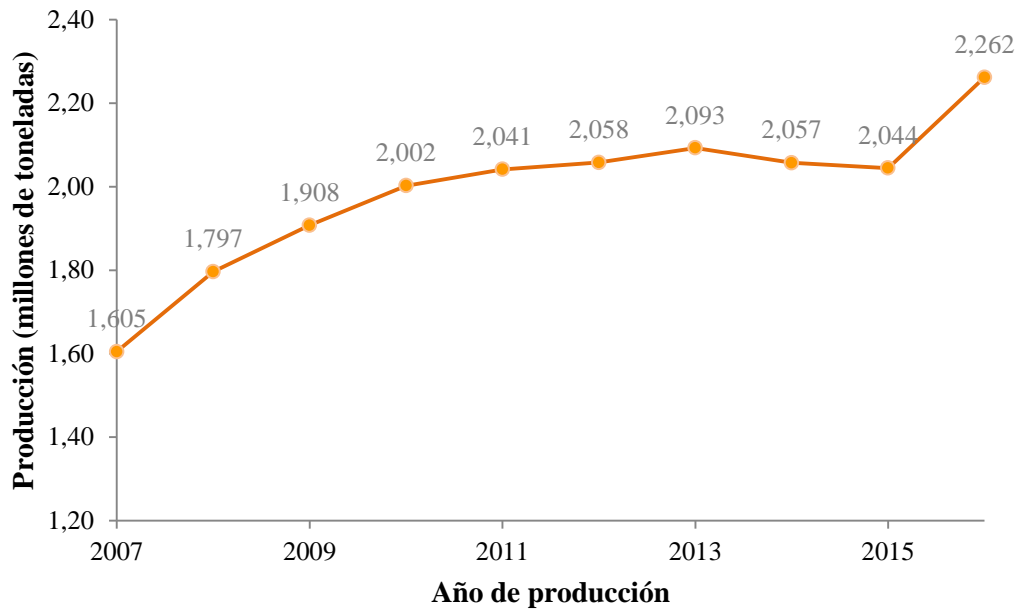


Figura 6. Evolución de la producción de castaña desde el año 2007 al año 2016 a nivel mundial. Expresado en millones de toneladas. Fuente: FAOSTAT.

En la Figura 7, se muestra la producción mundial de castaña entre los años 2007 y 2016, expresada en porcentaje de producción y dividida por continentes FAOSTAT, (2018). Asia es el principal continente productor albergando un 90% de la producción de castaña, seguido de Europa y América. En África no existe producción de castañas.

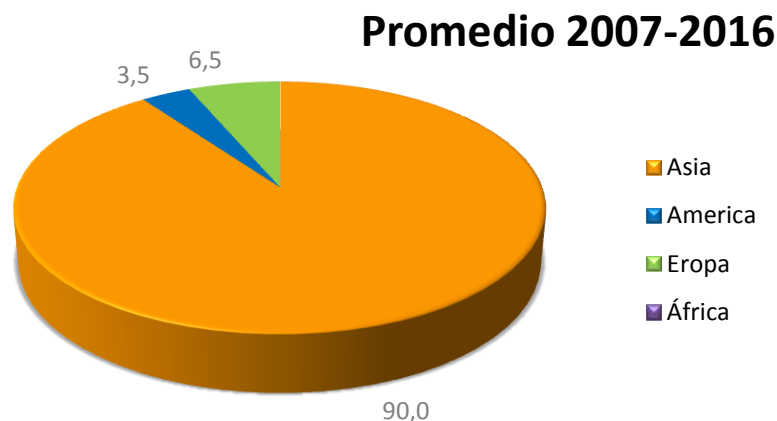


Figura 7. Continentes productores de castaña. Expresado en % de producción. Fuente: FAOSTAT.

En la Figura 8 se muestran los principales países productores de castaña a nivel mundial en el periodo comprendido entre el año 2007 y 2016 FAOSTAT, (2018). En dicha figura, se puede observar que el país que produjo una mayor cantidad de castaña fue China, seguido de República de Corea y que España ocupa el noveno lugar en cuanto a producción.

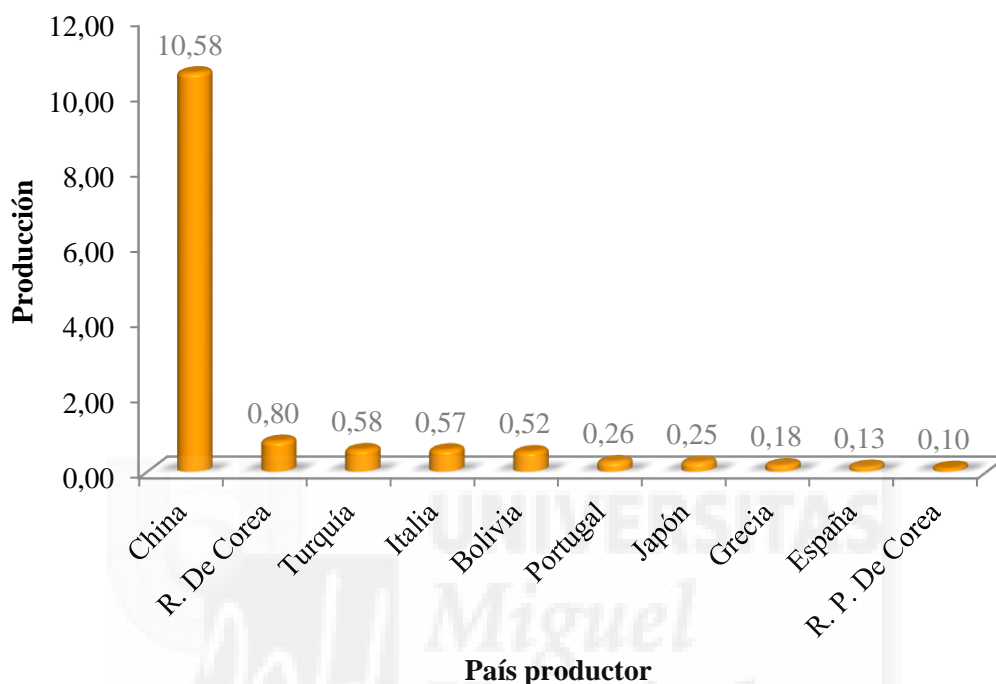


Figura 8. Principales países productores de castaña a nivel mundial desde el año 2007 al año 2016. Expresado en toneladas* 10⁵. Fuente: FAOSTAT.

En la Figura 9 se muestra la producción de castaña a nivel Europeo en el periodo comprendido entre el año 2007 y 2016. La producción viene expresada en miles de toneladas FAOSTAT, (2018). Como se observa, la producción, en general tiende a ir incrementando año a año progresivamente, pero en los años 2011 y 2014 sufrió una leve baja de producción. Siendo el año 2016 el que mayor producción se obtuvo de castañas.

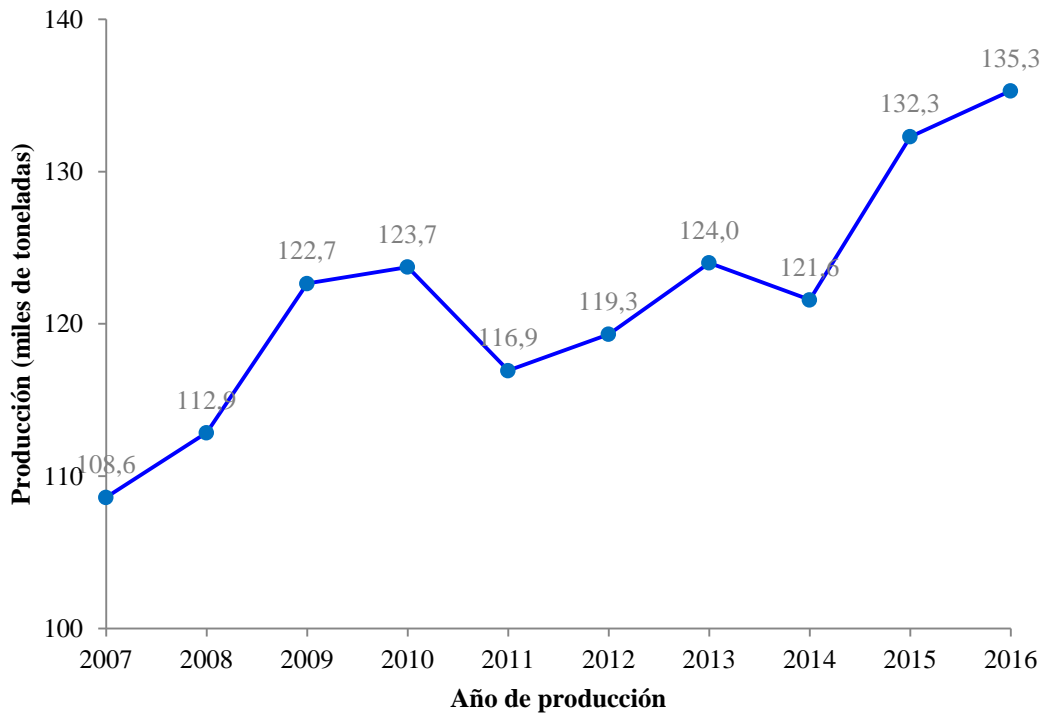


Figura 9. Evolución de la producción de castaña desde el año 2007 al año 2016 a nivel europeo. Expresado en miles de toneladas. Fuente FAOSTAT.

En la Figura 10 se muestran los principales países productores de castaña a nivel europeo en el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016. La producción viene expresada en porcentaje FAOSTAT, (2018). El principal productor como se puede observar es Turquía, seguido de Italia. Los países con menor producción fueron Albania y Francia. España produjo de media entre los años 2007 a 2016 un 8% de la producción total europea.

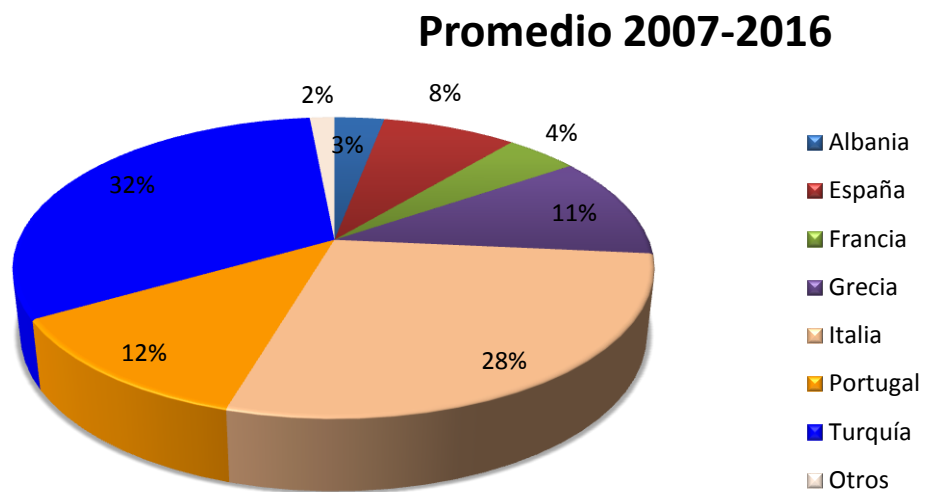


Figura 10. Países productores de castaña en Europa. Expresado en % de producción. Fuente: FAOSTAT.

En la Figura 11 se muestran los principales países productores de castaña a nivel europeo en el periodo comprendido entre 2007 y 2016. Cantidad expresada en miles de toneladas [FAOSTAT, \(2018\)](#). Como se observa, Turquía e Italia son los principales países productores de castaña. España se encuentra en quinto lugar con una producción de 15.300 toneladas de castaña al año calculado como promedio entre los años 2007 y 2016.

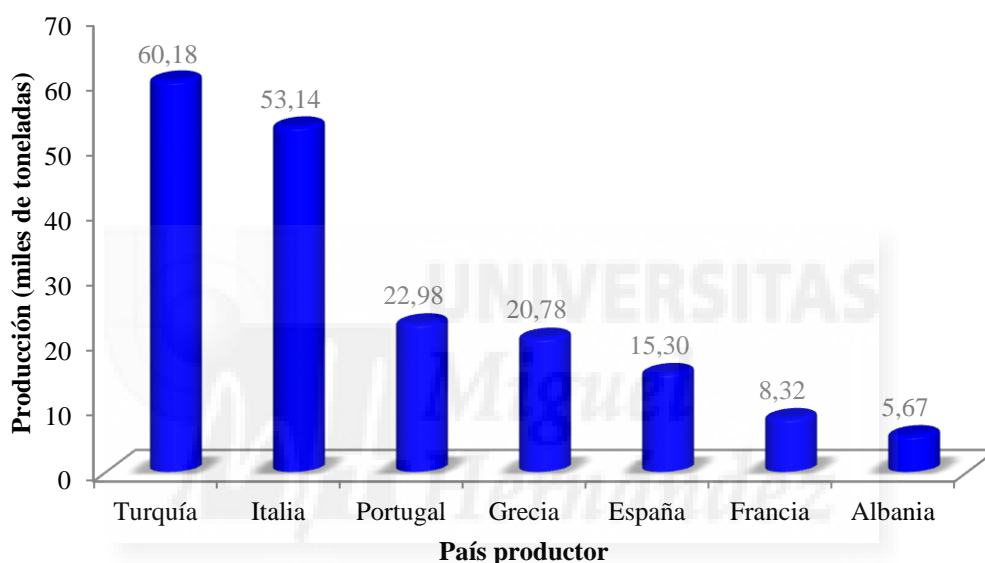


Figura 11. Principales países productores de castaña a nivel europeo desde el año 2007 al año 2016. Expresado en miles de toneladas. Fuente: FAOSTAT.

En la Figura 12 se muestra la producción de castaña a nivel nacional en el periodo comprendido entre los años 2007 y 2016. La producción se expresa en miles de toneladas [MAPAMA, \(2018\)](#). La producción, en términos generales ha aumentado progresivamente, aunque entre los años 2010 y 2012 la producción experimentó una disminución. Siendo el máximo de producción en el año 2010 y el mínimo en el 2007.



Figura 12. Evolución de la producción de castaña desde el año 2007 al año 2016 a nivel nacional. Expresado en miles de toneladas. Fuente: MAPAMA.

En la Figura 13 se muestran las principales Comunidades Autónomas productoras de castaña a nivel nacional en el periodo comprendido entre el año 2007 y 2016. Expresado en % de producción [MAPAMA, \(2018\)](#). Galicia fue la Comunidad Autónoma que mayor cantidad de castaña produjo, seguida de Castilla y León.

Promedio 2007-2016

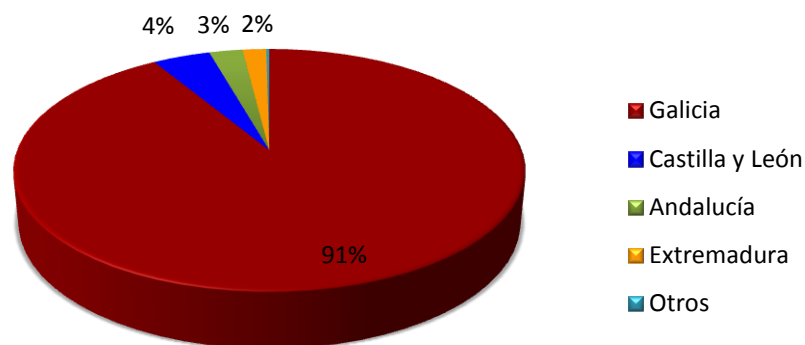


Figura 13. Comunidades Autónomas productoras de castaña. Expresado en % de producción. Fuente: MAPAMA

En la Figura 14 se muestran las principales Comunidades Autónomas productoras de castaña a nivel nacional en el periodo comprendido entre el año 2007 y 2016. Cantidad expresada en toneladas [MAPAMA, \(2018\)](#). Como se observa, Galicia fue la comunidad más productora de castaña, destacándose del resto con diferencia con una producción promedio de 181.162 toneladas anuales.

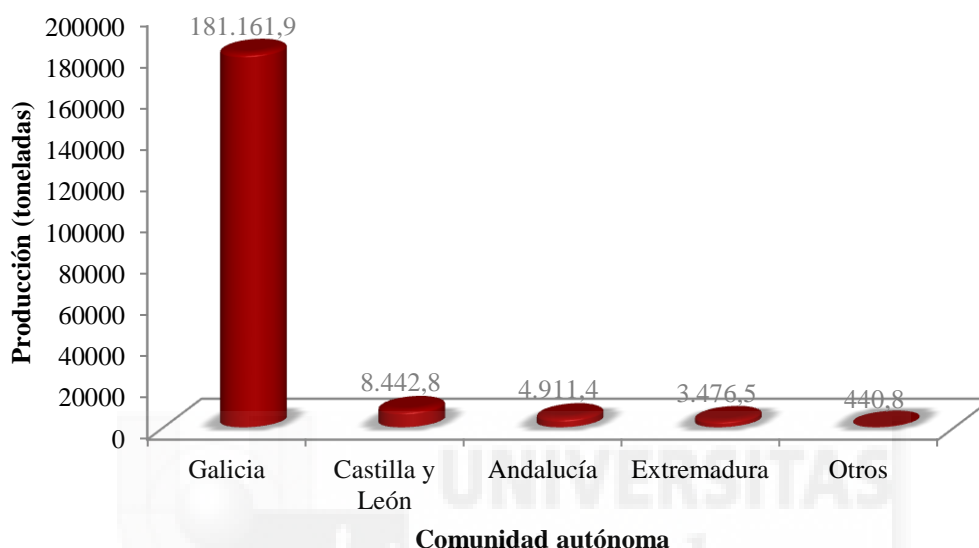


Figura 14. Principales Comunidades Autónomas productoras de castaña a nivel nacional desde el año 2007 al año 2016. Expresado en toneladas. Fuente: MAPAMA.

1.1.3. Valor nutricional de la castaña.

La castaña es un fruto seco con poca cantidad de grasa (2,52 g/ 100 g de producto). El tipo de grasa que la constituye son: ácidos grasos monoinsaturados (0,83 g/ 100 g de producto), ácidos grasos poliinsaturados (1,38 g/ 100 g de producto) y ácidos grasos saturados (0,42 g/ 100 g de producto) [BEDCA, \(2018\)](#).

Entre sus vitaminas destaca la vitamina C con una cantidad de 17,2 mg vitamina C/ 100 g de producto, seguida de la vitamina A con una cantidad de 4 mg/ 100 g de producto. Además es una fuente importante de minerales como el potasio, el calcio y el magnesio.

En la Tabla 1, se observa la composición nutricional por cada 100 g de castaña cruda. Valores expresados en gramos para los macronutrientes, en mg y µg para micronutrientes [BEDCA, \(2018\)](#).

Parte comestible: 82%.

Tabla 1. Composición nutricional de castaña cruda.

Componente	Cantidad por 100 g.
Valor energético	747 KJ/ 179 Kcal
Grasas	2,52 g
-ácidos grasos monoinsaturados	0,83 g
-ácidos grasos poliinsaturados	1,38 g
-ácidos grasos saturados	0,42 g
Hidratos de carbono	36,5 g
Proteínas	2,65 g
Fibra alimentaria	6,7 g
Vitaminas	
-Vitamina A	4 µg
-Vitamina E	1,2 mg
-Vitamina C	17,2 mg
-Folatos	12,42 µg
-Niacina	0,95 mg
-Tiamina	0,18 mg
-Riboflavina	0,23 mg
Minerales	
-Calcio	36,53 mg
-Hierro	1,58 mg
-Potasio	500 mg
-Sodio	11 mg
-Magnesio	34,3 mg
.Fósforo	74 mg
-Zinc	2,36 mg
-Selenio	1,8 µg

Fuente: BEDCA

La castaña con respecto al resto de frutos secos, se diferencia como ya se ha dicho en el cantidad de grasa en su composición, siendo mayoritaria en hidratos de carbono [BEDCA, \(2018\)](#). A continuación en la Figura 16, se presentan el porcentaje de macronutrientes de la castaña.

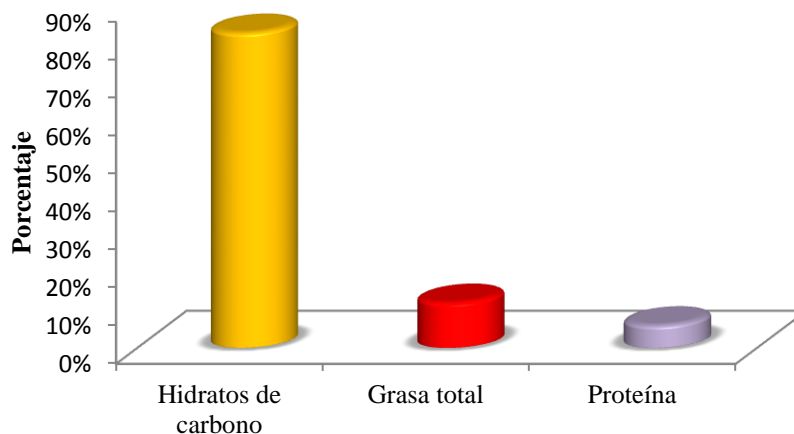


Figura 16. Distribución de la energía total de la castaña cruda. Expresado en %. Fuente: BEDCA.

1.1.4. La castaña en la industria alimentaria.

Los principales productos de castaña que se comercializan y se producen se pueden dividir en tres grandes grupos ([Miguez, 2000](#)).

Castañas enteras al natural

Las castañas comercializadas bajo el nombre de “castañas enteras y naturales” deben ser de alta calidad. Estas castañas naturales se suelen presentar y envasar de diferentes modos:

- Castañas cocidas, que se envasan con o sin jugo (con un 2% de sal y 5% de azúcar) en tarros de aluminio o cristal y envases semirrígidos de plástico o de aluminio. Tras esto se sellan y se someten a un proceso de esterilización. Las castañas así comercializadas se emplean generalmente como ingrediente y acompañamiento de diversos platos, asados, soufflés, etc, así como en gran variedad de dulces y productos de repostería.
- Castañas crudas congeladas. Para ello se introducen en un túnel de congelación donde se someten a temperaturas de -40°C durante 15-20 minutos. A continuación se guardan en bolsas operculadas a -20 o -18°C hasta el momento de su

utilización. Con este sistema se consigue conservar los frutos durante más tiempo manteniendo su firmeza para la cocción posterior.

Productos derivados de castaña para confitería.

Para la elaboración de este tipo de productos es necesaria una castaña de elevada calidad, dentro de este grupo los principales productos son:

- Castañas confitadas y *marrón glacé*. Ambos productos se elaboran sumergiendo las castañas peladas en baños de disoluciones azucaradas de concentración elevada (jarabes de 55, 64 y 71 y 76 °Brix), tras sufrir previamente una etapa de cocción con el fin de facilitar la impregnación lenta del azúcar, se realiza a una temperatura entre 60 y 70°C. El producto final contiene una proporción de azúcar del 75 al 80 % por materia seca, suficiente para que no exista contaminación microbiana. El *marrón glacé* sufre con respecto a las castañas confitadas una etapa final de glaseado o escarchado que consiste en espolvorear las castañas confitadas con azúcar seguido de un tratamiento térmico a 260°C. Esta etapa le confiere un aspecto final brillante, haciéndolo más atractivo al consumidor.
- Castañas en alcohol, que se elaboran a partir de castañas confitadas sometidas a maceración con distintas bebidas alcohólicas como aguardiente, coñac, etc.

Cremas y purés de castaña.

La elaboración de estos productos no exige castañas de elevada calidad. Aunque siempre se han de tratar con castañas sanas, se aprovechan castañas partidas y castañas de calibre pequeño que son rechazadas para la fabricación de los productos más exigentes. El proceso consiste en una primera etapa de cocción, seguida de pelado, mezclado con un 12% de agua y molienda, para obtener una pasta de castañas. Para hacer el puré se añade sal y un 12% de azúcar. Para hacer la crema el tamizado debe ser más fino y el contenido de azúcar añadido debe alcanzar el 60%. Finalmente el producto se envasa y se esteriliza.

Harina de castaña

Para la obtención de este producto primeramente se secan las castañas con el fin de facilitar el proceso de pelado. Este periodo de secado debe prolongarse hasta que las castañas alcancen una humedad de alrededor del 10%. A continuación se procede a la

molienda para obtener la harina, seguida de tamizado y envasado final. Esta harina se emplea como ingrediente de múltiples productos de confitería y pastelería.

Otros productos derivados de la castaña

Se trata de productos de mercado muy reducido. Dentro de ellos cabe citar la pulpa deshidratada de castañas, que consiste en castaña deshidratada en forma de copos que se emplean como ingredientes en sopas y alimentos infantiles, o los patés elaborados con castaña.

1.2. Riesgos y beneficios del consumo de carne.

La población mundial, principalmente en EE. UU. Y Europa, consume dietas altas en carne y grasas saturadas y baja en frutas, verduras y granos integrales. Este patrón dietético aumenta el riesgo de desarrollar un gran número de enfermedades. Recientemente, varios estudios epidemiológicos han asociado el consumo de carne roja y blanca con las principales enfermedades crónicas en el mundo occidental; enfermedad cardiovascular y cáncer de colon ([Best-Rastrollo et al., 2006](#)).

Por otro lado, comer carne y productos cárnicos aporta innumerables beneficios para la salud. Se ha sugerido que una dieta alta en proteínas puede tener beneficios debido al aumento de la saciedad y la termogénesis ([Paddon-Jones et al., 2008](#)). Es una fuente importante de proteínas con alto valor biológico, la carne también es una fuente excelente de nutrientes como minerales y vitaminas. Algunos de estos nutrientes (p. ej, Hierro, vitamina B12 y ácido fólico) o no están presentes o tienen una biodisponibilidad inferior en otros alimentos ([Biesalski, 2005](#)).

Sin embargo, los consumidores a menudo asocian la carne con una imagen negativa de que la carne contiene mucha grasa y la carne roja se considera un alimento que promueve el cáncer ([Arihara, 2006](#)). Además, la ingesta de cloruro de sodio, que se agrega en la mayoría de los productos cárnicos durante el procesamiento, se ha relacionado con la hipertensión ([Ruusunen, 2005](#)). Por estas razones, a menudo se evita la ingestión de carne y productos cárnicos para reducir el riesgo de cáncer, obesidad y otras enfermedades.

Debido a su composición, tanto la carne como sus derivados pueden modificarse para obtener un alimento funcional al agregar ingredientes considerados beneficiosos para la

salud o al eliminar o reducir componentes que se consideran dañinos. De esta forma, se pueden obtener una serie de alimentos que, sin alterar su base, se consideran "saludables" (Fernández-Ginés *et al.*, 2005).

Además, la carne como un producto rico en proteínas y "bajo" en carbohidratos por lo que contribuye a un índice glucémico bajo que se supone que es "beneficioso" con respecto a la obesidad, el desarrollo de diabetes y el cáncer (hipótesis de resistencia a la insulina) (Biesalski, 2005).

Por otro lado, existe una asociación del consumo de carne y la diabetes. Una de las hipótesis es que el consumo de carne aumenta la ingesta de grasas, especialmente la ingesta de grasas saturadas, y podría actuar indirectamente aumentando el peso corporal, un factor de riesgo establecido para la diabetes, ya que hay una asociación positiva entre la diabetes y el IMC, lo que indica que otros mecanismos pueden ser importantes. Sin embargo otros estudios recientes indican que los efectos sobre la salud del consumo de carne procesada y carne roja no procesada sobre el riesgo de diabetes pueden diferir (Steinbrecher *et al.*, 2010).

1.3. Estrategias para conseguir alimentos funcionales cárnicos.

En las últimas décadas, las demandas de los consumidores en el ámbito de producción de alimentos han cambiado. El consumidor actual, cada vez cree más que los alimentos contribuyen a su salud (Mollet y Rowland, 2002). En consecuencia, la industria alimentaria amolda sus productos alimenticios a un estilo de vida más saludable para así satisfacer al consumidor. Ahí es donde entran los llamados alimentos funcionales, los cuales no sólo están destinados a satisfacer el hambre y proporcionar los nutrientes necesarios sino que también sirven para prevenir enfermedades relacionadas con la nutrición a la par que aumenta el bienestar físico y mental de los consumidores (Menrad, 2003).

En esta línea existen varias estrategias por las cuales la industria cárnica está desarrollando carne y productos cárnicos más saludables (Arihara, 2006). Estas estrategias se basan en modificar los productos cárnicos añadiendo ingredientes considerados beneficiosos o eliminando/sustituyendo otros componentes de los productos cárnicos considerados como dañinos. De esta forma se consiguen alimentos

que manteniendo la misma base, se consideran “saludables” (Fernández-Ginés *et al.*, 2005). Existen tres tipos de estrategias para conseguir estos productos cárnicos y la carne denominada “saludable”: Una está asociada con la producción animal, otra es el tratamiento de las materias primas y la reformulación de derivados de carne.

1.3.1. Modificación de los ácidos grasos y el contenido de colesterol en la carne.

La carne es una fuente de grasa en la dieta, especialmente de ácidos saturados, implicados en enfermedades asociadas como ya se comentó anteriormente. Otro factor de riesgo en enfermedades coronarias se ha visto que es la relación ω -6 y ω -3 (ácido grasos poliinsaturados), especialmente la formación de coágulos sanguíneos.

Por ello, la selección de razas y líneas genéticas dentro de las razas, los cambios en las prácticas de alimentación animal, incluidos algunos aditivos alimentarios (probióticos, antibióticos, etc), y la intervención del metabolismo animal (implantes anabólicos, agonistas β , hormona del crecimiento, etc) son las principales herramientas utilizadas para lograr una reducción en el contenido de grasa en la canal aunque dichas prácticas no estén autorizadas en la unión europea. Actualmente también se intenta conseguir mediante la alimentación con ácidos grasos mono y poliinsaturados para ver el efecto en la grasa animal. (Velasco *et al.*, 2004).

1.3.2. Sustituir la grasa en productos cárnicos.

El término “sustitutivo de grasa” hace referencia a los ingredientes o aditivos que se usan para disminuir el contenido de grasa en los alimentos. Estos son ingredientes considerados grasa, proteína o carbohidratos empleados en la formulación del producto cárnico para reemplazar grasa animal. Existen dos tipos de sustitutos de grasa, “miméticos de grasa” y “sustitutos de la grasa”.

- **Miméticos de grasa:** Son sustancias que imitan las características físicas y organolépticas de los triglicéridos, pero no pueden reemplazar la grasa en una proporción 1: 1. Básicamente, estos tipos de ingredientes son carbohidratos y proteínas que requieren hidratación para cumplir su función como sustituto de grasa. Sin embargo, tienen sus inconvenientes: por ejemplo, se someten a altas temperaturas sufren fenómenos de caramelización y desnaturalización; tienen sabores solubles pero no lipídicos por lo que el sabor es menor y generalmente requieren procesos de preparación adicionales. Su principal ventaja es que los

miméticos de grasas reducen el contenido calórico de los alimentos. En varios estudios en los cuales la grasa fue reemplazada parcialmente por miméticos de grasa, los ingredientes utilizados para elaborar dichos miméticos fueron agua, proteínas y polisacáridos como maltodextrinas, gomas, carrageninas, fibras, inulina, almidón, harinas, salvado e incluso tubérculos.

- **Sustitutos de grasa:** Estas sustancias son macromoléculas que se parecen físicamente y químicamente a los triglicéridos, por lo que su uso es en una proporción 1:1. En general se elaboran a partir de ácidos grasos convencionales alterados física y químicamente. Dichos sustitutos de grasa pueden ser líquidos o plásticos. Las grasas líquidas están formadas básicamente por aceites vegetales y se ha visto que tienen un impacto positivo en los aspectos nutricionales ya que presentan un contenido reducido de colesterol y una relación mejorada de AGPU/AGS y ω -6 / ω -3. Se han evaluado aceites de girasol, maíz, cacahuete semilla de té, coco, palma, soja, oliva y aceites de pescado (Ospina-Echeverri *et al.*, 2012). El uso de procesos intermedios, como preemulsiones que utilizan diferentes tipos de proteínas, representa una forma mejorada de incorporar aceite en las matrices de carne ya que se consiguen niveles más altos de sustitución de grasa que aquellos en los cuales se usan de forma directa los aceites (Ospina-Echeverri *et al.*, 2012).

1.3.3. Adición de productos vegetales.

Los derivados de proteínas de origen vegetal se han utilizado en productos cárnicos con fines tecnológicos para reducir los costos de formulación, e incluso se han utilizado por su valor nutricional (Jiménez-Colmenero *et al.*, 2001). Una variedad de productos no cárnicos que incluyen sustancias con de carbohidratos en las cuales se incluyen gomas (alginato, carragenano, xantano), fibras (fibra de guisante, fibra de avena), almidones (almidón de tapioca, almidones alimentarios modificados) y otros compuestos de carbohidratos (pectina, celulosa microcristalina), compuestos base proteica (suero de leche, colágeno, proteínas de legumbres) y compuestos con base grasa (lecitina de soja que sirve como emulsionante) han sido evaluados y usados en productos cárnicos bajos en grasa. También se pueden usar como sustitutos de la grasa leguminosas hidratadas (proteína de soja, guisantes y cacahuete) y proteínas de trigo texturizadas (como la carne).

1.3.4. Otras estrategias.

Otras estrategias han sido la adición de extractos naturales con propiedades antioxidantes a diferentes productos cárnicos, para así evitar o ralentizar la oxidación de la carne y los derivados cárnicos. Tal oxidación conduce a una pérdida significativa del valor nutritivo de un alimento ya que implica una pérdida de vitaminas y ácidos grasos esenciales. También afecta a la calidad sensorial de los alimentos: cambios en el color, la textura y el sabor, lo que acorta su vida útil y puede provocar el rechazo de los consumidores. Para evitar dicho deterioro, la industria alimentaria ha recurrido a formulaciones antioxidantes sintéticas, sin embargo debido a su origen sintético, su seguridad y eficacia son frecuentemente cuestionadas. El resultado ha sido un creciente interés en las sustancias de origen vegetal que muestran un potencial antioxidante para su uso como aditivos naturales para reemplazar los antioxidantes sintéticos, cuyo uso es cada vez más restringido debido a los efectos secundarios que pueden producir (Viuda-Martos *et al.*, 2011). Los antioxidantes naturales extraídos de plantas como romero, salvia, té, soja, cáscara de cítricos, semillas de sésamo, aceitunas, vainas de algarroba y uvas se han usado como alternativas a los antioxidantes sintéticos debido a su efecto equivalente o mayor sobre la inhibición de la oxidación de lípidos. (Viuda-Martos *et al.*, 2011).

Por otro lado también se han llevado a cabo adiciones de fibra en productos cárnicos, por varios motivos, uno de ellos por sus propiedades nutricionales y otro que mejora la textura, previene el secado del producto durante la cocción, prevención de la separación de geles, mejora de la capacidad de rehidratación y la estabilidad de congelación-descongelación. En tercer lugar, por sus características como ingrediente sin calorías, lo cual permite su uso en productos bajos en grasa (Fernández-López y Pérez-Álvarez, 2009).



2. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS.

Una de las nuevas tendencias en el sector cárnico es la elaboración, desarrollo e innovación de productos más saludables, es decir, productos en cuya formulación existe un menor contenido en grasa, que contengan una mayor cantidad en fibra, antioxidantes, en definitiva, con mayores propiedades bioactivas. Con esta finalidad se plantea el presente trabajo, para obtener unas salchichas tipo Frankfurt con mejor composición nutricional, añadiéndole fibra y sustituyendo parte de la grasa animal por grasa vegetal con un perfil lipídico más saludable. Pero a su vez, manteniendo las características propias texturales y organolépticas de este tipo de producto, con el fin de satisfacer al consumidor.

2.1. Objetivo general.

Caracterización de la harina de castaña, para su posterior uso como carrier de un aceite o aceites poliinsaturados con la finalidad de sustituir grasa de origen animal (panceta) en un producto cárnico cocido en concreto una salchicha tipo Frankfurt.

2.2. Objetivos particulares.

- Determinar la composición química de la harina de castaña: contenido en proteína, contenido en grasa, contenido en cenizas, contenido en humedad y contenido en fibra dietética.
- Determinar la composición físico-química de la harina de castaña: pH, actividad de agua y color.
- Determinar las propiedades tecnofuncionales de la harina de castaña: capacidad de retención de agua, capacidad de retención de aceite, capacidad de hinchamiento, capacidad y estabilidad de formación de espuma, capacidad de formación y estabilidad de la emulsión.
- Determinar compuestos bioactivos de la harina de castaña: contenido fenólico y de flavonoides.
- Determinación del poder antioxidante de la harina de castaña: DPPH, ABTS, FRAP y FIC.
- Determinar la composición química de la salchicha tipo Frankfurt control y las muestras con grasa sustituida: contenido en proteína, contenido en grasa, contenido en cenizas, contenido en agua y contenido en nitritos.

- Determinar la composición físico-química de la salchicha tipo Frankfurt control y las muestras con grasa sustituida: pH, actividad de agua y color.
- Estudiar la estabilidad de la emulsión de las distintas salchichas tipo Frankfurt, tanto de la muestra control como de las formulaciones con grasa sustituida.
- Determinar la oxidación lipídica de las distintas salchichas tipo Frankfurt, tanto de la muestra control como de las muestras que se encuentran sustituidas en grasa.
- Determinar el perfil textural de las distintas salchichas tipo Frankfurt tanto para la muestra control como para las muestras sustituidas en grasa.
- Analizar sensorialmente las distintas salchichas tipo Frankfurt, tanto la muestra control como las muestras con sustitución de grasa.





3. MATERIALES Y MÉTODOS

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Materias primas.

La harina de castaña utilizada fue de la variedad europea *Castanea Sativa Mill*, suministrada por O GRANEIRO DE AMELIA.

Los aceites vegetales empleados, fueron de lino y aguacate, el primero de la marca NATUR GREEN y el segundo de la marca ETHNOS.

Las materias primas cárnicas (magro y panceta) fueron obtenidas en una carnicería de Orihuela, Alicante (España), transportadas a la planta piloto de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (EPSO) y conservadas en refrigeración ($4\pm 2^{\circ}\text{C}$) hasta su uso.

El resto de los ingredientes utilizados para la elaboración de las salchichas Frankfurt fueron sal, especias (pimienta blanca y nuez moscada) y aditivos (fécula de patata, trifosfato, nitrito sódico, caseinato, ascorbato sódico y humo en polvo). Todos los aditivos fueron suministrados por SUMINISTROS RIVER a excepción del humo que fue suministrado por CEYLAMIX.

El embutido se realizó en tripa sintética Fibran-Pack (Fibran, Gerona, España) de 30 mm de diámetro.

3.2. Métodos analíticos para la caracterización de la harina de castaña.

Para llevar a cabo esta parte del trabajo y así realizar todas las determinaciones, químicas, físico-químicas, tecnofuncionales, de compuestos bioactivos y actividad antioxidantes a la harina de castaña, se llenaron tres duquesitas (Figura 17) con la harina, para así facilitar la obtención de los resultados por triplicado.



Figura 17. Duquesitas con harina de castaña.

3.2.1. Composición química.

3.2.1.1. 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, 2000). Utilizando el digestor BüchiDigestionUnit modelo 426 (Figura 18) y el destilador BüchiDestillationUnit modelo B-316 (Büchi, Suiza)(figura 19). 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.



Figura 18. Digestor BüchiDigestionUnit modelo 426.



Figura 19. Destilador BüchiDestillationUnit modelo B-316.

3.2.1.2. Grasas.

La determinación del contenido lipídico, se realizó de acuerdo con el método oficial de la AOAC 24.005 (AOAC, 2000), utilizando el extractor Soxhlet J.O, Selecta Mo.6003286 (J.O Selecta S.A., Abrera, Barcelona, España) (Figura 20). Los resultados se expresaron en g grasa/100 g de muestra. Las muestras se analizaron por duplicado.



Figura 20. Extractor Soxhlet J.O, Selecta Mo.6003286.

3.2.1.3. Cenizas.

El contenido de cenizas se determinó según el método de la AOAC 24.009 (AOAC, 2000), 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). Las muestras se pusieron a una temperatura de 550 °C hasta conseguir cenizas de color blanco (figura 21). Finalmente éste resultado se determina por una diferencia de peso.



Figura 21. Resultado de las muestras tras someterse a 550 °C en la mufla.

3.2.1.4. Contenido de humedad.

La determinación del contenido de humedad, se realizó según lo descrito por el método de la AOAC 24.003 (AOAC, 2000), 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.

3.2.1.5. Fibra dietética.

Para la determinación de la fibra dietética, se pesó un gramo de cada muestra, se añadió 50 mL de tampón fosfato y se agitó con ayuda de un agitador magnético. Posteriormente se adicionaron 100 µL de la disolución alfa-amilasa, se tapó con papel de aluminio y se calentó en el baño de agua a una temperatura de 100 °C durante 30 minutos (Figura 22). Transcurrido este tiempo se sacó el vaso del baño de agua, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se ajustó el pH a $7,4 \pm 0,2$ con 10 mL de NaOH 0,275 N. Seguidamente se añadieron 100 µL de la disolución proteasa y se dejó incubar a 60 °C en el baño de agua durante 30 minutos. Pasado este tiempo se dejó enfriar a temperatura ambiente y se ajustó el pH entre 4,0-4,6 con 11 mL de HCl 0,325 N. Ajustado el pH se añadieron 100 µL de disolución amiloglucosidasa y se incubó en el baño con agua durante 30 minutos a 60 °C. Por último se adicionaron 280 mL de etanol al 95% y se dejó el precipitado en una cámara frigorífica (4 °C) durante 24 horas.

La fibra dietética insoluble se determinó omitiendo la precipitación y los lavados del residuo con etanol. En su lugar el precipitado y los lavados del residuo se realizaron con agua destilada. La fibra dietética soluble se determinó como la diferencia entre ambas.

Para los lavados de los residuos en primer lugar se adicionaron 0,5 gramos de tierra de diatomea en diferentes crisoles, se llevaron a la estufa a 130 °C durante 1 hora, se pesaron (W1) y se colocaron en el equipo de filtración CSF (Figura 23), aplicando vacío. La mezcla del vaso se transfirió al crisol y se enjuagó el residuo en el crisol con 20 mL de etanol al 78% (3 veces), 10 mL de etanol al 95% (2 veces) y 10 mL de acetona (2 veces).

Posteriormente se colocó el crisol con el residuo y la tierra de diatomea toda la noche en una estufa de aire forzado a 105 °C. Transcurrido este tiempo se dejó enfriar y se pesó (W2). El peso del residuo se obtuvo restando a éste el peso del crisol con la tierra de diatomea (W2-W1). Uno de los residuos duplicados fue sometido a un análisis Kjeldahl para la determinación de proteínas no digeribles, con un factor de conversión de 6,25. El segundo residuo duplicado se incineró en un horno de mufla a 550 °C durante 5 horas. Por último se dejó enfriar y se pesó (W3). El contenido de cenizas se obtuvo restando a este peso el peso del crisol con la tierra de diatomea (W3-W1).

Las fórmulas empleadas para determinar el contenido de fibra son las que a continuación se muestran:

- % cenizas: $[(W3-W1)/ \text{peso del residuo}] \times 100$
- Fibra total (TDF)= fibra insoluble (IDF) + fibra soluble (SDF)
- % TDF= $[\text{peso residuo control} \times (100-\% \text{prot.} - \% \text{cenizas}) - B] / \text{peso muestra}$

Donde:

B= peso residuo control $\times [1 - ((\% \text{prot. control} + \% \text{cenizas control}) / 100)]$.

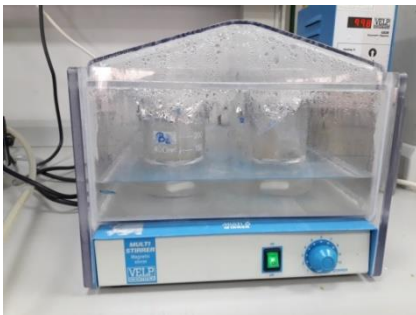


Figura 22 .Muestras en el baño a 100 °C.



Figura 23 .Equipo de filtración CFS.

3.2.2. Composición físico- química.

3.2.2.1. 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.

3.3.2.2. Actividad de agua (A_w).

La medida de la actividad de agua se realizó por triplicado, utilizando un equipo Novasina Thermoconstanter Srpint TH-500 (Pfäffikon, Suiza). A una temperatura de 25 ± 1 °C. Las muestras se introducían en unas cápsulas de plástico, llamadas cápsulas de Novasina y tras la estabilización se tomó directamente la medida.

3.3.2.3. Color.

El color fue estudiado en las coordenadas CIELAB*, en las cuales la coordenada L^* proporciona resultados de la luminosidad de las muestras, a^* hace referencia a la coordenada verde-rojo y el parámetro b^* a la coordenada amarilla-azul. Se consideró de interés calcular y presentar valores de las magnitudes psicofísicas como el croma (C^*) y tono (h^*), cuyo cálculo se realizó mediante las siguientes expresiones:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad h^* = \tan^{-1}(a^*/b^*)$$

Para su determinación se utilizó un colorímetro Minolta CM-2600d (Minolta Camera Co, Osaka, Japón) (Figura 24). Utilizando el observador 10° y el iluminante D_{65} . Para las mismas, se usaron cristales de baja reflectancia entre las muestras y el equipo, del tipo CR-A51/1829-752 (Minolta Camera Co. Osaka, Japón). Se realizaron 9 medidas por cada muestra según las recomendaciones de la American Meat Science Association (2012).



Figura 24. Colorímetro Minolta CM-2600d.

3.2.3. Propiedades tecnofuncionales.

3.2.3.1. Capacidad de retención de agua (CRA).

Para llevar a cabo esta determinación, primero se pesaron los tubos de vidrio vacíos (MT), se tararon y se les adicionó aproximadamente 0,5 gramos de muestra (ME). A cada uno de los tubos que contenían la fibra, se les adicionó 10 mL de agua, se agitó en un vortex unos 30 segundos aproximadamente, y se dejaron las muestras a temperatura ambiente durante toda la noche. Al siguiente día, las muestras se centrifugaron durante 20 minutos a una velocidad de 3.000 r.p.m. en una centrífuga Nahita Model 2690. Tras la centrifugación, se eliminó el sobrenadante con una micropipeta de 5 mL. Se procedió a pesar el tubo (MTP) tras eliminar todo el sobrenadante en la medida de lo posible. Realizándose por triplicado esta determinación.

Los resultados de la capacidad de retención de aceite (g agua/g muestra), se determinaron mediante la siguiente expresión:

$$CRA = \frac{MTP - MT - ME}{ME}$$

Donde:

MTP: Masa del tubo y precipitado (g).

MT: Masa del tubo vacío (g).

ME: Masa de la muestra o fibra (g).

3.2.3.2. Capacidad de retención de aceite (CRO).

Para la determinación de la CRO, inicialmente se pesaron los tubos de ensayo vacíos (MT), se tararon y se les adicionó aproximadamente 0,4 g de muestra (ME). Tras esto se les añadió 5 mL de aceite de girasol a cada tubo, se agitaron con ayuda de un vortex unos 30 segundos a velocidad media y se dejaron reposar toda la noche a temperatura ambiente. Al siguiente día, las muestras se centrifugaron durante 20 minutos a una velocidad de 3.000 r.p.m. en una centrífuga Nahita Model 2690. Tras la centrifugación, se eliminó el sobrenadante con una micropipeta de 5 mL a cada tubo. Se procedió a pesar dichos tubos (MTP) tras eliminar todo el sobrenadante en la medida de lo posible. Esta determinación se realizó por triplicado.

La capacidad de retención de aceite (g aceite/g muestra), se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$CRO = \frac{MTP - MT - ME}{ME}$$

Donde:

MTP: Masa del tubo y precipitado (g).

MT: Masa del tubo vacío (g).

ME: Masa de la muestra o fibra (g).

3.2.3.3. Capacidad de hinchamiento (SWC).

El procedimiento para determinar la SWC fue, en tubos de 10 mL graduados se adicionó aproximadamente 0,5 g de muestra, se midió el volumen que ocupaba cada muestra (V_0) y se anotó junto al peso exacto de fibra añadida. Posteriormente se adicionaron 5 mL de agua destilada, se agitó durante 1 minuto con ayuda de un vortex y se dejaron reposar durante 24 horas a temperatura ambiente. Trascorridas las 24 horas, se midió el volumen final de las muestras (V_1). Esta determinación se realizó por triplicado.

La capacidad de hinchamiento (mL de agua/g de muestra), se determinó mediante la siguiente expresión:

$$SWC = \frac{V_1 - V_0}{P \text{ muestra}}$$

Donde:

V_1 : Volumen de las muestra trascurridas las 24 h.(mL).

V_0 : Volumen inicial de las muestras (mL).

3.2.3.4. Capacidad de formación de espuma y estabilidad de misma (FC y FS).

Para la determinación de la capacidad de formación de espuma de la harina de castaña y la medida de la estabilidad de la misma, se pusieron en un vaso de precipitados de 500 mL de volumen 5 gramos de muestra, se le adicionaron 100 mL de agua destilada. Se marcó el volumen inicial de la disolución (V_1), se llevó al ultraturrax(Figura 25) durante 2 minutos a una velocidad de 20.000 r.p.m. Tras este tiempo en el ultraturrax se midió el volumen final (V_2).

La capacidad de formación de espuma (%), fue determinada con la siguiente expresión:

$$FC = \frac{V_2 - V_1}{V_1} * 100$$

Donde:

V₂: Volumen final tras la formación de la espuma (mL).

V₁: Volumen inicial de las muestras (mL).

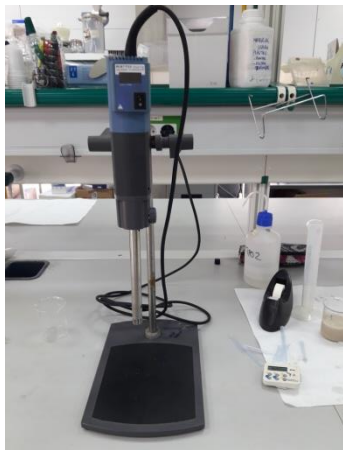


Figura 25 .Ultraturrax



Figura 26 .Muestra los distintos volúmenes para la determinación de FCy FS.

Para la determinación de la estabilidad de la espuma, se esperó 5 minutos tras la formación de la misma y se volvió a medir el volumen (V₃) (Figura 26). Estas determinaciones se realizaron por triplicado.

La estabilidad de la espuma (%), fue determinada con la siguiente expresión:

$$FS = \frac{V_3 - V_1}{V_1} * 100$$

Donde:

V₃: Volumen final tras los 5 minutos de reposo (mL).

V₁: Volumen inicial de las muestras (mL).

3.2.3.5. Capacidad emulsificante (AE).

Se pesó en un vaso de precipitado de 150 mL, aproximadamente 1 gramo de muestra y se le adicionaron 50 mL de agua destilada. Esta mezcla se homogeneizó con un ultraturrax a 8.000 r.p.m durante 2 minutos. A continuación, a la suspensión anterior se le añadieron 50 mL de aceite de girasol, se volvió a homogeneizar durante 1 minutos a 8.000 r.p.m. Se pasó a tubos de centrifuga graduados 10 mL de esta mezcla homogeneizada y se centrifugó a 1.500 r.p.m durante 5 minutos. Transcurrido este

tiempo, se midió el volumen de emulsión formada. Esta determinación se realizó por triplicado.

La actividad emulsificante (mL / 100 mL de muestra), fue determinada con la siguiente expresión:

$$AE = \frac{V \text{ capa de emulsión}}{V \text{ total en el tubo}} * 100$$

3.2.3.6. Estabilidad de la emulsión (EE).

Las emulsiones formadas en la capacidad emulsificante, se calentaron durante 30 minutos a una temperatura de 80 °C. Tras esto, se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se llevó a centrifugar a 15.000 r.p.m durante un tiempo de 5 minutos. Después de centrifugar, se midió el volumen de la emulsión. Esta determinación se realizó por triplicado.

La estabilidad de la emulsión (mL/ 100 mL de muestra), fue determinada con la expresión siguiente:

$$EE = \frac{V \text{ emulsión permanente}}{V \text{ emulsión inicial}} * 100$$

3.2.4. Determinación de compuestos bioactivos.

3.2.4.1. Extracción.

Antes de la determinación de los compuestos bioactivos (contenido fenólico y flavonoico), se realizó una extracción o migración de los mismos para poder determinarlos y que posteriormente también fue empleada en la determinación de la actividad antioxidante.

Para dicha extracción, se cogieron 3 gramos de muestra y se introdujeron en un tubo de centrífuga, al cual se le adicionó 30 mL de una mezcla de metanol y agua (80:20). Esta mezcla (con el tubo de centrífuga inmerso en un baño con hielo para evitar pérdidas del disolvente por calentamiento) se llevó al ultratraz durante 5 minutos con una velocidad

de 18.000 r.p.m. Transcurrido este tiempo, se centrifugó durante 10 minutos a 4°C a una velocidad de 8.000 r.p.m.

Una vez centrifugado, se recogió el sobrenadante y llevó a un matraz. Sobre el residuo sólido que quedó tras quitar el sobrenadante, se adicionaron 30 mL de una mezcla de acetona y agua (70:30), se llevó al ultraturrax y a la centrífuga en las mismas condiciones que se han expuesto anteriormente. Tras la centrifugación se recogió el sobrenadante y se mezcló con el anterior y se llevó a un rotavapor hasta sequedad. El residuo obtenido tras esta operación, se resuspendió con 8 mL de metanol. Se hizo pasar por un filtro de membrana de 0.45 µm para eliminar las partículas sólidas que pudieran quedar en suspensión. Estas extracciones se realizaron por triplicado y se conservaron en condiciones de congelación.

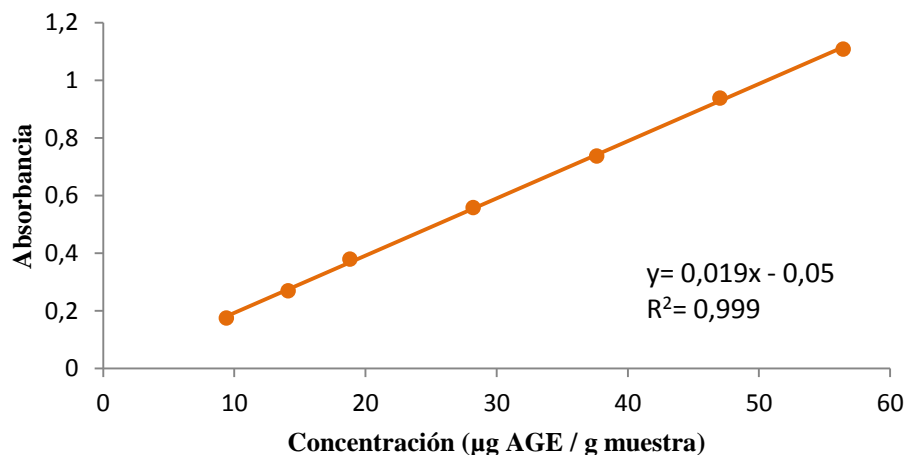
3.2.4.2. Contenido en fenoles totales (TPC).

La determinación de TPC se realizó usando el reactivo colorimétrico Folin-Ciocalteu siguiendo el método descrito por [Singleton *et al.* \(1965\)](#).

Se introdujeron 300 µL de muestra (los extractos que se obtuvieron según el procedimiento descrito en el apartado 3.3.4.1.) en tubos de ensayo, se le adicionaron 2,5 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu (con una dilución 1:10) y se agitó durante 1 minuto. Tras esto, se le adicionó a cada tubo 2 mL de Carbonato de sodio al 7,5 %. Se agitó durante 1 minuto en el vortex, se taparon con papel de aluminio y se llevaron a un baño durante 5 minutos a 50 °C. Se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se procedió a medir su absorbancia a 760 nm. Se hizo paralelamente un blanco, reemplazando la muestra por agua destilada. La medida se realizó en un espectrofotómetro HP 8451 (Hewlett Packard, Cambridge, UK).

Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido gálico (AGE)/ g de muestra, para obtenerlo fue necesario realizar una curva patrón con concentraciones conocidas de ácido gálico la cual se muestra a continuación:

Curva patrón para TPC



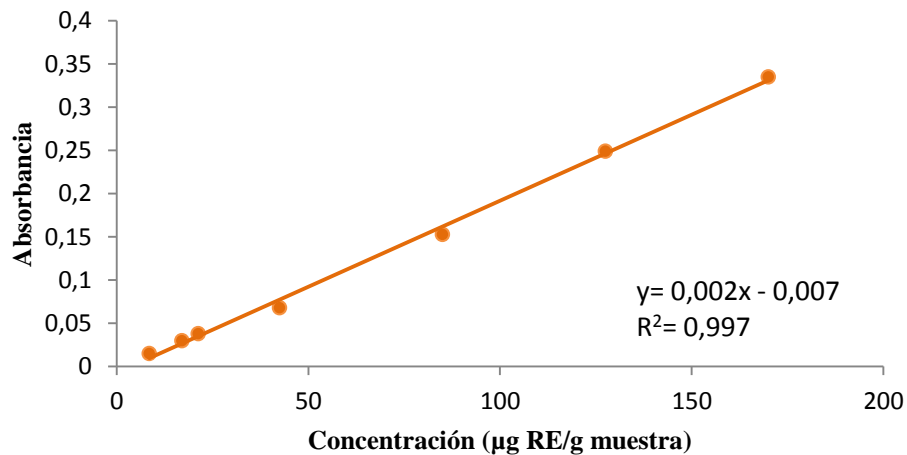
3.2.4.3. Contenido en flavonoides totales (TFC).

Para la determinación del contenido total de flavonoides, se usó el método con algunas modificaciones descrito por [Blasaet al. \(2005\)](#).

A 1 mL de la muestra (los extractos que se obtuvieron según el procedimiento descrito en el apartado 3.3.4.1.) se le adicionó 0,3 mL de nitrito sódico al 5%, transcurridos 5 minutos se le añadió 0,3 mL de AlCl_3 al 10% y se esperó 6 minutos para neutralizar la mezcla con 2 mL de NaOH 1N. Se esperó 5 minutos y tras esto, se midió la absorbancia a una longitud de onda de 510 nm en un espectrofotómetro HP 8451 (Hewlett Packard, Cambridge, UK).

Los resultados se expresaron en mg equivalentes de rutina (RE)/ g de muestra, para obtenerlo fue necesario realizar una curva patrón con concentraciones conocidas de rutina lo cual se muestra a continuación:

Curva patrón para TFC



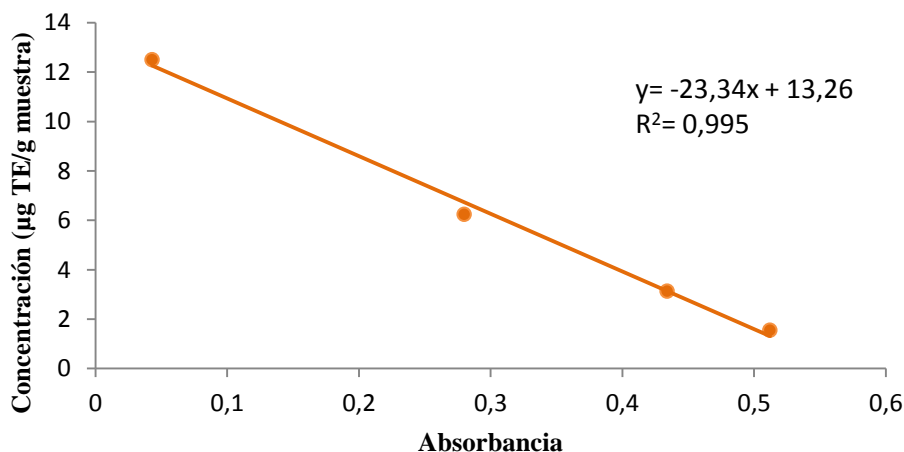
3.2.5. Actividad antioxidante.

3.2.5.1. *Actividad antioxidante utilizando el método del radical 2,2'-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH).*

Las muestras utilizadas para esta determinación por el método DPPH fueron los extractos obtenidos según el procedimiento descrito en el apartado 3.3.4.1 (extracción).

Para la determinación, se llevó a cabo según el procedimiento descrito por [Brand-Williams et al. \(1995\)](#). Se colocaron 200 µL de las diferentes muestras en tubos de ensayo y se le adicionó 2 mL de una solución de DPPH 0,06 mM. Las muestras se agitaron durante 1 minuto en un vortex y posteriormente se guardaron en oscuridad durante 15 minutos. Transcurrido este tiempo, se midió la absorbancia a una longitud de onda de 517 nm en un espectrofotómetro HP 8451 (Hewell Packard). Los resultados se expresaron en mg equivalentes de Trolox (TE)/ g de muestra, para obtenerlo fue necesario realizar una curva patrón con concentraciones conocidas de Trolox, la cual se muestra a continuación:

Curva patrón para DPPH



3.2.5.2. Actividad antioxidante utilizando el radical 2,2'-Azinobis[3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico] (ABTS).

Las muestras utilizadas para esta determinación por el método ABTS fueron los extractos obtenidos según el procedimiento descrito en el apartado 3.3.4.1 (extracción).

La determinación, se llevó a cabo según el procedimiento descrito por [Gullón et al. \(2015\)](#). Se prepararon inicialmente los reactivos A, B y C que fueron necesarios para la determinación de la concentración de mg de trolox en las muestras.

*Reactivo A: se pesó 38,4 mg de reactivo ABTS y se completó con agua ultrapura hasta un volumen de 10 mL.

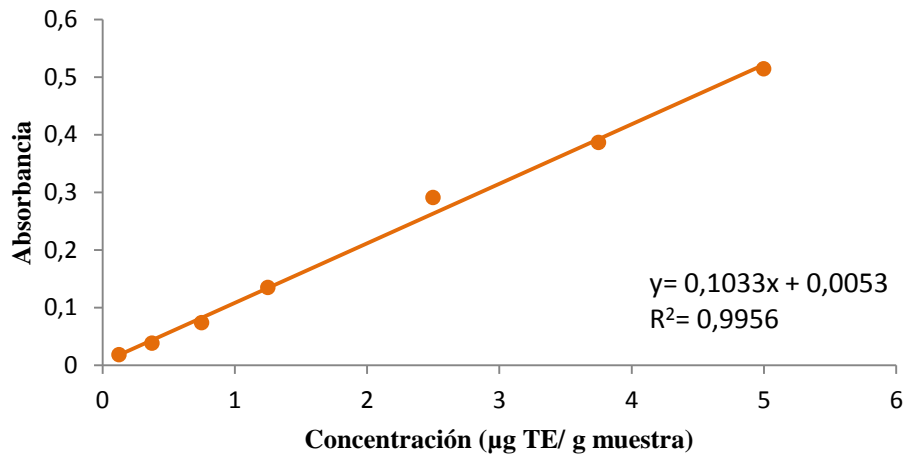
*Reactivo B: se pesó 33,1 mg de $K_2S_2O_8$ y se completó con agua ultrapura hasta un volumen de 5 mL.

*Reactivo C: se mezcló en el reactivo A 1 mL de reactivo B y se dejó toda la noche a oscuridad y en agitación.

El reactivo C, se disolvió en agua destilada hasta conseguir una absorbancia entre 0,70 y 0,72 nm medida a una longitud de onda de 734 nm en un espectrofotómetro HP 8451 (Hewell Packard). Una vez se consiguió la dilución dentro del rango indicado de longitud de onda, en una cubeta de 1 cm de lado, se colocó 990 µL de reactivo C diluido y 10 µL de muestra. Se mezcló con la punta de una micropipeta y se esperó un tiempo de 6 minutos. Tras este tiempo, se midió la absorbancia de las muestras a 734 nm.

Los resultados se expresaron en mg equivalentes de Trolox (TE)/ g de muestra, para obtenerlo fue necesario realizar una curva patrón con concentraciones conocidas de Trolox, lo cual se muestra a continuación:

Curva patrón para ABTS



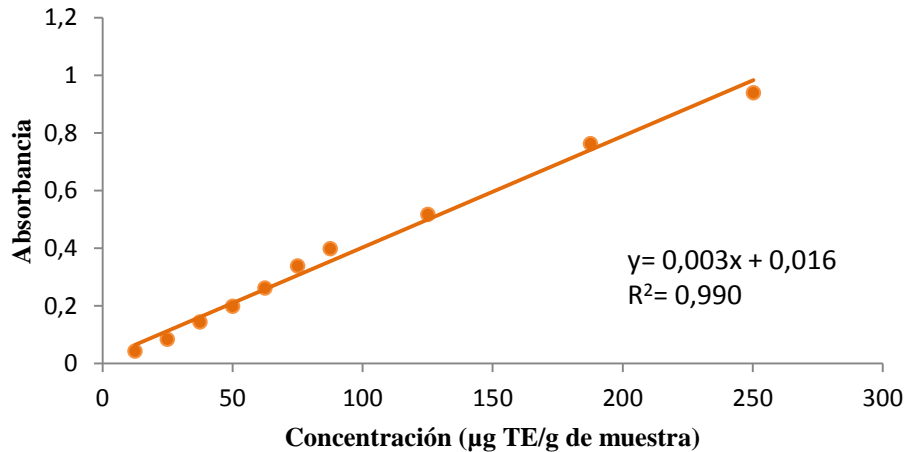
3.2.5.3. Actividad antioxidante por reducción del ión férrico (FRAP).

Las muestras utilizadas para esta determinación por el método FRAP fueron los extractos obtenidos según el procedimiento descrito en el apartado 3.3.4.1 (extracción). La determinación se realizó siguiendo el método descrito por [Oyaizu \(1986\)](#).

En un tubo de ensayo se introdujeron 1000 µL de muestra con 2,5 mL de tampón fosfato (0,2 M y pH de 6,6) y 2,5 mL de ferricianuro de potasio al 1%. Las muestras se taparon con papel de aluminio y se incubaron en un baño a una temperatura de 50 °C durante 20 minutos. Tras esto, se añadió 2,5 mL de CCl₃COOH al 10%, se llevó a agitación durante 2 minutos. Se cogieron 2,5 mL de la mezcla anterior y se les añadió 2,5 mL de agua destilada y 0,5 mL de tricloruro de hierro al 0,1%. Se volvió a agitar durante 2 minutos.

Se esperó 10 minutos y se midió la absorbancia a una longitud de onda de 700 nm. Los resultados se expresaron en mg equivalentes de Trolox (TE)/ g de muestra, para obtenerlo fue necesario realizar una curva patrón con concentraciones conocidas de Trolox, la cual se muestra a continuación:

Curva patrón para FRAP



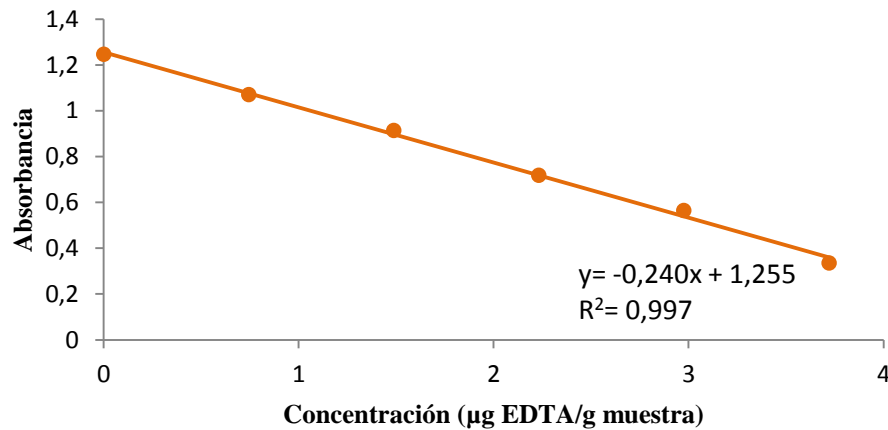
3.2.5.4. Capacidad quelante del ión ferroso (FIC).

Las muestras utilizadas para esta determinación por el método FIC fueron los extractos obtenidos según el procedimiento descrito en el apartado 3.3.4.1 (extracción). La determinación se realizó siguiendo el método descrito por [Carter \(1971\)](#).

Se colocó 1 mL de la muestra (los extractos anteriormente mencionados) en un tubo de ensayo y se le adicionó 0,1 mL de $\text{FeSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ con una concentración 2 mM y 3,7 mL de metanol. Se agitó con un vortex durante un minuto y se esperó durante 5 minutos. Después de este tiempo, se le adicionó 200 µL de Ferrozina a una concentración 5 mM. Se agitó 2 minutos y se esperó 10 minutos. Tras este último tiempo, se procedió a medir la absorbancia a una longitud de onda de 562 nm con un espectrofotómetro HP 8451 (Hewell Packard).

Los resultados se expresaron en mg equivalentes de EDTA/ g de muestra, para obtenerlo fue necesario realizar una curva patrón con concentraciones conocidas de EDTA, la cual se muestra a continuación:

Curva patrón para FIC



3.3. Proceso de elaboración del producto cárnico cocido tipo salchicha Frankfurt.

3.3.1. Formulación de los carriers.

Para llevar a cabo la elaboración de los distintos lotes de muestras que posteriormente serán estudiados, se procedió a la preparación de las emulsiones o carriers que se usarán para reemplazar parte de la grasa del producto cárnico tipo salchicha Frankfurt. Se elaboraron dos tipos diferentes de emulsiones llamados carrier 1 y carrier 2, cuya composición queda reflejada en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2: Formulación de los distintos carriers empleados para el reemplazo de grasa.

Ingrediente	Carrier 1	Carrier 2
H. Castaña	20	20
Agua	48	48
A. Lino	30	-
A. Aguacate	-	30
G. Xantana	2	2

Valores expresados en g/ 100 g de muestra. Donde H. castaña= harina de castaña, A. lino=aceite de lino, A. aguacate=aceite de aguacate y G. Xantana=goma Xantana.

Para la elaboración de los carriers o emulsiones inicialmente se pesaron todos los ingredientes necesarios (Figura 27). Tras esto se mezclaron los ingredientes secos, el 20% de la harina de castaña y el 2% de la goma Xantana. Se adicionó posteriormente el 48% del agua a la mezcla de ingredientes secos y se homogeneizó con ultraturrax (60 s a 16.000 r.p.m). Una vez homogeneizado, se fue adicionando poco a poco el aceite

correspondiente, para el carrier 1 se adicionó el aceite de lino y para el carrier 2 el de aguacate, con una batidora de brazo de la marca Moulinex modelo DD65A810 (5 minutos a velocidad 4, utilizando movimientos ascendentes y descendentes), hasta la completa integración del aceite y la formación de la emulsión (Figura 28). Tras la elaboración de cada uno de los carriers, se taparon con papel film hasta su posterior incorporación en la formulación de los distintos lotes de salchichas tipo Frankfurt.

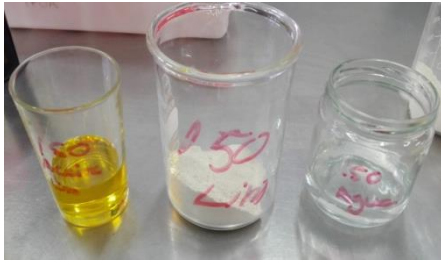


Figura 27. Ingredientes para el carrier 1.



Figura 28. Carrier 1.

3.3.2. Formulación de los distintos lotes de salchichas tipo Frankfurt.

Se elaboraron cinco formulaciones diferentes de estas salchichas tipo Frankfurt. Como control, se elaboró un modelo siguiendo la siguiente formulación en base cárnica: 65% de carne magra de cerdo, 35% de panceta, 15% de agua en forma de hielo, 5% de humo en polvo, 3% de fécula de patata, 2,5% de sal, 1,5% de Caseinato, 500 mg/Kg de ascorbato de sodio, 300 mg/Kg de tripolifosfato de sodio, 150 mg/Kg de nitrito sódico, 0.2% de pimienta blanca y 0,05% de nuez moscada.

Para evaluar la influencia de la sustitución de grasa de origen animal (panceta) por las emulsiones anteriormente mencionadas (carrier 1 y carrier 2), se establecieron las formulaciones especificadas en la Tabla 3. Se prepararon según la fórmula descrita por [Sayas-Barberá *et al.* \(2002\)](#) con una sustitución de panceta del 15% o del 20% por cada uno de los carriers. En la Figura 29 se presenta el diagrama de flujo dónde se detallan las distintas etapas del proceso de elaboración de las salchichas tipo Frankfurt.

Tabla 3. Formulaciones de los distintos lotes realizados a partir del modelo de producto cárnico cocido tipo salchicha Frankfurt, adicionándole los diferentes carriers realizados con harina de castaña y aceites de lino o aguacate.

	Control	Lin15%	Lin20%	Agct15%	Agct20%
Magro de cerdo	65	65	65	65	65
Panceta de cerdo	35	20	15	20	15
Carrier 1	-	15	20	-	-
Carrier 2	-	-	-	15	20
Hielo	15	15	15	15	15
Humo	5	5	5	5	5
Fécula de patata	3	3	3	3	3
Sal	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Caseinato	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Ascorbato sódico	500 mg/Kg	500 mg/Kg	500 mg/Kg	500 mg/Kg	500 mg/Kg
Fosfato	300 mg/Kg	300 mg/Kg	300 mg/Kg	300 mg/Kg	300 mg/Kg
Nitrito sódico	150 mg/Kg	150 mg/Kg	150 mg/Kg	150 mg/Kg	150 mg/Kg
Pimienta blanca	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Nuez moscada	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Valores que no tienen unidades vienen expresados en g/ 100 g de muestra.

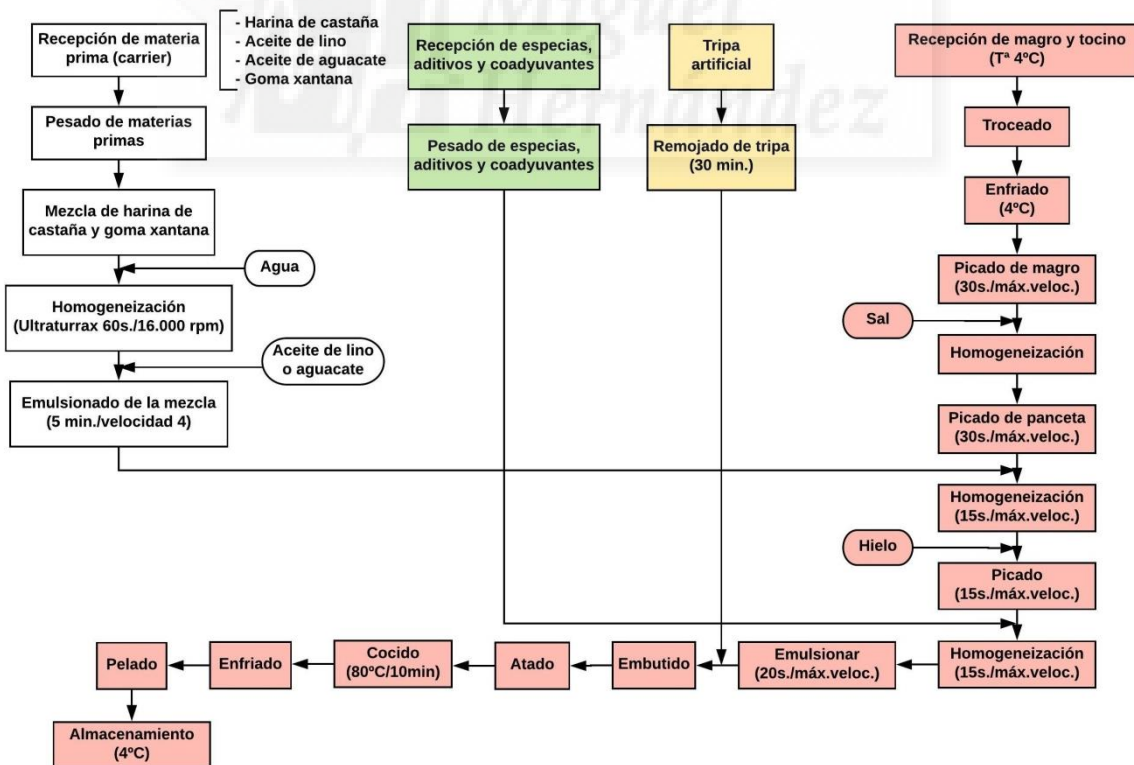


Figura 29. Diagrama de flujo de la elaboración de las salchichas tipo Frankfurt control y con sustitución de grasa.

Inicialmente, se procedió a la pesada de todos los aditivos y especias y se introdujeron en duquesitas (Figura 30) para así agilizar y facilitar su uso durante el proceso de elaboración.



Figura 30. Aditivos y especias dispuestas en duquesitas.

Tras esto, se extrajeron de la refrigeración las materias cárnicas que se encontraban a 4 ± 1 °C, se pesaron y se procedió a su acondicionamiento para la incorporación de las mismas al proceso. El magro de cerdo se cortó con un cuchillo (Figura 31.) en porciones cúbicas de aproximadamente 5 x 6 x 3 cm (Figura 32), para así facilitar el picado posterior en la cutter, se introdujo rápidamente a refrigeración de nuevo y se procedió a realizar lo mismo con la panceta (Figura 33).



Figura 31. Magro de cerdo.



Figura 32. Magro troceado.



Figura 33. Panceta troceada.

Posteriormente, se introdujo el magro troceado a una cutter, se picó a velocidad media durante 30 segundos, se añadió la sal (con la finalidad de desnaturalizar las proteínas y conseguir así una estructura consistente) y entonces se siguió picando aumentando la velocidad progresivamente durante otros 30 s más. En todos los casos excepto para la muestra control, se adicionó la panceta, se picó durante 30 segundos y tras esto se añadió el carrier correspondiente en la proporción asignada y se picó otros 30 segundos más a máxima velocidad. Para la muestra control, se adicionó la panceta troceada y se volvió a picar durante 1 minuto a máxima velocidad (sin parada para adicionar alguno de los carriers). Una vez se tuvo toda la masa picada, se le añadió el agua en forma de hielo para ayudar a que la temperatura se mantuviera, minimizando los efectos de

calentamiento por fricción y así evitando fenómenos de embarrado de la masa cárnica. Tras lo que se picó durante 15 s a máxima velocidad (Figura 34.).



Figura 34. Picado del magro, panceta, adición de la sal, el carrier y el hielo.

Se procedió posteriormente a la adición de los aditivos y las especias, esto se realizó en el siguiente orden: Caseinato; fécula; ascorbato, nitritos y tripolifosfato; humo y especias (pimienta blanca y nuez moscada) entre adición y adición se fue homogeneizando la masa durante 5 segundos a máxima velocidad (Figura 35.).



Figura 35. Proceso de añadido de aditivos y especias.

Tras el añadido de aditivos y especias se terminó de homogeneizar y emulsionar por completo la masa, durante 20 segundos a máxima velocidad finalmente como muestra la Figura 36.



Figura 36. Masa emulsionada y finalizada para la muestra Agct15%.

Una vez la masa estuvo totalmente homogeneizada, se procedió a embutirla con tripa artificial Fibran-Pack (Fibran, Gerona, España) de 30 mm de diámetro, la cual previo a su uso se remojó durante 30 minutos (Figura 37). Tras el embutido, se ataron los extremos con hilo de uso alimentario y se llevó a un baño a 80°C para su cocción, el proceso de cocción finalizó cuando en el interior del embutido se alcanzó los 70 ± 2 °C (Figura 38). Una vez alcanzada dicha temperatura, se sacaron del baño y se enfriaron mediante refrigeración y posteriormente se procedió a su pelado. Se envasaron a vacío cada uno de los lotes independientes. Por último, se mantuvieron en refrigeración a una temperatura de 4 ± 1 °C hasta su uso para las determinaciones que se indicarán a continuación, en el apartado 3.4.



Figura 37. Proceso de embutido de la masa en tripa sintética.

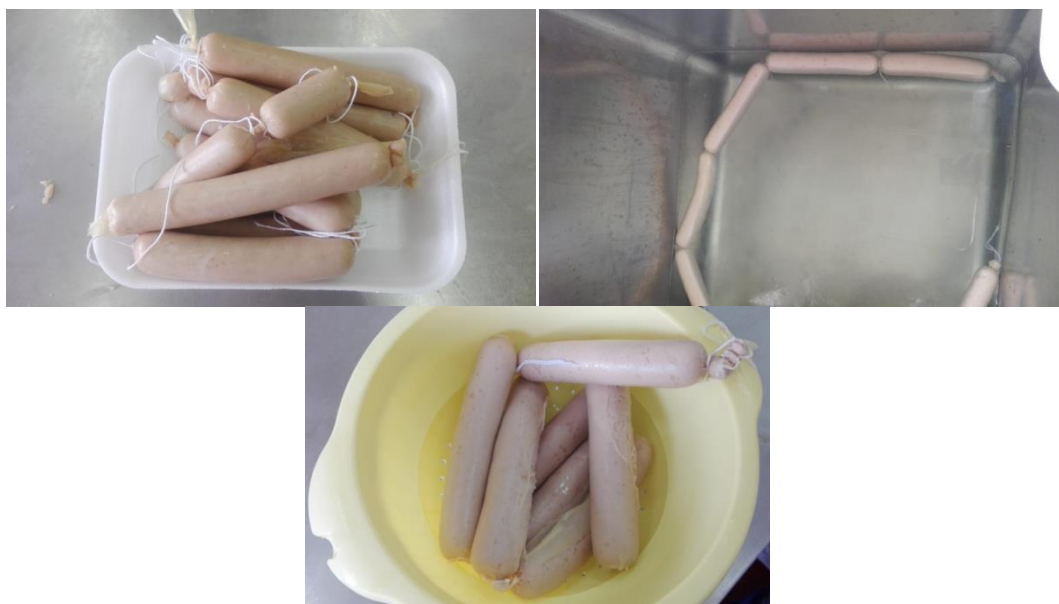


Figura 38. Atado, cocido y resultado de la cocción de las salchichas tipo Frankfurt.

3.4. Métodos analíticos para la caracterización de las salchichas tipo Frankfurt.

3.4.1. Composición química.

3.4.1.1. Proteínas.

La determinación se realizó como ya se detalló en el apartado 3.3.1.1 de este documento. Sin ningún tipo de variación.

3.4.1.2. Grasas.

La determinación del contenido graso, se realizó de acuerdo con el mismo método oficial de la AOAC 24.005 (AOAC, 2000). Según lo detallado en el apartado.

3.4.1.3. Cenizas.

La determinación se realizó en base a lo descrito en el apartado 3.3.1.3.

3.4.1.4. Contenido de humedad.

Como en los casos anteriores, ya se ha descrito el procedimiento y no existió ninguna modificación, el método fue el descrito en el apartado 3.3.1.4.

3.4.1.5. *Determinación de la cantidad de nitritos.*

El contenido de nitritos fue determinado siguiendo la norma ISO / DIS 2918.26 (1975). Se realizó por triplicado. Los resultados se expresaron en miligramos de NaNO_2 por kilogramo de Salchicha Frankfurt.

3.4.2. **Composición físico-química.**

3.4.2.1. *pH.*

Para la determinación del pH de las cinco muestras de salchichas (control, Lin15%, Lin20%, Agtc15% y Agtc20%), se utilizó un pH-metro Crison micro pH meter 2001, modelo 507 (Crison, Barcelona, España) con un electrodo de punción directa para alimentos sólidos. Las medidas se realizaron por triplicado, realizando un total de 15 determinaciones.

3.4.2.2. *Actividad de agua (Aw).*

La actividad de agua para los cinco lotes de muestras, se midió según lo descrito en el apartado 3.3.2.2. de este documento. Con la modificación de que la muestra tuvo que ser picada en un molinillo previo al llenado de las cápsulas de novasina (Figura 39).

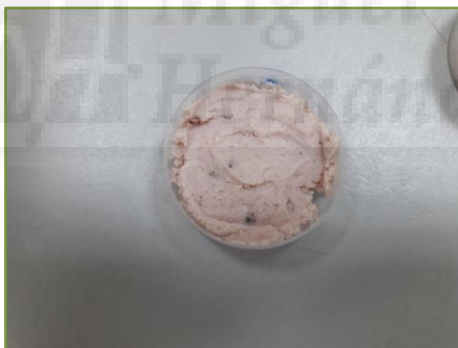


Figura 39. Cápsula de Novasina llena de muestra de salchicha Frankfurt previamente picada.

3.4.2.3. *Color*

La determinación de los parámetros de color se llevó a cabo de forma similar a lo descrito en el apartado 3.3.2.3. El colorímetro se aplicó directamente sobre las muestras que estaban contenidas en una placa petri se situó encima de ellas un vidrio de reloj (Figura 40) de un material no reflectante y se procedió a la medida. Se tomaron 9 medidas por muestras según las recomendaciones de la American Meat Science Association (2012).



Figura 40. Muestras a las cuales se le va a determinar el color.

3.4.3. Estabilidad de la emulsión (TEF).

La estabilidad de la emulsión se determinó mediante un procedimiento modificado del descrito por Hughes *et al.* (1997), llevado a cabo por Henninget *al.* (2016). Las determinaciones se realizaron por triplicado para cada formulación, con lo que se hicieron 15 determinaciones. Se cogieron 25 gramos de cada una de las muestras y se adicionaron a un tubo de centrifuga, posteriormente se llevó a centrifugar a 3.000 r.p.m durante 1 minuto. Los tubos se sumergieron en un baño a 70 °C durante 30 minutos y se volvieron a centrifugar a 4.000 r.p.m durante 3 minutos. El sobrenadante fue extraído con la punta de una micropipeta y se procedió a pesar el tubo con el resto sólido (pellet).

Los resultados vienen expresados en g / 100 d muestra y se calcularon mediante la siguiente expresión:

$$\% TEF = \frac{\text{Peso del tubo con muestra} - \text{Peso del tubo con pellet}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

3.4.4. Análisis de la oxidación lipídica (TBA).

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

3.4.5. Análisis del perfil textural (TPA).

El análisis del perfil textural, se realizó con un texturómetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra) (Figura 41) equipado con un plato de compresión de 100

mm mm de diámetro, cuya velocidad durante la prueba fue de 5 mm/s y con un grado de compresión de 70% (Figura 42).

Para llevar a cabo el procedimiento se cortaron las muestras con una altura de 1,5 cm aproximadamente (Figura 43) a temperatura ambiente (20 – 25°C).

El ensayo se basó en la compresión de una porción de alimento con una sonda cilíndrica, esto se realizó en dos ciclos, imitando así la acción de la masticación. Se obtuvo una curva fuerza vs tiempo, de la cual se recopiló una serie de parámetros que se encuentran relacionados con la dureza, la adhesividad, la elasticidad, la cohesividad, la gomosidad, la masticabilidad, y la resiliencia.

Siendo la dureza, la fuerza obtenida en el primer ciclo de compresión. La adhesividad es el área obtenida tras la primera compresión, suele ser negativa, representa la fuerza necesaria para separar la muestra de la superficie compresora. La elasticidad, viene determinada por la altura recuperada por la muestra entre la primera y la segunda compresión. Se conoce como cohesividad a la relación entre el área obtenida durante la segunda compresión y la obtenida en la primera. La gomosidad se determina con el producto de la dureza y la cohesividad. La resiliencia (característica que mide la adaptabilidad de un producto a su posición inicial), se calcula con el área generada al retirarse la sonda tras la primera compresión, dividida entre el área de la primera compresión.



Figura 41. Muestras cortadas a 1,5 cm de altura.

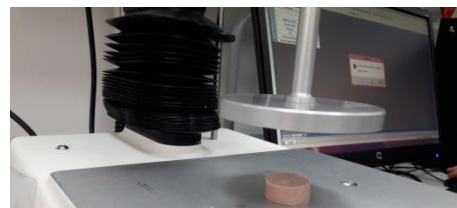


Figura 42. Sonda cilíndrica de compresión.



Figura 43.TexturómetroTA-XT2i.

3.4.6. Análisis sensorial.

Para la evaluación sensorial, se realizó una prueba hedónica a 26 jueces no entrenados (estudiantes de la universidad Miguel Hernández, UMH). De entre los cuales un 69 % fueron mujeres y un 31% hombres. Los atributos medidos fueron los siguientes: color, brillo, olor a humo, lino, aguacate y castaña, sabor salado, a lino, a aguacate y a castaña, granulosidad, jugosidad, dureza y por último se evaluó la percepción global del producto. Dichos atributos se midieron con una escala hedónica de 7 puntos (1: me disgusta extremadamente a 7: 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 (ANEXO 1).

Las muestras fueron cortadas con un espesor de aproximadamente 2 cm, se dispusieron en platos de plástico blancos numerados. La colocación fue de tres muestras en uno de los platos con la numeración y dos en otro plato.

La evaluación sensorial, se realizó en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la UMH, en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, de acuerdo a los estándares (ASTM 1986, ISO 1988).

3.4.7. Análisis estadístico.

Para determinar si existían diferencias estadísticas en la composición química, físico-química, estabilidad de la emulsión, TBA, análisis del perfil textural y análisis sensorial entre los diferentes lotes de muestras elaboradas siguiendo las distintas formulaciones detalladas en el apartado 3.2.2., se utilizó un análisis de varianza (ANOVA). Se cercioró si existían diferencias estadísticamente significativas mediante el test de rangos

múltiples de Tukey con un nivel de confianza del 95%. El análisis estadístico de los datos se realizó con el paquete estadístico PaleontologicalStatistics software package for education and data analysis (PAST) versión 3.17.





4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Composición química de la harina de castaña.

En la Tabla 4 se muestra la composición química de la harina de castaña sometida a estudio.

Tabla 4. Composición química de la harina de castaña.

	Proteínas	Grasas	Cenizas	Humedad	FDT	FDI	FDS	FDI/FDS
H. Castaña	6,18±0,14	3,74±0,01	1,78±0,35	8,03±0,04	18,57±0,98	10,24±0,06	8,33±4,30	1,42±0,53

Valores expresados en g/100 g de muestra. FDT: fibra dietética total; FDI: fibra dietética insoluble; FDS: fibra dietética soluble; FDI/FDS: ratio entre fibra dietética insoluble y fibra dietética soluble. H. Castaña: harina de castaña.

En cuanto al contenido en proteínas y el contenido en grasas de la harina de castaña (tabla 4), se obtuvieron unos valores de 6,18 g/ 100 g de muestra y 3,74 g/100 g muestra, respectivamente. El valor de proteínas que se obtuvo, fue muy similar al publicado por [Moreira et al. \(2011a\)](#) para una harina de castaña procedente de Galicia (6,30 g/100 g de muestra), sin embargo en este mismo estudio el dato que se publicó para grasas presenta valores (1,8 g/ 100 g de muestra) inferiores a los que se obtuvieron en el presente estudio. No obstante, [Ahmed y Al-Attar \(2015\)](#) señalaron que el contenido de proteínas para una harina de castaña cultivada en China fue de 7,96 g/ 100g de muestra, valor superior al del presente estudio, sin embargo, los valores para grasas (1,34 g/ 100 g) resultaron ser inferiores a los obtenidos en el presente estudio. Según los datos obtenidos se puede ver que la harina de castaña, es un producto con un contenido en grasa bajo en comparación con la de otros frutos secos como la harina de almendra o la de nueces en los cuales su contenido en grasa se correspondió con los valores 14,9 y 7,2 g/100 g muestra para la harina de almendra y de nuez respetivamente, según los estudios de [Rabadán et al. \(2017\)](#) y [Labuckaset et al. \(2014\)](#).

Según la Tabla 4, los valores que se obtuvieron para las determinaciones de cenizas y humedad para la harina de castaña fueron de 1,78 g/ 100 g de harina y 8,03 g/ 100 g de muestra, respectivamente. Referente al valor de humedad obtenido (1,78 g/ 100 g muestra), es inferior al publicado por [Rinaldiet et al. \(2017\)](#) para una harina de castaña de origen italiano, cuyo valor resultó ser de 14 g/ 100 g de muestra. En el trabajo de [Waniet et al. \(2017\)](#), los valores de humedad y cenizas obtenidos para la harina de castaña con origen de la India (2,30 g/ 100 g de muestra y 10,10 g/ 100 g de muestra respectivamente) fueron ligeramente superiores a los mostrados en la Tabla 4. De forma general se observa que el valor obtenido de humedad, se encuentra dentro de los valores

esperados para una harina, al tener un contenido bajo de humedad, le da un factor protector a la hora del almacenamiento del producto.

En cuanto al contenido en fibra, [De Mônacoet al. \(2016\)](#) publicaron un valor de fibra de 20,65 g/ 100 g de muestra, para una harina de castaña europea, dicho valor es ligeramente superior al obtenido para la fibra total en el presente estudio (18,57 g fibra total/ 100 g de muestra). Sin embargo, en la publicación de [Collar y Armero \(2018\)](#) y en la de [Ahmed y Al-Attar \(2015\)](#), los valores obtenidos de fibra dietética total fueron muy inferiores a los mostrados en la Tabla 4, en concreto para el primer estudio fue de 9,67 g/ 100 g de muestra y para el segundo de 4,43 o 4,71 g/ 100 g de muestra (para una muestra liofilizada y deshidratada en horno respectivamente). No se disponen de estudios suficientes que separen o detallen el tipo de fibra para la harina de castaña, así pues, no es posible comparar los datos de fibra dietética insoluble (10,24 g/ 100 g muestra) y soluble (8,33 g/ 100 g muestra) que se obtuvieron en el presente estudio con harina de castaña. Pero sí que, en el mismo estudio mencionado anteriormente, [Collar y Armero \(2018\)](#), se realizaron las determinaciones de la cantidad de fibra dietética total (FDT), soluble (FDS) e insoluble (FDI) de las harinas de teff, garbanzo y trigo a parte de la mencionada de castaña anteriormente. Según los resultados de este estudio, en cuanto a fibra soluble la harina de castaña del presente estudio se sitúa en cabeza, por encima de la harina de garbanzo (6,55 g/ 100 g de muestra), de la harina de teff (4,84 g/ 100 g de muestra) y de la harina de trigo (1,06 g/ 100 g de muestra). Referente a la fibra dietética insoluble, sólo supera a la harina de castaña del presente estudio la harina de garbanzo con 18,62 g/ 100 g de muestra.

La variación observada en los valores de los distintos parámetros analizados en la composición química, podría deberse a diversos factores como, la variedad del fruto, las condiciones climáticas, tratamientos fitosanitarios recibidos por el árbol, tipo de suelo, etc.

4.2. Composición físico-química de la harina de castaña.

En la Tabla 5, se muestra la composición físico- química de la harina de castaña.

Tabla 5. Composición físico-química de la harina de castaña.

	pH	Aw	Color				
			L*	a*	b*	C*	h
H. Castaña	5,85±0,02	0,419±0,010	87,56±0,42	1,15±0,04	12,60±0,14	12,66±0,14	1,48±0,01

H. Castaña: harina de castaña. Aw: actividad de agua; L*: luminosidad; a*: coordenada rojo/verde; b*: coordenada amarillo/azul; C*: croma; h: tono.

Los valores obtenidos de los parámetros de color para la harina de castaña analizada fueron: L* 87,56, a* 1,12 y b* 12,60. Si van a comparar dichos valores obtenidos en el presente estudio con los publicados por [Wani et al. \(2017\)](#), en la cual se midieron los parámetros de color de una harina cruda y de dos harinas con tratamientos térmicos diferentes (tostada en sartén y tostada en microondas), seleccionando la harina de castaña cruda, por similitud de tratamiento con la muestra analizada en el presente estudio, se obtuvieron valores de los parámetros de color: L* 90,66; a* 0,02 y b* 11,99. Dichos parámetros difieren, con el presente estudio cuyo resultado fue una harina más roja, más amarilla y menos luminosa que la analizada en la publicación de [Wani et al. \(2017\)](#). Dado que no se disponen de muchos estudios en la literatura científica en los cuales se mida el color de la harina de castaña, se van a comparar con parámetros de color de castaña cruda. Así pues, en el estudio llevado a cabo por [Moreira et al. \(2005\)](#), se estudiaron diversos tratamientos para deshidratar la castaña variando la temperatura. Si se observan los datos proporcionados para la castaña antes de los tratamientos (L* 75,74 y 82,69, a* 0,38 y -0,71, b* 37,90 y 25,87 para la pelada y cortada respectivamente), la castaña es menos luminosa, más verde y más amarilla que la muestra analizada en el presente estudio.

El pH es un parámetro directamente relacionado con el riesgo de deterioro de los alimentos ya sea por el desarrollo de microorganismos, enzimas o reacciones no enzimáticas. En la literatura científica, más allá de nuestro conocimiento, no existen datos sobre el pH de la harina de castaña. Sin embargo, el pH de harina de quínoa se encuentra ampliamente estudiado. Los resultados obtenidos muestran que el pH de la harina de castaña (5,85) es inferior al encontrado para la harina de quínoa que oscila entre 6,42 y 6,63, según publicó [Pelegriñiet al. \(2018\)](#). Según el estudio llevado a cabo por [Tamsenet al. \(2018\)](#) sobre propiedades de nuggets donde se sustituye la harina de trigo por harina de amaranto, en dicha publicación se determinaron los valores para pH

de ambas harinas (trigo y amaranto), obteniendo un valor de 6,05 para la harina de trigo y 6,80 para la harina de amaranto ambos valores superiores a la que se obtuvo en el presente estudio (Tabla 5).

En cuanto al parámetro físico-químico de la actividad de agua de la harina de castaña (Tabla 5), el valor obtenido en el presente estudio mediante una determinación directa fue de 0,419. Si se consulta la bibliografía científica disponible, se observa que la determinación de la actividad de agua no es un parámetro ampliamente medido, por lo que únicamente se dispone de un estudio en el cual se haya determinado la actividad de agua en harina de castaña. Dicho estudio fue llevado a cabo por [Ahmed y Al-Attaret *al.* \(2015\)](#), en él se determinaron las características físico-químicas de harina de castaña con dos tratamientos térmicos diferentes, deshidratada por liofilización y mediante horno de bandejas. Los resultados que se obtuvieron en cuanto a la actividad de agua de ambas muestras fue de 0,13 para la harina deshidrata por liofilización y de 0,14 para la harina deshidratada en horno de bandejas. La diferencia de actividad de agua entre las muestras del mencionado estudio anterior y la muestra del presente estudio, probablemente se deba al tratamiento térmico ya que se presupone que la muestra de harina de castaña del estudio actual no sufrió ningún tipo de deshidratación ni tratamiento térmico. Dado los escasos estudios científicos, se ha intentado buscar datos sobre la actividad de agua de la castaña entera o alguna pasta de castaña y tampoco hubo resultados positivos. Así pues, se van a comparar con los resultados del estudio de [Lanza *et al.* \(2013\)](#) en el cual se determinaron propiedades físico químicas de harina de almendra (*Prunus amygdalus*) antes y después de un tratamiento por irradiación. El estudio se realizó para almendras con piel y sin piel, los resultados obtenidos fueron unas actividades de agua de 0,655 y 0,647 para las muestras con piel y sin piel sin irradiar respectivamente. Se ve que para la harina de almendra los valores de actividad de agua son superiores al que se obtuvo en el presente estudio (tabla 5).

4.3. Propiedades tecnofuncionales de la harina de castaña.

A continuación, se van a analizar los resultados obtenidos referentes a las propiedades tecnofuncionales de la harina de castaña (Tabla 6).

Tabla 6. Propiedades tecnofuncionales de la harina de castaña.

	CRA	CRO	SWC	FC	FS	AE	EE
H. Castaña	1,91±0,13	1,68±0,02	2,12±0,10	185,71±47,62	76,19±38,10	25,67±9,88	41,35±13,35

CRA: capacidad de retención de agua (g agua/g muestra); CRO: capacidad de retención de aceite (g aceite/ g muestra); SWC: capacidad de hinchamiento (mL de agua/g muestra); FC: capacidad de formación de espuma (mL/ 100 mL muestra); FS: estabilidad de la espuma (mL/ 100 mL muestra); AE: capacidad emulsificante (mL/ 100 mL muestra); EE: estabilidad de la emulsión (mL/ 100 mL muestra).

Algunas de las principales consecuencias de la capacidad de retención de aceite o agua en la harina son la reducción en la pérdida de humedad y grasa, así como la mejora en el sabor y la sensación en la boca de los productos alimenticios, debido a la capacidad de la harina de unirse al aceite o al agua (Ling et al., 2016).

La capacidad de retención de agua (CRA) es la capacidad que tiene la fibra para retener agua tras la aplicación de fuerzas centrífugas externas. Son muchos los factores que intervienen en esta propiedad, como la composición de dicha fibra y la fuente de la cual provenga, el tamaño de partícula de la misma, porosidad y las condiciones de procesado (Nelson, 2013). Para la harina de castaña analizada en el presente estudio, se obtuvo un valor de capacidad de retención de agua de 1,91 g de agua/ g de muestra. La capacidad de retención de aceite (CRO) es la capacidad que tiene la fibra para retener el aceite tras la aplicación de fuerzas centrífugas externas. Al igual que en la CRA, la capacidad de retención de aceite depende menos de la afinidad de las moléculas de fibra que de la porosidad de la estructura de la fibra (Nelson, 2013). Para la muestra analizada en el presente estudio (Tabla 6), se obtuvo un valor de CRO de 1,68 g de aceite/ g de muestra.

Si se comparan los valores obtenidos de CRA y CRO en el presente estudio con la bibliografía científica, como por ejemplo con el estudio realizado por Wani et al. (2017), en el cual se determinaron propiedades reológicas, físico-químicas y antioxidantes de castaña dulce (*Castanea sativa Mill.*) y se vio como afectaban dos tratamientos térmicos diferentes un tostado en microondas y un tostado en sartén, se obtuvieron valores de CRA de 1,32 g agua/ g muestra para la muestra sin tratamiento térmico, 3,04 g agua/ g muestra para el tratamiento de tostado en sartén y de 3,39 g agua/ g de muestra para la muestra tostada en microondas. También se obtuvieron valores para la capacidad de retención de aceite de la harina de castaña cruda y con los dos tratamientos térmicos especificados anteriormente, obteniéndose los valores de 1,22

g aceite/ g muestra; 1,36 g aceite/ g muestra y 1,63 g aceite/ g muestra para las harinas de castaña cruda, tostada en sartén y tostada en microondas respectivamente. Por similitud de tratamiento, se van a comparar los valores de capacidad de retención de agua y aceite del presente estudio con los de la harina de castaña cruda, se observa que los valores del estudio actual (Tabla 6) son levemente superiores a los obtenidos por [Wani et al. \(2017\)](#). En el estudio llevado a cabo por [Turan et al. \(2015\)](#) en el cual se estudió el efecto del tostado sobre las propiedades funcionales de harina de nuez desgrasada donde se realizaron una serie de combinaciones entre temperatura y tiempos para los diferentes tratamientos y a parte se le hicieron las medidas a la harina en crudo. Por similitud de tratamiento con el del presente estudio, se compararán los valores de la Tabla 6 con los obtenidos para la harina de nuez cruda desengrasada del estudio de [Turan et al. \(2015\)](#), cuyos resultados para la CRA (0,0 g agua/ g muestra) y CRO (1,11 g aceite/ g muestra) fueron muy inferiores a los obtenidos en el presente estudio (1,91 g agua/ g muestra y 1,68 g aceite/ g muestra para CRA y CRO respectivamente).

Algunas de las principales consecuencias de la retención de aceite en la harina son la reducción en la pérdida de humedad y grasa, así como la mejora en el sabor y la sensación en la boca de los productos alimenticios, debido a la capacidad de la harina de unirse al aceite ([Ling et al., 2016](#)).

La capacidad de hinchamiento (SWC) se define como la capacidad de la fibra para aumentar su volumen en presencia de agua, estando influenciado por su composición (a mayor cantidad de fibra soluble mayor capacidad de hinchamiento, porosidad y tamaño de partícula) ([Lario et al. 2004](#)). Para la harina de castaña analizada en el presente estudio, se obtuvo un valor de SWC de 2,12 mL agua/ g de muestra. Dado que en la bibliografía científica no se han encontrado estudios con harina de castaña o en su defecto con castaña entera, se van a comparar los resultados obtenidos en la Tabla 6 con los del estudio de [Pellegrini et al. \(2018\)](#) sobre la caracterización química, de ácidos grasos, perfil polifenólico, propiedades tecno-funcionales y antioxidantes de diversas harinas de quínoa. Al observar los valores obtenidos para la capacidad de hinchamiento, estos varían según la variedad de quínoa empleada yendo desde 8,55 a 9,57 mL agua/ g de muestra valores que se encuentran muy por encima de los que se obtuvieron en el presente estudio. En otro estudio llevado a cabo por [Leão et al. \(2017\)](#) se analizaron las propiedades físico-químicas, capacidad antioxidante, contenido en sustancias bioactivas

de harinas preparadas de fruta y co-productos de Pequí (*Caryocarbrasilense*). En dicho estudio, se observan los resultados obtenidos para la SWC de los dos lotes de las harinas preparadas con la piel del pequí, cuyos valores fueron de 8,32 y 11,34 mL de agua/ g de muestra. Se observa que los valores del presente estudio (Tabla 6) son cuadruplicados y quintuplicados por los de [Leão et al. \(2017\)](#).

La capacidad de hinchamiento, permite establecer el nivel de alargamiento de las partículas de las harinas como resultado de la absorción y acumulación de agua ([Pellegrini et al, 2018](#)).

La capacidad de formación de espumas y su estabilidad, están directamente relacionadas con la concentración de proteínas, el pH, el tratamiento térmico, por su comportamiento en la interfase proteína-proteína y por las interacciones entre la proteína y otros ingredientes del alimento ([Damodaran, 2005](#)).

Los valores obtenidos para la capacidad de formación de espuma (FC) y la estabilidad de la espuma (FS) medida a los 5 minutos (Tabla 6), fueron de 185,71 y 76,19 mL/ 100 mL de muestra respectivamente para la harina de castaña llevada a estudio. Si se comparan los resultados obtenidos con la bibliografía científica, por ejemplo, el estudio llevado a cabo por [Turan et al. \(2015\)](#) en el cual se midió la influencia del tostado en harinas de nuez. En dicho estudio la capacidad de formación de espuma (400 mL/ 100 mL) y la estabilidad medida a los 5 minutos de la espuma formada (100 mL/ 100 mL) fueron superiores a los valores obtenidos para la harina de castaña del presente estudio. Sin embargo en el estudio llevado a cabo por [Mao y Hua \(2012\)](#) los valores que se obtuvieron para la FC y la FS de una harina de nuez desengrasada fueron de 24,35 mL/ 100 mL y 10,23 mL/ 100 mL respectivamente, valores muy inferiores a los obtenidos por el estudio anterior de [Turan et al. \(2015\)](#) y los obtenidos en el presente estudio de harina de castaña (Tabla 6).

La razón por la cual las harinas son capaces de producir espumas es porque las proteínas en las harinas son de superficie activa. Las proteínas solubles pueden reducir la tensión superficial en la interfaz entre las burbujas de aire y el líquido rodeado. Por lo tanto, la coalescencia de las burbujas está impedida. Además, las moléculas de proteína pueden desplegarse e interactuar entre sí para formar una película proteica multicapa con una

mayor flexibilidad en la interfaz de líquido de aire. Así pues, es más difícil que las burbujas de aire se rompan, y las espumas se estabilizan más (Adebowale y Lawal, 2003).

La actividad emulsificante (AE) se define como la habilidad de una molécula para actuar como un agente que facilita la solubilización o dispersión de dos o más líquidos inmiscibles y se ve aumentada por la cantidad de proteínas y aminoácidos. La estabilidad de la emulsión (EE) se define como la habilidad de mantener una emulsión y su resistencia a la ruptura bajo la acción del calor e indica el aceite que ha quedado retenido por la fibra después de que se produzca el colapso. La AE y la EE son propiedades funcionales importantes de las proteínas de los alimentos. Factores como el tipo de proteína, la concentración, el pH, la fuerza iónica y la viscosidad del sistema afectan tanto a la AE como a la EE. Cuando se trata de emulsiones del tipo proteína-grasa, varios factores químicos y físicos están involucrados en las propiedades de formación, estabilidad y textura (Khattab y Arntfield, 2009).

La actividad emulsificante en la harina de castaña fue de 25,67 mL/ 100 mL y la estabilidad de la emulsión fue de 41,35 mL/ 100 mL de muestra (Tabla 6). Si se comparan estos resultados que se obtuvieron con la bibliografía científica existente, en el estudio realizado por Mao y Hua (2012) los valores que se obtuvieron para la AE y la EE de una harina de nuez desengrasada fueron de 53,28 mL/ 100 mL de muestra y 25,26 mL/ 100 mL de muestra respectivamente. Estos valores fueron superiores a los mostrados en el presente estudio para la actividad emulsificante, sin embargo, el estudio presentó valores inferiores respecto a la estabilidad de la emulsión del presente estudio de la harina de castaña. En el estudio de Pellegrini *et al.* (2018) se obtuvieron valores de actividad emulsificante para distintas harinas de quinoa con valores entre 15 y 41 mL/ 100 mL de muestra y para la estabilidad de la emulsión entre 39 y 100 mL/ 100 mL de muestra. Entre estas muestras analizadas de harina de quinoa, existe una harina de quinoa con valores parecidos a los que se obtuvieron en el presente estudio de harina de castaña., en concreto la harina de quinoa negra de Bolivia para la cual se obtuvieron valores de 26 mL/ 100 mL de muestra para la AE y de 39 mL/ 100 mL para la EE. En la publicación de Du *et al.* (2014) se realizó la determinación de propiedades físico-químicas y funcionales de diferentes harinas de legumbres, en concreto para la AE se obtuvieron valores entre 61,14 mL/ 100 mL para la harina de garbanzo hasta 92,20 mL/

100 mL para la harina de habichuelas rojas pequeñas. Para la EE se obtuvieron valores entre 84,15 mL/ 100 mL para la harina de habichuela pinta hasta 96,90 mL/ 100 mL para harina de habichuela blanca. En todos los casos se obtuvieron valores de capacidad de emulsión y de estabilidad de emulsión muy superiores a los mostrados en el presente estudio (Tabla 6).

Es probable que la variación de los valores sea debida al contenido de proteína de cada muestra, de modo que a mayor cantidad de proteína mayor capacidad emulsificante y mejor uso como agente emulsificante.

4.4. Compuestos bioactivos de la harina de castaña.

En la Tabla 7 se muestran los resultados de las determinaciones de los compuestos bioactivos, en concreto el contenido fenólico y flavonoide.

Tabla 7. Determinación de los compuestos bioactivos de la harina de castaña.

	TPC	TFC
H. Castaña	1,09±0,01	3,29±0,31

H. Castaña: harina de castaña. TPC: contenido en fenoles totales (mg equivalentes de ácido gálico/ g muestra); TFC: contenido en flavonoides total (mg equivalentes de rutina/ g muestra).

Los compuestos fenólicos (ácidos fenólicos, flavonoides y polímeros de flavonoides) son metabolitos secundarios ampliamente distribuidos en alimentos de origen vegetal como frutas y verduras que pueden presentar más de 8000 estructuras (Fraga *et al.*, 2010, Manach *et al.*, 2005). Los compuestos fenólicos, son conocidos por sus propiedades antioxidantes las cuales han mostrado un beneficio para la salud, concretamente en la reducción de enfermedades coronarias o la inhibición de lipoproteínas a parte de su poder como antioxidante en humanos (Borges *et al.*, 2014, Tomás-Barberán *et al.*, 2001).

El valor obtenido para el parámetro del contenido de fenoles total para la harina de castaña analizada fue de 1,09 mg equivalente de ácido gálico/ g de muestra. En el estudio llevado a cabo por Durazzo *et al.* (2013) sobre fenoles, lignanos y antioxidante en harinas de legumbres y castaña se obtuvo un valor de 3,66 mg AGE/ g de muestra para la harina de castaña de dicho estudio, valor tres veces superior al obtenido en el presente estudio (Tabla 7). En la publicación de Hamet *al.* (2015) se midieron compuestos fenólicos en extractos de piel de castaña a distintas temperaturas y con distinta proporción de extractantes. Los valores que se obtuvieron fueron muy variados,

de entre todos los tratamientos y mezclas de extractantes se va a seleccionar aquel que tengan una similitud con el tratamiento recibido por la muestra de harina de castaña del presente estudio, los valores resultantes fueron de 292,31 mg AGE/ g de muestra (para metanol al 50% a 25 °C) datos muy superiores a los obtenidos en el presente estudio (Tabla 7) algo coherente ya que los extractos se están realizando de la piel de castaña que siempre contendrá una mayor concentración de compuestos fenólicos. Otro estudio en el cual se determinó el contenido fenólico de harina de castaña de agua, llevado a cabo por [Shafiet al. \(2017\)](#) mostró unos resultados de 3,92 mg AGE/ g muestra y de 3,51 mg AGE/ g muestra según el tamaño de partícula de harina empleado, estos resultados triplican los presentados en el estudio actual de harina de castaña (Tabla 7).

El valor obtenido para el contenido de flavonoides total para la harina de castaña analizada fue de 3,29 mg equivalentes de rutina/ g de muestra. Si se compara dicho valor con otros estudios, como por ejemplo el llevado a cabo por [Shafiet al. \(2017\)](#) mostró unos resultados de 1,92 mg RE/ g muestra y de 1,43 mg RE/ g muestra según el tamaño de partícula de harina empleado, estos resultados son muy inferiores a los presentados en el estudio actual de una harina de castaña (Tabla 7). Para una harina de garbanzo sin tratamiento térmico, el resultado del contenido total de flavonoides fue de 0,2 mg RE/ g de muestra para el estudio llevado a cabo por [Jogihalliet al. \(2017\)](#), valor muy inferior al obtenido en el presente estudio de harina de castaña. Sin embargo, en el estudio de [Hamet al. \(2015\)](#) se midieron compuestos flavonoides totales en extractos de piel de castaña a distintas temperaturas y con distinta proporción de extractantes. Si se mira el tratamiento que más concuerde con nuestro estudio se obtuvo un valor de 87,71 mg RE/ g muestra, valor mucho mayor que el obtenido para la harina de castaña del presente estudio.

4.5. Actividad antioxidante de la harina de castaña.

En la Tabla 8 se muestran los resultados de las determinaciones de la actividad antioxidante. Los métodos de determinación de la actividad antioxidante se basan en inducir daño oxidativo con un agente oxidante sobre la muestra, dicho daño es inhibido o reducido en presencia de un antioxidante. La reducción es proporcional a la actividad antioxidante de los compuestos de la muestra.

Tabla 8. Determinación de la actividad antioxidante de la harina de castaña.

	DPPH	ABTS	FRAP	FIC
H. Castaña	0,41±0,03	9,26±0,32	2,79±0,04	0,73±0,02

H. Castaña: harina de castaña. Valores expresados de DPPH, FRAP y ABTS en mg de equivalente de Trolox/ g muestra; FIC expresado en mg de EDTA/ g muestra.

Debido a la complejidad de los procesos de oxidación, no existe un único método que refleje de forma completa el perfil antioxidante de una muestra, por ello, se trabaja con varios métodos para facilitar la comparación e interpretación de los resultados.

El método DPPH utiliza el radical 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl para determinar la actividad antioxidante de los extractos que se obtuvieron de las muestras de harina de castaña. Dicha harina presentó valores de 0,41 mg equivalentes de Trolox/ g de muestra. Si comparamos estos valores con la bibliografía científica, en el estudio de [Morrone et al. \(2015\)](#) se estudiaron las características de varias harinas de castaña de cultivos italianos, al determinar la actividad antioxidante por el método DPPH se obtuvieron un rango de valores entre 3,05 y 5,47 mequivalentes Trolox/ g de muestra, resultados que son superiores a los obtenidos en este estudio. En el estudio llevado a cabo por [Ham et al. \(2015\)](#) en el cual se determinó la actividad antioxidante con el método DPPH de pieles de castaña, obteniendo valores de 169,75 mM TE/ g muestra, valores superiores a la muestra de castaña del estudio actual. Si comparamos con otro tipo de harina, por ejemplo, en harina de quínoa, en el estudio llevado a cabo por [Pellegrini et al. \(2018\)](#) se obtuvieron valores entre 1,94 y 5,01 mg TE/ g de muestra se observa que son valores superiores para todas las muestras de harina de quínoa a la muestra de harina de castaña del presente estudio (Tabla 8).

El radical ABTS+, procede de su precursor el ABTS (ácido 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolín)-6-sulfónico), es de un color verde-azulado, con espectro de absorción visible. Cuya absorción se mide a 734 nm de longitud de onda. La generación del radical se puede llevar a cabo enzimáticamente, químicamente (radical peroxilo, persulfatopotásico o dióxido de manganeso) y electroquímicamente ([Re et al. 1999](#)). La muestra de harina de castaña mostró valores de 9,26 mg equivalentes de Trolox/ g de muestra. Si comparamos estos valores con la bibliografía científica existente, [Vázquez et al. \(2012\)](#) estudió las propiedades antioxidantes de varias harinas de castaña cultivadas en Galicia valores que van de 1,37 a 3,80 mM TE/ g de extracto, valores

inferiores a los obtenidos para la harina de castaña del presente estudio. Otro estudio en el cual se determinó la actividad antioxidante por el método ABTS fue el llevado a cabo por [Dinis *et al.* \(2012\)](#) se determinó la actividad antioxidante por varios métodos de distintas variedades de castaña, de las cuales se obtuvieron valores entre 5,2 y 14,1 mg TE/ g de muestra, valores superiores a los de la harina de castaña del presente estudio.

El método FRAP se basa en la evaluación de la capacidad para reducir el ión férrico por parte de nuestras muestras de harina de castaña. Para ello se utiliza la ferricianida como cromóforo. El poder antioxidante por reducción del ión férrico de las muestras de harina de castaña, dio como resultado 2,79 mg equivalentes de Trolox/ g muestra. Si comparamos estos resultados con la bibliografía científica, en el estudio de [Durazzo *et al.* \(2013\)](#) se midió la actividad antioxidante utilizando el método FRAP para varias harinas incluida la de castaña, para la cual se obtuvo un valor de 55,65 μ M Trolox/ g de muestra. En el estudio de [Dinis *et al.* \(2012\)](#) se determinó la actividad antioxidante por varios métodos de distintas variedades de castaña, de las cuales se obtuvieron valores entre 6,6 y 14,6 mg TE/ g de muestra, valores superiores a los de la harina de castaña del presente estudio.

En el método FIC el hierro en estado ferroso (Fe^{2+}) acelera la oxidación lipídica al reaccionar con el peróxido de hidrógeno y los peróxidos lipídicos originados. Los agentes quelantes inactivan los iones metálicos inhibiendo este proceso. La ferrozina puede formar complejos con el Fe^{2+} de color rojo lo que en presencia de agentes quelantes provoca la ruptura de dicho complejo. Así pues, la actividad quelante del ión ferroso (Fe^{2+}) se midió inhibiendo la formación del complejo ferrocina- Fe^{2+} siguiendo el método de [Carter. \(1971\)](#) con algunas modificaciones. La muestra de harina de castaña mostró unos valores para la actividad antioxidante medida por el método FIC de 0,73 mg equivalentes de EDTA/ g de muestra. Si se consulta la bibliografía científica disponible prácticamente no se encuentran estudios en los cuales se determine la actividad antioxidante por este método. Aun así, en el estudio de [Wang *et al.* \(2014\)](#) se determinó la actividad quelante para varios productos (Castaña, nuez, semilla de loto), aunque el resultado se expresa como % quelante (6,83%) y no es posible comparar con el presente estudio. Un estudio con el cual si podemos comparar es el que fue llevado a cabo por [Pellegrini *et al.* \(2018\)](#) en el cual se determinó la actividad antioxidante por varios métodos incluido el método FIC para diversas harinas de quínoa, se obtuvieron

unos valores de entre 0,59 y 0,97 µg de EDTA/ g de muestra, resultados muy inferiores al obtenido para la harina de castaña del presente estudio (0,73 mg EDTA/ g de muestra).

4.6. Composición química de las salchichas tipo Frankfurt con sustitución de grasa.

A continuación, se presentan los valores obtenidos para la composición química en concreto cantidad de proteína, grasas, cenizas, humedad y de nitritos para las cinco muestras que se elaboraron de salchichas tipo Frankfurt (Tabla 9).

Tabla 9. Composición química de las salchichas tipo Frankfurt.

	Control	Lin15%	Lin20%	Agct15%	Agct20%
Proteínas	17,07±0,76 ^a	15,59±0,08 ^{ab}	14,77±0,08 ^b	15,08±0,35 ^{ab}	14,60±0,19 ^b
Grasas	6,07±0,11 ^a	2,52±0,06 ^c	6,15±0,07 ^a	4,13±0,02 ^b	5,41±0,50 ^{ab}
Cenizas	3,96±0,02 ^a	4,48±0,13 ^a	4,53±0,70 ^a	4,10±0,34 ^a	4,84±0,71 ^a
Humedad	69,53±0,19 ^a	69,92±0,34 ^a	68,30±0,36 ^b	68,23±0,24 ^b	67,88±0,35 ^b
NaNO₂	60,13±0,79 ^c	69,66±0,04 ^{bc}	90,60±0,53 ^a	79,70±4,31 ^{ab}	84,17±1,06 ^a

Valores para proteína, grasas, cenizas y humedad expresados en g / 100 g de muestra. NaNO₂ expresado en mg/ kg de muestra. Valores con la misma letra dentro de la misma fila, no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) según el Test de rangos Múltiples de Tukey's.

Referente al contenido proteico de las muestras analizadas, se puede observar según lo presentado en la Tabla 9 que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) entre la muestra control, Lin15% y Agct15%, y que tampoco existen tales diferencias ($p>0,05$) entre Lin15%, Lin20%, Agct15% y Agct20%. De entre las muestra analizadas, aquella que presentó un mayor contenido proteico fue la muestra control (17,07 g/ 100 g muestra) y las muestras que presentaron un menor contenido de proteína fueron las de Agct20% y Lin20%. De lo anteriormente dicho, se puede deducir que a mayor cantidad de carrier añadido (Lin20% y Agct20%), disminuye en mayor proporción la cantidad de proteína para estas formulaciones respecto al control. Las muestras que presentan una cantidad intermedia de proteína, respecto a la muestra control y a las muestras más sustituidas, son las muestras en las cuales se sustituyó un 15% de grasa animal por emulsión. No se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) en cuanto al contenido proteico entre usar el aceite de lino o de aguacate para el carrier. Por otro lado, si se observan los parámetros obtenidos para el contenido de cenizas de las muestras analizadas (Tabla 9) no se obtuvieron diferencias significativas ($p>0,05$) entre ninguna de las 5 muestras.

Existen diversos estudios científicos en los cuales se analizó el contenido en proteína y de cenizas de diversos productos cárnicos. Uno de ellos fue el realizado por [Pintado et al. \(2018\)](#) en el cual se realizó una sustitución de grasa animal en la formulación de salchichas frescas mediante el uso de emulsiones de harina de chíá y harina de avena con aceite de oliva virgen extra, los resultados referentes al contenido en proteína no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) ni respecto al control ni entre las distintas muestras analizadas, obteniendo valores entre 12,58 y 14,03 g/ 100 g muestra. Estos resultados se encuentran en total disparidad con los obtenidos para el presente estudio de salchichas tipo Frankfurt con sustitución de grasa animal. En el estudio llevado a cabo por [Choi et al. \(2010\)](#), en el cual se sustituyó la grasa animal de las formulaciones por aceite de semillas de uva y fibra de salvado de arroz en una pasta de carne. Los resultados obtenidos para el contenido en proteínas fueron de 10,25-10,90 g/ 100 g muestra y para el contenido en cenizas 1,80-1,97 g/ 100 g de muestra, sin presentar diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) ninguna de las dos propiedades determinadas. Estos resultados como se puede observar son contrarios a los que se obtuvieron para el presente estudio. Sin embargo, en el trabajo realizado por [Ayo et al. \(2007\)](#) en el cual la grasa de cerdo fue totalmente sustituida por nueces en un producto cárnico tipo salchicha Frankfurt, si se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) tanto para el contenido en cenizas como para el contenido en proteína, la primera propiedad incrementaba respecto a la muestra control, a la par que la segunda propiedad la cual aumentaban sus valores al sustituir la grasa animal por nuez.

Si se compara el contenido en grasa de las muestras analizadas (Tabla 9), no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre las muestras Lin20% y Agct20% con el control. Sí difieren significativamente las muestras ($p < 0,05$) Lin15% y Agct15%, presentando la muestra Agct15% prácticamente la mitad de grasa que el control. [Agostinho dos Santos et al. \(2016\)](#), publicó valores de grasa (en salchichas tipo Bolonia las cuales fueron sustituidas por un gel realizado con harina de banana verde y piel de cerdo) inferiores a medida que la sustitución de grasa era superior. En el estudio realizado por [Pintado et al. \(2018\)](#) en el cual se realizó una sustitución de grasa animal en la formulación de salchichas frescas mediante el uso de emulsiones de harina de chíá y harina de avena con aceite de oliva virgen extra, también se obtuvo una reducción del contenido en grasa de las muestras con sustitución de grasa. Sin embargo, en la publicación de [Reyes-Padilla et al. \(2018\)](#) en la cual se añadieron ingredientes naturales

ricos en antioxidantes (nueces pecanas, arándanos y harina de lino) a una salchicha tipo Bolonia baja en grasa, se puede observar que ocurre lo contrario a los estudios anteriores con los valores obtenidos, el contenido en grasa para todas las muestras era superior a la muestra control, quizás aportado por el material con el que se llevó a cabo dicha sustitución.

Así pues, se podría decir que no existe un comportamiento generalizado ya que éste dependerá de la materia utilizada para sustituir la grasa animal y la proporción sustituida. Cada materia interactuará de una forma con la matriz cárnica y dará un comportamiento diferente.

En el presente estudio al tener una muestra con un contenido de grasa un 50% inferior a la muestra control (Lin15%), es decir al producto original, se le podría atribuir el reclamo saludable de “reducido en grasa” según el reglamento n° 412/2012 de la comisión.

En cuanto al contenido en humedad de las muestras analizadas, se observa (Tabla 9) que la muestra Lin15% es estadísticamente similar ($p > 0,05$) a la muestra control. El resto de muestras sin embargo, difieren estadísticamente ($p < 0,05$) de la muestra control presentando un menor contenido en humedad. Dicha reducción de humedad para estas muestras sin diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre ellas. Los anteriores datos obtenidos (Tabla 9), se encuentran en concordancia con los publicados por [Cengiz et al. \(2007\)](#) en este estudio se realizó una sustitución a diferentes porcentajes de grasa de origen animal por concentrado de proteínas de soja. Donde el contenido en humedad evoluciona al contrario que la adición de grasa, es decir disminuye como sucede en el presente estudio, con un rango entre 59,59 y 67,28 g agua/100 g muestra. En el estudio de [Wolfer et al. \(2018\)](#) en el cual se sustituyó totalmente la grasa de cerdo por oleogel de salvado de arroz con aceite de soja, para dicho estudio se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras en el contenido de humedad. Los valores que se obtuvieron para la humedad eran inversos al contenido en grasa, hecho que va en contraposición a lo que se obtuvo en el presente estudio (Tabla 9). Sin embargo, en la publicación de [Zhuang et al. \(2016\)](#) donde la grasa de las muestras de pasta de carne fueron sustituidas por una pre-emulsión de aceite de sésamo

y fibra de caña de azúcar, en él se observó que el contenido en humedad experimentaba un aumento a medida que la sustitución de grasa era mayor.

Recientemente, el interés por el contenido en nitritos y sus reacciones ha resurgido debido a su relación con la salud humana.

En la Tabla 9, se muestran los valores obtenidos en cuanto a nitritos residuales. Exceptuando la muestra Lin15%, el resto presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) comparada con la muestra control. Siendo la muestra control aquella que presentó una menor concentración de NaNO_2 (60,13 mg/ kg de muestra), por el contrario, las muestras que presentaron un mayor contenido de nitritos fueron Agct20% y Lin20% (90,60 y 84,17 mg/ kg de muestra respectivamente). De lo que podemos afirmar que cuanto mayor es la sustitución de grasa en la muestra, mayor será la concentración en nitritos. Si se comparan estos resultados con la bibliografía científica, por ejemplo, con el estudio de [Delgado-Pando *et al.* \(2011\)](#), en el cual se elaboraron salchichas tipo Frankfurt con sustitución del 100% de la grasa de cerdo por diferentes emulsiones con aceites de oliva, linaza y aceite de pescado estabilizados en agua mediante diferentes sistemas proteicos (caseinato de sodio y proteína de soja). En dicho estudio se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de nitritos para las muestras, obteniendo valores superiores a los de la muestra control como sucede en el estudio presente Tabla 9). En dicho estudio, el resto de muestras, llevaban la misma sustitución de grasa por la misma cantidad de emulsión, lo que variaba era el aceite empleado. Así pues se afirma que los nitritos reaccionan con los componentes lipídicos de la carne ([Cassens *et al.* 1979](#)) y por ello el perfil de lípidos puede estar relacionado con las diferencias en el comportamiento de la concentración de nitritos residual en las salchichas tipo Frankfurt. Otro estudio llevado a cabo por [López-López *et al.* \(2009b\)](#), en el cual la grasa de cerdo fue totalmente sustituida por diversas combinaciones de aceites de algas y de oliva en un producto cárnico tipo salchicha Frankfurt, obtuvo un nivel de nitritos inferiores en las muestras sustituidas que en la muestra control hecho que se achaca a la afinidad de los nitritos por los lípidos que los hace menos indetectables en el producto final ([López-López *et al.*, 2009b](#)). En la publicación [Fernández-Ginés *et al.* \(2004\)](#), en la cual se estudió la influencia de la incorporación de albedo de limón, con dos tratamientos distintos, como fibra a salchichas tipo Bolonia, la concentración de nitrito residual disminuyó

significativamente ($p < 0,05$) respecto a la muestra control. Lo que afirman puede deberse a las reacciones del nitrito con los biocompuestos activos presentes en el albedo (Nagy y Attaway, 1992), esta disminución es algo positivo ya que reduce la posibilidad de formación de nitrosaminas (Fernández-Ginés *et al*, 2004).

4.7. Propiedades físico-química de las salchichas tipo Frankfurt con sustitución de grasa.

En la Tabla 10 se muestran los resultados de la determinación de la composición físico-química de las distintas muestras de las salchichas tipo Frankfurt.

Tabla 10. Composición físico-química de las salchichas tipo Frankfurt.

	Control	Lin15%	Lin20%	Agct15%	Agct20%	
pH	6,02±0,01 ^a	5,93±0,01 ^c	5,97±0,01 ^b	5,91±0,01 ^d	5,95±0,01 ^{cd}	
Aw	0,979±0,010 ^{ab}	0,983±0,001 ^a	0,961±0,010 ^{bc}	0,970±0,008 ^{abc}	0,959±0,001 ^c	
Color	L*	64,81±0,58 ^c	68,25±0,18 ^a	65,53±0,23 ^d	67,52±0,49 ^b	66,53±0,41 ^c
	a*	6,15±0,15 ^a	3,85±0,11 ^c	4,47±0,21 ^b	3,47±0,21 ^d	3,69±0,41 ^{cd}
	b*	9,71±0,18 ^c	9,91±0,34 ^c	10,51±0,26 ^b	10,57±0,42 ^b	11,59±0,60 ^a
	C*	11,5±0,11 ^b	10,64±0,33 ^c	11,42±0,18 ^b	11,13±0,42 ^b	12,18±0,48 ^a
	h	1,01±0,02 ^c	1,20±0,01 ^b	1,17±0,03 ^b	1,25±0,02 ^a	1,26±0,05 ^a

Aw: actividad de agua; L*: luminosidad; a*: coordenada rojo/verde; b*: coordenada amarillo/azul; C*: croma; h: tono. Valores con la misma letra dentro de la misma fila, no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) según el Test de Rangos Múltiples de Tukey's.

En cuanto al pH todas las muestras presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) del pH de la muestra control, presentando el resto de muestras una disminución, con unos valores entre 6,02 y 5,91, lo que indica que los componentes de los carriers para la sustitución podrían interaccionar con algún componente de la matriz y hace que existan pequeñas fluctuaciones de pH, ya que la harina de castaña como se vio en el apartado 4.2. de la presente memoria presentaba un valor de pH de 5,85 y los aceites también podrían aportar una leve disminución del mismo debido a los ácidos grasos libres que presentan en su composición.

Si se miran otros estudios, como por ejemplo el de Reyes-Padilla *et al*. (2018) en el cual se añadieron ingredientes naturales ricos en antioxidantes (nueces pecanas, arándanos y harina de lino) en una salchicha tipo Bolonia baja en grasa, sí existieron diferencias significativas entre el control y el resto de muestras obteniendo valores de pH entre 5,91 y 6,16, en él se hace referencia a que los resultados de pH son debidos al pH inicial de

la fruta y los frutos añadidos. Sin embargo, en el trabajo realizado por [Pintado et al. \(2016\)](#), se obtuvieron valores de pH entre 6,38 y 6,44, resultados acorde con la anterior publicación comentada, en este caso también se realizó una sustitución de grasa en salchichas tipo Frankfurt por emulsiones con harina de chía y aceite de oliva virgen extra. También se han realizado publicaciones sobre que el reemplazamiento de grasa por aceite de oliva en salchichas tipo Frankfurt como el estudio realizado por [López-López et al. \(2009a\)](#), en el cual se observó una disminución del pH de las muestras sustituidas respecto a la muestra control.

Al observar los datos obtenidos para la actividad de agua, se puede decir que la muestra control no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) con las muestras Lin15% y Agc15%, pero sí presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con Lin20% y Agct20%, presentando estas últimas muestras el menor contenido de actividad de agua. Es decir, la tendencia observada es que a mayor sustitución de grasa menor es la actividad de agua. Estos resultados se encuentran en contraposición de los expuestos por [Agostinho dos Santos et al. \(2016\)](#), donde se mostró que no existían cambios en la actividad de agua (0,97-0,98) aunque se sustituyera el 100% de la grasa de cerdo. Al igual que el artículo anterior, en lo publicado por [Selani et al. \(2016\)](#) tampoco se obtuvieron diferencias significativas para la actividad de agua, obteniendo unos valores de 0,96 y 0,97 (producto cocinado y crudo respectivamente).

La reducción del contenido de grasa normalmente afecta al color de los productos cárnicos existiendo una variabilidad diferente en los parámetros porque los resultados dependerán del tipo de sustitución, porcentaje de sustitución y producto por el cual se sustituya. Según se han mostrados en diferentes estudios ([Choi et al., 2013](#); [Salazar et al., 2009](#); [Cengiz y Gokoglu, 2007](#)).

Analizando los resultados referentes al color de las muestras, la luminosidad para cada una de las muestras es muy diferente estadísticamente ($p < 0,05$) a la del control, siendo todas más luminosas y significativamente diferentes entre todas ellas ($p < 0,05$). En cuanto a la coordenada a^* , todas difieren ($p < 0,05$) respecto del control, presentando una coloración menos intensa de rojo que el mismo. Siendo la muestra más roja de todas la control y la que menos Agct15%. La coordenada b^* que representa el espacio amarillo/azul, presenta tres bloques muy diferenciados estadísticamente ($p < 0,05$). Por

un lado el parámetro b^* del control y Lin15% no presentaron diferencias entre sí, seguido del bloque formado por Lin20% y Agct15% y el último bloque lo conforma la muestra Agct20% que fue la que presentó una coloración más amarilla de entre todas las estudiadas. En el croma el control no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) con las muestras Lin20% y Agct15% pero sí con el resto. Para el tono se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el control y el resto de muestras. De lo que se deduce que existían diferencias entre el color de las muestras y ninguna de ellas se parecía entre sí ya que no existe una variación igual en los parámetros de color de las diferentes muestras.

Estos resultados, se encuentran en concordancia con los presentados en el estudio de [Wolfer et al. \(2018\)](#), en los cuales la luminosidad también aumentaba respecto al control, los valores de a^* disminuyen, aunque difiere con lo visto en el presente estudio sobre los valores de b^* . [Álvarez et al. \(2011\)](#), publicó que la sustitución de grasa animal con aceite de colza y aceite de oliva dio como resultado salchichas tipo Frankfurt más luminosas, menos rojas y más amarilla según los valores proporcionados de L^* , a^* y b^* , resultados similares a los obtenidos en el presente estudio. Resultados acorde mostró el estudio de [Jiménez-Colmenero et al. \(2010\)](#), en el cual la sustitución de panceta por una emulsión de aceite de oliva produjo salchichas tipo Frankfurt más claras, menos rojas y más amarillas. También en el publicado por [Rodríguez-Carpena et al. \(2012\)](#) donde se utilizó aceite de aguacate como sustitutivo de la grasa de cerdo para hamburguesas, en él se afirma que el aceite de aguacate fue el que más impacto tuvo en el color de las hamburguesas, las cuales eran más luminosas, menos rojas y más amarillas que las hamburguesas de cerdo convencionales. Además, el aceite de aguacate aumentó la saturación del color de las muestras y aumentó el valor del tono. Esto es debido a que una gran variedad de polifenoles y clorofilas son componentes naturales del aceite de aguacate y contribuyen al color verde típico de la pulpa de aguacate y los productos derivados ([Ashton et al., 2006](#)).

4.8. Estabilidad de la emulsión de las salchichas tipo Frankfurt con sustitución de grasa.

Los resultados de la estabilidad de la emulsión se calculan mediante la determinación del total de fluidos exudados (TEF), los resultados obtenidos para las distintas muestras de salchicha tipo Frankfurt se muestran a continuación en la Figura 44.

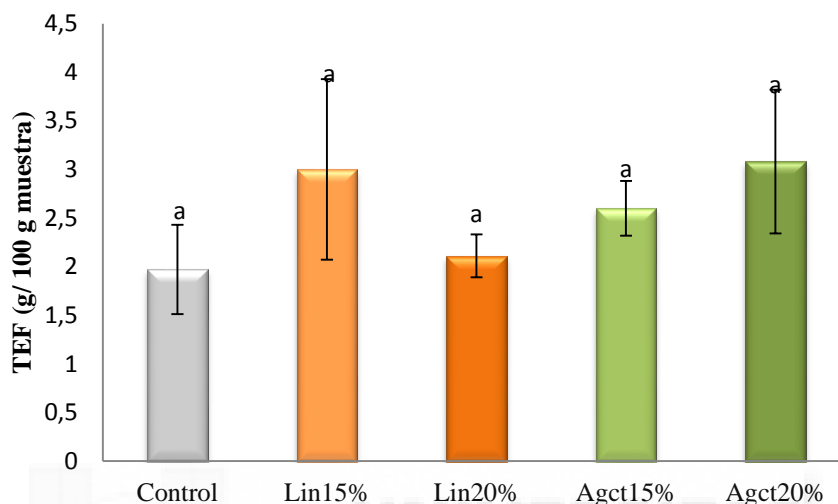


Figura 44. Estabilidad de la emulsión de las distintas muestras de salchichas tipo Frankfurt. Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) según el Test de Rangos Múltiples de ($p>0,05$) de Tukey's.

En la Figura 44, se puede observar que no existen diferencias significativamente estadísticas ($p>0,05$) entre las diferentes muestras. Varios estudios previos, han publicado que la adición de fibra dietética a productos cárnicos ayuda a la mejora de la estabilidad de la emulsión y a las propiedades reológicas (Choi *et al.*, 2007; Turhan *et al.*, 2005; Fernández-Ginés *et al.*, 2004).

En el estudio llevado a cabo por Henning *et al.* (2016), en el cual se sustituyó el contenido de panceta en longanizas de ternera con fibra dietética de piña, se obtuvieron resultados discordantes a los del presente estudio sobre la estabilidad de la emulsión. En el estudio de Henning *et al.* (2016) sí se vio variación de algunas de las muestras respecto al control al reemplazar con la fibra, el efecto que provocaba era un aumento del TEF o lo que es lo mismo una disminución de la estabilidad de la emulsión. En contraposición, en el estudio llevado a cabo por Choi *et al.* (2009) en el cual se reemplazó la grasa de cerdo por una emulsión con aceites vegetales y fibra de salvado de arroz, se observó una disminución del TEF y por ello un aumento de la estabilidad de

la emulsión. *Lurueña-Martínez et al. (2004)*, publicó resultados similares a los del estudio presente para salchichas tipo Frankfurt a las cuales se les añadió algarroba, goma xantana y la sustitución de la panceta por aceite de oliva.

4.9. Análisis de la oxidación lipídica de las salchichas tipo Frankfurt con sustitución de grasa.

La oxidación lipídica puede tener efectos negativos sobre la calidad de los productos cárnicos causando cambios en atributos sensoriales como el olor, sabor, color y textura. También se ven afectada su calidad nutricional (*Nuñez De Gonzalez et al., 2008*). En la Figura 45 se muestran los resultados de la estabilidad a la oxidación lipídica (TBA) de las salchichas tipo Frankfurt. Dicha estabilidad de las muestras fue evaluada por la determinación de la cantidad de malonaldehído, ya que es uno de los principales productos secundarios del proceso de oxidación lipídica llevado a cabo por la descomposición del peróxido de hidrógeno (*Bonnes-Taourel et al., 1992*).

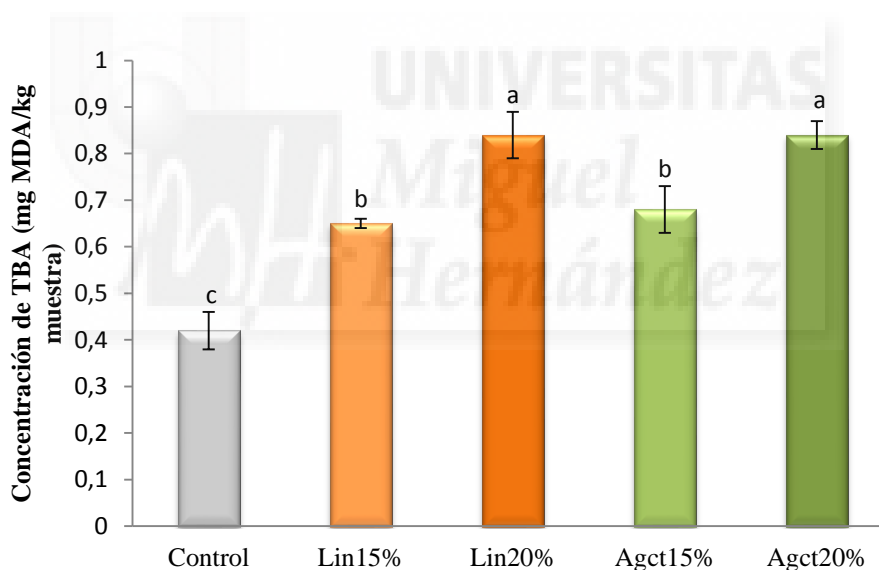


Figura 45. Oxidación lipídica de las distintas muestras de salchichas tipo Frankfurt con sustitución de grasa. Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) según el Test de Rangos Múltiples de ($p > 0,05$) de Tukey's.

Como se puede observar, existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el control y el resto de muestras, presentando la muestra control una menor concentración de malonaldehído la y por lo tanto una menor oxidación lipídica, seguida de las muestras Lin15% y Agct15% y por último las que presentaron una mayor oxidación lipídica fueron las muestras Lin20% y Agct20%.

Si se comparan los resultados obtenidos con otros estudios, la tendencia general es la no existencia de diferencias significativas a tiempo cero (primer día de almacenamiento)

entre las muestras. Por ejemplo en el estudio llevado a cabo por [Panagiotopoulou et al. \(2016\)](#), en el cual se midió la oxidación lipídica a varios días de almacenamiento de las muestras, salchichas tipo Frankfurt con sustitución de un 10% de panceta por organogeles de aceite de girasol y emulsiones de estos organogeles en agua, no se presentaron diferencias entre el control y el resto de muestras. Tampoco presentó diferencias significativas a tiempo 0, el estudio publicado por [Selani et al. \(2016\)](#) en el cual se utilizó subproductos de la piña y aceite de colza como sustituto en hamburguesas con bajo contenido en grasa. La publicación de [Serdaroglu et al. \(2016\)](#), en la cual se sustituyó la grasa de ternera por una doble emulsión con aceite de oliva como fase grasa, tampoco se presentaron diferencias significativas entre las muestras a tiempo inicial. Sin embargo, en el estudio publicado por [Rodríguez-Carpena et al. \(2012\)](#) en el cual se sustituyó un 50% la panceta de cerdo por diferentes aceites vegetales (aguacate, girasol y oliva) en hamburguesas y midieron la oxidación tras el cocinado de las mismas. Se observó como la cantidad de TBA disminuía al realizar la sustitución, resultados en la línea opuesta a los obtenidos en el estudio actual.

De los resultados obtenidos en el presente estudio, se podría deducir que la aparición de concentración de malonaldehído podría ser debida al efecto del tratamiento térmico y otras operaciones como el picado sobre el producto cárnico el cual podría aumentar la degradación de los ácidos grasos PUFA y favorecer la aparición de especies reactivas de oxígeno. Por ello, a mayor cantidad de sustitución de grasa, mayor oxidación tendrán las muestras, es un resultado esperado ya que se está realizando la sustitución de una grasa saturada por una insaturada y siempre a mayor insaturación mayor susceptibilidad a la oxidación, a pesar de poder esperar un efecto protector por parte de los antioxidantes naturales de los aceites. Aun así, los valores obtenidos de concentración de malonaldehído para las distintas muestras no serían detectados sensorialmente por el consumidor, ya que según [Trindade et al. \(2009\)](#), a partir de concentraciones de 2 mg/kg de muestra se cree que pueden significar pérdida de la calidad sensorial y ser percibida la oxidación por parte del consumidor.

4.10. Análisis del perfil textural de las salchichas tipo Frankfurt con sustitución de grasa.

A continuación, en la Figura 46 se muestran los resultados obtenidos para el perfil textural de las distintas muestras de salchichas tipo Frankfurt con sustitución de grasa elaboradas en este estudio

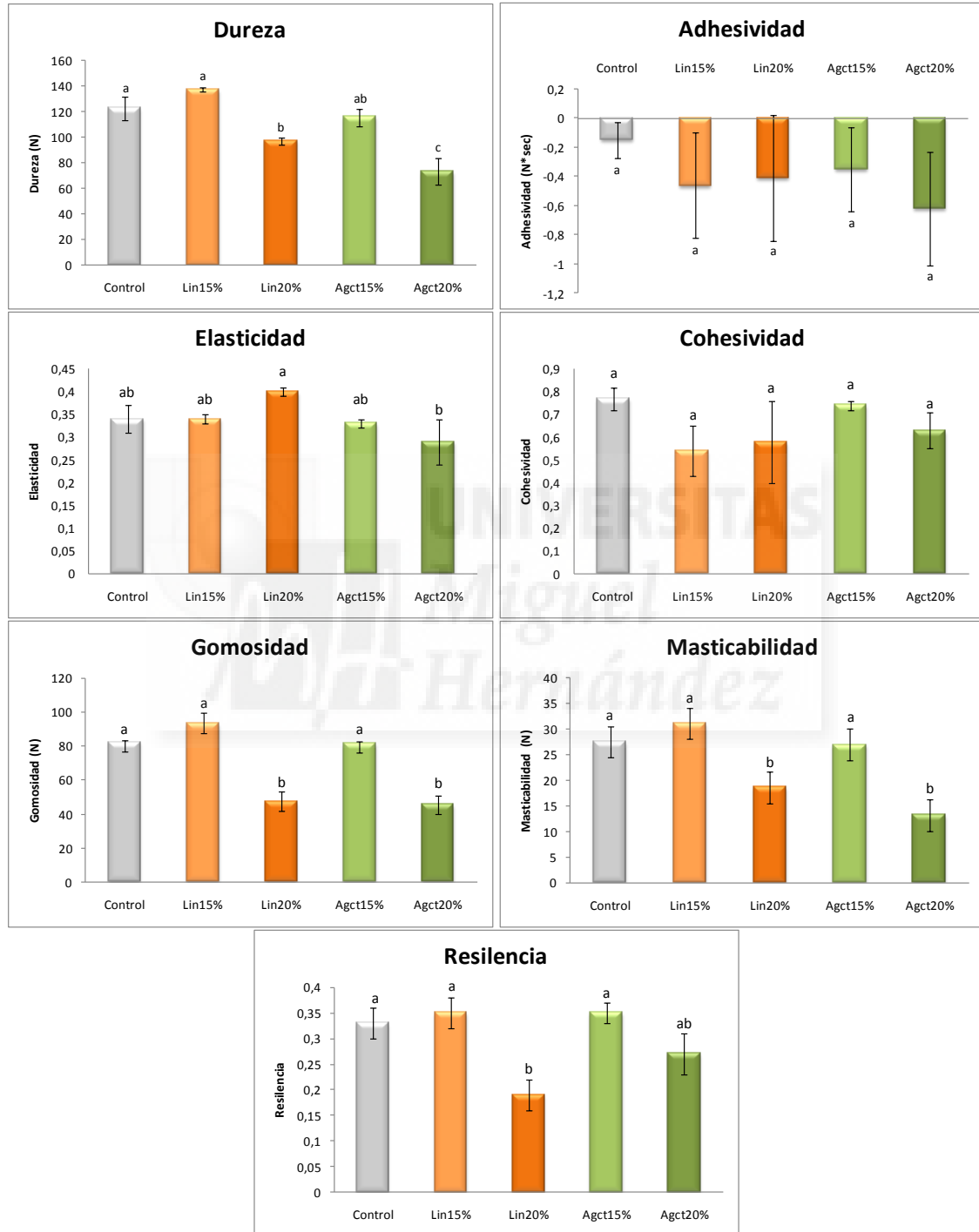


Figura 46. Análisis del perfil textural de las distintas muestras de salchichas tipo Frankfurt. Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) según el Test de Rangos Múltiples de ($p > 0,05$) de Tukey's.

En la Figura 46 se muestran los resultados del análisis del perfil textural de las salchichas tipo Frankfurt con sustitución de grasa, en él la adhesividad y cohesividad no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la muestra control y las distintas muestras con sustitución de grasa, ni las muestras entre sí presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$).

Si se valoran el resto de atributos texturales para las muestras de salchichas tipo Frankfurt con grasa sustituida, las muestras que más se parecen a la muestra control en todos los atributos texturales medidos son Lin15% y Agct15%. Es decir, no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en ninguna propiedad textural ni la muestra control, ni la Lin15% ni la Agct15%.

Sin embargo, cuando la sustitución de grasa fue mayor (muestras Lin20% y Agct20%) sí difirieron estadísticamente ($p < 0,05$) en algunos atributos texturales respecto a la muestra control, en concreto en la dureza, elasticidad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia. Dichas muestras con mayor concentración de carrier (Lin20% y Agct20%), presentaron menor dureza respecto a la muestra control. Entre ellas la que presentó un valor menor de dureza fue la muestra Agct20%. En la elasticidad se comportaron de forma muy distinta estadísticamente ($p < 0,05$), mientras la muestra Lin20% era más elástica incluso que el control, la de la muestra Agct20% resultó ser la menos elástica de todas las muestras. Tanto la gomosidad como la masticabilidad para ambas muestras fue menor que la de la muestra control sin existir diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas. Por último, la resiliencia de la muestra Agct20% no presentó diferencias estadísticas ($p > 0,05$) con la control ni tampoco con a muestra Lin20%, pero entre la muestra Lin20% y la muestra control sí se vieron diferencias significativas ($p > 0,05$). Es decir, la resiliencia para la muestra Lin20% fue la menor de todas las muestras estudiadas seguida por la de la muestra Agct20%.

Existen estudios con resultados similares al presente estudio, la publicación de [Álvarez et al. \(2012\)](#), en la cual la dureza y la gomosidad disminuyeron al añadirle fibra y aceite respecto al control sin embargo la gomosidad se mantuvo. En el estudio llevado a cabo por [Serdarogluet al. \(2016\)](#) se obtuvieron resultados también muy similares a los del presente estudio. Se observó una disminución de la dureza de la muestra a medida que se aumentaba la cantidad de emulsión añadida, para la elasticidad también se obtuvieron

variaciones aleatorias. La cohesividad exceptuando para una muestra el resto no presentó diferencias significativas. La gomosidad disminuyó respecto al control y la masticabilidad a mayor cantidad de emulsión añadida menores valores y más se alejaban de los obtenidos para el control.

4.11. Análisis sensorial de las salchichas tipo Frankfurt con grasa sustituida.

En la Figura 47 se muestran los resultados del análisis sensorial y en la Figura 48 la aceptabilidad general de las distintas muestras de salchichas tipo Frankfurt con grasa sustituida.

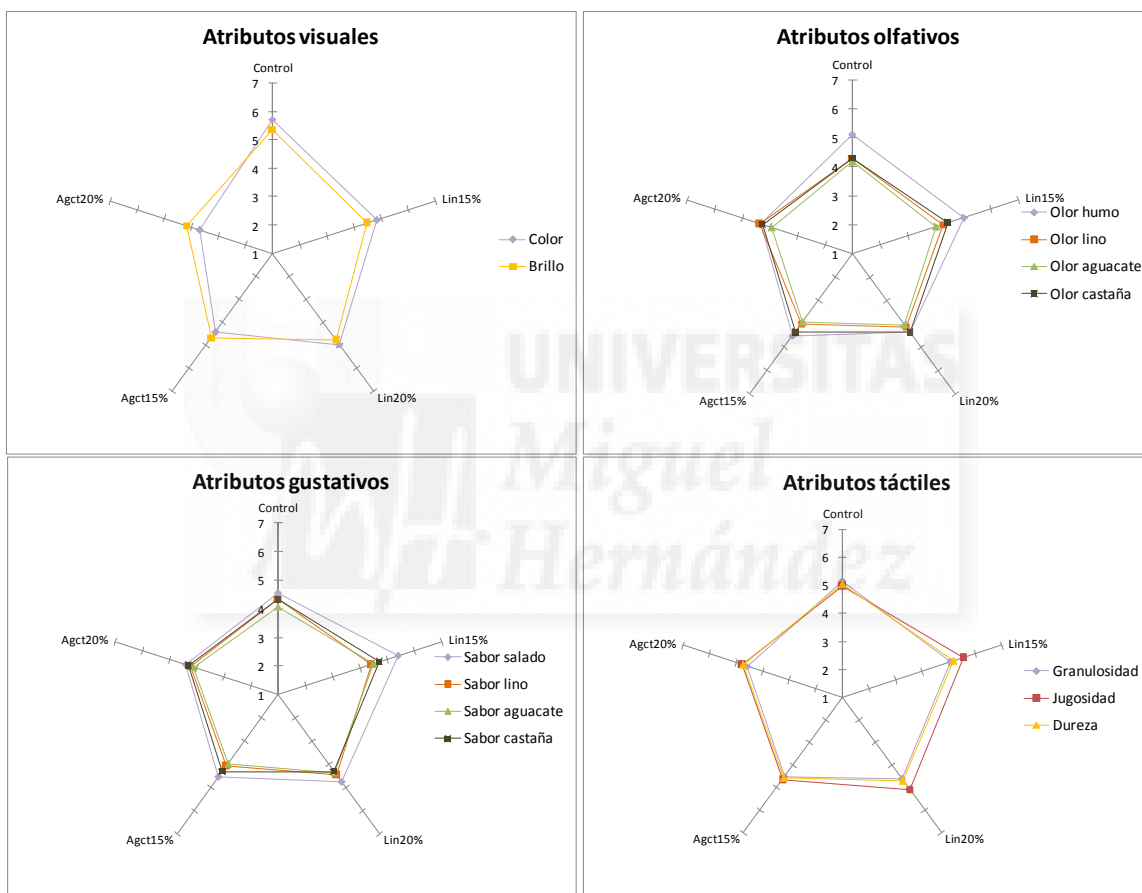


Figura 47. Análisis del perfil sensorial de las distintas muestras de salchichas tipo Frankfurt.

Referente a los atributos visuales, sí se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el control y alguna de las muestras. La muestra control fue la que presentó mayor brillo y color para el panel de catadores y la que presentó menos brillo fue la muestra Agct20%. Si se comparan estos resultados con la característica físico-química del color, que es una medida objetiva, se observa que sucede lo contrario. La muestra control es menos luminosa y más rojiza que el resto de muestras, por lo que el análisis sensorial y el instrumental coinciden para el atributo de color pero no para el brillo.

Referente a los atributos olfativos, no existieron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la muestra control y el resto de muestra para ninguno de los atributos (olor a humo, olor a lino, olor a aguacate y olor a castaña) y el resto de muestras entre sí tampoco presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$). Siendo el atributo que más gustó el olor a humo con una puntuación cercana al 5 (me gusta levemente) para todas las muestras. El resto de atributos se sitúan en torno a un 4 (ni me gusta ni me disgusta) lo que podría significar que para el panel de catadores existía o bien una indiferencia a la presencia de dichos olores o que dichos olores no fueron detectados por el panel. A la hora de valorar gustativamente las muestras, tampoco existieron diferencias significativas entre ellas para ningún atributo gustativo. En cuanto al sabor salado, la muestra que recibió un valor un poco por encima del resto próximo a 5 (me gusta levemente) fue la muestra Lin15%, a pesar de llevar todas las formulaciones la misma concentración de sal durante la elaboración. Con el sabor a castaña, lino y aguacate sucedió lo mismo que con el olor a estos productos, se situó cerca del 4,5 (entre ni me gusta ni me disgusta y me gusta levemente), sin diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas.

Si se observan los atributos táctiles, en concreto la granulosidad, la jugosidad y la dureza. Para la granulosidad y la dureza no se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las diferentes muestras, sin embargo la jugosidad sí presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Situándose ambas variables cercanas al valor 5 (me gusta levemente). Para el panel de catadores la muestra que menos jugosidad presentó fue la de Agct15% y la que más Lin15%, el resto se percibió con una jugosidad intermedia. No existiendo diferencias significativas ($p > 0,05$) para la jugosidad entre la muestra control y el resto de muestras a excepción de la muestra Agct15%. Situándose todas las muestras con unos valores cercanos a 5 (me gusta levemente).

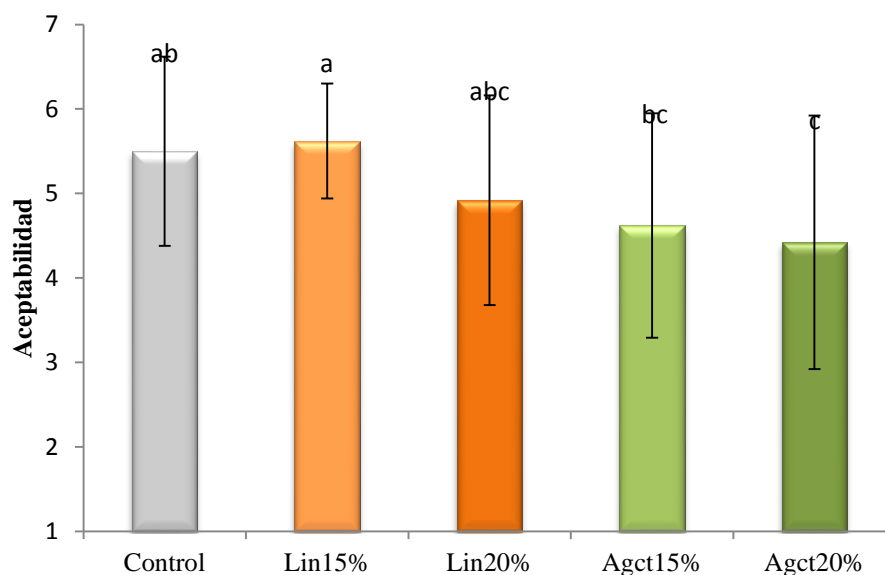


Figura 48. Aceptabilidad general de las distintas muestras de salchichas tipo Frankfurt. Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) según el Test de Rangos Múltiples de ($p > 0,05$) de Tukey's.

La aceptabilidad de un producto por parte de los consumidores, puede ser usado para demostrar la superioridad de dicho producto por encima del resto (Kouzouniset al., 2017). En la Figura 48 se muestra la aceptabilidad general valorada por parte del panel de cata para cada una de las muestras de salchichas tipo Frankfurt. En ella (fogura XXX), se puede observar que existen diferencias significativas ($p < 0,05$), la muestra control con la única muestra que presenta diferencias en la aceptabilidad general es con la muestra Agct20%. Siendo la muestra más aceptada Lin15%, seguida por la muestra control y Lin20%, Agct15% y por último la muestra Agct20%. La aceptabilidad de la muestra Lin15%, la que presentó valores mayores se encontró entre me gusta ligeramente y me gusta muchísimo.

Así pues, en general las muestras solo presentaron diferencias entre ellas en el color, el brillo y la jugosidad, para el resto de atributos no existieron diferencias significativas ($p > 0,05$). De este modo la incorporación de nuevos ingredientes para la sustitución de grasa en las salchichas tipo Frankfurt no produce grandes cambios sensoriales. Si se vio afectada sin embargo la aceptabilidad general, una de las causas podría ser la variabilidad de color, esta característica podría haber condicionado a los panelistas. También, las diferencias existentes en la textura, ya que la muestra Agct20% fue la que presentó, menor dureza y elasticidad, una baja gomosidad y masticabilidad y una

resistencia intermedia de entre las muestras estudiadas, así pues esto pudo afectar también en los resultados sensoriales.

En la publicación de [Pintado *et al.* \(2018\)](#) en la cual se realizó la sustitución de grasa mediante el uso de una emulsión de chía y avena en salchichas frescas, se obtuvieron valores sensoriales ligeramente superiores para las muestras sustituidas. Sin embargo, existen otros estudios en los cuales no se presentaron diferencias significativas para las muestras respecto a la muestra control. Así por ejemplo, en el estudio de [Poyato *et al.* \(2015\)](#) en el cual se realizó un estudio sensorial de olor, color, gusto, dureza, jugosidad y untuosidad (o sensación grasa) en preparados para hamburguesa con sustitución de grasa con una emulsión gelificada poliinsaturada. En la publicación de [Jiménez-Colmenero *et al.* \(2010\)](#), sí que existieron diferencias significativas entre la muestra control y las sustituidas para algunos atributos. En apariencia eran similares todas las muestras, sin embargo, en el sabor al sustituir la grasa de cerdo por la emulsión se vieron cambios para ciertas muestras. La textura aumentó en las muestras sustituidas con aceite de oliva y la sustitución en general redujo la jugosidad. Sin embargo, la aceptabilidad general no se vio afectada por estas fluctuaciones en la puntuación de las variables.



5. CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES.

1. La composición química de la harina de castaña, presentó valores de contenido de proteína de 6,18 g/ 100 g de muestra, de grasa de 3,74 g/ 100 g de muestra, de cenizas de 1,78 g/ 100 g muestra. Su humedad fue de 8,03 g/ 100 g de harina. El contenido en fibra dietética total fue de 18,57 g/ 100 g de muestra de los cuales 10,24 g pertenecían a fibra dietética insoluble y 8,33 g a fibra dietética soluble. El ratio entre fibra soluble e insoluble que presentó la harina fue de 1,42.

2. Los resultados de la caracterización físico-química de la harina de castaña dio un pH de 5,86 y una actividad de agua de 0,419. En cuanto al color de la harina, ésta era rojiza, amarilla y luminosa. Con una saturación de 12,66 y un tono de 1,48.

3. Las propiedades tecnofuncionales de la harina presentaron valores de CRA, CRO, SWC de 1,91 g agua/ 100 g de muestra, 1,68 g aceite/ 100 g de harina y de 2,12 mL agua/ mL de muestra respectivamente. La FC y FS fueron de 185,71 mL/ 100 mL de muestra y 76,19 mL/ 100 mL de harina respectivamente. Las propiedades de formación y estabilidad de la emulsión mostraron valores de 25,67 mL/ 100 mL de harina y 41,35 mL/ 100 mL de harina respectivamente.

4. La determinación de compuestos bioactivos para la harina de castaña mostró valores de 1,09 mg AGE/ g muestra para el contenido fenólico total y de 3,29 mg RE/ g de harina para la cantidad total de flavonoides.

5. La determinación de la capacidad antioxidante de la harina de castaña mostró 0,41 mg Trolox/ g de muestra para el método DPPH, 9,26 mg Trolox/ g de muestra para el método ABTS, 2,79 mg de Trolox/ g de muestra para el método FRAP y 0,73 mg EDTA/ g de harina para el método FIC.

6. En la composición química de las salchichas con sustitución de grasa animal, se vio que el mayor contenido proteico fue el de la muestra control y a medida que las muestras contenían una mayor proporción de carrier, menor contenido proteico presentaban. La muestra que presentó mayor contenido en grasa fue la Lin20% sin diferencias con el control y la que menor contenido en grasa presentó fue la muestra Lin15%. El contenido en cenizas fue igual para todas las muestras. Todas las muestras a excepción de Lin15% presentaron mayor contenido en humedad que la muestra control.

Las muestras con mayor sustitución de grasa presentaron una mayor concentración de nitritos mientras que la muestra control fue la que presentó una menor concentración en nitritos.

7. Referente a la composición físico-química de las salchichas tipo Frankfurt con grasa sustituida, se mostró una tendencia a disminuir el pH de las muestras con mayor concentración de carrier respecto a la muestra control. La actividad de agua también presentó diferencias con la actividad de agua del control, solo para las muestras con mayor proporción de grasa sustituida. El parámetro de color presentó diferencias entre todas las muestras, señalando que cada una de ellas presentaba una coloración diferente entre ellas y con la muestra control.

8. No se mostraron diferencias entre los resultados de la estabilidad de la emulsión, se podría decir que ni la concentración, ni el tipo de aceite añadido, ni la fibra adicionada (en forma de harina de castaña) podría influir a la hora de la estabilidad de la emulsión.

9. Los resultados obtenidos sobre la oxidación lipídica mostraron que a mayor proporción de carrier adicionado a las muestras mayor oxidación existía, esto puede ser debido a la susceptibilidad de las muestras sustituidas por cambiar una grasa saturada por un aceite insaturado.

10. Al observar los resultados del análisis textural de las salchichas tipo Frankfurt con sustitución de grasa, se muestra que las muestras con mayor proporción de carrier presentan diferencias texturales respecto a la muestra control, sin embargo cuando la sustitución es de un 15% de grasa animal en la muestra no se ven afectadas dichas propiedades. De lo que se podría deducir que la cantidad de emulsión añadida afecta a la textura de los productos cárnicos con sustitución de grasa animal y también podría existir una influencia del tipo de lípido que se añada ya que las interacciones con la matriz cárnica parecen ser diferentes.

11. Según los resultados obtenidos del análisis sensorial de las salchichas tipo Frankfurt con grasa sustituida, se vio que las muestra con mayor aceptabilidad por parte del panel de cata fueron Lin15% y Lin20%.



6. BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA.

Adebowale K.O., Lawal O.S. (2003). Foaming, gelation and electrophoretic characteristics of macuna bean (*Macunapruriens*) protein concentrate. *Food Chemistry*, 83, 237-246.

Agostinho dos Santos, L.A., Lorenzo, J.M, Alvarenga, C.A., Alves dos Santos, B., Heck, R.T. Cichoski, A.J., Bastianello, P.C. (2016). Production of healthier bologna type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacers. *Meat Science*, 121, 73-78.

Ahmed, J., Al-Attar, H. (2015). Effect of drying method on rheological, thermal, and structural properties of chestnut flour doughs. *Food Hydrocolloids*, 51, 76-87.

Álvarez, D., Delles, R. M., Xiong, Y. L., Castillo, M., Payne, F. A., & Laencina, J. (2011). Influence of canola-olive oils, rice bran and walnut on functionality and emulsion stability of frankfurters. *LWT- Food Science and Technology*, 44, 1435–1442.

Álvarez, D., Xiong, Y.L., Castillo, M., Payne, F.A., Garrido, M.D. (2012). Textural and viscoelastic properties of pork frankfurters containing canola–olive oils, rice bran, and walnut. *Meat Science*, 92(1), 8-15.

AOAC, 2000. 17th edition. Official Methods of Analysis of AOAC International, vol. 1. AOAC International, Gaithersburg A. International, Ed.

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

Ashton, O. B. O., Wong, M., McGhie, T. K., Vather, R., Wang, Y., Requejo, J. C., Ramankutty, P., Woolf, A.B. (2006). Pigments in avocado tissue and oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 10151–10158.

Ayo, J., Carballo, J., Olmedilla-Alonso, B., Ruiz-Capillas, C., Jiménez-Colmenero, F. (2007). Effect of total replacement of pork backfat with walnut on the nutritional profile of frankfurters. *Meat Science*, 77(22), 173-181.

Blasa, M., Candiracci, M., Accorsi, A., Piacentini, M.P., Albertini, M., Piatti, E. (2005). Raw millefiori honey is packed full on antioxidants. *Food Chemistry*, 97, 217-222.

Bonnes-Taourel, D., Guérin, M.C., Torreille, J. (1992) Is malonaldehyde a valuable indicator of lipid peroxidation?. *Biochemical Pharmacology*, 44(5), 985-988).

Borges, C.V., Amorim, V.B.O., Ramlov, F., Ledo, C.A.S., Donato, M., Maraschin, M., Amorim, E.P. (2014). Characterisation of metabolic profile of banana genotypes, aiming at biofortified *Musa* spp. Cultivars. *Food Chemistry*, 145, 496-504.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.

Carter, P. (1971). Spectrophotometric determination of serum iron at the submicrogram level with a new reagent (ferrozine). *Analytical Biochemistry*, 40(2), 450-458.

Cassens, R. G. (1997). Residual nitrite in cured meat. *Food Technology*, 51(2), 53-55.

Cassens, R. G., Greaser, M. L., Ito, T., Lee, M. (1979). Reactions of nitrite in meat. *Food Technology*, 33(7), 46-57.

Cengiz, E., Gokoglu, N. (2007). Effects of fat reduction and fat replacer addition on some quality characteristics of frankfurter-type sausages. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(3), 366-372.

Choi, Y.S., Choi, J.H., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, M.A., Kim, H.W., Jeong, J.Y., Kim, C.J. (2009). Characteristics of low-fat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. *Meat Science*, 82, 266-271.

Choi, Y.S., Choi, J.H., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, M.A., Kim, H.W., Lee, J.W., Chung, H.J., Kim, C.J. (2010). Optimization of replacing pork back fat with grape seed oil and rice bran fiber for reduced-fat meat emulsion systems. *Meat Science*, 84, 212-218.

Choi, Y.S., Lee, M.A., Jeong, J.Y., Choi, J.H., Han, D.J., Kim, H.Y., Lee, E.S., Kim, C.J. (2007). Effect of wheat fiber on the quality of meat batter. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 27 (1), 22-28.

Choi, Y.S., Park, K.S., Kim, H.W., Hwang, K.E., Song, D.H., Choi, M.S. (2013). Quality characteristics of reduced-fat frankfurters with pork fat replaced by sunflower seed oils and dietary fiber extracted from makgeolli lees. *Meat Science*, 93(3), 652-658.

Collar, C., Armero, E. (2018). Value-added of heat moisture treated mixed flours in wheat-based matrices: a functional and nutritional approach. *Food and Bioprocess Technology*, 11, 1536-1551.

Damodaran, S. (2005). Protein stabilization of emulsions and foams. *Journal of Food Science*, 70 (3), 54-66.

De Mônaco, B., Mottin, I., Ito, V. C., Soltovski, C., Carvalho, M.A., Schnitzler, E., Lacerda, L.G. (2016). Effects of partial in vitro digestion on properties of European chestnut (*Castanea sativa* Mill) flour. *Thermochimica Acta*, 640, 36–41.

Delgado-Pando, G., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., Solas, M.T., Triki, M., Jiménez-Colmenero, F. (2011). Low-fat frankfurters formulated with a healthier lipid combination as functional ingredient: Microstructure, lipid oxidation, nitrite content, microbiological changes and biogenic amine formation. *Meat Science*, 89, 65-71.

Dinis, L.T., Oliveira, M.M., Almeida, J., Costa, R., Gomes-Laranjo, J., Peixoto, F. (2012). Antioxidant activities of chestnut nut of *Castanea sativa* Mill. (cultivar 'Judia') as function of origin ecosystem. *Food Chemistry*, 132 (1), 1-8.

Du, S.K., Jiang, H., Yu, X., Jane, J.L. (2014). Physicochemical and functional properties of whole legume flour. *LWT - Food Science and Technology*, 55, 308-313.

Durazzo, A., Turfani, V., Azzini, E., Maiani, G., Carcea, M. (2004). Phenols, lignans and antioxidant properties of legume and sweet chestnut flours. *Food Chemistry*, 140 (4), 666-671.

Fernández-Ginés, J.M., Fernández-López., Sayas-Barberá, E., Sendra, E., Pérez-Álvarez, J.A. (2004). Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages. *Meat Science*, 67, 7-13.

Fraga, C.G., Galleano, M., Verstraeten, S.V., Oteiza, P.I. (2010). Basic biochemical mechanisms behind the health benefits of polyphenols. *Molecular Aspects of Medicine*, 31 (6), 435-445.

Gullón, B., Pintado, M.E., Fernández-López, J., Pérez Álvarez, J.A., Viuda-Martos, M. (2015). In vitro gastrointestinal digestion of pomegranate peel (*Punicagranatum*) flour obtained from co-products. Changes in the antioxidant potential and bioactive compounds stability. *Journal of Functional Foods*, 19, 617-628.

Ham, J.S., Kim, H.Y., Lim, S.T. (2015). Antioxidant and deodorizing activities of phenolic components in chestnut inner shell extracts. *Industrial Crops and Products*, 73, 99-105.

Henning, S.S., Tshalibe, P., Hoffman, L.C. (2016). Physico-chemical properties of reduced-fat beef species sausage with pork back fat replaced by pineapple dietary fibres and water. *Food Science and Technology*, 74, 92-98.

Hughes, E., Confrades, S., Troy, D.J. (1997). Effect of fat level, oat fiber and carrageenan on frankfurters formulated with 5,12 and 30% fat. *Meat Science*, 45, 273-281.

ISO. International Organization for Standardization 2918. (1975). Meat and meat products: Determination of nitrite content. Ref. n°. ISO 2918:1975. Genève: International Organization for Standardization.

ISO. International Organization for Standardization 8589. (1988). Sensory analysis general guidance for the design of test rooms. Ref. n° ISO 8589:1988. Genève: International Organization for Standardization.

Jimenez-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, 2068-2076.

Jogihalli, P., Singh, L., Kumar, K., Sharanagat, V.S. (2017). Physico-functional and antioxidant properties of sand-roasted chickpea (*Cicer arietinum*). *Food Chemistry*, 237, 1124-1132.

Khattab, R. Y. y Arntfield, S. D. (2009). Functional properties of raw and processed canola meal. *LWT - Food Science and Technology*, 42(6), 1119–1124.

Kouzounis, D., Lazaridou, A., Katsanidis, E. (2017). Partial replacement of animal fat by oleogels structured with monoglycerides and phytosterols in frankfurter sausages. *Meat Science*, 130, 38-46.

Labuckas, D., Maestri, D., Lamarque, A. (2014). Effect of different extraction methods on proximate composition and protein characteristics of walnut. *LWT- Food Science and Technology*, 59, 794-799.

Lario, Y.C., Sendra, E., García-Pérez, J., Fuentes, C., Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J.A. (2004). Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-products. *Innovative Food Science & Emerging Technology*, 5, 113-117.

Laza, C.M., Mazzaglia, A., Paladino, R., Auditore, L., Barnà, R.C., Loria, D., Trifirò, A., Trimarchi, M., Bellia, G. (2013). Characterization of peeled and unpeeled almond (*Prunus amygdalus*) flour after electron beam processing. *Radiation Physics and Chemistry*, 86, 140-144.

Leão, D.P., Franca, A.S., Oliveira, L.S., Bastos, R., Coimbra, M.A. (2017). Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. *Food Chemistry*, 225, 146-153.

Ling, B., Zhang, B., Li, R., Wang S. (2016). Nutritional Quality, Functional Properties, Bioactivity, and Microstructure of Defatted Pistachio Kernel Flour. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93, 689-699.

López-López, I., Cofrades, S., Jiménez-Colmenero, F. (2009a). Low-fat frankfurters enriched with n3 PUFA and edible seaweed: Effects of olive oil and chilled storage on physicochemical, sensory and microbial characteristics. *MeatScience*, 83, 148–154.

López-López, I., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C., Jiménez-Colmenero, F. (2009b). Design and nutritional properties of potential functional frankfurters based on lipid formulation, added seaweed and low salt content. *MeatScience*, 83, 255–262

Lurueña-Martínez, M.A., Vivar-Quintana, A.M., Revilla, I. (2004). Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters. *Meat Science*, 68, 383-389.

Manach, C., Willia,son, G., Morand, C., Scalbert, A., Remésy, C. (2005). Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81 (1), 230-242.

Mao, X., Hua, Y. (2012). Composition, structure and functional properties of protein concentrates and isolates produced from walnut (*Juglansregia L.*). *International Journal of Molecular Sciences*, 13 (2), 1561-1581.

Martin, D., Ruiz, J., Kivikari, R., Puolanne, E. (2008). Partial replacement of pork fat by conjugated linoleic acid and/or olive in liver pâtés: Effect on physicochemical characteristics and oxidative stability. *Meat Science*, 80, 496-504.

Minguez, M. (2000). Composición y evolución de castañas gallegas. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo.

MIGUEZ BERNARDEZ, M. (2000). Composicion nutricional y evolucion poscosecha de variedades de castanas gallegas. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo.

Moreira, R., Chenlo, F., Chaguri, L., Vázquez, G. (2005). Mathematical modelling of the drying kinetics of chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Food and Bioproducts Processing*, 83, 306-314.

Moreira, R., Chenlo, F., Torres, M.D. (2011a). Rheology of commercial chestnut flour doughs incorporated with gelling agents. *Food Hydrocolloids*, 25, 1361-1371.

Morrone, L., Dall'Asta, C., Silvanini, A., Cirlini, M., Beghè, D., Fabbri, A., Ganino, T. (2015). The influence of seasonality on total fat and fatty acids profile, protein and amino acid, and antioxidant properties of traditional Italian flours from different chestnut cultivars. *Scientia Horticulturae*, 192, 132-140.

Nagy, S., Attaway, J.A. (1992). Anticarcinogenic activity of phytochemicals in citrus fruit and their juice products. *Proceeding of the Florida State Horticultural Society*, 105, 162-168.

Nelson, A.L. (2013). The application of dietary fibre in food industry: structural features, effects on health and definition, obtaining and analysis of dietary fibre. *Journal of Food and Nutrition Research*. 1(3), 13-23.

Núñez De Gonzalez, M.T., Boleman, R.M., Miller, R.K., Keeton, J.T., Rhee, K.S. (2008). Antioxidant properties of dried plum ingredients in raw and precooked pork sausage. *Journal of Food Science*, 73, 63-71.

Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction: Antioxidant activity of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japan Journal of Nutrition*, 44(6), 307-315.

Panagiotopoulou, E., Moschakis, T., Katsanidis, E. (2016). Sunflower oil organogels and organogel-in-water emulsions (part II): Implementation in frankfurter sausages. *LWS- Food Science and Technology*, 73, 351-356.

Pellegrini, M., Lucas-González, R., Ricci, A., Fontecha, J., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J.A., Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile,

techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) sedes. *Industrial Crops and Products*, 111, 38-46.

Pereira-Lorenzo, S, Ramos-Cabrer, R.M., Díaz-Hernández (2006) Chemical composition of chestnut cultivars from Spain *Scientia Horticulturae* 107 (2006) 306–31

Pintado, T., Herrero, A.M., Ruiz-Capillas, C., Triki, M., Carmona, P., Jiménez-Colmenero, F. (2016). Effects of emulsion gels containing bioactive compounds on sensorial, technological, and structural properties of frankfurters. *Food Science Technology International*, 22(2), 132-145.

Pintado, T., Herrero, F., Jimenez-Colmenero, F., PasqualinCavalheiro, C., Ruiz-Capillas, C. (2018). Chia and oat emulsion gels as new animal fat replacers and healthy bioactive sources in fresh sausage formulation. *Meat Science*, 135, 6-13.

Poyato, C., Astiasaran, 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- Food Science and Technology*, 62, 1069-1075.

Rabadán, A., Álvarez-Ortí, M., Gómez, R., Pardo-Giménez, A. (2017). Suitability of Spanish almond cultivars for the industrial production of almond oil and defatted flour. *Scientia Horticulturae*, 225, 539-546.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1231-1237.

Reyes-Padilla, E., Valenzuela-Melendres, M., Camao, J.P., Sebranek, J.G., Alemán-Mateo, H., Dávila-Ramírez, J.L., Cumplido-Barbeitia, G.C., González-Ríos, H. (2018). Quality evaluation of low fat bologna-type meat product with a nutritional profile designed for the elderly. *Meat Science*, 135, 115-122.

Rinaldi, M., Paciulli, M., Caligiani, A., Scazzina, F., Chiavaro, E. (2017). Sourdough fermentation and chestnut flour in gluten-free bread: A shelflife evaluation. *Food Chemistry*, 224, 144–152.

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. *MeatScience*, 90, 106-115.

Rosmini, M.; Perlo, F.; Pérez-Alvarez, J.; Pagán-Moreno, M.; Gago-Gago, M.; López-Santoveña, F.; ArandaCatalá, V. 1996. TBA test by an extractive method applied to pate. *Meat Science* 42, 103-110.

Salazar, P., García, M.L., Selgas, M.D. (2009). Short-chain fructooligosaccharides as potential functional ingredients in dry fermented sausages with different fat levels. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(6), 1100-1107.

Selani, M.M., Shirado, G.A.N., Margiotta, G.B., Rasera, M.L., Marabesi, A.C., Piedade, S.M.S., Contreras-Castillo, C.J., Canniatti-Brazaca, S.G. (2016). Pineapple by-product and canola oil as partial fat replacers in low-fat beef burger: Effects on oxidative stability, cholesterol content and fatty. *Meat Science*, 115, 9-15.

Serdaroglu, M., Öztürk, B., Uргу, M. (2016). Emulsion characteristics, chemical and textural properties of meat systems produced with double emulsion as beef fat replacers. *Meat Science*, 117, 187-195.

Shafi, M., Baba, W.N., Masoodi, F.A. (2017). Composite flour blends: Influence of particle size of wáter chestnut flour on nutraceutical potential and quality of Indian flat breads. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11 (3), 1094-1105.

Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R.M. (1965). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folinciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.

Tamsen, M., Shekarchizadeh, H., Soltanizadeh, N. (2018). Evaluation of wheat flour substitution with amaranth flour on chicken nugget properties. *LWT*, 91, 580-587.

Tomás-Barberán, F. A., Espín, J.C. (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 81, 853-876.

Trindade, R.A., Mancini-Filho, J., Villavicencio, A.I. (2009). Effects of natural antioxidants on the lipids profile of electron beam-irradiated beef burgers. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111(11), 1161-1168.

Turan, D., Capanoglu, E., Altay, F. (2015). Investigating the effect of roasting on functional properties of defatted hazelnut flour by response surface methodology (RSM). *LWT - Food Science and Technology*, 63(1), 758-765.

Turhan, S., Sagir, I., Ustun, N.S. (2005). Utilization of hazelnut pellicle in low-fat beef burgers. *MeatScience*, 71, 312-316.

Vázquez, G., Fernández-Agulló, A., Gómez-Castro, C., Freire, M.S., Antorrena, G., González-Álvarez, J. (2012). Response surface optimization of antioxidants extraction from chestnut (*Castanea sativa*) bur. *Industrial Crop and Products*, 35, 126-134.

VIEITEZ CORTIZO, E.; VIEITEZ MADRINAN, M.L. , VIEITEZ MADRINAN, F.J. (1996). El castano. Ed. Edileisa.

Wang, C.Y., Wu, S.J., Shyu, Y.T. (2014). Antioxidant properties of certain cereals as affected by food-grade bacteria fermentation. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 117 (4), 449-456.

Wani, I.A., Hamid, H., Hamdani, A.M., Gani, A., Ashwar, B.A. (2017). Physico-chemical, rheological and antioxidant properties of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) as affected by pan and microwave roasting. *Journal of Advanced Research*, 8, 399-405.

Wolfer, T.L., Acevedo, N.C., Prusa, K.J., Sebranek, J.G., Tarté, R. (2018). Replacement of pork fat in frankfurter-type sausages by soybean oil oleogels structured with rice bran wax. *Meat Science*, 145. 352-362.

Zhuang, X., Han, M., Kang, Z.L., Wang, K., Bai, Y., Xu, X.L., Zhou, G.H. (2016). Effect of the sugarcane dietary fiber and pre-emulsified sesame oil on low-fat meat batter physicochemical property, texture and microstructure. *MeatScience*, 113, 107-15.

*Páginas web consultadas:

BEDCA (Base de datos española de composición de alimentos de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición). Consultada en agosto de 2018. <http://www.bedca.net/bdpub/index.php>

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations database) (2013). Consultada en agosto de 2018. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.

MAPAMA (Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente). Consultado en agosto de 2018. <https://www.mapama.gob.es/es/>



ANEXO



*Hoja de cata del
estudio de
consumidores de
salchichas tipo
Frankfurt*

Muestra: 138

1. ¿Cuánto le gusta el **color** de la muestra?

Me disgusta extremadamente	Me disgusta muchísimo	Me disgustalevemente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gustalevemente	Me gusta muchísimo	Me gusta extremadamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. ¿Cuánto le gusta el **brillo** de la muestra?

Me disgusta extremadamente	Me disgusta muchísimo	Me disgustalevemente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gustalevemente	Me gusta muchísimo	Me gusta extremadamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. ¿Cuánto le gusta el **olor a humo**?

Me disgusta extremadamente	Me disgusta muchísimo	Me disgustalevemente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gustalevemente	Me gusta muchísimo	Me gusta extremadamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. ¿Cuánto le gusta el **olor a lino**?

Me disgusta extremadamente	Me disgusta muchísimo	Me disgustalevemente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gustalevemente	Me gusta muchísimo	Me gusta extremadamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. ¿Cuánto le gusta el **olor a aguacate**?

Me disgusta extremadamente	Me disgusta muchísimo	Me disgustalevemente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gustalevemente	Me gusta muchísimo	Me gusta extremadamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. ¿Cuánto le gusta el **olor a castaña**?

Me disgusta extremadamente	Me disgusta muchísimo	Me disgustalevemente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gustalevemente	Me gusta muchísimo	Me gusta extremadamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. ¿Cuánto le gusta el **sabor salado** de la muestra?

Me disgusta extremadamente	Me disgusta muchísimo	Me disgustalevemente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gustalevemente	Me gusta muchísimo	Me gusta extremadamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. ¿Cuánto le gusta el **sabor a lino** de la muestra?

Me disgusta extremadamente	Me disgusta muchísimo	Me disgustalevemente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gustalevemente	Me gusta muchísimo	Me gusta extremadamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. ¿Cuánto le gusta el **sabor a aguacate** de la muestra?

Me disgusta extremadamente	Me disgusta muchísimo	Me disgustalevemente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gustalevemente	Me gusta muchísimo	Me gusta extremadamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. ¿Cuánto le gusta el **sabor a castaña** de la muestra?

Me disgusta extremadamente	Me disgusta muchísimo	Me disgustalevemente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gustalevemente	Me gusta muchísimo	Me gusta extremadamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11. ¿Cuánto le gusta la **granulosidad** de la muestra?

Me disgusta extremadamente	Me disgusta muchísimo	Me disgustalevemente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gustalevemente	Me gusta muchísimo	Me gusta extremadamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. ¿Cuánto le gusta la **jugosidad** de la muestra?

Me disgusta extremadamente	Me disgusta muchísimo	Me disgustalevemente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gustalevemente	Me gusta muchísimo	Me gusta extremadamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13. ¿Cuánto le gusta la **dureza** de la muestra?

Me disgusta extremadamente	Me disgusta muchísimo	Me disgustalevemente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gustalevemente	Me gusta muchísimo	Me gusta extremadamente
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

14. ¿Cuál es su **opinión general** de la muestra?

Me **disgusta**
extremadamente

Me **disgusta**
muchísimo

Me **disgustaleve**
mente

Ni me gusta
ni me
disgusta

Me **gustaleve**
mente

Me **gusta**
muchísimo

Me **gusta**
extremadamente

1. De las muestras, indique, según su opinión, cual es:

La que **menos** le ha gustado

La que **más** le ha gustado

2. Si considera que tiene algo que puede ser de utilidad tiene estas líneas para comentárnoslo con total sinceridad.

Para finalizar. Conteste estas cuestiones de carácter general por favor:

- Sexo

Mujer

Hombre

- Edad

18-20

21-23

24-26

>26

- Frecuencia de consumo de salchichas tipo Frankfurt

Todos los días

Dos a tres veces por semana

Una vez por semana

Una vez cada dos semanas

Una vez al mes

Consumo esporádico

GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN

