

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**

**GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y
AGROAMBIENTAL**



**“EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HARINA DE QUÍNOA
(*Chenopodium quinoa* W.) SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS
Y VIDA ÚTIL DE HAMBURGUESAS DE TERNERA”**

**TRABAJO FIN DE GRADO
Enero-2018**

Autor: Alba Roldán Verdú
Tutor/es: M^a Estrella Sayas Barberá
Casilda Navarro Rodríguez De Vera



**EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HARINA DE QUÍNOA (*Chenopodium quinoa W.*)
SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS Y VIDA ÚTIL DE HAMBURGUESAS DE TERNERA**

**EFFECT OF THE INCORPORATION OF QUINOA FLOUR (*Chenopodium quinoa W.*) ON
BEEF HAMBURGERS CHARACTERISTICS AND SHELF LIFE**

Resumen:

La tendencia actual de los consumidores a mejorar sus hábitos alimenticios de forma más saludable, conduce a la industria cárnica a introducir nuevos ingredientes en sus productos. El valor nutricional de la quínoa ha favorecido que esté siendo utilizado como ingrediente en una gran variedad de alimentos, por su composición y equilibrio excepcional entre lípidos, proteínas y demás componentes. Por todo esto, resulta de interés de la incorporación de harina de quínoa en diferentes productos cárnicos.

En este trabajo se estudió la viabilidad tecnológica de la incorporación de diferentes concentraciones de harina de quínoa en la elaboración de hamburguesas de ternera. Los resultados mostraron que, a concentraciones de 5, 10 y 15 % de harina de quínoa, la calidad de las hamburguesas no se ve afectada y se mejoran sus propiedades de cocción.

Abstract:

The current trend of consumers to improve their eating habits, in a healthier way, leads the meat industry to development new ingredients to be incorporated into their products. The nutritional value of quinoa has contributed being used as a food ingredient in a wide variety of foods; due to its composition and exceptional balance between lipids, proteins and other components. Therefore, the study of the incorporation of quinoa flour in different meat products is of interest.

The aim of this work is to study the technological viability of different concentrations of quinoa flour added to beef burgers. Results show that quality and cooking properties of beef burgers are not affected by incorporation of quinoa flour at 5, 10 and 15%.

Palabras clave:

Quínoa Hamburguesa Ternera Vida útil

Keywords:

Quinoa Burger Beef Shelf life





Agradecimientos

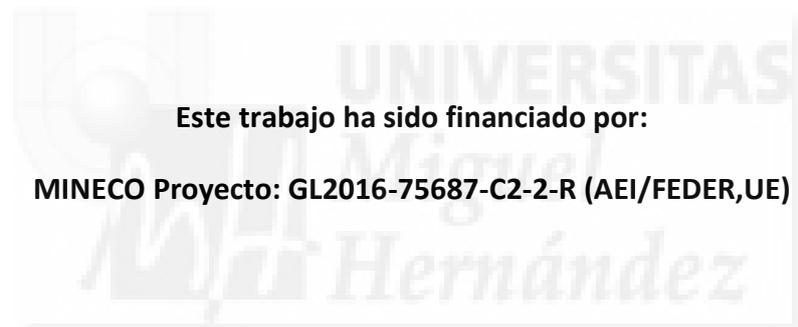
A mis padres y familiares,
por el apoyo recibido y por
darme esta oportunidad.

A Claudio Rosique,
por ayudarme y acompañarme en
este largo camino.

A mis tutoras
M^a Estrella Sayas Barberá y Casilda Navarro Rodríguez De Vera
por haber contribuido y hecho posible el desarrollo de este trabajo.

A mi profesor Salvador Castillo García
por su consejo y ayuda a lo largo de este trabajo.

A Angels Ceresola, Arnau Martín,
Tatiana Medina y Alexandra Filimon,
por su motivación, ánimo y consejos.



Este trabajo ha sido financiado por:

MINECO Proyecto: GL2016-75687-C2-2-R (AEI/FEDER,UE)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 PRINCIPALES CIFRAS DEL SECTOR CÁRNICO ESPAÑOL	10
1.2 TENDENCIAS ACTUALES EN EL SECTOR CÁRNICO ESPAÑOL	11
1.3 LA QUÍNOA	12
1.3.1 HISTORIA, ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	12
1.3.2 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL	14
1.4 LA QUÍNOA COMO INGREDIENTE ALIMENTARIO	18
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO PRINCIPAL	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL	23
3.2 ELABORACIÓN DEL PREPARADO CÁRNICO, HAMBURGUESAS DE TERNERA	23
3.3 METODOS ANALÍTICOS	27
3.3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE QUÍNOA (<i>Chenopodium quinoa W.</i>)	27
3.3.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS HAMBURGUESAS	29
3.3.3 ESTUDIO DE LA VIDA ÚTIL	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1 CARACTERIZACIÓN HARINA DE QUÍNOA	36
4.2 CARACTERIZACIÓN HAMBURGUESAS DE TERNERA	38
4.2.1 Composición química	38
4.2.2 Propiedades físico-químicas.....	39
4.2.3 Análisis sensoriales.....	40
4.3 VIDA ÚTIL	41
4.3.1 Evolución del color durante el almacenamiento en los días 0, 2, 5 y 7.	42
4.3.3 Propiedades de cocción durante el almacenamiento de las hamburguesas de ternera en los días 0, 2, 5 y 7.	47
4.3.4 Evolución de los análisis sensoriales.	48
4.3.5 Evolución de las poblaciones microbianas en hamburguesas de ternera durante su almacenamiento en refrigeración.	51
5. CONCLUSIONES	54
6. BIBLIOGRAFÍA	56

1. INTRODUCCIÓN



1.1 PRINCIPALES CIFRAS DEL SECTOR CÁRNICO ESPAÑOL

El sector cárnico formado por mataderos, salas de despiece e industrias de elaborados, tiene un tejido industrial constituido básicamente por casi 3.000 pequeñas y medianas empresas, distribuidas por toda la geografía española, especialmente en zonas rurales, constituyendo en nuestro país el cuarto sector industrial, por detrás del sector automovilístico, la industria del petróleo y combustibles y la producción y distribución de energía eléctrica. Aunque una parte significativa del sector son pequeñas y medianas empresas, esto no ha impedido el gradual desarrollo y consolidación de grandes grupos empresariales, algunos de ellos líderes a escala europea (ANICE, 2018).

La industria cárnica toma el primer lugar de toda la industria española de alimentos y bebidas, representando una cifra de negocio de 22.168 millones de euros, más el 21,6% de todo el sector alimentario español (ANICE, 2018).

Esta cifra de negocio supone aproximadamente el 2% del PIB total español (a precios de mercado) y el 14% del PIB de la rama industrial, y el empleo sectorial directo de nuestras empresas, 80.979 trabajadores, representa igualmente más del 20% de la ocupación total de la industria alimentaria española (ANICE, 2018; Álvarez, 2017).

Representa uno de los sectores más potentes y dinámicos, debido a su facturación, pasando por una continua evolución, desde la fase más artesanal hasta la incorporación de nuevas tecnologías en la elaboración de los diferentes productos, mejorando así la seguridad alimentaria en toda la cadena de producción y la gestión empresarial.

Durante los últimos años España se encuentra fuertemente ligada a las exportaciones por su gran nivel de autoabastecimiento. Por consiguiente, las empresas cárnicas incrementaron sus producciones.

En 2016 España alcanza la cifra récord del sector, con una producción de 6,46 millones de toneladas, y una cifra de exportación de 5.778 millones de euros en carnes y derivados cárnicos (Cruz, 2017).

Figura 1 se muestra la evolución de la producción cárnica en España. Comparando las cifras de 2015 con 2016 se observa una disminución en el crecimiento de la industria cárnica en este último año. Aunque el récord se encabeza en 2016, en el periodo de 2015 el crecimiento fue mayor respecto del 2014. La producción en 2016 alcanzó un porcentaje de 4,7 % (6,46 millones de toneladas), mientras que la cifra en 2015 fue de un 5,8 % respecto del 2014 (Cruz, 2017).

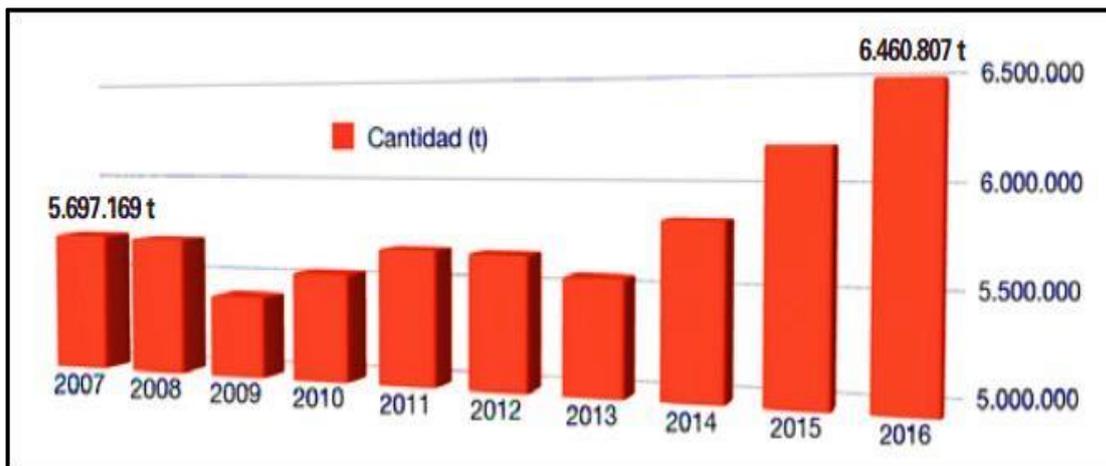


Figura 1.- Evolución de la producción cárnica en España. Fuente: Cruz, (2017)

Durante el primer semestre de 2017, se produjo una disminución en la producción, obteniéndose una cifra de 3,28 millones de toneladas de carne (Tabla 1). Este valor supuso un descenso del 1,3 % menos que el obtenido en el 2016 para el mismo semestre (Cruz, 2017).

Tabla 1.- Producción cárnica durante el primer semestre de 2017.

Especie animal	Producción (t)
Porcino	2.118.531
Aves	750.566
Vacuno	312.612
Ovino	58.387
Conejos	29.401
Equino	5.716
Caprino	5.106
Total	3.280.319

Fuente: Cruz (2017)

1.2 TENDENCIAS ACTUALES EN EL SECTOR CÁRNICO ESPAÑOL

En la actualidad hay una tendencia creciente hacia el consumo de productos con mayor valor nutritivo y que aporten beneficios a nuestra salud. La industria alimentaria tiene que adaptarse a esta tendencia y debe incorporar a sus productos propiedades naturales, funcionales y/o saludables. Para ello, las industrias o bien incorporan ingredientes naturales, o bien eliminan o reducen componentes, con la finalidad de modificar sus propiedades y obtener productos de mayor calidad o incrementar sus beneficios para el organismo.

Esta preferencia de la población apareció cuando las organizaciones de la salud asociaron el aumento de ciertas enfermedades como el cáncer, diabetes, obesidad,

con el elevado consumo de grasas y azúcares. Este hecho motivó a los consumidores a preocuparse por sus dietas e intentar cada vez más cambiar sus hábitos alimenticios y tener una vida más saludable. Esta relación de enfermedades crónicas pone de manifiesto la posibilidad que tienen los alimentos de ayudar e incluso mejorar la salud de los consumidores.

Esta aparición de enfermedades crónicas pone de manifiesto la posibilidad que tienen los alimentos de ayudar e incluso mejorar la salud de los consumidores.

Como consecuencia, la industria agroalimentaria debe realizar una serie de cambios con el fin de adaptarse a esta nueva tendencia del consumidor, por ello se han elaborado nuevos productos e ingredientes, con nuevas fórmulas para obtener un producto final, no solo con gran valor nutritivo, si no, que además aporte un beneficio para la salud humana (Navarro, 2009).

Los cambios realizados por la industria agroalimentaria pueden ser clasificados en:

- Alimentos naturales
- Incorporación de uno o varios componentes en un alimento
- Eliminación de uno o varios componentes en un alimento
- Modificación de sus componentes

En cuanto a la incorporación de uno o varios componentes en un alimento, se trata en cuestión, de la incorporación de ingredientes funcionales o bioactivos en alimentos que de forma natural no los poseen. El objetivo principal es fortalecer la dieta de los consumidores con estos productos que tienen efectos beneficiosos sobre la salud (Palanca *et al.*, 2006).

Dentro de estos ingredientes funcionales se encuentra la quínoa, (*Chenopodium quínoa* W.), la cual tiene una composición y un equilibrio excepcional entre lípidos, proteínas y demás componentes. Sus propiedades funcionales también están ligadas a sus contenidos en minerales, vitaminas, ácidos grasos y antioxidantes (Vega-Gálvez *et al.*, 2010).

1.3 LA QUÍNOA

1.3.1 HISTORIA, ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La quínoa o quinua (*Chenopodium quínoa* W.) fue descubierta por primera vez en sus aspectos botánicos por Willdenow en 1778 y en 1551 Pedro de Valdivia informa al Rey Carlos I de la existencia de la quínoa, el maíz y las papas en el sur de Chile. Es una especie nativa de Sudamérica, cuyo centro de origen se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú.



Figura 2.- Imagen de campos de quínoa en el altiplano boliviano. Imagen de Claudio Guzmán. Fuente: FAO

Las culturas precolombinas cultivaron sus granos en la región Andina desde hace 5.000 a 7.000 años y han sido utilizados para su alimentación en valles interandinos, en zonas más frías, así como en zonas más altas y áridas, como en el altiplano (Bojanic, 2011; González y Prado, 2013).

El origen más concreto del grano de quínoa de mayor variación genética se encuentra en las orillas del Lago Titicaca encontrándose la mayor diversidad entre Potosí, Bolivia y Sicuani (Cusco). En la conservación y la domesticación del grano han participado culturas como la Tiahuanacota y la Incaica (Bojanic, 2011).

La zona andina incluye uno de los ocho importantes centros de domesticación de plantas cultivadas del mundo, dando inicio a uno de los sistemas agrícolas más sostenibles y con mayor diversidad genética del planeta. La quínoa muestra la mayor distribución de formas, diversidad de genotipos y de progenitores silvestres en los contornos del lago Titicaca de Perú y Bolivia. Hay claras evidencias de la distribución de sus parientes silvestres, botánicos y citogenéticos, lo que asegura que su domesticación se logró a raíz de un largo tiempo, hasta conseguir la planta domesticada y cultivada a partir de la silvestre que hoy se conoce.

La distribución geográfica de este grano andino se prolonga desde los 5 de Latitud Norte al sur de Colombia, hasta los 43 de Latitud Sur en la Décima Región de Chile y su distribución altitudinal varía desde el nivel del mar en Chile hasta los 4000 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar) en el altiplano que comparten Perú y Bolivia, existiendo así, quínoas de costa, de valles, de valles interandinos, de puna y quínoas de altiplano (Rojas *et al.*, 2010).

Su cultivo tiene una gran adaptabilidad a diferentes suelos agroecológicos. Puede crecer con humedades relativas del 40% hasta el 80%, soportar temperaturas desde -4°C hasta 38°C y es resistente a la carencia de humedad permitiendo producciones admisibles con precipitaciones de 100 a 200 mm.

El hecho de que las semillas de quínoa incrementaran su tamaño y modificaran su color de negro a amarillo, rosado y blanco, es una clara evidencia de que las personas andinas practicaron con triunfo la domesticación y el mejoramiento genético de esta especie.

Su alto valor nutricional fue descubierto por los Incas, cuyo consumo reemplazaba al de las proteínas animales y aun actualmente sigue siendo una gran fuente proteica (Mujica y Jacobsen, 2006).

La quínoa además de presentar gran valor nutricional tiene otras potencialidades como su utilización como forraje para la alimentación animal debido entre otras propiedades a la cantidad de proteínas y fibras que poseen sus tallos y hojas. Sus hojas frescas pueden ser consumidas por ovinos, bovinos, camélidos, caprinos y peces (González *et al.*, 2016).

Su cultivo se está expandiendo a otros continentes y en la actualidad se está cultivando en varios países de Europa y de Asia con altos niveles de rendimiento (Bojanic, 2011).

En España, este alimento también conocido con el nombre de «arroz inca», es cultivado en el Bajo Guadalquivir, provincia de Sevilla, convirtiéndose el término municipal de Lebrija en uno de los mayores productores de quínoa de Europa en el 2015 (Hernández, 2015).

Según el Director General de la FAO, José Graziano de Silva, la quínoa es un importante alimento en cuanto a la erradicación del hambre, la pobreza y la desnutrición, por lo que se llevó a cabo el 20 de febrero de 2013 el Año Internacional de la Quínoa en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York.

1.3.2 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

La quínoa es potencialmente importante tanto a nivel social, ecológico, nutricional y funcional, debido a que sus granos se han adaptado a las condiciones adversas que se dan en la zona andina. Posee características agronómicas y de adaptabilidad ecológica, y destaca por las distintas formas en las que puede ser preparada, ofreciendo una gran variedad culinaria a la cual se le suma su alto valor nutricional por poseer proteína rica en histina y lisina (Rojas *et al.*, 2010; Romo *et al.*, 2006).

En la Figura 3 se aprecia el contenido de macronutrientes de los granos andinos, comparados con el trigo, donde se observan las diferencias en cantidad y calidad.

En la Figura 4 se observa la composición química de la quínoa y de los cereales en base seca.

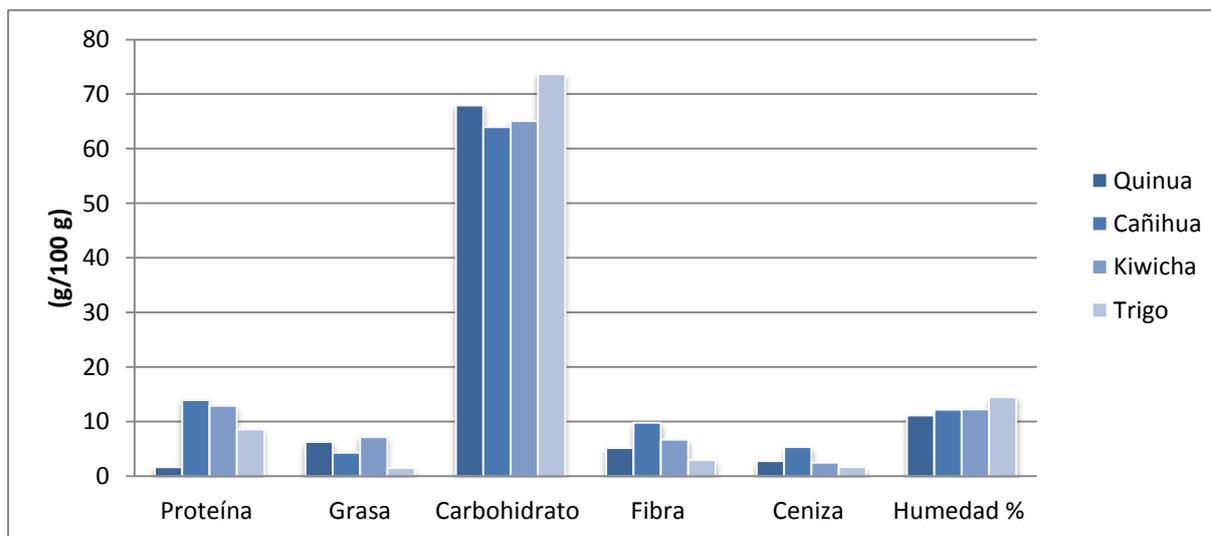


Figura 3.- Contenido de macronutrientes de los granos andinos, comparados con el trigo. Fuente: Ayala (2004)

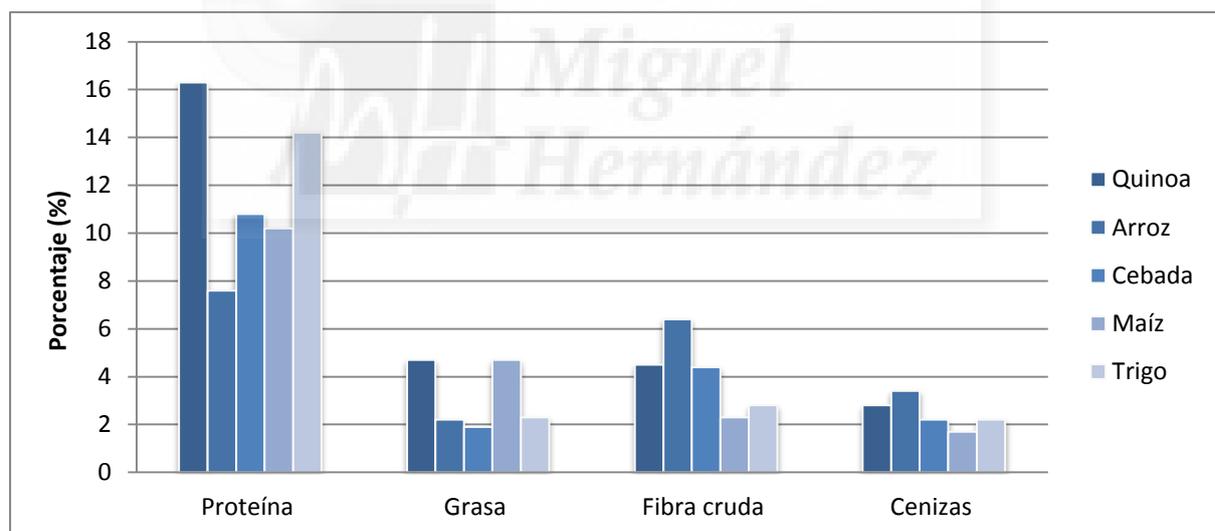


Figura 4.- Composición química de quínoa y de cereales en base seca. Fuente: Romo *et al.* (2006)

Las proteínas están formadas por 22 aminoácidos con gran importancia a nivel fisiológico. De estos 22 aminoácidos el organismo del ser humano es capaz de sintetizar 14 a partir del adecuado suministro de nitrógeno; y los aminoácidos esenciales, aquellos que no pueden ser sintetizados por el organismo, deben ser suministrados por los alimentos. Entre ellos encontramos la isoleucina, lisina,

metionina, fenilalanina, treonina, valina triptófano, leucina, y para los infantes también la histina.

La quínoa presenta el contenido en aminoácidos más completo del planeta, constituido especialmente por histina y lisina, aminoácidos esenciales que pueden ser aportados al organismo incluyendo la quínoa en la dieta ya que se aproxima al patrón dado por la FAO para los requerimientos nutricionales de humanos y que son limitantes en otras semillas, como los cereales, aspecto que actualmente es atractivo para los mercados nacional e internacional (Maldonado, 2010; Romo *et al.*, 2006).

La Figura 5 evalúa el contenido de los aminoácidos lisina, metionina, treonina y triptófano en las proteínas de los granos andinos.

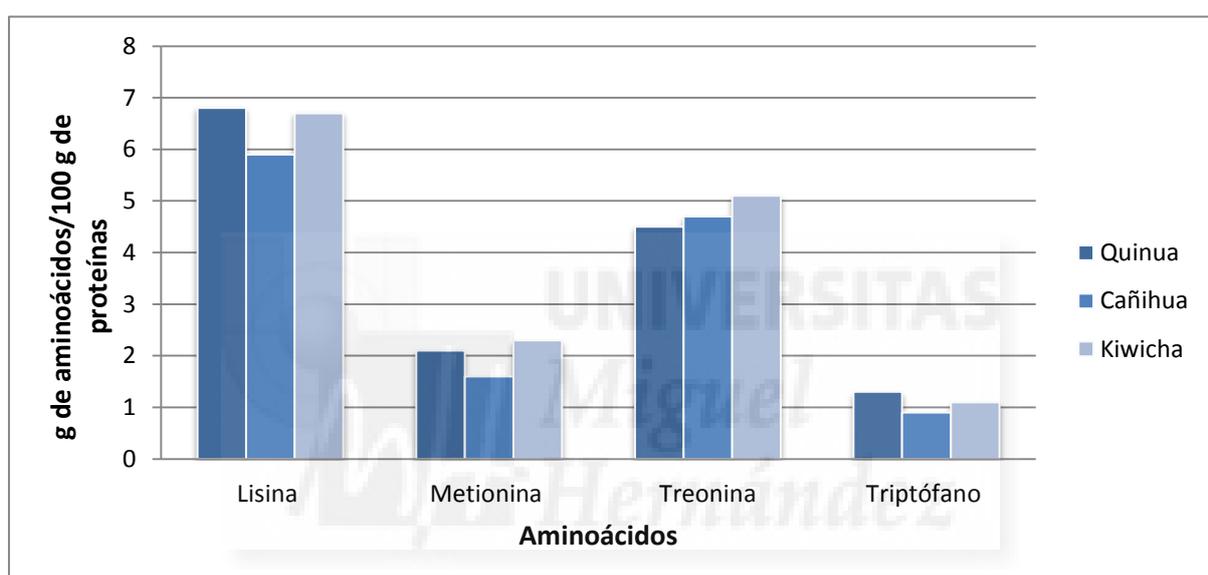


Figura 5.- Contenido de aminoácidos lisina, metionina, treonina y triptófano en las proteínas de los granos andinos. Fuente: Ayala (2004)

Estos aminoácidos se encuentran en mayor cantidad al ser comparados con los cereales, pobres en lisina y treonina y las leguminosas pobres en aminoácidos azufrados: metionina + cistina (Tabla 2).

El grano de la quínoa tiene casi todos los minerales en un nivel superior a los cereales, su contenido de hierro, es dos veces más alto que el del trigo y tres veces más alto que el del arroz (Tabla 3).

Tabla 2.- Composición en aminoácidos del grano de quínoa, arroz, trigo y alimentos respecto del patrón dado por la FAO.

Aminoácido	Quínoa	Arroz	Trigo	Carne	Pescado	Leche	FAO*
	g aminoácidos/100 g de proteína						
Arginina	6,8	6,9	4,5	6,4	5,1	3,7	5,0
Fenilalanina	4,0	5,0	4,8	4,1	37	1,4	6,0
Histidina	2,8	2,1	2,0	3,5	-	2,7	3,0
Isoleucina	7,1	4,1	4,2	5,2	5,1	10	4,0
Leucina	6,8	8,2	6,8	8,2	7,5	6,5	7,0
Lisina	7,4	3,8	2,6	8,7	8,8	7,9	5,5
Metionina	2,2	2,2	1,4	2,5	2,9	2,5	3,5
Treonina	4,5	3,8	2,8	4,4	4,3	4,7	4,0
Triftófano	1,3	1,1	1,2	1,2	1,0	1,4	1,0
Valina	3,4	6,1	4,4	5,5	5,0	7,0	5,0

Fuente: Romo *et al.* (2006)

*FAO: Valores recomendados por la FAO.

Tabla 3.- Contenido de minerales en el grano de la quínoa de trigo y de arroz.

Mineral	Quínoa	Trigo	Arroz
	mg/100 g alimento		
Calcio	148,7	50	27,6
Fósforo	383,7	380	284,5
Hierro	13,2	5	3,7
Potasio	926,7	500	212
Magnesio	246,9	120	118
Sodio	12,2	10	12
Cobre	5,1	0,5	0,4
Manganeso	10	2,9	0

Fuente: Romo *et al.* (2006)

Sin embargo, el grano de la quínoa no puede ser consumido directamente por la presencia de las saponinas.

El grano se puede clasificar según su contenido de saponina en:

- Quínoa libre (lavada): con 0,00 % de saponina
- Quínoa dulce: < 0,06 % de saponina (variedad Piartal)
- Quínoa amarga: >0,16 % de saponina (variedades Pastos y Quillacinga)

Las saponinas son fitoquímicos naturales que se producen en tres de cuatro especies de plantas. En el reino vegetal, estos fitoquímicos protegen a la planta de ser

comida por distintos animales, por lo que aporta al grano un sabor amargo (Böttcher y Drusch, 2017).

Sus soluciones acuosas producen una gran cantidad de espuma estable, por esta razón su nombre genérico proviene del latín *sapon* (jabón) (Hernández, 1997).

Su sabor amargo puede limitar la aplicación nutricional de las variedades donde se encuentran en mayores cantidades (Böttcher y Drusch, 2017).

Las saponinas deben ser eliminadas del grano, mediante lavado, antes de ser consumido (Böttcher y Drusch, 2017).

1.4 LA QUÍNOA COMO INGREDIENTE ALIMENTARIO

Actualmente, los consumidores muestran una mayor tendencia al consumo de productos saludables debido a la relación entre la alimentación y determinadas enfermedades (diabetes, obesidad, cardiopatías), provocado, muchas de éstas, como consecuencias de la ingesta de productos alimentarios con contenidos elevados de grasas y azúcares.

Los consumidores reciben abundante información, desde los medios de comunicación y desde las áreas de marketing de las propias marcas comerciales, acerca de la relación entre el binomio alimentación y salud. Esta oportunidad para la industria alimentaria ha impulsado el desarrollo de nuevas líneas de productos, constituyendo un importante reclamo para su consumo, gracias a los efectos más saludables de estos nuevos productos. Una de las líneas más importante constituye el incorporar al producto un ingrediente o nuevo ingrediente, para el cual se ha demostrado sus efectos beneficiosos (antioxidante, contenido en fibra dietética,...). La industria cárnica, debido a este gran interés de la población de enriquecer sus dietas, está desarrollando nuevos productos cárnicos mejorados y más saludables, incorporando ingredientes funcionales, como fibras de diversos orígenes (Sánchez-Zapata *et al.*, 2010; López-Vargas *et al.*, 2014).

Dentro de esta línea de producción, en esta última década, el valor nutricional de la quínoa ha impulsado a la industria alimentaria a su utilización como ingrediente alimentario en una gran variedad de alimentos. Actualmente en el mercado se comercializan productos como el arroz integral con quínoa, cremas con quínoa, aros horneados de maíz y quínoa y barritas de chocolate con quínoa, entre muchas otras (<http://chiquimeats.edu.umh.es/category/noticias/>).

La harina de quínoa (HQ) ha sido utilizada para desarrollar formulaciones optimizadas de galletas para celíacos y se ha sustituido la harina de trigo por harina de quínoa en panificación (Villarroel *et al.*, 2009; Rodríguez-Sandoval *et al.*, 2012).

También ha sido utilizada para enriquecer el pan dulce pre-cocido y como complemento del pan de molde para evaluar su tiempo de vida útil (Alvares y Tusa, 2009; De la Cruz Quispe, 2009).

Además el sector cárnico está utilizando la quínoa para obtener productos con nuevas propiedades nutricionales y para desarrollar nuevos productos cárnicos funcionales. La proteína vegetal de la quínoa es utilizada en la elaboración de distintos productos cárnicos, por su contenido en aminoácidos esenciales y su contenido en grasas de alto valor biológico debido a su alto porcentaje de ácidos grasos no saturados (Peña *et al.*, 2015).

Debido al gran interés de la población de enriquecer sus dietas con productos mejorados y más saludables se han desarrollado estudios sobre la elaboración y evaluación de salchichas tipo frankfurt con sustitución de harina de trigo por harina de quínoa desaponificada, igualmente se han desarrollado productos cárnicos funcionales tipo salchicha, bajo en grasa, mediante la adición de harina de quínoa obtenido la mejor variante en salchichas elaboradas con un 5 % de HQ y un 8 % de grasa (Montañez y Perez, 2007; Peña *et al.*, 2015).

En embutidos crudo-curados, tipo chorizo rojo, se ha incorporado harina de quínoa tratada térmicamente y deshidratada, obteniendo resultados óptimos y reduciendo los tiempos de maduración del chorizo rojo para concentraciones del 3 % de HQ, no provocando modificaciones en el color del embutido y manteniéndose autoestables a los 14 días (Escámez, 2017).

Un aspecto a destacar, es que la mayoría de la población infantil y adolescente no presenta una preferencia alimentaria muy saludable y se alejan de las recomendaciones de las OMS, con una preferencia hacia la comida rápida evitando el consumo de pescados y de vegetales. Todo ello conlleva al aumento del riesgo de enfermedades crónicas, como las cardiovasculares y la obesidad. Entre los alimentos más preferentes de esta población se encuentran las hamburguesas, por lo que la industria cárnica debe hacer lo posible para obtener formulaciones más equilibradas y más saludables. Entre una de esas posibilidades puede encontrarse la incorporación de ingredientes más saludables, como fibra (Aleson-Carbonell *et al.*, 2005; Besbes *et al.*, 2008; Sayas-Barberá *et al.*, 2011) y como la quínoa, actualmente no se han encontrado estudios sobre el efecto de la incorporación de quínoa en preparados de carne.

Son muchos los esfuerzos que se llevan a cabo en la investigación sobre la mejora de los productos cárnicos y, sobre todo, en aquellos destinados o más consumidos por la población infantil y juvenil. De aquí que con este trabajo se pretende introducir un ingrediente, potencialmente funcional como la harina de quínoa, en un derivado cárnico, hamburguesas de ternera, con la finalidad de mejorar su perfil nutricional.

2. OBJETIVOS



2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

El objetivo principal de este trabajo ha sido estudiar el efecto de la incorporación de diferentes concentraciones de harina de quínoa (*Chenopodium quínoa* W.) en un sistema modelo cárnico fresco, hamburguesa de ternera, con el fin de estudiar su efecto sobre su calidad y durante su conservación en refrigeración. Los resultados sobre la interacción de la harina de quínoa con la matriz cárnica durante la vida útil de las hamburguesa de ternera, permitirá evaluar su viabilidad tecnológica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos de este trabajo fin de grado son los siguientes:

1. Caracterización de la harina de quínoa empleada determinando la composición química, sus propiedades físico-químicas, sus propiedades tecno-funcionales y su calidad microbiana.
2. Incorporar diferentes concentraciones de harina de quínoa (0, 5, 10 y 15 %) en un modelo cárnico fresco, tipo hamburguesa de ternera.
3. Estudiar la composición química (proteínas, grasas y humedad) de las hamburguesas.
4. Estudiar el efecto de la incorporación de harina de quínoa sobre las características físico-químicas de un sistema modelo de producto cárnico fresco, determinado su color, su pH y a_w .
5. Estudiar las propiedades sensoriales del preparado cárnico antes y después de su cocinado.
6. Estudiar la vida útil del preparado cárnico, hamburguesas de ternera, con inclusión de diferentes concentraciones de harina de quínoa, evaluando el comportamiento de sus propiedades físico-químicas.
7. Determinar las propiedades de cocción de hamburguesas de ternera con diferentes concentraciones de harina de quínoa durante su conservación en refrigeración.
8. Estudiar la calidad microbiológica durante su conservación en refrigeración de las hamburguesas de ternera con diferentes concentraciones de harina de quínoa.

3. MATERIALES Y MÉTODOS



3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para este trabajo se elaboró un preparado cárnico, hamburguesas de ternera, al que se le añadió como nuevo ingrediente harina de quínoa a diferentes concentraciones: 0 % (muestra control), 5, 10 y 15 %. Tras su elaboración se almacenaron en bandejas de poliestireno expandido, envueltas con polietileno de baja densidad (Figura 11) y se conservaron en cámara frigorífica a $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 7 días.

Previamente a su utilización la harina de quínoa fue analizada para su caracterización química (humedad y cenizas), físico-química (pH, a_w y color), tecno-funcional (capacidad de retención de agua y capacidad de retención de aceite) y microbiológica.

Para la caracterización de las hamburguesas a tiempo 0 se determinó su composición química (proteínas, grasas y humedad), sus características físico-químicas (pH, a_w y color) y sus propiedades sensoriales después del cocinado.

Durante su conservación en refrigeración, se tomaron muestras a tiempos 2, 5 y 7 días, para el estudio de la evolución de sus propiedades físico-químicas (pH, a_w y color (CIE $L^*a^*b^*$)), propiedades de cocción (rendimientos (%) y disminución de diámetro (%)), evolución de sus propiedades sensoriales (antes del cocinado) y los recuentos microbianos (enterobacterias, bacterias aerobias totales y bacterias lácticas).

3.2 ELABORACIÓN DEL PREPARADO CÁRNICO, HAMBURGUESAS DE TERNERA

Para evaluar el efecto de la incorporación de harina de quínoa en un preparado cárnico se elaboraron 4 lotes de hamburguesas de ternera. Se utilizó una formulación comercial, cuyos ingredientes principales fueron aguja de ternera, sal y especias. A esta fórmula base se incorporaron diferentes concentraciones de quínoa (5, 10 y 15 %) seleccionadas según estudios previos.

Para la realización de este experimento se empleó aguja de ternera adquirida en un supermercado local de Murcia (España), fue transportada y conservada en refrigeración hasta el momento de su elaboración.

Además se utilizó como nuevo ingrediente, harina integral ecológica de quínoa blanca (HQ), (*Chenopodium quínoa W.*), de origen Perú. Para evitar el proceso de extracción de las saponinas del grano de quínoa en este estudio se ha utilizado harina de quínoa que ha pasado por un proceso de eliminación de las mismas.

Muestras de harina de quínoa fueron seleccionadas para su caracterización química (humedad y cenizas), físico-química (pH, a_w y color), tecno-funcional (capacidad de retención de agua y capacidad de retención de aceite) y microbiológica.

Las diferentes especias utilizadas para la elaboración de las hamburguesas se adquirieron en una empresa de ingredientes alimentarios localizada en la Región de Murcia.

Para la elaboración se utilizó:

- Perejil (*Petroselinum crispum*)
- Ajo en polvo (*Allium sativum*)
- Sal fina
- Pimienta blanca molida

En la Tabla 4 se recogen las formulaciones (%) de los diferentes lotes de hamburguesas elaboradas. En la Figura 6 se puede apreciar el diagrama de flujo de las distintas etapas del proceso de elaboración de las hamburguesas de ternera.

Tabla 4.- Formulación hamburguesas de ternera por lotes.

FORMULACIÓN HAMBURGUESAS DE TERNERA				
INGREDIENTES (%)	LOTE			
	CONTROL	5%	10%	15%
CARNE	100	100	100	100
SAL *	1,5	1,5	1,5	1,5
PEREJIL *	0,5	0,5	0,5	0,5
PIMIENTA*	0,1	0,1	0,1	0,1
AJO*	0,05	0,05	0,05	0,05
QUÍNOA *	0	5	10	15

*En relación al % de carne

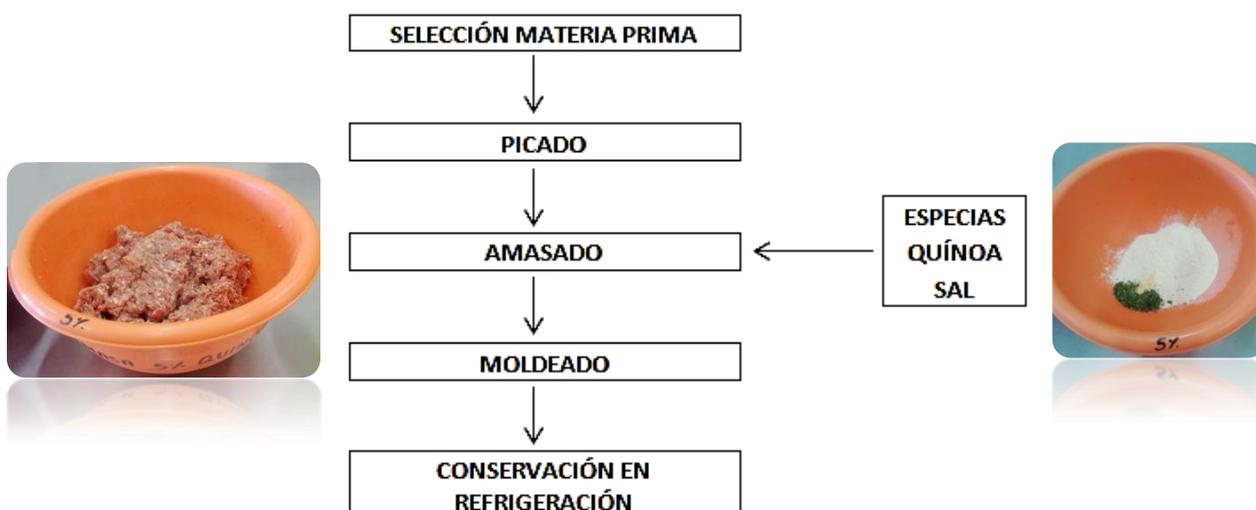


Figura 6.- Diagrama de flujo seguido para la elaboración de las hamburguesas de ternera con incorporación de distintas concentraciones de harina de quínoa.

Una vez seleccionada la materia prima (aguja) se procedió a su picado, seguidamente se incorporó la cantidad de harina de quínoa establecida en la Tabla 4 para cada lote por separado, junto con la cantidad de especias y sal (Figura 7). A continuación se realizó el amasado, con una duración de aproximadamente 3 minutos, para todos los lotes.



Figura 7.- (1) Carne picada, (2) incorporación de harina de quínoa.

Una vez obtenida una masa consistente se procedió a la división en porciones de aproximadamente 60 g (Figura 8).

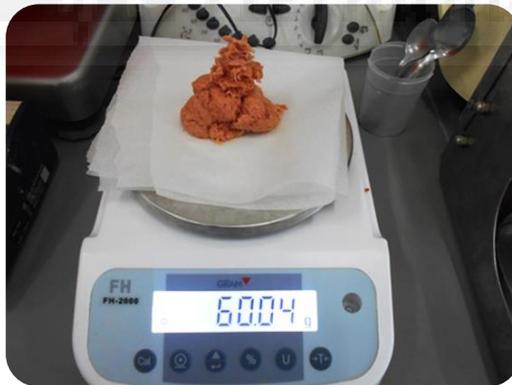


Figura 8.- Formación de porciones de masa cárnica

Cada porción de masa fue moldeada en una formadora de hamburguesas comercial (9 cm de diámetro interno) (Figura 9 y 10) y se obtuvieron hamburguesas de unos 60 g y 1 cm de grosor, aproximadamente.



Figura 9.- Moldeadora de hamburguesas.



Figura 10.- Detalle de la colocación de films y de las hamburguesas recién moldeadas.

Una vez elaboradas las hamburguesas fueron envasadas en bandejas de poliestireno expandido, envueltas con polietileno de baja densidad (Figura 11) y se almacenaron en cámara frigorífica a $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 7 días.



Figura 11.- Hamburguesas de ternera envasadas en poliestireno expandido y envueltas con polietileno de baja densidad.

Muestras de cada lote fueron analizadas a día 0, 2, 5 y 7, para su caracterización y estudio de su vida útil.

Para la caracterización de las hamburguesas a tiempo 0, muestras de cada lote (7 unidades por lote) fueron analizadas para su composición química (proteínas (%), grasas (%) y humedad (%)), sus características físico-químicas (pH, a_w y color) y sensorial tras el cocinado.

Durante su conservación en refrigeración a tiempos 2, 5 y 7 días, se muestrearon 7 unidades por lote y se estudió la evolución del color (CIE L*a*b*), pH y a_w , propiedades de cocción (rendimientos (%) y disminución de diámetro (%)), evolución de sus propiedades sensoriales (antes de su cocinado) y los recuentos microbianos (enterobacterias, bacterias aerobias totales y bacterias lácticas), para su comparación con los resultados a tiempo 0.

3.3 METODOS ANALÍTICOS

3.3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE QUÍNOA (*Chenopodium quinoa* W.)

Para la caracterización de la harina de quínoa se han determinado los siguientes parámetros: composición química (humedad (%), cenizas (%)), propiedades físico-químicas (pH, a_w y color), propiedades tecno-funcionales (capacidad de retención de agua y capacidad de retención de aceite) y su calidad microbiana (enterobacterias y bacterias aerobias).

3.3.1.1 Composición química de la harina de quínoa

La determinación del contenido de humedad se realizó siguiendo las directrices descritas en el método de la AOAC 24.003 (AOAC, 1990), mediante la estufa modelo P. selecta (Barcelona, España), los resultados se expresan en porcentaje (%) (g de agua / 100 g de muestra). Las determinaciones se realizaron por duplicado.

La determinación de cenizas se realizó con el protocolo de la Norma ISO R-1832 (2017). Se realizó mediante una incineración de la muestra (5 g) en mufla a 550°C hasta aparición de cenizas blancas. Los resultados se expresaron en porcentaje (%) (kg de ceniza/ 100 kg de muestra). Las determinaciones se realizaron por duplicado.

3.3.1.2 Propiedades físico-químicas de la harina de quínoa

Para la determinación de pH se empleó un equipo Crison micro pH meter 2001 (modelo 507, Crison, Barcelona, España) con un electrodo de punción para alimentos sólidos Crisol Cat. Nr 52 (Crison Instrument, S.A Alella, Barcelona). Se realizaron las determinaciones por duplicado.

La medida de actividad de agua se realizó en un equipo Novasina (SPRINT TH-500, Pfäffikon, Suiza). Las medidas se realizaron a una temperatura de trabajo de 25°C y por duplicado.

El color fue estudiado en el espacio de color CIE L*a*b* definiéndose las coordenadas: Luminosidad (L^*), Coordenada a^* (rojo/verde) y coordenada b^* (amarillo/azul).

El tono (h) y el croma (C^*) fueron calculados sobre estas coordenadas utilizando las ecuaciones:

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

Se utilizó el espectrofotómetro CM-700d (Spectrophotometers CM-700d, Konica Minolta, Japón), utilizando D65 como iluminante y con un ángulo observador de 10° y Modo SCI, con apertura del instrumento. Se realizaron nueve medidas por muestra (American Meat Science Association, 2012).

3.3.1.3 Propiedades tecno-funcionales

La capacidad de retención de agua (CRA) se determinó con el método Robertson *et al.* (2000) con algunas modificaciones; se adicionaron 30 ml de agua destilada a 1 g de muestra y se dejó reposar durante 18 h. Tras el reposo se centrifugó durante 20 min a 3000 rpm y se pesó el residuo. La CRA se calculó como g de agua retenida por g de muestra. El análisis de la muestra se realizó por duplicado.

Para la determinación de la Capacidad de retención de aceite (CRO) se siguió el mismo procedimiento que para la CRA, sustituyéndose el agua destilada por aceite de semillas (Viuda-Martos *et al.*, 2015). Los resultados se calcularon como g de aceite retenidos por g de muestra. El análisis de la muestra se realizó por duplicado.

3.3.1.4 Análisis microbiológicos

El recuento de enterobacterias y de bacterias aerobias totales se realizó con placas Petrifil™ (3M España S.A).

Se utilizó agua de peptona para hacer la dilución 10^{-1} (10 g del producto cárnico con 90 ml de agua de peptona) y a partir de esta se procedió al resto de diluciones también con agua de peptona.

Para las diluciones seleccionadas se procedió a la siembra con 1 ml de la suspensión en el centro de la placa Petrifilm™.

Finalmente se incubaron las enterobacterias durante 24 horas a 37°C, y las bacterias aerobias totales (BAM) se incubaron a 35°C durante 48 horas.

3.3.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS HAMBURGUESAS

Para la caracterización de las hamburguesas se determinó su composición química (proteínas (%), grasas (%) y humedad (%)), sus características físico-químicas (pH, a_w y color) y sensorial (tras el cocinado).

3.3.2.1 Composición química de las hamburguesas

Las proteínas se determinaron según el método AOAC 24.007 (AOAC, 1990) y los resultados se expresaron en porcentaje de proteína total (%) (g de proteína / 100 g de muestra) para expresar el resultado en porcentaje de proteína se multiplico el valor de nitrógeno total por 6,25. Las determinaciones de proteína se realizaron a las hamburguesas de ternera del día 0 y con las concentraciones de quínoa de 0, 10 y 15%.

El contenido de las grasas se realizó de acuerdo con el método de la AOAC 24.005 (AOAC, 1990), utilizando el extractor Soxhlet J.O, Selecta Mo.6003286 (J.O Selecta S.A Abrera, Barcelona, España). Los resultados se expresaron en porcentaje de grasa (%) (g grasa/ 100 g de muestra). Las muestras previamente fueron desecadas en una estufa modelo P. Selecta (Barcelona, España). Para las determinaciones se utilizaron las hamburguesas de ternera del día 0, para todas las concentraciones de harina de quínoa (0, 5, 10 y 15%).

La determinación del contenido de humedad se realizó siguiendo las directrices descritas en el apartado 3.3.1.1. Las muestras se realizaron por duplicado, realizando las mediciones en el tiempo 0, para todas las concentraciones de harina de quínoa (0, 5, 10 y 15%).

3.3.2.2 Caracterización físico-química

La determinación de pH, la medida de la actividad de agua (a_w) y el color (CIE L^*a^*b) se realizó siguiendo el procedimiento del apartado 3.3.1.2. Para la determinación del pH se realizaron dos medidas por cada lote de concentración de harina de quínoa (0, 5, 10 y 15 %), para la actividad de agua (a_w) se realizó una medida por cada concentración de HQ, y finalmente para el color se realizaron nueve medidas por muestra para cada formulación de harina de quínoa, todas las determinaciones se realizaron para tiempo 0.

3.3.2.3 Análisis Sensorial

Para la caracterización de las hamburguesas, se realizó un análisis sensorial de las muestras después de su cocinado. Se utilizó un panel de 5-7 expertos, formado por personal de la Universidad Miguel Hernández.

El cocinado de las muestras se realizó en un horno, a 150°C, hasta que el centro de las hamburguesas alcanzó los 72°C. Una vez cocinadas se presentaron muestras de cada uno de los lotes a los miembros del panel, para su valoración externa, analizando el olor y el color (Figura 12).

Finalmente se realizó una degustación del producto, analizando la jugosidad y la granulosidad del mismo (Figura 12).

3.3.3 ESTUDIO DE LA VIDA ÚTIL

3.3.3.1 Propiedades físico-químicas

Para la evolución de las propiedades físico-química, muestras de hamburguesas de ternera fueron seleccionadas a tiempo 0, 2, 5 y 7 días, para la determinación del pH, a_w , y color (CIE L*a*b). Fueron utilizados los mismos procedimientos que en el apartado 3.3.1.2.

3.3.3.2 Propiedades de cocción

Para evaluar el comportamiento de las muestras con harina de quinoa durante los procesos de cocinado (tratamiento térmico), se determinó los siguientes parámetros de cocción: rendimientos por cocción (%) y disminución de diámetro (% Shrinkage).

Las muestras se cocinaron en un horno a 150°C, hasta una temperatura interna de 72°C. Después del cocinado se dejaron enfriar durante 1h hasta una temperatura ambiente (21°C), para posteriormente efectuar las determinaciones correspondientes. Se determinó el peso y el diámetro de las muestras crudas y cocinadas.

Para el cálculo del rendimiento se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{PF}{PI} \cdot 100 = (\%)$$

Dónde:

-PF: Peso Final (Posterior al cocinado)

-PI: Peso Inicial (Previo al cocinado)

Para el cálculo del porcentaje de disminución del diámetro (% Shrinkage) de las hamburguesas de ternera la fórmula utilizada es la siguiente:

$$\frac{DI-DF}{DI} \cdot 100 = (\%)$$

Dónde:

-DI: Diámetro Inicial (Previo al cocinado)

-DF: Diámetro Final (Posterior al cocinado)

3.3.3.3 Análisis microbiológicos

El recuento de enterobacterias y de bacterias aerobias totales se realizó siguiendo el mismo procedimiento que en el apartado 3.3.1.4.

Las bacterias lácticas se realizaron con placas Petrifil™ (3M España S.A).

Se utilizó agua de peptona para hacer la dilución 10^{-1} (10 g del producto cárnico con 90 ml de agua de peptona) y a partir de esta se procedió al resto de diluciones utilizando MRS (Man Rogosa Sharpe).

Para la dilución seleccionada se procedió a la siembra con 1 ml de la suspensión en el centro de la placa Petrifilm™. Las bacterias lácticas se incubaron en anaerobiosis, durante 72 horas a 37°C y los resultados se expresaron como log UFC/g.

3.3.3.4 Análisis sensorial

Durante el tiempo de conservación, en cada muestreo 0, 2, 5 y 7 días, se realizó otro análisis sensorial de las muestras, sin tratamiento térmico (sin cocinado), realizado por el mismo panel de 5-7 expertos que en el apartado 3.3.2.3. En este análisis, sólo se analizó los atributos olfativos y visuales.

En la Figura 13, se muestra la hoja de cata utilizada en el análisis sensorial, donde se analizó el olor y la detección de olores, como ajo, pimienta y perejil, tras la apertura de las bandejas con las muestras. A continuación se realizó una valoración externa, en la cual se analizan parámetros como el color, el brillo y la presencia de limo.



CODIGO Evaluador: _____

Fecha: _____

Proyecto MINECOAGL2016-75687-C2-2-R (AEI/FEDER, UE)

Observaciones: Examinar las muestras COCINADAS y valorar los siguientes parámetros.

VALORACIÓN EXTERNA
(DESPUÉS DEL COCINADO)

OLOR

.....

Olor normal Olor anormal

DETECCIÓN DE OLORES (Marcar con una (X) presencia, (-) ausencia)

.....	AJO		PIMIENTA		PEREJIL		*OTROS	
.....	AJO		PIMIENTA		PEREJIL		*OTROS	
.....	AJO		PIMIENTA		PEREJIL		*OTROS	
.....	AJO		PIMIENTA		PEREJIL		*OTROS	

(*En el caso de OTROS especificar cuál)

COLOR

.....

Claro Oscuro

.....

Claro Oscuro

.....

Claro Oscuro

.....

Claro Oscuro

DEGUSTACIÓN
(DESPUÉS DEL COCINADO)

JUGOSIDAD

.....

Extremadamente seco Muy jugoso

GRANULOSIDAD

.....

Poco harinoso Extremadamente harinoso

.....

Poco harinoso Extremadamente harinoso

.....

Poco harinoso Extremadamente harinoso

Figura 12.- Hoja de cata para hamburguesas de ternera con distinta concentración de harina de quínoa. Valoración posterior a su cocinado.

	 Industrialización de productos de origen animal	CODIGO Evaluador: _____ Fecha: _____ Proyecto MINECOAGL2016-75687-C2-2-R (AEI/FEDER, UE)							
Examinar las muestras, inmediatamente tras su abertura del envase y valorar los siguientes parámetros.									
VALORACIÓN OLFATIVA (ANTES DEL COCINADO)	OLOR								
	-----							
		Olor normal Olor anormal (putrefacto)							
	-----							
		Olor normal Olor anormal (putrefacto)							
	-----							
		Olor normal Olor anormal (putrefacto)							
	-----							
		Olor normal Olor anormal (putrefacto)							
	DETECCION DE OLORES (*Marcar con una (X) presencia, (-) ausencia)								
.....	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 15%;">AJO</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">PIMIENTA</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">PEREJIL</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">*OTROS</td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table>	AJO		PIMIENTA		PEREJIL		*OTROS	
AJO		PIMIENTA		PEREJIL		*OTROS			
.....	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 15%;">AJO</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">PIMIENTA</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">PEREJIL</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">*OTROS</td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table>	AJO		PIMIENTA		PEREJIL		*OTROS	
AJO		PIMIENTA		PEREJIL		*OTROS			
.....	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 15%;">AJO</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">PIMIENTA</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">PEREJIL</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">*OTROS</td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table>	AJO		PIMIENTA		PEREJIL		*OTROS	
AJO		PIMIENTA		PEREJIL		*OTROS			
.....	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 15%;">AJO</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">PIMIENTA</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">PEREJIL</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">*OTROS</td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table>	AJO		PIMIENTA		PEREJIL		*OTROS	
AJO		PIMIENTA		PEREJIL		*OTROS			
*En el caso de OTROS especificar cuál:									
VALORACIÓN EXTERNA (ANTES DEL COCINADO)	COLOR								
	-----							
		Rosa pálido Marrón oscuro							
	-----							
		Rosa pálido Marrón oscuro							
	-----							
		Rosa pálido Marrón oscuro							
	-----							
		Rosa pálido Marrón oscuro							
	BRILLO								
.....	-----								
	Mate (apagado) Brillante								
.....	-----								
	Mate (apagado) Brillante								
.....	-----								
	Mate (apagado) Brillante								
.....	-----								
	Mate (apagado) Brillante								
PRESENCIA DE LIMO									
.....	-----								
	No existe Abundante								
.....	-----								
	No existe Abundante								
.....	-----								
	No existe Abundante								
.....	-----								
	No existe Abundante								

Figura 13.- Hoja de cata para hamburguesas de ternera con distinta concentración de harina de quínoa. Valoración sin cocinado.

3.3.3.5 Análisis estadísticos

Se realizaron test estadísticos, con los resultados obtenidos, mediante el SPSS versión 23.0 (IBM, SPSS Statistical Software, Inc., Chicago, IL, USA). Se realizaron test convencionales para el cálculo de las medias y desviaciones estándar. Se efectuaron análisis de la varianza (ANOVA), de un factor (lotes: control, 5, 10 y 15 % de concentración de harina de quínoa) para la caracterización de las hamburguesas, y de dos factores, lotes (control, 5, 10 y 15 % de concentración de harina de quínoa) y tiempo (0, 2, 5 y 7 días), para el estudio de la vida útil.

Para los dos análisis se realizaron test de Tukey para estudiar entre qué niveles de los factores principales, las diferencias fueron significativas, siendo el nivel de significación de $P < 0,05$.



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4.1 CARACTERIZACIÓN HARINA DE QUÍNOA

Los valores obtenidos para la caracterización de la harina de quínoa utilizada en este estudio se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5.- Caracterización de la harina de quínoa (Media \pm desviación estándar (DS)).

PROPIEDADES	MEDIA \pm DS
Humedad (%)	8,23 \pm 0,38
Cenizas (%)	1,76 \pm 0,03
pH	6,01 \pm 0,09
a_w	0,437 \pm 0,003
L*(D65)	89,06 \pm 0,15
a*(D65)	0,36 \pm 0,06
b*(D65)	13,20 \pm 0,20
C*(D65)	13,20 \pm 0,20
h(D65)	88,45 \pm 0,23
CRA (g agua retenida / g muestra)	1,42 \pm 0,31
CRO (g aceite retenidos / g muestra)	0,91 \pm 0,09
Bacterias aerobias (log ufc/g muestra)	1,80 \pm 0,44
Enterobacterias	NP

NP: No Presencia

La composición nutricional de la quínoa, ha sido ampliamente determinada, pero existe un amplio rango de contenidos de nutriente debido a variaciones genéticas y ambientales (Nowak *et al.*, 2016). El contenido de agua de la quínoa se ha encontrado entre valores de 8,2 y 13,1% y de cenizas entre 1,2-7,7 % (Nowak *et al.*, 2016), por lo que nuestros valores se encuentra dentro de los valores normales para este producto.

La humedad de la harina de quínoa se encuentra entre los valores de las harinas de soja y las harinas de trigo, los cuales toman valores de 5,05% y 12,90%, respectivamente (Delgado y Albarracín, 2012). Según la Norma de calidad para las harinas, las sémolas y otros productos de la molienda de los cereales (Real Decreto 677/2016) entre las características que debe reunir la harina de cereales se encuentra el contenido de humedad que debe ser menor de 15%. Los resultados obtenidos en este trabajo se encuentran dentro de los límites marcados por este RD. Pese a que la quínoa no es un cereal, se ha considerado esta normativa por la proximidad en composición de ambas semillas y no disponer de normativa específica para este alimento.

Según Montero (2010), el porcentaje de cenizas para harinas de quínoa alcanza valores comprendidos entre 1,37 y 1,60, cifras inferiores a las obtenidas en este estudio. Por otra parte, autores como Romo (2006) determina el porcentaje de cenizas del grano de quínoa con 2,8 %.

El valor del pH de la harina de quínoa coincide con el obtenido con otros estudios sobre la utilización de harina de quínoa en el desarrollo de productos cárnicos (Peña *et al.*, 2015). En cuanto a las harinas de trigo y las harinas de patata, estas tienen un pH de 1,96 y 4,84 respectivamente, obteniendo valores inferiores al de la harina de quínoa (Rodríguez-Sandoval *et al.*, 2012). Este valor de pH de la harina de quínoa obtenido en este estudio, podría ser positivo para su incorporación en productos cárnicos frescos y cocidos, ya que no modificaría el pH del producto final.

El valor de la actividad del agua (a_w) para la harina de quínoa se encuentra por debajo de 0,5, valor que se encuentra próximo a los valores establecidos por estudios previos, los cuales han determinado la a_w de harinas de quínoa de diferente procedencia obteniendo valores comprendidos entre 0,470 y 0,52 (Apella y Araujo, 2005; Montero, 2010).

La determinación del color en la harina de quínoa tomó valores para el parámetro L^* de 89,06, cuyo valor representa una luminosidad alta, en cuanto a la variable a^* 0,35, valor cerca del eje de coordenadas según la gráfica de color CIE L^*a^*b , próximo a colores claros, en cuanto a la variable b^* , la cual indica la sensación amarillo-azul, al obtener una cifra superior a 0 indica que la muestra se percibirá con sensación amarilla. Para el parámetro C^* (croma), índice de saturación, alcanzó valores de 13,20 y el h (tono), valores de 88,45 (Echávarri *et al.*, 2004). Estos valores de color para la harina de quínoa, son similares a los valores encontrados para extractos también incorporados con éxito a productos cárnicos, como es el caso de cítricos, limón y naranja (Aleson-Carbonell *et al.*, 2004; Fernández-López *et al.*, 2009).

A partir de los resultados obtenidos sobre la capacidad de retención de agua (CRA) en este estudio se podría deducir que la harina de quínoa es capaz de retener más agua que la harina de trigo, el cual tiene un valor de 0,627 según autores como Peña y Méndez (2015). El valor obtenido en este estudio se aproxima a los valores de CRA determinados en estudios previos (Peña *et al.*, 2015). Para el caso de la capacidad de retención de aceite (CRO) el valor de 0,91 se encuentra por debajo de valores obtenidos para harinas de quínoa tratadas térmicamente y deshidratadas, las cuales toman valores de 1,89 (Escámez, 2017)

Los análisis microbiológicos realizados a la harina de quínoa toman valores que se encuentran dentro de los intervalos aceptados por las Normas microbiológicas de los alimentos y asimilados (2017), (Real Decreto 677/2016), en el caso de las enterobacterias en harinas y sémolas su presencia debe ser nula, y para las bacterias aerobias el valor máximo establecido por las normas es de 10^6 ufc/g, es decir, 6 log ufc/g muestra. En este estudio, no existe detección de enterobacterias y las bacterias aerobias no superan un valor de 2 log ufc/g muestra.

4.2 CARACTERIZACIÓN HAMBURGUESAS DE TERNERA

4.2.1 Composición química

En la Tabla 6 se resumen los resultados obtenidos para la composición química de los 4 lotes de hamburguesas elaborados.

Tabla 6.- Composición química de las hamburguesas de ternera con incorporación de harina de quínoa en el día 0 (Media \pm desviación estándar).

	CONCENTRACIÓN DE QUÍNOA				P [‡]
	Control (0%)	5%	10%	15%	
Grasas (%)	2,79 \pm 0,75	2,54 \pm 0,98	2,91 \pm 0,6	3,54 \pm 1,6	NS
Humedad (%)	68,06 ^b \pm 2,33	67,53 ^b \pm 1,03	63,20 ^{ab} \pm 3,32	56,50 ^a \pm 2,43	*
Proteínas (%)	19,70 ^a \pm 1,68	20,23 ^a \pm 1,21	19,03 ^a \pm 1,64	17,16 ^b \pm 2,71	*

[‡]P: nivel de significancia; NS: No Significativo P>0,05; *: significativo P<0,05; ** significativo P<0,01

Los resultados de las grasas en este estudio no presentaron diferencias significativas (P>0,05). Aunque no fue significativo, las muestras con 15% obtuvieron un valor 0,75% superior que las muestras control, que podría ser debido al contenido en grasa de la quínoa (4,1%), (Romo *et al.*, 2006). Esto es positivo ya que la composición de los ácidos grasos de la quínoa se asemeja a la de la soja, con alta proporción de linoleico y linolénico, además su alto contenido en tocoferol (vitamina E), puede actuar como un antioxidante natural, dándole una gran estabilidad frente a la rancidez (Romo *et al.*, 2006).

En otros tipos de elaboraciones como, en la elaboración de salchichas con la incorporación de 0 % (muestra control), 5 y 10 % de harina de quínoa, los autores mostraron valores comprendido entre 8,5 y 8,65 % de grasas, pero las salchichas tenían tocino como ingrediente (Peña *et al.*, 2015).

Existen diferencias significativas (P<0,05) de humedad entre la muestra control y la muestra con inclusión del 15% de harina de quínoa. La humedad, es uno de los factores que favorece la proliferación de microorganismos (Lema y Majín, 2010), por lo que esa menor humedad podría contribuir a una mejor estabilidad durante su conservación. Como se observa en la Tabla 6 la muestra control y la muestra con un 5% no presentan diferencias significativas, es decir, no se observan modificaciones en la humedad, pero a partir de la incorporación del 10 y 15 % de HQ, la humedad disminuye, hay menor cantidad de agua disponible debido a la retención de la misma como consecuencia de la inclusión de HQ en el alimento y por tanto se reduce la posibilidad de desarrollo bacteriano puesto que cualquier tratamiento o ingrediente

que reduzca la humedad puede contribuir a reducir la proliferación microbiana (Rosas, 2007).

Existen diferencias significativas ($P < 0,05$) para el contenido de proteínas entre la muestra control y la muestra con inclusión del 15% de harina de quínoa. Lema y Majín (2010), elaboraron tortas de carne para hamburguesa enriquecidas con diferentes concentraciones de quínoa, determinaron el porcentaje de proteínas solo de la carne de vacuno obteniendo un valor de 17,5 %. En este estudio los valores obtenidos para las proteínas se encuentran por encima de 17,5 excepto para la muestra con inclusión del 15 % de HQ la cual presentó un porcentaje de proteínas de 17,16%. Cabría esperar que esta disminución vendría acompañado de un aumentar en el contenido en carbohidratos aportado por la quínoa (según Romo *et al.* 2006 con un 76,2 % de carbohidratos totales) (en el presente estudio no fue determinado el contenido de azúcares). Otros estudios elaboraron productos cárnicos con harina de quínoa y la determinación del contenido de proteínas se realizó para la incorporación de 0 (muestra control), 5 y 10 % de harina de quínoa, los valores fueron de 10,87, 12,28 y 13,42 respectivamente (Peña *et al.*, 2015), cifras por debajo de las obtenidas en este estudio.

4.2.2 Propiedades físico-químicas

En la Tabla 7 se recogen los resultados de las propiedades físico-químicas de las hamburguesas de ternera sin harina de quínoa y con harina de quínoa.

Tabla 7.- Propiedades físico-químicas, color (L^* , a^* , b^* , C^* y h), pH y a_w de las hamburguesas de ternera con incorporación de harina de quínoa en el día 0 (Media \pm desviación estándar).

ATRIBUTO	CONCENTRACIÓN DE QUÍNOA				$P^{\#}$
	Control (0%)	5%	10%	15%	
$L^*(D65)$	38,73 ^a \pm 2,64	46,48 ^{ab} \pm 2,41	51,17 ^{ab} \pm 2,92	55,05 ^b \pm 2,81	*
$a^*(D65)$	9,06 \pm 1,00	9,03 \pm 0,88	11,33 \pm 1,17	9,30 \pm 1,43	NS
$b^*(D65)$	13,16 \pm 1,47	15,58 \pm 1,29	17,28 \pm 1,46	17,44 \pm 1,36	NS
$C^*(D65)$	16,03 ^a \pm 1,18	18,02 ^{ab} \pm 1,41	20,71 ^b \pm 1,10	19,83 ^{ab} \pm 0,82	*
$h(D65)$	55,30 \pm 4,83	59,91 \pm 2,11	56,69 \pm 4,15	61,85 \pm 5,21	NS
pH	5,69 ^{ab} \pm 0,01	5,67 ^a \pm 0,01	5,72 ^b \pm 0,01	5,78 ^c \pm 0,01	**
A_w	0,945 \pm 0,009	0,930 \pm 0,009	0,939 \pm 0,009	0,950 \pm 0,009	NS

$\#$ P: nivel de significancia; NS: No Significativo $P > 0,05$; *: significativo $P < 0,05$; ** significativo $P < 0,01$

Para el parámetro L^* , el cual representa la luminosidad, se encuentran diferencias significativas ($P < 0,05$) entre la muestra control y la muestra con incorporación del 15% de harina de quínoa, se observa como a medida que se incorpora mayor proporción de HQ el parámetro pasa de 38,73 (muestra control) hasta 55,05 (muestra con 15 % de HQ).

La variable a^* no presenta diferencias significativas ($P > 0,05$) entre lotes. Esta variable indica la componente rojo-verde del alimento; si $a^* > 0$ se percibirá con parte de rojo, si $a^* < 0$ se percibirá con parte de verde (Wyszecki y Stiles, 1982), en este caso, para el parámetro a^* no se encuentran diferencias significativas a mayor incorporación de harina de quínoa. En otros estudios de hamburguesa donde se incorporó fibra de extractos naturales procedente de albedo de limón, tampoco observaron modificaciones en la coordenada a^* (Alesón-Carbonell *et al.*, 2005).

La variable b^* no presenta diferencias significativas ($P > 0,05$) e indica la sensación amarillo-azul del alimento; si $b^* > 0$ se percibirá con parte de amarillo, si $b^* < 0$ se percibirá con parte de azul (Wyszecki y Stiles, 1982), para esta variable tampoco se encuentran diferencias significativas cuando se incorpora harina de quínoa en las hamburguesas de ternera.

El parámetro C^* , el cual especifica el croma, presenta diferencias significativas ($P < 0,05$) cuando se incorpora harina de quínoa, mientras que la variable h^* no presenta diferencias significativas ($P > 0,05$) por la incorporación de harina de quínoa.

La determinación del pH en el día 0 mostró diferencias significativas ($P < 0,01$) entre la muestra control y la muestra con incorporación del 15 % de harina de quínoa.

Se puede observar como la inclusión de harina de quínoa en las hamburguesas de ternera incremento ligeramente el valor del pH, alcanzando una cifra de 5,78 para la hamburguesa con 15 % de HQ. Estas diferencias en pH no tiene valor practico ya que son menores que 0,09. Por lo que la HQ no afectaría al pH de las muestras.

La actividad de agua no mostro diferencias significativas ($P > 0,05$) por la incorporación de harina de quínoa.

4.2.3 Análisis sensoriales

En la Tabla 8 se recogen los resultados de las valoraciones sensoriales de las hamburguesas de ternera sin harina de quínoa y con harina de quínoa.

Tabla 8.- Resultados análisis sensoriales. Valoración después del cocinado de las hamburguesas (Media \pm desviación estándar).

ATRIBUTO SENSORIAL	CONCENTRACIÓN DE QUÍNOA				P [¥]
	Control (0%)	5%	10%	15%	
OLOR	0,75 \pm 0,70	1,30 \pm 1,67	1,30 \pm 1,22	1,93 \pm 1,94	NS
COLOR	4,57 \pm 1,20	4,25 \pm 1,76	4,25 \pm 1,79	3,57 \pm 1,81	NS
JUGOSIDAD	5,68 \pm 2,14	5,23 \pm 1,93	4,65 \pm 2,16	4,47 \pm 1,08	NS
GRANULOSIDAD	2,05 \pm 2,31	2,25 \pm 2,21	2,17 \pm 1,83	2,90 \pm 2,16	NS

¥ P: nivel de significancia; NS: No Significativo P>0,05; *: significativo P<0,05; ** significativo P<0,01

Los análisis sensoriales que se realizaron después del cocinado de las hamburguesas con diferentes concentraciones de harina de quínoa no mostraron diferencias significativas (P>0,05) en olor, color, jugosidad y granulosidad.

Esto demuestra que las hamburguesas de ternera con HQ después del cocinado son prácticamente iguales a la muestra control (0% de HQ), no encontrando diferencias por la presencia de la HQ, factor óptimo en este estudio.

En cuanto a la detección de olores: ajo, pimienta, perejil y otros, en el caso de la muestra control se detectó mayor percepción de ajo en el día 0, para los días 2, 5 y 7 los catadores detectaron ausencia de olores. Para la muestra con incorporación del 5 % de HQ los catadores detectaron la presencia de ajo y perejil en el día 0, no detectando la presencia de otros olores en los siguientes días. Las muestras con 10 y 15 % de HQ no presentaron detección de olores.

4.3 VIDA ÚTIL

Durante la conservación en refrigeración de las hamburguesas de ternera con incorporación de harina de quínoa, a concentraciones de 0, 5, 10 y 15%, se muestrearon 7 unidades por lote a tiempos 2, 5 y 7 días, para estudiar la evolución de sus propiedades físico-químicas (color (CIE L*a*b*), pH y a_w), sus propiedades de cocción (rendimientos (%) y disminución de diámetro (%)), la evolución de sus propiedades sensoriales (sin cocinar) y los recuentos microbianos (enterobacterias, bacterias aerobias totales y bacterias lácticas), para su comparación con los resultados a tiempo 0.

4.3.1 Evolución del color durante el almacenamiento en los días 0, 2, 5 y 7.

En las Figuras 14, 15, 16, 18 y 19 se recogen los resultados obtenidos de los diferentes parámetros del color durante el almacenamiento de las hamburguesas de ternera con incorporación de distintas concentraciones de harina de quínoa durante los días 0, 2, 5 y 7.

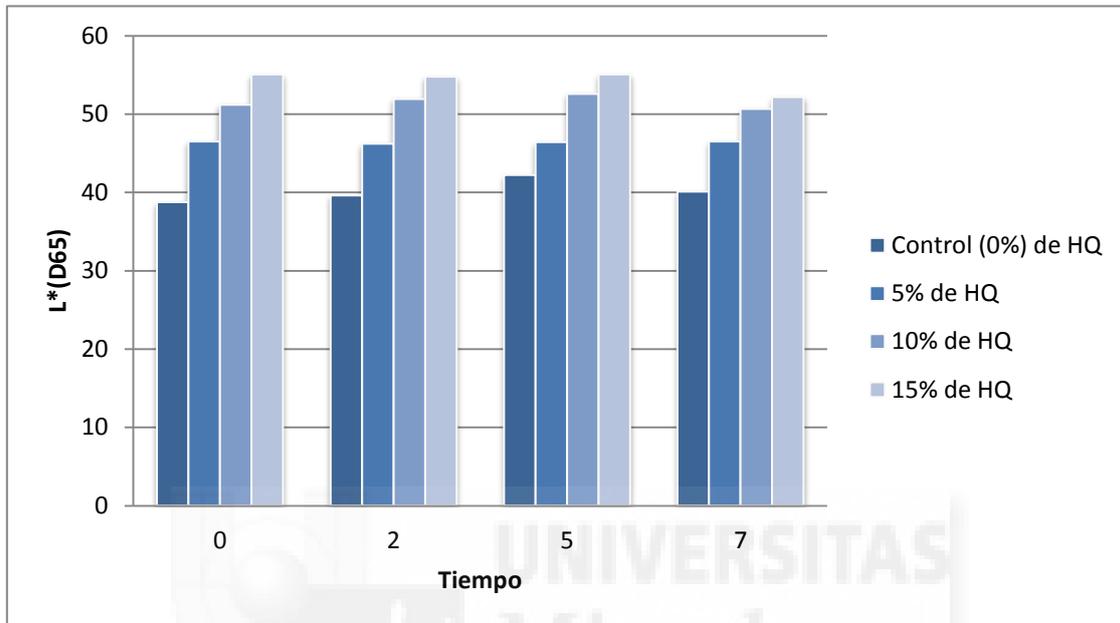


Figura 14.- Evolución de la Luminosidad (L^*) durante la conservación en los diferentes lotes de hamburguesa

En hamburguesas de ternera, el parámetro L^* (luminosidad) depende de factores como el pH, la capacidad de retención de agua (CRA), el contenido en grasa y del agua libre (Fernández-López *et al.*, 2006) y estos pueden ser modificados por la incorporación de ingredientes, en este caso, como se observa en la Figura 14, la inclusión de HQ afectó a la luminosidad de las hamburguesas de ternera, pero este parámetro no presentó diferencias por el tiempo de conservación en refrigeración.

En todos los muestreos los valores de L^* de las muestras control fueron inferiores al resto de muestras. Se observó un aumento de la L^* proporcional al aumento del % de harina de quínoa en las muestras.

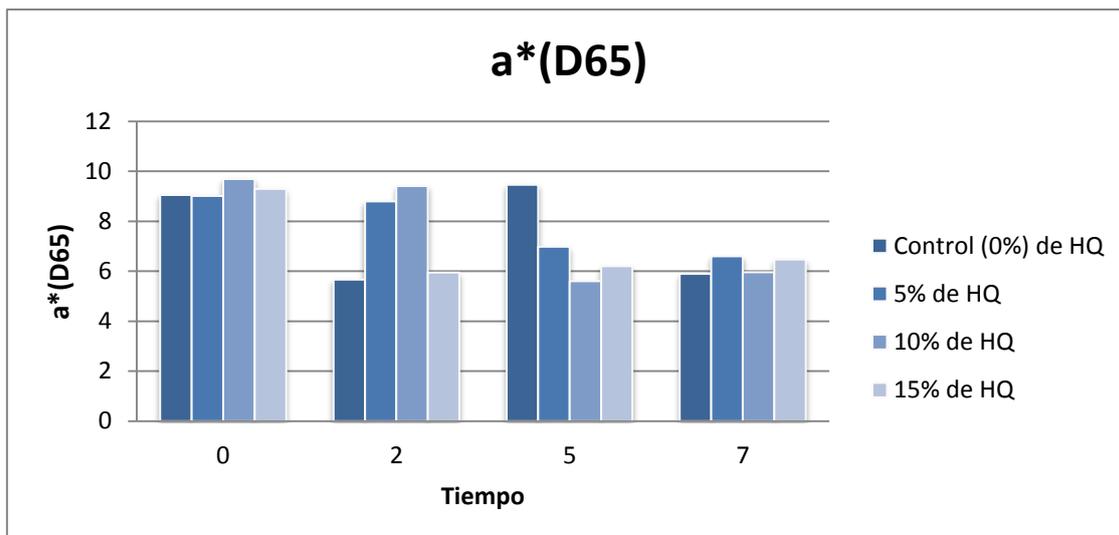


Figura 15.- Evolución de la coordenada rojo-verde (a^*) durante la conservación en los diferentes lotes de hamburguesa.

La coordenada rojo-verde (a^*) está relacionada con la concentración y cambios en los estados de oxidación de los hemopigmentos y con la oxidación de lípidos (Fernández-López *et al.*, 2006). El tiempo de conservación (Figura 15) afectó a la coordenada a^* en todos los lotes, alzando valores inferiores al final de proceso debido a la oxidación de los hemopigmentos.

Los resultados mostraron que a las 2 días, los lotes con 5 y 10% de HQ, mantuvieron los valores de rojez próximos a día 0, lo que estaría indicando que la quínoa a esas concentraciones de 5 y 10% estaría contribuyendo al mantenimiento del color rojo del producto durante las primeras 48 horas, tiempo recomendado por las autoridades sanitarias para el consumo en los hogares, de este tipo de productos.

Al final del tiempo de conservación los cuatro lotes de hamburguesas alcanzaron valores próximos de a^* .

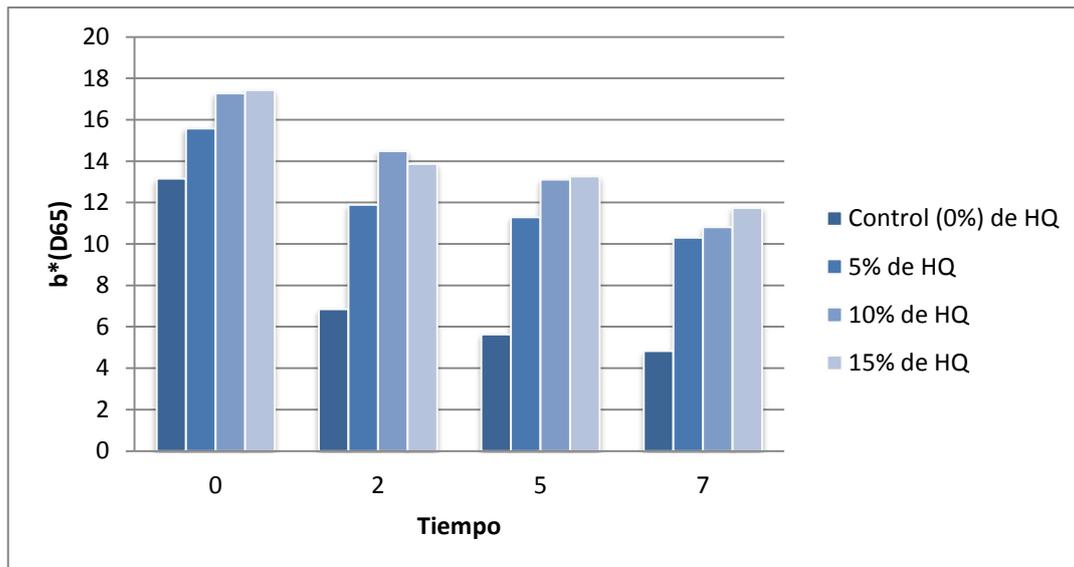


Figura 16.- Evolución del parámetro (b^*) durante la conservación en los diferentes lotes de hamburguesa.

La coordenada amarillo-azul (b^*) se relaciona con la concentración de ingredientes, aditivos en los productos cárnicos y de la matriz cárnica (Fernandez-López *et al.*, 2004).

A día 0 las muestras con 0, 5, 10 y 15 % de HQ no presentaron diferencias ($P>0,05$), pues todas las muestras mostraron contenidos próximos de la componente amarillo (Figura 17).

A partir del día 2, se pueden apreciar diferencias significativas entre muestras con inclusión de harina de quínoa y las control, mostrando las muestras con HQ valores más elevados de b^* . Lo que estaría indicando que hasta las 48 h, los componentes de la carne estarían enmascarando el componente amarillo presente en la HQ, pero a partir de las 48 h predominaría el componente amarillo incorporado por la HQ.

En todos los lotes, se observó una disminución de la componente b^* , debido a la oxidación de los hemopigmentos (Fernández-López *et al.*, 2006), manteniéndose las muestras con HQ con valores más elevados que la muestra control, por el componente amarillo incorporado por la misma:

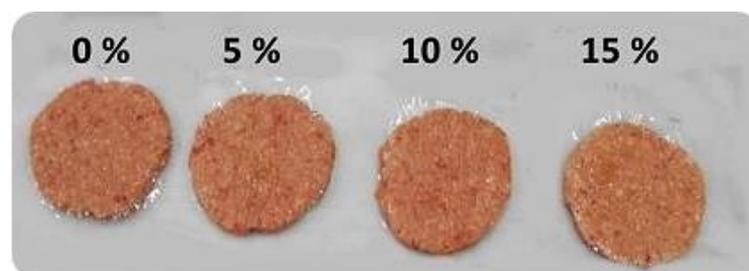


Figura 17.- Hamburguesas de ternera con film y distinta inclusión de harina de quínoa a tiempo 0.

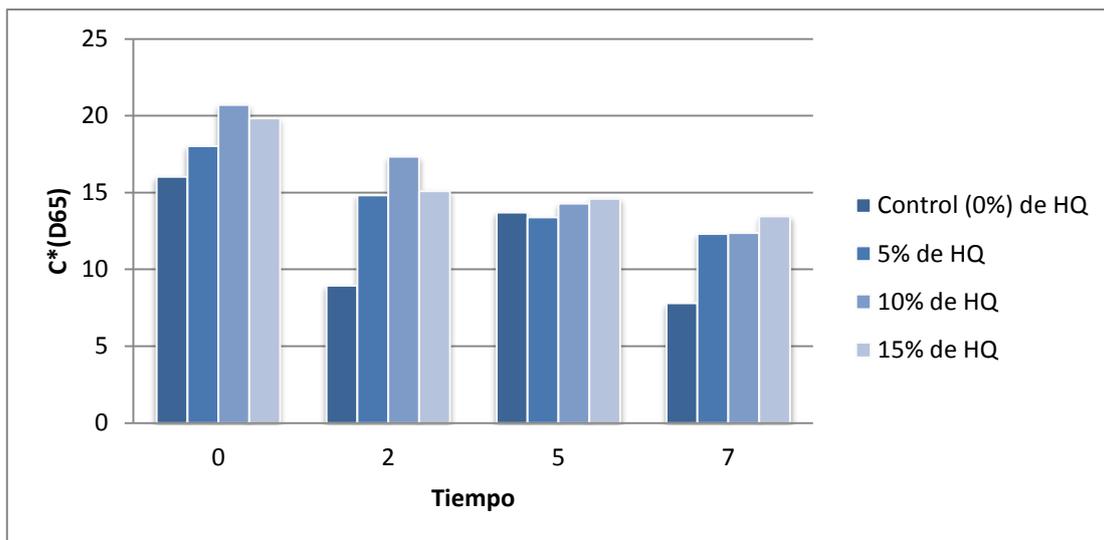


Figura 18.- Evolución del parámetro (C^*) durante la conservación en los diferentes lotes de hamburguesa.

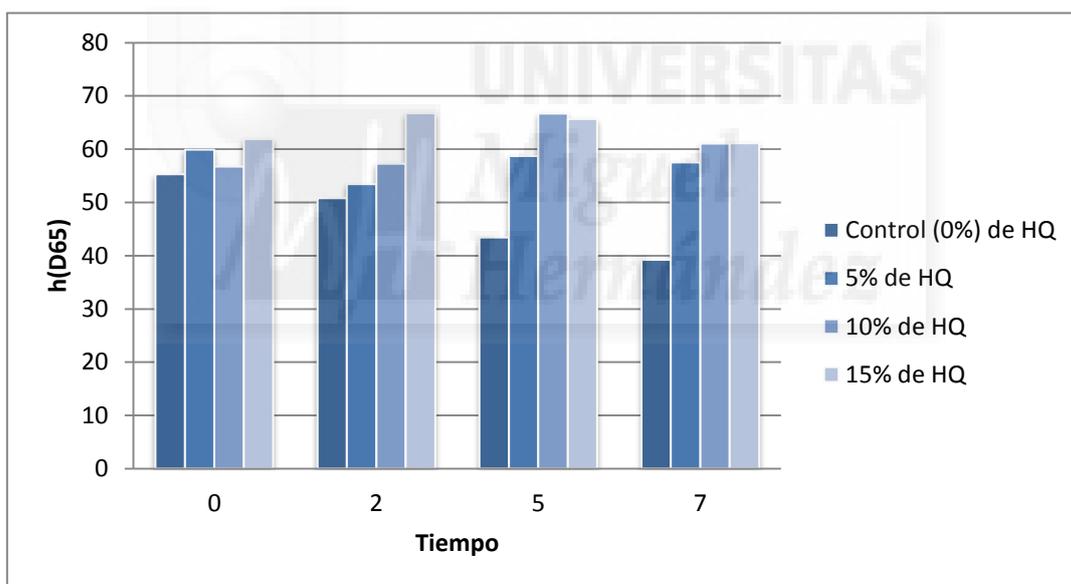


Figura 19.- Evolución del parámetro (h) durante la conservación en los diferentes lotes de hamburguesa.

Los parámetros C^* (croma) y h (tono) son dos magnitudes colorimétricas, ambos definen la cromacidad del color.

La coordenada C^* indica la saturación del tono de la muestra, en él se aprecian diferencias significativas tanto por la presencia de harina de quínoa como por su conservación en refrigeración. Durante la conservación, el C^* disminuyó en todos los lotes, y para todos los tiempos las muestras con quínoa, presentaron mayores valores de C^* . En cuanto al parámetro h^* no se muestran diferencias significativas ni por la

incorporación de harina de quínoa ni por su conservación en refrigeración a lo largo de los 7 días pero se puede apreciar en la Figura 19 como la hamburguesa control (0 % de HQ) muestra una tendencia decreciente a lo largo de los días en refrigeración, pasando de 55,3 a día 0 hasta un valor de 39,19 a día 7, más acusado que el resto de lotes. Al igual que la coordenada b^* , a tiempo 0 el parámetro h de los cuatro lotes fue próximo, pero durante el tiempo de conservación, aparecen las diferencias entre la control y la muestras con quínoa, aunque no fueron significativas (Figura 19).

4.3.2 Evolución del pH y de la a_w durante el almacenamiento en refrigeración a $4\pm 1^\circ\text{C}$.

En la Tabla 9 se recogen los resultados obtenidos para el pH y a_w durante el almacenamiento de las hamburguesas de ternera con incorporación de distintas concentraciones de harina de quínoa durante los días 0, 2, 5 y 7.

Tabla 9.- Evolución del pH y a_w en hamburguesas de ternera a lo largo de 7 días.

VARIABLE	Tiempo	CONCENTRACIÓN DE QUÍNOA			
		Control	5%	10%	15%
pH	0	5,69 ± 0,01	5,67 ± 0,01	5,72 ± 0,01	5,78 ± 0,01
	2	5,75 ± 0,03	5,67 ± 0,01	5,84 ± 0,01	5,86 ± 0,01
	5	6,38 ± 0,00	5,64 ± 0,25	5,50 ± 0,19	5,50 ± 0,09
	7	6,84 ± 0,04	5,66 ± 0,16	5,35 ± 0,06	5,19 ± 0,09
a_w	0	0,935 ± 0,02	0,925 ± 0,02	0,930 ± 0,02	0,950 ± 0,02
	2	0,922 ± 0,01	0,920 ± 0,01	0,938 ± 0,02	0,922 ± 0,01
	5	0,925 ± 0,01	0,928 ± 0,01	0,928 ± 0,01	0,922 ± 0,01
	7	0,919 ± 0,01	0,922 ± 0,01	0,922 ± 0,01	0,916 ± 0,01

El tiempo y la concentración de quínoa afecto al pH durante la vida útil ($P < 0,01$). Para las muestras control, el pH se incrementó a lo largo de la conservación en refrigeración, obtenido un valor final de 6,84. Este aumento de pH durante la vida útil ha sido relacionada con fenómenos proteolíticos derivados de la actividad microbiana que favorece la formación de compuestos básicos (Sayas-Barberá *et al.*, 2011).

Mientras que en los lotes con HQ, el comportamiento fue completamente diferente. A concentraciones de 5% de HQ, el pH no fue afectado por el tiempo de conservación, a diferencia que con 10 y 15%, donde el pH disminuyó. Por lo tanto, la harina de quínoa interfiere en el producto cárnico, evitando el aumento de pH y contribuyendo a la disminución del pH a lo largo de los 7 días en refrigeración.

El tiempo de conservación afectó a la actividad de agua ($p < 0,01$), pero la incorporación de harina de quínoa en la hamburguesa no afectó a su valor. Se observó

como a medida que transcurre la conservación en refrigeración esta actividad de agua consigue una pequeña disminución en todas las muestras, posiblemente a cambios en la retención de agua por parte de la matriz cárnica.

4.3.3 Propiedades de cocción durante el almacenamiento de las hamburguesas de ternera en los días 0, 2, 5 y 7.

En la Figura 20 se evalúa el comportamiento de las muestras con harina de quínoa durante el cocinado (tratamiento térmico), determinando los rendimientos por cocción (%).

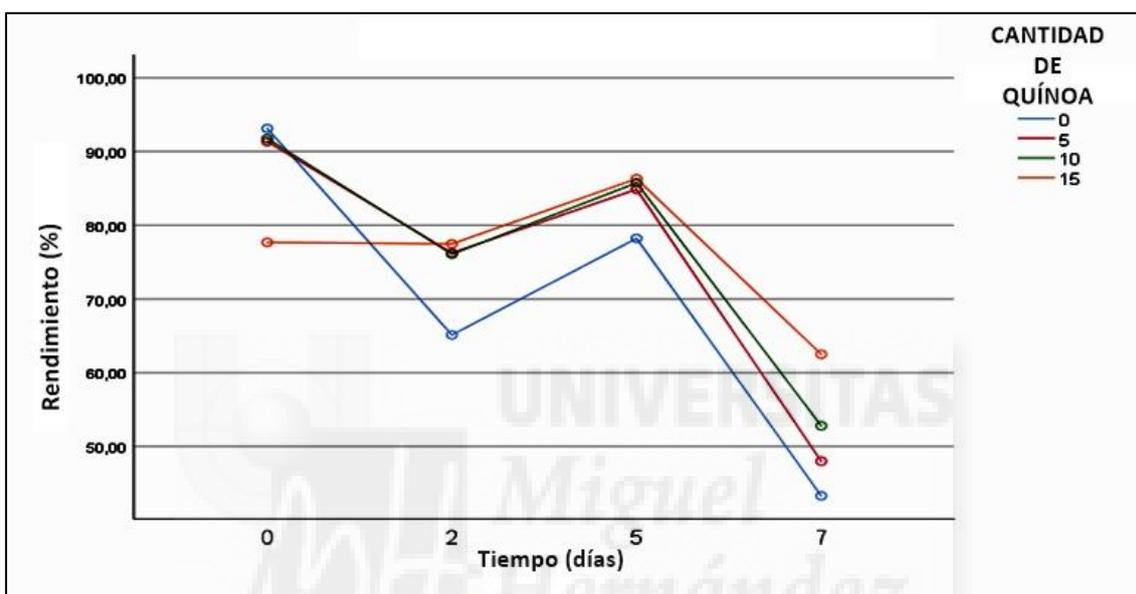


Figura 20.- Evolución del rendimiento (%) de las hamburguesas de ternera durante 7 días.

Los rendimientos (%) por cocción se vieron afectados por el tiempo de conservación y por la incorporación de quínoa ($P < 0,05$). A tiempo 0 las muestras control (0%), 5 y 10 % obtuvieron los mejores rendimientos, encontrándose valores superiores a 90 %. La incorporación del 15 % de HQ presenta un rendimiento por debajo de los obtenidos en las muestras anteriores. Durante la conservación los rendimientos disminuyeron muy significativamente a partir del 5º día de conservación, probablemente por los fenómenos proteolíticos que afectarían a las proteínas y a su capacidad de retención de agua, aunque esta disminución de los rendimientos fue menor en las muestras con quínoa, ya que la HQ, estaría contrarrestando la pérdida de retención de agua de las proteínas, gracias a su gran capacidad de retención de agua.

El rendimiento por cocción se encuentra entre los atributos más importantes para predecir el comportamiento durante la cocción, y se encuentra relacionado con la capacidad de la matriz cárnica para retener agua y grasa, mientras que la disminución

de diámetro estaría relacionado con cambios en la estructura cárnica (Sayas-Barberá *et al.*, 2011).

En la disminución de diámetro (%) (Tabla 10) se encontraron diferencias por la inclusión de harina de quínoa y durante su almacenamiento en refrigeración ($P < 0,05$).

Tabla 10.- Evolución de la disminución de diámetro (%) de las hamburguesas de ternera durante 7 días.

	Tiempo	Control (0 %)	5%	10%	15%
Disminución de diámetro (%)	0	22,22 ± 0,89	11,76 ± 1,04	11,85 ± 1,13	13,75 ± 1,89
	2	22,58 ± 2,61	23,13 ± 2,65	22,50 ± 3,54	19,65 ± 7,57
	5	18,66 ± 1,24	13,90 ± 1,97	14,69 ± 3,09	13,63 ± 8,66
	7	17,90 ± 0,57	14,50 ± 6,36	11,50 ± 3,68	21,70 ± 2,40

Las muestras con incorporación de HQ presentan mejores resultados que la muestra control, ya que las muestras control presentaron mayores % de disminución de diámetro, lo que indicaría que la HQ estaría influenciando positivamente y evitando la disminución de diámetro.

4.3.4 Evolución de los análisis sensoriales.

En las Figuras 21, 22 y 23 se encuentran los resultados de los análisis sensoriales (olor, color y brillo) obtenidos de las hamburguesas de ternera sin cocinar; de la muestra control y de las muestras con inclusión de harina de quínoa a diferentes concentraciones.

Para el caso de la detección de olores de las hamburguesas de ternera sin cocinar con distinta incorporación de harina de quínoa se obtuvieron los siguientes resultados:

- Hamburguesa control (0 % de HQ): mayor percepción de perejil en los días 0, 2 y 5.
- Hamburguesas con 5 % de HQ: presencia de ajo y perejil en el día 2.
- Hamburguesas con 10 % de HQ: presencia de pimienta y perejil en el día 2.
- Hamburguesas con 15 % de HQ: ausencia de olores.

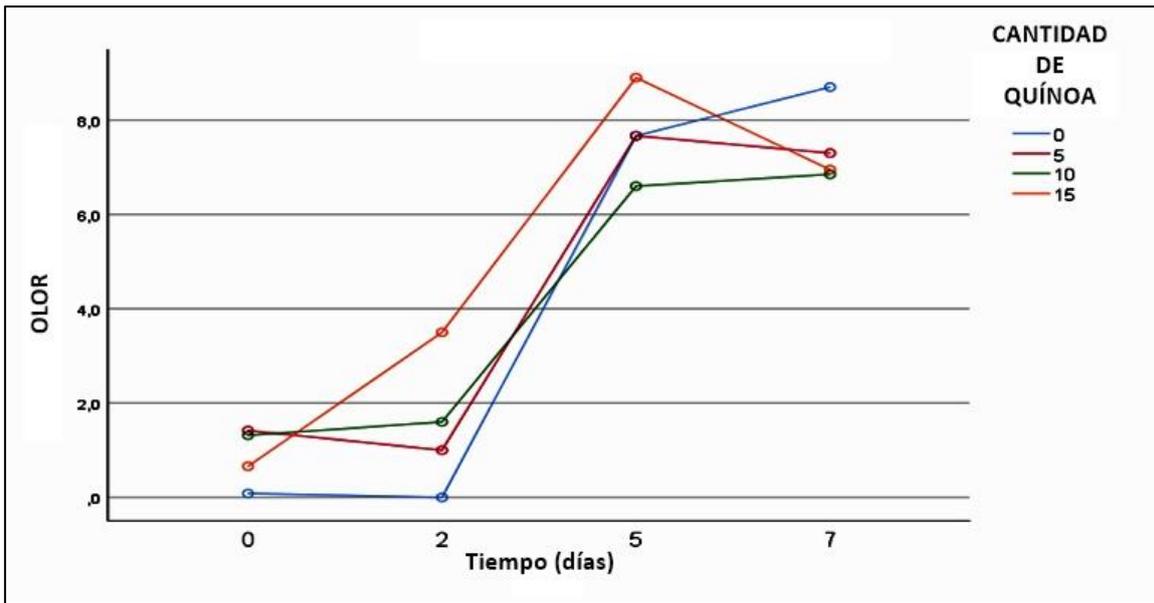


Figura 21.- Análisis sensoriales del olor. Valoración de las hamburguesas sin cocinar.

El panel de expertos que realizó la valoración olfativa de las hamburguesas de ternera determinó la presencia de olores anormales (putrefacto) a partir del día 5 para todas las muestras.

Todas ellas presentaron olores normales entre el día 0 y el día 2, a partir del cual sus valores incrementan acercándose a olores desagradables (día 5), por consiguiente la incorporación de HQ no modifica el olor de las hamburguesas ($P > 0,05$), pero el olor sí que se ve modificado a lo largo de la conservación de las hamburguesas en refrigeración ($P < 0,05$).

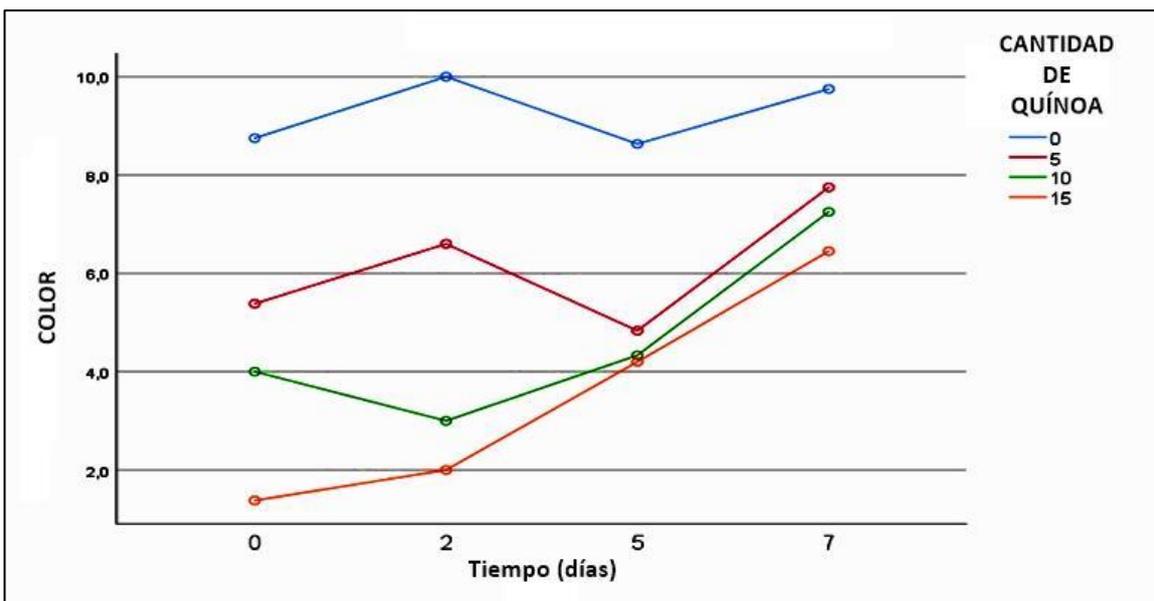


Figura 22.- Análisis sensoriales del color. Valoración de las hamburguesas sin cocinar.

El parámetro del color de las hamburguesa sin cocinar se analizó en una escala del 0 al 5 para rosa pálido, tomando de referencia el valor de 0 para la mayor percepción de rosa pálido y una escala del 5 al 10 para marrón oscuro, tomando de referencia el 10 para la mayor percepción de marrón oscuro y el valor 5 mostraría colores intermedios entre el rosa pálido y el marrón oscuro.

La muestra control (0 % de HQ) presentó valores más próximos a marrón oscuro, a diferencia de las muestras con HQ cuyos valores oscilan entre 0 y 5 en el día 0, valores que rondan el color rosa, a partir del día 7, se observa como la muestra control se mantiene constante tomando valores próximos al marrón oscuro, y la percepción de las muestras con incorporación de HQ obtienen valores superiores a 6.

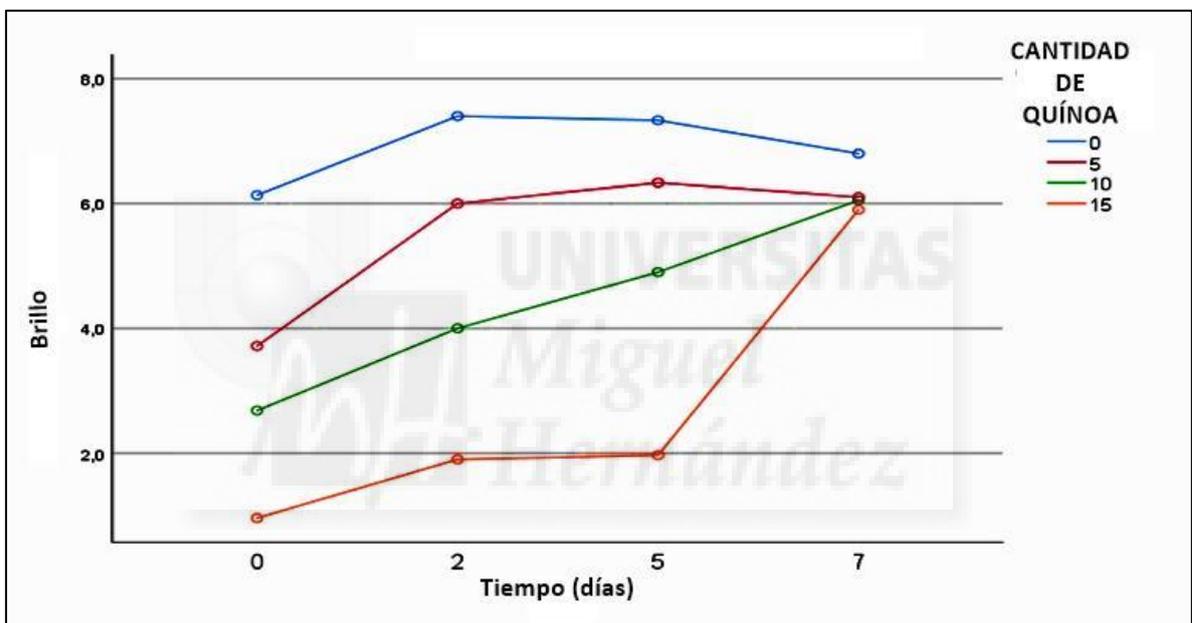


Figura 23.- Análisis sensoriales del brillo. Valoración de las hamburguesas sin cocinar.

En el caso del brillo se puede observar como las hamburguesas presentaron diferencias tanto por la cantidad de harina de quínoa como por su conservación en refrigeración.

Las muestras tienen una tendencia creciente en los primeros días, y se puede relacionar la presencia del brillo con la cantidad de exudados que aparecen en la superficie de las muestras, por ello la muestra control es la que presenta mayor cantidad de brillo, pues las muestras con HQ reducen esa cantidad de exudados a mayor concentración de la misma, de esta forma, se observa como a medida que se incrementa la concentración de HQ en las hamburguesas de ternera, estas obtienen valores más reducidos de brillo en los primeros días, del día 0 al día 5, pues a partir del día 7, todas las muestras obtienen valores de brillo similares ya que en todas se

incrementa la presencia de exudados, no presentando diferencias significativas entre ellas en ese día.

En el caso de la presencia de limo, este parámetro también puede ser relacionado con la presencia de exudados en las superficies de las hamburguesas, los catadores sólo percibieron presencia de limo en el día 5, pero en el día 7 no se detectó, esto puede deberse a la confusión por la presencia de exudados en la superficie y realmente no tener presencia de limo como se detectó a día 5, pues a día 7 el limo no podría desaparecer de las hamburguesas y su detección sería mayor y en este caso ninguna muestra presentó detección.

4.3.5 Evolución de las poblaciones microbianas en hamburguesas de ternera durante su almacenamiento en refrigeración.

En la Figura 24, 25 y 26 se pueden observar las poblaciones microbianas de enterobacterias, bacterias aerobias totales y bacterias lácticas presentes en las hamburguesas de ternera durante los días 0, 2, 5 y 7.

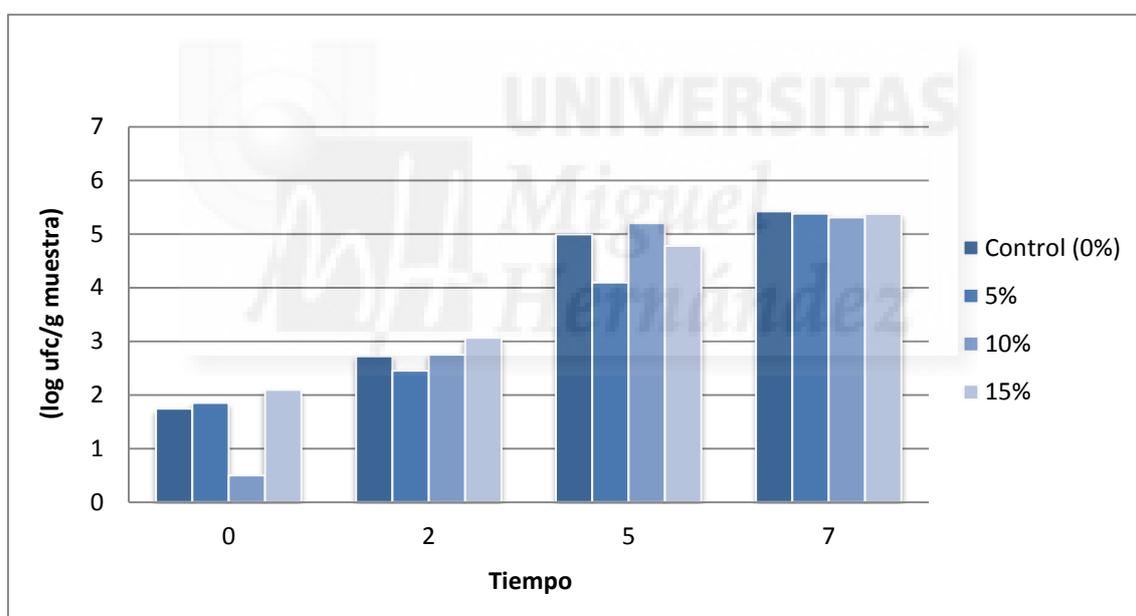


Figura 24.- Evolución de la población de enterobacterias en hamburguesas de ternera con distintas concentraciones de harina de quínoa durante 7 días.

Se observa como los recuentos de enterobacterias se incrementaron con el tiempo ($P < 0,01$) con el tiempo. En el día 0, la muestra control (0%) y la muestra con 5% de HQ tienen 1,74 y 1,85 log ufc/g muestra, observamos una cantidad menor para la muestra de 10% de HQ, y para el 15% se tiene la mayor cantidad de enterobacterias con 2,09 log ufc/g muestra.

En el día 2 las poblaciones microbianas aumentan de forma gradual, y a partir del día 5 estas muestran un crecimiento mayor, obteniendo finalmente para el día 7, la

muestra control (0%) 5,42 log ufc/g muestra, muestra con 5% de HQ 5,38 log ufc/g muestra, muestra con 10% de HQ 5,31 log ufc/g muestra y por último la muestra con el 15% de HQ 5,37 log ufc/g muestra. La presencia de quínoa no afectó a los recuentos de enterobacterias ($P>0,05$).

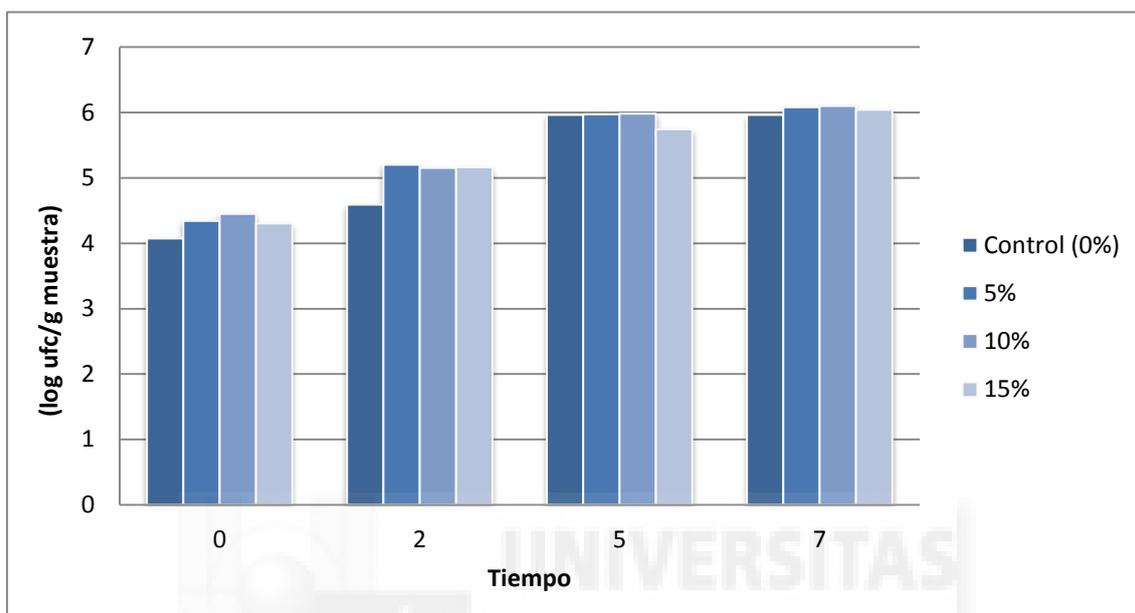


Figura 25.- Evolución de la población de bacterias aerobias totales en hamburguesas de ternera con incorporación de harina de quínoa a lo largo de 7 días.

La incorporación de quínoa no afectó a los recuentos totales ($P>0,05$), pero si los recuentos aumentaron durante el tiempo de conservación ($P<0,05$). La presencia de bacterias aerobias totales en las hamburguesas de ternera tomó valores entre 4 y 5 log ufc/g muestra en el día 0 y 2, a partir del día 5 las muestras presentan una mayor cantidad de bacterias aerobias totales y se mantuvieron constantes hasta el día 7, no observándose un gran crecimiento entre este intervalo de tiempo. Pero todas las hamburguesas de ternera a día 7 se encuentran por debajo del límite admitido, desde el punto de vista microbiológico, ya que por encima de 7 log ufc/g es cuando producto cárnico presenta un deterioro evidente (Banwart, 1979; Sayas-Barberá *et al.*, 2011).

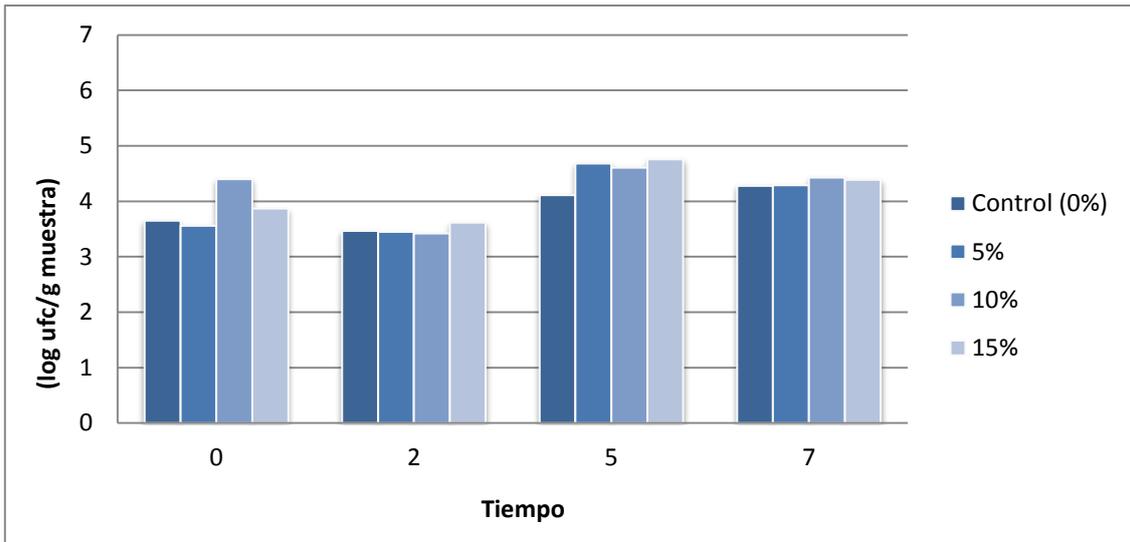


Figura 26.- Evolución de la población de bacterias lácticas en hamburguesas de ternera con incorporación de harina de quínoa a lo largo de 7 días.

Se observó un aumento en los recuentos de bacterias lácticas a lo largo del tiempo de almacenamiento ($P < 0,05$), pero la presencia de quínoa no afectó a la flora láctica ($p > 0,05$).



5. CONCLUSIONES



Tras analizar los datos obtenidos en este estudio, se concluye lo siguiente:

1. La harina de quínoa utilizada reúne todos los criterios normativos establecidos (8,23 % de humedad y ausencia de enterobacterias).
2. La harina de quínoa por su capacidad de retención de agua (CRA) resulta adecuada para ser utilizada en productos cárnicos, ya que evitaría pérdidas de humedad durante la cocción.
3. La composición química de las hamburguesas no se vio afectada por la incorporación de un 5 y 10% de quínoa.
4. La incorporación de harina de quínoa, en ninguna de las concentraciones ensayadas, afectó a la componente roja (a^*), ni al pH, ni a la a_w de las hamburguesas.
5. La incorporación de harina de quínoa, en las concentraciones utilizadas (5, 10 y 15 %) no afectó a los análisis sensoriales de las hamburguesas de ternera después de su cocinado.
6. La incorporación de harina de quínoa a las hamburguesas de ternera, en las concentraciones estudiadas, mejoró las propiedades de cocción (mejores rendimientos y menor disminución de diámetros) durante el tiempo de conservación.
7. A partir de 5º día de conservación, los catadores detectaron olores desagradables, para todos los lotes de hamburguesas.
8. Las hamburguesas con quínoa, fueron valoradas por los catadores, con menor puntuación en color y en brillo respecto a las control.
9. La presencia de quínoa en las hamburguesas no afectó a su calidad microbiológica. La harina de quínoa puede ser incorporada hasta un 15% a las hamburguesas sin que afecten a su calidad total.

Desde el punto de vista tecnológico sería viable introducir hasta un 15 % de harina de quínoa en hamburguesas de ternera, sin afectar a su calidad.

6. BIBLIOGRAFÍA



- ABC Sevilla, (2015). Lebrija se convierte en el mayor productor de quínoa de Europa. <http://sevilla.abc.es/provincia/20150501/sevi-quinoa-lebrija-arroz-201504302034.html>
- Aleson-Carbonell, L., Fernández-López, J., Pérez-Alvarez, J. A., & Kuri, V. (2005). Characteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(2), 247-255.
- Aleson-Carbonell, L., Fernández-López, J., Sendra, E., Sayas-Barberá, E., & Pérez-Alvarez, J. A. (2004). Quality characteristics of a non-fermented dry-cured sausage formulated with lemon albedo. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(15), 2077-2084.
- Alvares, Z., & Tusa, E. (2009). Elaboración de Pan Dulce Precocido Enriquecido con Harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa W.*).
- Álvarez, M (2017). La dimensión actual del sector cárnico español. http://www.qcom.es/carne/reportajes/la-dimension-actual-del-sector-carnico-espanol_31621_2_35368_0_4_in.html
- American Meat Science Association. (2012). AMSA Meat Color Measurement Guidelines.
- ANICE, (2018). http://www.anice.es/industrias/portal-de-la-industria-carnica/el-sector-carnico-espanol_9776_36_16760_0_1_in.html
- Apella, C. M., & Araujo, Z. P. (2005). Microbiología del agua. Conceptos Básicos. *Tecnologías Solares para la Desinfección y Descontaminación del Agua*, 33-50.
- Ayala, G. (2004). Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana. Raíces Andinas: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. p, 101-112.
- Banwart, G.J. (1979). *Microbiología Básica de los alimentos*. Ed. Bellaterra, S.A., Barcelona, España.
- Besbes, S., Attia, H., Deroanne, C., Makni, S., & Blecker, C. (2008). Partial replacement of meat by pea fiber and wheat fiber: effect on the chemical composition, cooking characteristics and sensory properties of beef burgers. *Journal of Food Quality*, 31(4), 480-489.

- Real Decreto 677/2016. Norma de calidad para las harinas, las sémolas y otros productos de la molienda de los cereales. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2016/BOE-A-2016-11951-consolidado.pdf>
- Bojanic, A. (2011). La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. D-FAO.
- Böttcher, S., & Drusch, S. (2017). Saponins—Self-assembly and behavior at aqueous interfaces. *Advances in Colloid and Interface Science*.
- Cruz, J (2017). El sector cárnico español coge velocidad de cruceo gracias al auge de las exportaciones. <http://www.eurocarne.com/daar/a1/articulos/a2/25901.pdf>
- De la Cruz Quispe, W. H. (2009). Complementación proteica de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de quina (*Chenopodium quinoa* W.) y suero en pan de molde y tiempo de vida útil.
- Delgado, N., & Albarracín, W. (2012). Microestructura y propiedades funcionales de harinas de quinua (*Chenopodium Quínoa* W.) y chachafruto (*Erythrina edulis*): potenciales extensores cárnicos. *Vitae*, 19(1), S430-S432.
- Echávarri, G., Ayala, F., & Negueruela, A. I. (2004). La medida práctica del color.
- Escámez-Navarro, A. (2017). Contribución al estudio de la incorporación de nuevos ingredientes (*Chenopodium quinoa* W.) en embutidos crudo-curados tipo chorizo rojo.
- FAO, (2013). Lanzamiento del Año Internacional de la Quinoa. <http://www.fao.org/news/story/es/item/170290/icode/>
- Fernández-López, J., Jiménez, S., Sayas-Barberá, E., Sendra, E., & Pérez-Alvarez, J. A. (2006). Quality characteristics of ostrich (*Struthio camelus*) burgers. *Meat science*, 73(2), 295-303.
- Fernández-López, J., Sendra-Nadal, E., Navarro, C., Sayas, E., Viuda-Martos, M., & Alvarez, J. A. P. (2009). Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. *International journal of food science & technology*, 44(4), 748-756.

- González, J. A., & Prado, F. E. (2013). Quínoa: aspectos biológicos, propiedades nutricionales y otras consideraciones para su mejor aprovechamiento.
- Hernández Royero, R. (1997). Obtención de crudos de saponinas hipocolesteromizantes del *Chenopodium quinoa* W. Revista Cubana de Medicina Militar, 26(1), 55-62.
- Lema Paucar, C., & Majín Rumanuela, M. (2010). Elaboración de tortas de carne para hamburguesa enriquecidas con diferentes porcentajes de proteínas vegetales: soya texturizada, quinua y amaranto; conservadas a diferentes temperaturas (Bachelor's thesis, Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agroindustrial).
- López-Vargas, J. H., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. Á., & Viuda-Martos, M. (2014). Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. Meat science, 97(2), 270-276.
- Maldonado, P. (2010). Embutidos fortificados con proteína vegetal a base de quinua (*Chenopodium quinoa* W.). Enfoque UTE, 1(1), pp-36.
- Montañez, C., & Irma, P. (2007). Elaboración y evaluación de una salchicha tipo Frankfurt con sustitución de harina de quinua desaponificada (*Chenopodium quinoa*, W.) (Doctoral dissertation, Tesis de La Universidad de La Salle. Bogotá-Colombia).
- Montero, E. S. C. (2010). Harina y aceite de quínoa (*Quenopodium quínoa* W.) de la región VI.
- Mujica, A., & Jacobsen, S. E. (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. Botánica Económica de los Andes Centrales, 32, 449-457.
- Navarro, M (2009). Evidencias científicas del efecto funcional de productos cárnicos saludables. <https://www.eurocarne.com/daar/a1/articulos/a2/17509.pdf>
- Nowak, V., Du, J., & Charrondière, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* W.). Food chemistry, 193, 47-54.

- Palanca, V., Rodríguez, E., Señoráns, J., & Reglero, G. (2006). Bases científicas para el desarrollo de productos cárnicos funcionales con actividad biológica combinada. *Nutrición hospitalaria*, 21(2), 199-202.
- Peña, M. A., Méndez, O., Guerra, M. A., & Peña, S. A. (2015). Desarrollo de productos cárnicos funcionales: utilización de harina de quinua. *Alimentos, Ciencia e Investigación*, 23(1) 21-36.
- Real Decreto 677/2016. Norma de calidad para las harinas, las sémolas y otros productos de la molienda de los cereales. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2016/BOE-A-2016-11951-consolidado.pdf>
- Rodríguez-Sandoval, E., Lascano, A., y Sandoval, G. (2012). Influencia de la sustitución parcial de harina de trigo para quínoa y harina de papa sobre las propiedades termomecánicas y de panificación de la masa. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*.
- Rojas, W., Soto, J. L., Pinto, M., Jäger, M., & Padulosi, S. (2010). Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. *Biodiversity International*. <http://www.proinpa.org/tic/pdf/Quinua/Varios%20quinua/pdf35.pdf>
- Romo, S., Rosero, A., Forero, C., & Céron, E. (2006). Potencial nutricional de harinas de Quinoa (*Chenopodium quinoa W*) variedad piartal en los Andes colombianos primera parte. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 4(1), 112-125.
- Rosas, M. R. (2007). Contaminaciones alimentarias. Cuadros principales, tratamiento y prevención. *Ámbito farmacéutico. Nutrición*, (25), 6.
- Sánchez-Zapata, E., Muñoz, C. M., Fuentes, E., Fernández-López, J., Sendra, E., Sayas, E., & Pérez-Alvarez, J. A. (2010). Effect of tiger nut fibre on quality characteristics of pork burger. *Meat Science*, 85(1), 70-76.
- Sayas-Barberá, E., Quesada, J., Sánchez-Zapata, E., Viuda-Martos, M., Fernández-López, F., Pérez-Alvarez, J. A., & Sendra, E. (2011). Effect of the molecular weight and concentration of chitosan in pork model burgers. *Meat science*, 88(4), 740-749
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa*

W.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2541-2547.

- Villarroel, M., Huiriqueo, C., Hazbun, J., & Carrillo, D. (2009). Desarrollo de una formulación optimizada de galletas para celíacos utilizando harina desgrasada de avellana chilena (*Gevuina avellana, Mol*) y harina de quínoa (*Chenopodium quinoa Willd*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59(2), 184.
- Wyszecski, G., & Stiles, W. S. (1982). *Color science* (Vol. 8). New York: Wiley.

