

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



**“EFECTO DEL TIEMPO DE ESCALDADO SOBRE LAS PROPIEDADES
TECNOFUNCIONALES Y ANTIOXIDANTES DE LAS HARINAS OBTENIDAS
A PARTIR DE TRES TIPOS DE QUINOA (*Chenopodium quinoa Willd*)”**

TRABAJO FIN DE GRADO

Marzo-2018

Autor: Esther Albaladejo Tomás

Tutor: Manuel Viuda Martos

RESUMEN

En los últimos años, la quinoa ha ganado una renovada relevancia como cultivo alternativo a los cereales debido a su excelente valor nutricional. En este trabajo se han estudiado las propiedades tecno funcionales (capacidad de retención de agua capacidad de retención de aceite, capacidad de hinchamiento), propiedades físico-químicas (color), actividad antioxidante, poder antioxidante, capacidad quelante y compuestos bioactivos (flavonoides, fenoles totales) de las harinas obtenidas a partir de tres variedades de quinoa “blanca, negra y roja”, tras su efecto en el tiempo de escaldado y sometidas a un proceso de secado a 60 ° C durante 24h. Además de conseguir una caracterización tecnofuncional más completa, hay que destacar que, las harinas de quinoa que presentaron una mayor actividad antioxidante a tiempo de cocción 0 min fueron, la harina de quinoa negra y la harina de quinoa roja, de igual forma, con un tiempo de cocción 10 min no se encontró actividad antioxidante en ninguno de los tres tipos de harina de quinoa. El poder antioxidante mostró ser más elevado, en las muestras analizadas de harina de quinoa negra y harina de quinoa roja a tiempo de 0 min, con un tiempo de cocción de 10 min la quinoa negra tras degradarse su poder antioxidante, seguía mostrando el valor más elevado. En cuanto a la capacidad quelante del ion ferroso la quinoa roja volvió a mostrar los valores más elevados, en este caso en los tiempos de cocción de 7,5 y 10 min.

A modo general los compuestos bioactivos en los tres tipos de harina de quinoa resultaron ser elevados, pero la quinoa roja mostró los valores más altos en cuanto al contenido de flavonoides y fenoles, que al igual que ocurre con los antioxidantes; a lo largo de los diferentes tiempos de cocción, las muestras de harina de quinoa se van degradando.

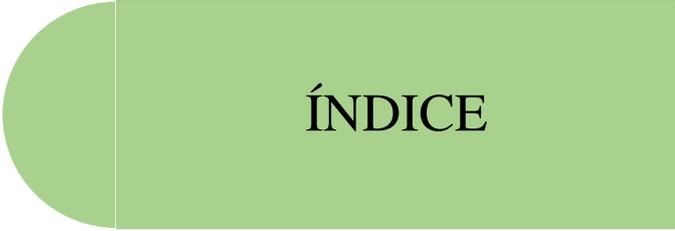
Palabras clave: Tecnofuncionales, DPPH, FRAP, fenoles, flavonoides.

ABSTRACT

In recent years, quinoa has gained renewed relevance as an alternative crop to cereals due to its excellent nutritional value. In this work we have studied the techno-functional properties (water retention capacity, oil retention capacity, swelling capacity), physical-chemical properties (color), antioxidant activity, antioxidant power, chelating capacity and bioactive compounds (flavonoids, phenols total) of the flours obtained from three varieties of "white, black and red" quinoa, after their effect on the time of blanching and subjected to a drying process at 60 ° C for 24 hours. In addition to achieving a more complete techno-functional characterization, it should be noted that the quinoa flours that showed the highest antioxidant activity at cooking time 0 min were the black quinoa meal and the red quinoa meal, in the same way, with a cooking time 10 min no antioxidant activity was found in any of the three types of quinoa meal. The antioxidant power showed to be higher, in the analyzed samples of black quinoa flour and red quinoa flour at time of 0 min, with a cooking time of 10 min the black quinoa after degrading its antioxidant power, still showing the most value high. As for the chelating capacity of the ferrous ion, the red quinoa returned to show the highest values, in this case in the cooking times of 7.5 and 10 min.

In general, the bioactive compounds in the three types of quinoa flour were found to be high, but the red quinoa showed the highest values in terms of the content of flavonoids and phenols, which as with antioxidants; Throughout the different cooking times, samples of quinoa flour are degraded.

Keywords: Technological, DPPH, FRAP, phenols, flavonoids.



ÍNDICE



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Origen y evolución.....	8
1.2. Descripción botánica y taxonomía.....	19
1.2.1. Diversidad genética y variedades.....	11
1.3. Producción mundial.....	13
1.4. Propiedades nutricionales.....	15
1.4.1. Proteínas.....	15
1.4.2. Carbohidratos y fibra.....	16
1.4.3. Lípidos.....	16
1.4.4. Vitaminas y minerales.....	17
1.5. Comparación de los valores nutricionales de granos de quinoa.....	17
1.6. Compuestos bioactivos.....	19
1.6.1. Compuestos fenólicos.....	19
1.6.2. Ácido fenólico.....	20
1.6.3. Flavonoides.....	20
1.7. Alimento funcional.....	21
1.8. Quinoa como ingrediente funcional.....	22
1.8.1. Productos con quinoa en España.....	
1.9. Justificación del trabajo.....	23
2. OBJETIVOS.....	29
2.1. Objetivo general.....	29
2.2. Objetivos particulares.....	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1. Material vegetal.....	31

3.2. Elaboración de harina de quinoa.....	32
3.3. Caracterización de propiedades tecnofuncionales.....	35
3.3.1. Capacidad de retención de agua (CRO).....	35
3.3.2. Capacidad de retención de aceite (CRO).....	35
3.3.3. Capacidad de hinchamiento (SWC).....	36
3.4. Determinaciones físico-químicas.....	36
3.4.1. Color.....	36
3.5. Extracción de compuestos bioactivos en harinas de quinoa.....	36
3.6. Compuestos bioactivos.....	37
3.6.1. Contenido de fenoles totales (CFT).....	37
3.6.2. Contenido de flavonoides totales (CFIT).....	37
3.7. Determinación de la actividad antioxidante.....	38
3.7.1. Actividad antioxidante utilizando el radical 2,2-diphenyl- 1picrylhydrazyl (DPPH).....	38
3.7.2. Poder antioxidante por reducción del ion férrico (FRAP).....	38
3.7.3. Capacidad de quelante del ion ferroso (FIC).....	39
3.8. Análisis estadístico.....	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1. Tecnofuncionales.....	41
4.1.1. Capacidad de retención de agua (CRA).....	41
4.1.2. Capacidad de retención de aceite (CRO).....	43
4.1.3. Capacidad de hinchamiento (SWC).....	45
4.2. Determinaciones físico-químicas.....	47
4.2.1. Color.....	47
4.3. Compuestos bioactivos.....	53

4.3.1. Contenido de fenoles totales (CFT).....	54
4.3.2. Contenido de flavonoides totales (CFIT).....	56
4.4. Determinación de la actividad antioxidante.....	58
4.4.1. Actividad antioxidante utilizando el radical 2,2-diphenyl- 1picrylhydrazyl (DPPH).....	59
4.4.2. Poder antioxidante por reducción del ion férrico (FRAP).....	61
4.4.3. Capacidad de quelante del ion ferroso (FIC).....	63
5. CONCLUSIÓN.....	66
6. BIBLIOGRAFÍA.....	69



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación taxonómica de la quinoa	10
Tabla 2: Grupos de quinoa según su adaptación ecológica en las principales zonas de producción.....	12
Tabla 3: Algunas de las variedades en las principales regiones de producción.	13
Tabla 4: Comparación de los valores nutricionales de granos y quinoa (100 g parte comestible).....	18
Tabla 5: Productos con quinoa comercializados en España.....	24
Tabla 6: Capacidad de retención de agua (CRA).....	42
Tabla 7: Capacidad de retención de aceite (CRO).....	44
Tabla 8: Capacidad de hinchamiento (SWC).....	46
Tabla 9: Coordenadas colorimétricas Luminosidad (L*), coordenada rojo-verde (a*) y coordenada amarillo-azul (b*), el tono (h*) y el croma (C*) de las harinas de quinoa blanca.....	49
Tabla 10: Coordenadas colorimétricas Luminosidad (L*), coordenada rojo-verde (a*) y coordenada amarillo-azul (b*), el tono (h*) y el croma (C*) de las harinas de quinoa blanca.....	50
Tabla 11: Coordenadas colorimétricas Luminosidad (L*), coordenada rojo-verde (a*) y coordenada amarillo-azul (b*), el tono (h*) y el croma (C*) de las harinas de quinoa blanca.....	52
Tabla 12: Actividad antioxidante utilizando el radical 2,2-diphenyl-1picrylhydrazyl (DPPH).....	60
Tabla 13: Poder antioxidante por reducción del ion férrico (FRAP).....	62
Tabla 14: Capacidad de quelante del ion ferroso (FIC).....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Variabilidad de panojas y color de granos de quinoa.....	12
Figura 2: Producción de quinoa en los principales países productores de quinoa.....	14
Figura 3: Producción mundial de quinoa.....	14
Figura 4: Compuestos bioactivos y actividades biológicas descritas para quinoa (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>).....	19
Figura 5: Tipos de semilla de quinoa (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) utilizadas para la elaboración de harinas a analizar.....	31
Figura 6: Materia prima semillas de quinoa (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>), blanca, negra y roja.....	32
Figura 7: Muestras de quinoa (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) tras el proceso decocción y posterior secado a 60 °C durante 24h.....	33
Figura 8: Muestras de quinoa (<i>Chenopodium quinoa Willd</i>) tras el proceso de molienda.....	33
Figura 9: Diagrama del diseño experimental del proceso realizado.....	34
Figura 10: Contenido de fenoles totales (CFT).....	55
Figura 11: Contenido de flavonoides totales (CFIT).....	57

INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

1.1. Origen y antecedentes

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) es un pseudocereal de familia Chenopodiaceae que fue cultivada y consumida desde 5.000 años atrás en las poblaciones indígenas de la región andina, a quienes representaba como el “grano madre” (Vega-Gálvez et al., 2010).

Debido a su contenido rico en proteínas e increíble equilibrio de aminoácidos esenciales, ha sido consumido por personas como una planta sagrada, incluyéndola como ofrenda en fiestas religiosas (Tapia, 2009).

En los últimos años, la quinoa ha adquirido una relevancia como alternativa al cultivo tradicional de granos de cereales debido a su excelente valor nutricional, dicha planta contiene proteínas y aminoácidos esenciales de alto valor biológico, grasas poliinsaturadas de la familia de los omega, vitaminas y minerales, como hierro y calcio, incluso contiene más lisina que el trigo. Cabe mencionar que la quinoa es una semilla libre de gluten, lo que la convierte en una excelente opción para los celíacos.

El consumo de la quinoa necesita una cocción previa, ocasionando pérdidas en el valor nutricional. Esta cocción permitirá asegurar la inocuidad, tras la destrucción de microorganismos y la inactivación de los factores anti-nutricionales. Además, influye en la digestibilidad de los alimentos y su biodisponibilidad de nutrientes, también se verán afectadas la estabilidad de sus propiedades, afectando al contenido de antioxidantes, así como de compuestos bioactivos como flavonoides y fenoles totales. (Fuentes y Paredes Gonzales, 2015).

Por otro lado, los polifenoles son metabolitos secundarios presentes en esta planta, se han realizado estudios de investigación acerca de la composición de polifenoles en alimentos, su biodisponibilidad, metabolismo y sus efectos biológicos; como resultado de estos estudios, se mostró que el consumo de una dieta rica en plantas o alimentos que contenga polifenoles disminuye el riesgo de enfermedades asociadas con el estrés oxidativo, cáncer y enfermedades cardiovasculares (Álvarez Jubete et al., 2010). Flavonoides, fenoles son los principales compuestos bioactivos y se pueden ver afectado durante el procesamiento de los alimentos.

Otros estudios han demostrado que el procesado térmico puede afectar al contenido de flavonoides, mientras que la extrusión no afecta a la capacidad antioxidante de los polifenoles (Álvarez Jubete et al., 2010).

En este momento este pseudocereal se cultiva principalmente en Bolivia, Perú y Ecuador desde donde se exporta (Fabio y Párraga, 2017). Además, es cultivado en los EE. UU, China, Europa, Canadá e India (Jacobsen, 2003). Por lo tanto, durante las últimas dos décadas la quinoa ha ganado cada vez más atenciones, llegando a ser ampliamente promovida por la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, que dedicó el año 2013 a esta planta (Ruiz et al., 2014).

1.2. Descripción botánica y taxonomía

La quinoa es una planta anual, dicotiledónea, que alcanza una altura de 0,2 a 3,0 m. Las plantas pueden presentar diversos colores que van desde verde, morado a rojo y colores intermedios entre estos. El tallo principal puede ser ramificado o no, depende del ecotipo, raza, densidad de siembra y de las condiciones del medio en que se cultiven (Jacobsen, 2003).

Las hojas son de carácter polimórfico en una sola planta, las basales son grandes y pueden ser romboidales o triangulares, mientras que las hojas superiores generalmente alrededor de la panoja son lanceoladas (del Castillo et al., 2007). Su color va desde el verde hasta el rojo, pasando por el amarillo y el violeta, según la naturaleza y la importancia de los pigmentos. Contienen además gránulos en su superficie dándoles la apariencia de estar cubiertas de arenilla (Rojas, 2003).

La inflorescencia es racimosa y se denomina panoja por tener un eje principal más desarrollado, del cual se originan los ejes secundarios y en algunos casos terciarios.

La panoja terminal puede ser definida (totalmente diferenciada del resto de la planta) o ramificada, asimismo, puede ser suelta o compacta, lo que está determinado por la longitud de los ejes secundarios y pedicelos, siendo compactos cuando ambos son cortos (Gandarillas, 1968).

Las flores son muy pequeñas y densas, se ubican en grupos formando glomérulos, de la misma coloración que los sépalos y pueden ser hermafroditas, pistiladas o

androestériles. Los estambres, que son cinco, se encuentran rodeando el ovario, cuyo estilo se caracteriza por tener 2 o 3 estigmas plumosos (Mujica, 1992; Lescano, 1994).

El fruto es un arquenio indehiscente que contiene un grano que puede alcanzar hasta 2,66 mm de diámetro de acuerdo a la variedad (Rojas, 2003). Según Tapia (1990), el perigonio cubre a la semilla y se desprende con facilidad al frotarlo. El episperma que envuelve al grano está compuesto por cuatro capas: la externa determina el color de la semilla, es de superficie rugosa, quebradiza, se desprende fácilmente con agua, y contiene a la saponina.

En la tabla 1 se muestra la clasificación taxonómica de la quinoa.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la quinoa

Reino	Plantae
División	Magonoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Caryophyllidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Chenopodiaceae
Género	<i>Chenopodium</i>
Sección	Chenopodia
Subsección	Cellulata
Especie	<i>Chenopodium quinoa</i> willdnow

Fuente: (Cronquist 1995).

El género *Chenopodium* es el principal dentro de la familia Chenopodiaceae y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies (Giusti, 1970). Dentro del género *Chenopodium* existen especies cultivadas como plantas alimenticias: como productoras de grano, *Chenopodium quinoa Willd* y *Chenopodium pallidicaule Aellen*, en Sudamérica; como verduras *Chenopodium nuttalliae* Safford y *Chenopodium ambrosioides L.* en México; como verduras o medicinales *Chenopodium carnosolum Moq.* y *Chenopodium ambrosioides L.* en Sudamérica.

1.2.1. Diversidad genética y variedades

La región Andina es considerada como uno de los ocho centros de origen y de diversidad de los cultivos. Es el lugar donde existe la mayor diversidad genética de quinoa tanto silvestre como cultivada que todavía se pueden encontrar en condiciones naturales y en campos de cultivo de los agricultores andinos.

Las evaluaciones de la variabilidad genética disponible permitió agrupar a la quinoa en 5 grupos mayores según sus características de adaptación y algunas morfológicas de alta heredabilidad, fácilmente detectables y capaces de mantenerse en toda el área de difusión.

En la tabla 2 se describen los cinco grupos de quinoa de acuerdo a (Lescano, 1989) y (Tapia, 1990) según su adaptación ecológica en las principales zonas de producción.

Tabla 2. Grupos de quinoa según su adaptación ecológica en las principales zonas de producción.

<i>Quinoas de nivel del mar:</i>	Encontrada en el sur de Chile, tamaño medio, generalmente sin ramas, con semillas color amarillo y amargas.
<i>Quinoas de valles interandinos</i>	Crece en los valles comprendidos entre los 2.000 y 3000 m de altura. Esta especie es de gran tamaño y tiene un largo periodo de crecimiento.
<i>Quinoas de altiplano</i>	Han sido encontradas alrededor del Lago Titicaca, es resistente a las heladas, es de poca altura, carece de ramas y tiene un corto periodo de crecimiento.
<i>Quinoas de salares</i>	La cual crece en las llanuras del altiplano boliviano, soporta terrenos salinos y alcalinos. Tienen semillas amargas con un alto contenido proteico.
<i>Quinoas de los yungas</i>	Encontrada en los valles interandinos de Bolivia, tiene una coloración verde oscura al ser plantada y en su madurez torna a un color anaranjado, tiene pequeñas semillas blancas o amarillas.

En la figura 1 se presenta una variabilidad en panojas y en el color de los granos de quinoa de acuerdo a la variabilidad genética.



Figura 1. Variabilidad de panojas y color de granos de quinoa.

Fuentes: (FAO, 2011).

En la tabla 3 se muestra algunas de las variedades de quinoa según las principales regiones de producción.

Tabla 3. Algunas de las variedades en las principales regiones de producción

BOLIVIA	PERÚ	ECUADOR
Mañiqueña	Amarilla Maranganí	Tunkahuan,
Real Blanca	Kancolla	Ingapirca
Huallata	Blanca de Juli	Cochasqui
Toledo	Cheweca,	Imbaya
Mok'o	Witulla	Chaucha
Rosado	Salcedo-INIA	Tanlahua

Fuente: (Aroni et al., 2003; Mujica et al., 2004)

1.3. Producción mundial

En la actualidad la producción mundial de quinoa se presenta en la figura donde se puede observar que los países con mayor producción son Bolivia, Perú y Ecuador. Sin embargo, como resultado de más de veinte años de trabajo que se viene desarrollando en países potenciales de Europa, Asia, África, Australia, Norte América y de la región, la producción de la quinoa se encuentra en franco proceso de expansión hacia diferentes espacios geográficos del planeta por sus extraordinarias características de adaptación y adaptabilidad.

En la figura 2 se observa los datos de producción de los principales países productores de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*).

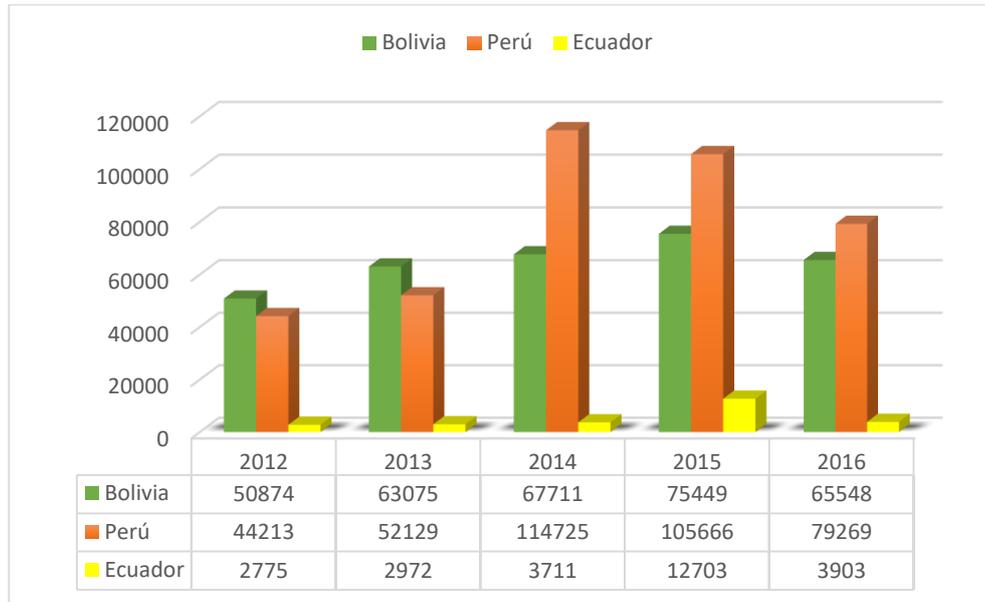


Figura 2. Producción de quinoa en los principales países productores de quinoa

Fuente: (FAOSTART, 2018)

En la figura 3 se observa la producción mundial de quinoa en los últimos años.

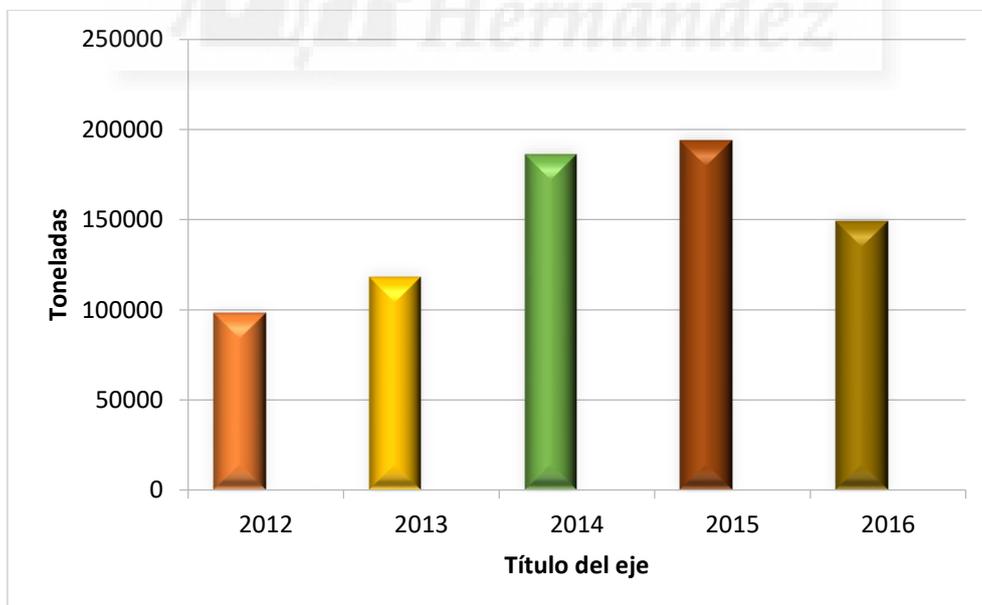


Figura 3: Producción mundial de quinoa.

Fuente: (FAOSTART, 2018)

En España ya se cuenta con dos fábricas en la zona de Andalucía, concretamente en Sevilla y Málaga. También regiones de Castilla la Mancha, realizan estudios de adopción al clima y suelos de la zona (ALIMARKET, 2014).

1.4. Propiedades nutricionales

La semilla de quinoa podría ser considerado un “superalimento” debido principalmente a su alto valor nutricional y a su alto contenido en proteína de buena calidad (Abugoch et al., 2008). Además de su contenido proteico, se han realizado muchos estudios sobre sus lípidos (Álvarez-Jubete et al., 2009; Yao Tang et al., 2014), almidón (Li y Fan, 2018), minerales (Vega-Galvez et al., 2010) y saponinas (Yao et al., 2014; Gómez-Caravaca et al., 2011; Mastebroek et al., 2000; Liu et al., 2013) contiene minerales y vitaminas como la vitamina B (Abugoch James, 2009), la vitamina C (Aniqa Aziza et al., 2018) y vitamina E (Ng y Anderson, 2005; Repo-Carrasco et al., 2003).

Existe una extensa literatura sobre la semilla de quinoa que cubre diferentes aspectos, incluyendo la composición de las reservas (Ando et al., 2002), la caracterización química de proteínas (Abugoch et al., 2008; Abugoch, 2009; Wang y Zhu, 2016), composición de ácidos grasos de los aceites (Ando et al., 2002; Álvarez-Jubete et al., 2009) contenido mineral (Ando et al., 2002; Repo-Carrasco et al., 2003) y valores funcionales y nutricionales (Abugoch et al., 2008; Ogungbenle, 2003; Ogungbenle et al., 2009). Sin embargo, es necesario considerar sus saponinas, que están presentes en el pericarpio de las semillas y deben eliminarse antes de su uso y consumo.

1.4.1. Proteínas

El contenido de proteína en materia seca varía entre 13,8 y 16,5%. Este contenido es más alto que el arroz, cebada, maíz, centeno y está cerca del trigo (USDA, 2015) Como se indica en la tabla 4.

La mayoría de proteínas almacenadas están compuestas por albúminas (35%) y globulinas (37%), contienen bajas concentraciones de prolaminas, pudiendo variar estos porcentajes en diferentes especies (Abugoch James, 2009).

En relación con sus valores se encuentran cercanos a los especificados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), su

contenido enriquecido en aminoácidos tiónicos y lisinas proporciona un equilibrio perfecto, dotando a la quinoa de todos los aminoácidos necesarios para la vida humana. (Maradini Filho et al.,2015).

1.4.2. Carbohidratos y fibra

El componente principal de hidratos de carbono de la quinoa es el almidón, constituyendo el 52% y 59% de la misma.

Su fibra dietética total es similar al grano de productos 7% y 9,7%, mientras que su contenido de fibra soluble se encuentra entre 1,3% y 6,1%. La quinoa contiene azúcar en un 3%, en su mayoría contiene maltosa, D-galactosa y D-ribosa, además de bajos niveles en fructosa y glucosa (Abugoch james, 2009).

Debido a su estabilidad de congelación-descongelación, bajo punto de gelificación y resistencia a bajas temperaturas de almacenamiento, la quinoa es un espesante ideal para salsas, sopas y harinas.

Por otra parte, su resistencia a la retrogradación hace posible el uso de quinoa en otras aplicaciones y para obtener una textura cremosa y suave similar a la de las grasas (Vega-Galvez et al., 2010; Abugoch James, 2009).

En comparación con el almidón de trigo y cebada, el almidón de quinoa tiene máxima viscosidad, mayor capacidad de absorción de agua y mayor capacidad de hinchamiento (Tang et al., 2002).

1.4.3. Lípidos

Debido a su calidad y fracción lipídica, la quinoa es aceptada como una semilla oleosa alternativa. Es rica en ácidos grasos esenciales como linoleico y alfa linolénico. Contiene antioxidantes como alfa y tocoferol en altas concentraciones. Su contenido en aceite es 7%, más alto que el que se puede encontrar en diversos granos como el trigo, avena, centeno, o cebada (Maradini Filho et al., 2015; Abugoch James, 2009).

1.4.4. Vitaminas y minerales

La semilla de quinoa también es rica en micronutrientes, como vitaminas y minerales. (USDA, 2015).

Aunque hay una investigación limitada sobre el contenido vitamínico de las semillas de quinoa, se sabe que contiene vitaminas como la piridoxina (B6) y ácido fólico en altas concentraciones, además es un excelente de vitamina E (Abugoch James, 2009; Alvarez-Jubete et al., 2010). Su ácido ascórbico varía de 0 a 63.0 mg / 100 g, los datos relativos a el contenido de vitamina podría ser engañoso. Ambos tipos dulces y amargos de la quinoa generalmente pasa por el proceso de lavado y cocción. Todos estos procesos podrían cambiar los niveles de vitamina C (Kozioł, 1992).

En cuanto a los minerales el contenido de ceniza de la quinoa es más alto 3,4%, que el de la mayoría de otros granos. Debido a esto su contenido en calcio y hierro es considerablemente más alto que el de otros granos comúnmente utilizados. La quinoa contiene aproximadamente 0,26% de magnesio. Dado que el calcio, magnesio y el potasio en la quinoa se encuentra en formas biológicamente apropiadas, sus cantidades en semillas se consideran suficientes para un equilibrio dieta (Vega-Galvez et al., 2010; Repo-Carrasco et al., 2003).

1.5. Comparación de los valores nutricionales de granos y quinoa

Los granos desempeñan un papel importante en la dieta humana al consumir más de la mitad de las necesidades energéticas del individuo. El trigo, el maíz, el arroz, la cebada, la avena, el centeno son los alimentos imprescindibles en dietas humanas y en animales. Una comparación de valores nutricionales de estos diferentes granos en relación con la quinoa es dada en la siguiente Tabla 4 (USDA, 2015). La superioridad de la quinoa sobre otros granos resultan de su contenido más rico en proteínas, lípidos y cenizas.

Tabla 4: Comparación de los valores nutricionales de granos y quinoa (100g comestible)

Composición	Quinoa	Arroz	Cebada	Trigo	Maíz	Centeno
Energía(kcal)	386	370	352	339	365	338
Lípidos(g)	6,07	0,55	1,3	2,47	4,74	1,63
Carbohidratos(g)	64,16	81,68	77,72	71,13	74,26	75,86
Fibra(g)	7,0	2,8	15,6	10,7	7,3	15,1
Proteína(g)	14,12	6,81	9,91	13,68	9,42	10,34
Cenizas(g)	2,7	0,19	0,62	1,13	0,67	0,98

Fuente: (Repo-Carrasco et al., 2003).

1.6. Compuestos bioactivos

La quinoa presenta una gran variedad de compuestos fenólicos en la figura 4, muestra los compuestos más relevantes entre, entre ellos los polifenoles.

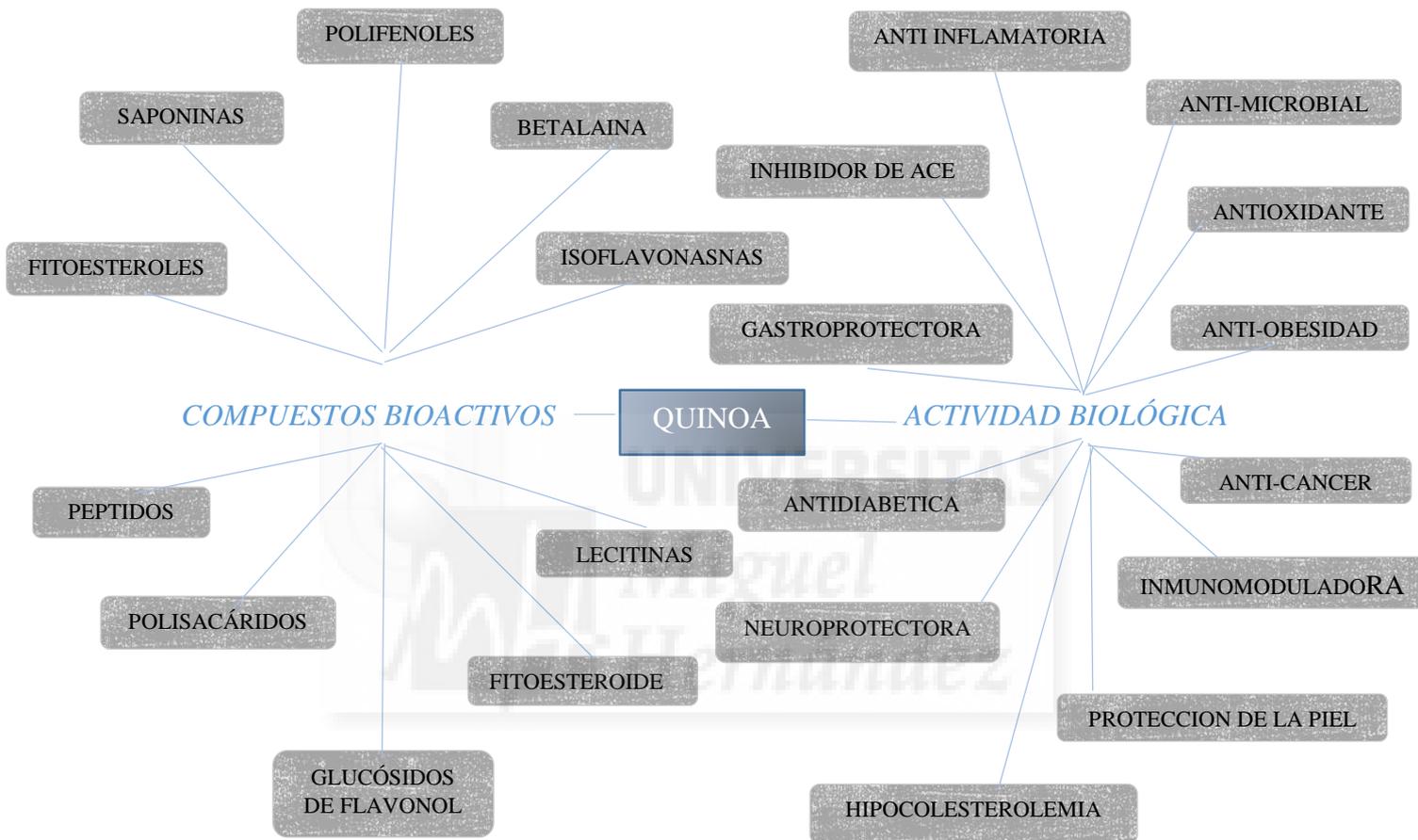


Figura 4: Compuestos bioactivos y actividades biológicas descritas para quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*).

Fuente: (Hernandez-Ledesma y blanca, 2016)

1.6.1. Compuestos fenólicos

Son un amplio grupo de compuestos, producto del metabolismo secundario de las plantas, que desempeñan funciones tales como proteger del ataque de patógenos o herbívoros, o ser. Poseen estructuras con anillos aromáticos y dobles enlaces conjugados a partir de los que se ejerce la acción antioxidante.

Compuestos fenólicos con al menos un anillo de fenol es un grupo importante de fitoquímicos en cereales, ubicados en la capa externa del grano (Bruto, 1980).

Los polifenoles alimentarios se pueden clasificar en dos grupos: extraíbles y no extraíbles. Los extraíbles poseen un bajo peso molecular que se pueden extraer empleando disolventes acuosos y acuoso-orgánicos. Los no extraíbles, tienen un elevado peso molecular, o polifenoles unidos a fibra dietética o proteínas que se pueden encontrar en los residuos de las extracciones (Bravo et al., 1993; Bravo, Abia y Saura –Calixto, 1994).

En cuanto a los polifenoles extraíbles, se clasifican, en función de su estructura química, en ácidos fenólicos; estructuras simples y flavonoides; estructuras mucho más complejas.

Recientes estudios mostraron que los fenoles contenían alta actividad antioxidante (Djordjevic et al., 2011; Min. et al., 2012; Guo y Beta, 2013). El Total fenólico compuestos en semilla de quinoa han sido de 71,7 mg / 100 g, (Álvarez-Jubete et al.2010b).

1.6.2. Ácido fenólico

Los ácidos fenólicos son un grupo de compuestos fenólicos con anillo de fenol simple. Ácidos fenólicos están mayormente ligados a los componentes estructurales celulares como celulosa, proteína, lignina o flavonoides y azúcares por los enlaces éster, éter y acetilo (Dervilly-Pinel et al., 2001; Yuan et al., 2005). Solamente una pequeña fracción de ácidos fenólicos son ácidos libres. Los ácidos fenólicos proporcionan diversas funciones para plantar, como la absorción de nutrientes, actividad enzimática, microbiana habitación y protección contra patógenos (Kroon y Williamson, 1999). Ácido gálico y ácido rosmarínico están presentes con el mayor potencial de actividad antioxidante (Soobrattee et al., 2005). Ácido ferúlico, que es uno de los principales ácidos fenólicos en el cereal, no solo exhibe una alta actividad antioxidante pero también cruza enlaces con arabinosilanos para formar la pared celular y fibra dietética insoluble (Faulds et al., 2004; Zhou et al., 2005; Yadav et al., 2007).

1.6.3. Flavonoides

Los flavonoides son otro grupo de compuestos fenólicos compuestos con 2-fenil-1,4-benzopirona y dividido en subgrupos como flavones, isoflavonas, flaván, proantocianidinas y antocianidinas, flavonoides como la quercetina y epicatequina

exhiben actividad antioxidante (Leopoldini et al., 2006; Yin et al., 2012; Giménez et al., 2013).

Los flavonoides en la quinoa incluyen los glucósidos de quercetina (43.4 μmol / 100 g) (Álvarez-Jubete et al., 2010b). La temperatura y la duración del proceso puede causar la pérdida de flavonoides en cereales (Sensoy et al., 2006).

Las antocianinas son un grupo de constituyentes flavonoides que proporcionan el rojo anaranjado brillante a colores azul-violeta en las plantas el Contenido de antocianinas en la quinoa ha sido de 102.4 mg / 100 g (Pásko et al., 2009)

Las isoflavonas son un grupo de flavonoides que actúan como fitoestrógenos en animales y seres humanos poseen actividades antioxidantes (Hsu et al., 2001; Teede et al. 2003; Li et al. 2013). La semilla de quinoa se ha demostrado que contiene isoflavonas, particularmente daidzeína y genisteína (Vega-Gálvez et al., 2010).

1.7. Alimentos funcionales

Durante los últimos años ha surgido un interés creciente, por parte de los consumidores, investigadores y la industria de alimentos, en explorar como los alimentos pueden ayudar al mantenimiento de la salud, puesto que está ampliamente aceptado que el seguimiento de una dieta equilibrada puede ayudar en la prevención de diversas enfermedades (Viuda-Martos et al., 2010). En la actualidad, el concepto de nutrición adecuada es aquella que aporta los nutrientes (hidratos de carbono, proteínas, grasas, vitaminas y minerales) suficientes para satisfacer las necesidades energéticas y nutricionales, esto tiende a ser sustituido por “nutrición óptima”, que incluye además de la definición anterior, la potencialidad de los alimentos para promocionar la salud, mejorar el bienestar y reducir el riesgo de desarrollar enfermedades (Perez-Álvarez, 2008).

En este ámbito aparecen los alimentos funcionales, nutracéticos, alimentos diseñados, alimentos terapéuticos, superalimentos o alimentos medicinales (Nagai e Inoue, 2004).

No existe una definición única de alimento funcional ya que son muchos los contextos en los que dicho concepto entra en juego. De hecho, el concepto de alimento funcional es

complejo y puede referirse a muchos aspectos posibles (Viuda-Martos et al., 2010) incluidos:

- I. Los alimentos obtenidos por algún proceso específico.
- II. Por una característica especial de uno o más de sus componentes
- III. Si el componente, que no es en sí mismo un nutriente afecta a una función objetivo del organismo de una manera específica y positiva.
- IV. Promueva un efecto fisiológico o psicológico más de lo meramente nutricional.

El ILSI (1999) ha establecido que un alimento puede considerarse como funcional si se ha demostrado satisfactoriamente que produce un efecto beneficioso sobre una o más funciones fisiológicas, además de sus efectos nutricionales convencionales, siendo estas relevantes para la mejora de la salud humana y/o reducir el riesgo de sufrir ciertas enfermedades.

Doyon y Labrecque, (2008) redefinió el concepto de alimento funcional utilizando la técnica Delphi. Para estos autores, un alimento funcional debe ser o debería parecerse a un alimento tradicional, aunque en su proceso de elaboración haya sufrido transformaciones. Deben ejercer efectos beneficiosos para la salud.

1.8. Quinoa como ingrediente funcional

Los usos futuros pueden ser de amplio alcance, como productos texturizados y fermentados. Hay muchas maneras en que puede ser consumido: cocinado, como harina, extruido. El sustituto de la carne que se ha introducido en Europa (Tellers, 2008).

Hay varios desarrollos con harina de quinoa a menor escala, como pan, galletas, muffins, pasta, aperitivos, bebidas, hojuelas, cereales para el desayuno, alimentos para bebés, cerveza, dieta, suplementos y extruidos (Ahamed et al., 1997; Bhargava et al., 2006; Caperuto et al., 2000; Chauhan et al., 1992a, b; Dogan y Karwe, 2003; Linnemann y Dijkstra, 2002; Morita et al., 2001).

La harina de quinoa no tiene buenas propiedades de horneado, como el gluten del trigo. Las proteínas de trigo pueden formar una red visco elástica cuando la harina se

mezcla con agua para formar masa, y estas propiedades visco elásticas permitir el uso de trigo para producir pan y otros alimentos procesados (Shewry y otros, 2002). El pan de quinoa se ha hecho incluyendo un 10% de harina de trigo (Chauhan et al., 1992a, b).

Hay algunos productos sin gluten sin buenas propiedades de horneado para grupos celíacos, y la quinoa proporciona una oportunidad desarrollar productos a base de cereales sin gluten (Gallagher et al., 2004). Dogan y Karwe, 2003 demostraron que la quinoa puede usarse para hacer productos alimenticios novedosos, saludables, extruidos, tipo snack.

Gulsum et al., (2015) muestran en recientes estudios sobre el efecto de la harina de quinoa en la reología de la pasta de pan sin gluten, como la capacidad de absorción de agua de la harina está relacionada con la proteína y contenido de fibra (Torbica et al., 2010). Este estudio concluyó en que la quinoa contiene mayor fibra dietética soluble que la harina de alforfón, de modo que, aumenta gradualmente la capacidad de absorción de agua de la masa de pan. Por lo que, mediante el reemplazo de alforfón por harina de quinoa con su mayor contenido en fibra dietética se utiliza para mejorar la estructura de productos alimenticios altamente viscosos tales como masa y productos de panadería (Ogunbenle, 2003). Foste et al., (2014) declaró que la masa sin gluten se hizo más elástica con aumentando la cantidad de salvado de quinoa en el mismo rango de frecuencia.

La quinoa ha demostrado tener un alto valor nutricional y solo recientemente se está utilizando como una novedad en la comida funcional. Sin embargo, es muy importante aumentar y promover la producción de semilla de quinoa, diversificar la producción y mejorar su consumo.

1.8.1. Productos con quinoa en España

Un aspecto importante a considerar para promover el consumo de quinoa es informar a los consumidores de las buenas propiedades de la quinoa e incorporar en su dieta diaria como saludable, nutritivo, de buen sabor, y comida versátil.

En la tabla 5, se presenta una gran variedad de productos comercializados en España, que contienen quinoa.

Tabla 5: Productos con quinoa comercializados en España

PRODUCTOS	
Muesli crujiente cereales, chocolate y quinoa- Carrefour bio- 500 g	
Hamburguesa de quinoa y borraja vegetales y ecológicas- Carlota orgánica-160 g (2x80 g)	
Quinoa blanca y roja-Brillante-250 g (2x125 g)	
Quinoa con verduras y algas Natursoy- 300 g	
Bebida de quinoa ecológica “ Soria natural”	
Tostadas ligeras de arroz y quinoa- Soria natural- 85 g (25x3,4 g)	

Tortitas de arroz con quinoa- Ecocesta
productos ecológicos-140 g



Macarrones sin gluten-
Oleander-500 g



Copos de quinoa-Biogoret-500 g



Crema de verduras con algas y quinoa-
sin marca-500 g



Sopa de quinoa deshidratada-
Trevijano-200 g



Salteado de quinoa-CN congelados de
Navarra-400 g



Ensalada de quinoa- Carretilla-230 g



Mix de quinoa y setas shiitake-
Germinal Bio Vegan-200 g



Quinoa snaks tomate y albahaca-
Snaatt´s-90 g



Legumbres quinoa, verduras-Brillante
Benefit-250 g



Vistteca quinoa y verduras (filete vegetal)-Biográ-90 g



1.9. Justificación del trabajo

Hoy en día el consumo de quinoa es cada vez más popular entre las personas interesadas en la mejora y el mantenimiento de su estado de salud. Debido a la importancia y los beneficios que otorgan los componentes de la quinoa, surge el interés de innovar cada vez más en la elaboración de productos que contengan harina de quinoa.

Por ello se ha considerado interesante abordar una caracterización de varios tipos de quinoa y profundizar en el estudio de sus propiedades antioxidantes y compuestos bioactivos a lo largo de los diferentes tiempos de cocción.

OBJETIVOS



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del tiempo de escaldado sobre las propiedades tecnofuncionales y antioxidantes en harinas obtenidas a partir de tres tipos de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) blanca, negra y roja para observar la degradación de sus propiedades tras el aumento del tiempo de cocción.

2.2 Objetivos particulares

Para el alcance del objetivo general se proponen los siguientes objetivos particulares:

- 1) Determinar las propiedades tecnofuncionales: capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de retención de aceite (CRO), capacidad de hinchamiento (SWC) y las propiedades Físico-Químicas: color, en los distintos tiempos de escaldado en las harinas obtenidas a partir de tres tipos de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), blanca, negra y roja.
- 2) Determinar el contenido de fenoles (CFT) totales en los distintos tiempos de escaldado en las harinas obtenidas a partir de tres tipos de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), blanca, negra y roja.
- 3) Determinar el contenido de flavonoides (CFIT) totales en los diferentes tiempos de escaldado en las harinas obtenidas a partir de tres tipos de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), blanca, negra y roja.
- 4) Determinar la actividad antioxidante de los extractos obtenidos en los distintos tiempos de escaldado, mediante la aplicación de distintos métodos de determinación de antioxidantes como son la actividad antioxidante utilizando el radical 2,2-difenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), poder antioxidante por reducción del ion férrico (FRAP) Y la capacidad de quelante del ion ferroso (FIC), en los distintos tiempos de escaldado en las harinas obtenidas a partir de tres tipos de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), blanca, negra y roja.

MATERIALES Y MÉTODOS



3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Material vegetal

Para el desarrollo del proyecto se empleó la variedad Quinoa Blanca Real, Quinoa negra Real, Quinoa Roja Real, facilitada por la empresa “Vegan Society”, importado en Europa por LA FINESTRA SUL CIELO ESPAÑA S.L, (Barcelona), la cual obtiene su materia prima de cultivos ecológicos procedentes de La Paz (Bolivia).

La figura 5 muestra los diferentes tipos de semilla de quinoa, que se emplearon para la elaboración de las harinas de quinoa a diferentes tiempos de escaldado para su posterior determinación de propiedades tecnofuncionales, físico-químicas, antioxidantes y compuestos bioactivos.



Figura 5: Tipos de semilla de quinoa utilizadas para la elaboración de harinas a analizar.

3.2. Elaboración de harina de quinoa

La materia prima se obtuvo como semilla (Figura 6), se realizó el proceso de escaldado a diferentes tiempos de cocción (0; 2,5; 5; 7,5 y 10 min).

En la figura 7 se observan las muestras de quinoa tras el proceso de cocción y posteriormente se sometieron a un tratamiento de secado a 60 °C durante 24 h.

En la figura 8 se muestran las muestras de quinoa, que tras el proceso de secado finalmente se realizó una molienda para la obtención así de los diferentes tipos de harina de quinoa (*Chenopodium quinoa willd*), para poder llevar a cabo las posteriores determinaciones analíticas. En la figura 9 se muestra el diagrama de flujo del proceso realizado.



Figura 6: Materia prima semillas de quinoa (*Chenopodium quinoa willd*), blanca, negra y roja.



Figura 7: Muestras de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) tras el proceso de cocción y posterior secado a 60 °C durante 24h.



Figura 8: Muestras de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) tras el proceso de molienda.

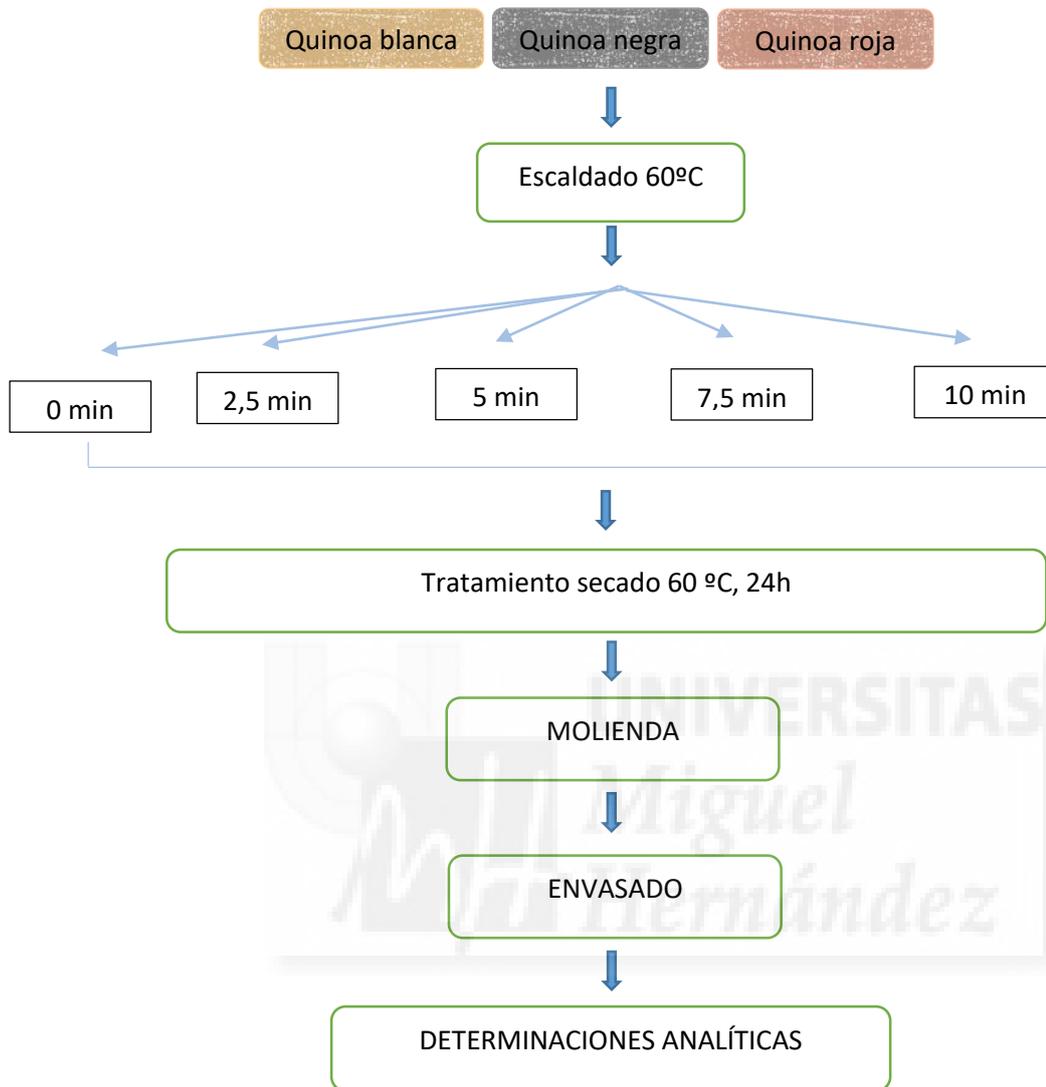


Figura 9: Diagrama del diseño experimental del proceso realizado.

3.3. Caracterización de propiedades tecnofuncionales

3.3.1. Capacidad de retención de agua (CRA)

Para la determinación de la capacidad de retención de agua, 0,50 g de harina se dispusieron en tubos previamente rotulados y pesados, se hidrataron con 10 ml de agua destilada durante 24h a temperatura ambiente. Pasado este tiempo, las muestras se centrifugaron a 3000 rpm durante 10 minutos. El exceso de sobrenadante se eliminó con micro pipeta, después se pesó el tubo con el precipitado. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

La CRA se calculó mediante la siguiente ecuación.

$$CRA\left(\frac{g}{g}\right) = \frac{MTP - MT - ME}{ME}$$

MTP: Masa de tubo y precipitado (g)

MT: Masa tubo (g)

ME: Masa de fibra (g)

3.3.2 Capacidad de retención de aceite (CRO)

Para la determinación de la capacidad de retención de aceite, 0,5 g de harina se dispusieron en tubos previamente rotulados y pesados, se añadieron 5 g de aceite de girasol y se dejaron reposar a temperatura ambiente durante 24h. Posteriormente las muestras se llevaron a centrifuga a 3000 rpm durante 10 minutos, el exceso de sobrenadante se eliminó con una micro pipeta después se pesó el tubo con el precipitado. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

La CRO se calculó mediante la siguiente ecuación.

$$CRO\left(\frac{g}{g}\right) = \frac{MTP - MT - ME}{ME}$$

MTP: Masa de tubo y precipitado (g)

MT: Masa tubo (g)

ME: Masa de fibra (g)

3.3.3. Capacidad de hinchamiento (SWC)

Para la determinación de la capacidad de hinchamiento, 0.5 g de harina se dispusieron en tubos graduados de 10 ml y se midió el volumen ocupado por las fibras (v_0), se hidrataron con 5 ml de agua destilada y se agitaron en el Vortex 1 minuto. Se dejó en reposo durante 24h, posteriormente se midió el volumen final de las muestras (v_1). Las determinaciones se realizaron por triplicado.

$$swc\left(\frac{ml}{g}\right) = \frac{v_1 - v_0}{\text{peso muestra}}$$

3.4. Determinaciones fisico-químicas

3.4.1. Color

La determinación de color se realizó empleando un espectrofotómetro (ESPECTROPHOMETER OM-700d). Los parámetros que se midieron fueron L^* , a^* , b^* .

El parámetro L^* mide la luminosidad, se trata de una propiedad, donde cada color corresponde a una escala de grises, entre el negro y el blanco, cuyos valores se encuentran entre 0-100, respectivamente. La coordenada a^* representa la variación rojo-verde, donde los valores positivos se corresponde con el color rojo y los valores negativos con el verde. La coordenada b^* muestra la variación amarillo-azul, donde los valores positivos se corresponde con el color amarillo y los valores negativos al color azul. (Delgado et al., 2014). Las determinaciones se realizaron por triplicado.

3.5. Extracción de compuestos bioactivos en harinas de quinoa

Para la extracción de compuestos fenólicos dispusimos de tubos de centrifuga de plástico con tapón. Se tomó 1 g de harina y se mezclaron con 10 ml de un agente extractante (80% de metanol, 20% de agua) y se agitaron en un Ultraturax® durante 2 min a 15000 rpm. Las mezclas homogenizadas se centrifugaron (SIGMA 3-16PK, Santorius) durante 5 min a 8000 rpm a 4 °C. Los sobrenadantes resultantes se filtraron a (0,45µm), se almacenaron en tubos rotulados y se conservaron a -18 °C hasta su uso. Todas las extracciones se realizaron por triplicado (Quinoa blanca control, 2,5; 5; 7,5 y 10 min); (Quinoa negra control, 2,5; 5; 7,5 y 10 min); (Quinoa roja control, 2,5; 5; 7,5 y 10 min).

10 min). El número total de extracciones obtenidas fue de 45. Los extractos obtenidos se mantuvieron a -18°C hasta su posterior uso en la determinación del resto de ensayos.

3.6. Compuestos bioactivos

3.6.1. Contenido de fenoles totales (CFT)

La determinación de CFT se realizó Usando el reactivo colorimétrico Folin-Ciocalteau (Singleton et al., 1965). Un volumen de $300\ \mu\text{L}$ de las muestras extraídas fue introducido en tubos de ensayo con $2,5\ \text{ml}$ del reactivo colorimétrico de Folin-Ciocalteau (diluido al 10%) y $2\ \text{ml}$ de carbonado de sodio (7,5% p/v). los tubos fueron agitados en el Vortex, tapados con parafilm e incubados a 50°C durante 5 min. Se midió la absorbancia a $760\ \text{nm}$ con un espectrofotómetro (LNICAM) y fue comparada con una curva de calibración del ácido gálico. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (AGE) por gramo de muestra (mg AGE/g muestra). Se realizaron dos repeticiones por cada muestra analizada. En total el número de muestras analizadas fue de 60.

3.6.2. Contenido de flavonoides totales (CFIT)

Para la determinación del CIFT se usó el método descrito por (Blasa et al., 2005), con algunas modificaciones. Se mezcló $1\ \text{ml}$ de las muestras extraídas con $0,3\ \text{ml}$ de NaNO_2 (5%) y transcurridos 5 min se adicionaron $0,3\ \text{ml}$ de AlCl_3 (10%). Esta mezcla fue neutralizada con $2\ \text{ml}$ de una solución de NaOH 1 M. se midió la absorbancia de todas las muestras a $510\ \text{nm}$ con un espectrofotómetro (LNICAM) y se cuantificó la concentración de las muestras con la curva de calibración de diferentes concentraciones de rutina. Los resultados fueron expresados en mg equivalentes de rutina(RE) por g de muestra (mg RE/g muestra). Se realizaron dos repeticiones por cada muestra analizada. En total el número de muestras analizadas fue de 60.

3.7. Determinación de la actividad antioxidante

3.7.1. Actividad antioxidante utilizando el radical 2,2-diphenyl-1-icrylhydrazyl (DPPH)

La capacidad antioxidante de los extractos obtenidos de los diferentes tipos de harinas sobre el radical DPPH se debe a su capacidad para donar hidrógenos o a la actividad secuestrante de radicales. DPPH es un radical libre estable y que acepta un electrón o radical hidrógeno para convertirse en una molécula diamagnética estable (Brand-Williams et al., 1995). Para la determinación de la actividad antioxidante, 200 μ L de los diferentes extractos obtenidos se mezclaron con 2 ml de una solución metanólica 0,06 Mm de DPPH. Las muestras se agitaron en un Vortex durante 2 min y se colocaron en la oscuridad durante 15 min. La absorbancia medida a 517 nm se determinó con un espectrofotómetro (LNICAM). Para la determinación de la capacidad antioxidante se usó una curva de calibración con diferentes concentraciones de Trolox. Los resultados se expresaron como μ g de equivalentes de Trolox (TE) por gramo de muestra (μ g TE/g muestra) como valor medio de dos repeticiones. De cada extracción realizada (30 extracciones), se realizaron dos repeticiones. En total el número de muestras analizadas fue de 60.

3.7.2. Poder antioxidante por reducción del ión férrico (FRAP)

El método se basa en la evaluación de las muestras para reducir el ion férrico. Para ello se utiliza un cromóforo (Ferricianida). El poder antioxidante por reducción del ion férrico de los distintos extractos obtenidos se determinó siguiendo el método descrito por Oyaizu (1986). Para ello se mezcló 1000 μ L de los diferentes extractos con 2,5 ml de tampón fosfato (0,2M; PH 6.6) y 2,5 ml ferrocianuro de potasio (1%). Las mezclas fueron incubadas durante 20 min a 50°C, después se añadió 2,5 ml de ácido tricloroacético (10%). Una alícuota de la mezcla anteriormente formada se mezcló con 2,5 ml de agua destilada y 0,5 ml FeCl₃ (0,1%). Se midió la absorbancia con un espectrofotómetro (LNICAM). Para la determinación de la capacidad antioxidante se usó una curva de calibración con diferentes concentraciones de Trolox. Los resultados se expresaron como mg de equivalentes de Trolox por gramo de muestra (mg TE/g muestra) como valor medio de dos repeticiones. En total el número de muestras analizadas fue de 60.

3.7.3. Capacidad de quelante del ión ferroso (FIC)

La actividad quelante del ion ferroso (Fe^{2+}) se midió inhibiendo la formación del complejo ferrocina- Fe^{2+} siguiendo el método de (Carter, 1971) con algunas modificaciones. Se mezcló 1000 μL del extracto de las diferentes muestras sometidas a estudio con 0,1 ml de $\text{FeCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ (2 mM) y 3,7 ml de metanol. Tras 5 min de incubación la reacción se inició por la adición de 200 μL de ferrocina (5Mm). Se agitó la mezcla y esperó 10 min, se midió la absorbancia a 562 nm con un espectrofotómetro (LNICAM). para la determinación de la capacidad antioxidante se usó una curva de calibración con diferentes concentraciones de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Los resultados se expresaron como μg de equivalentes de EDTA por gramo de muestra (μg EDTA/g muestra) como valor medio de dos repeticiones. Se realizaron dos repeticiones por cada muestra analizada En total el número de muestras analizadas fue de 60.

3.8. Análisis estadístico

Todos los resultados obtenidos se expresaron como la media \pm la desviación estándar. La comparación de medidas se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores, tipo de quinoa con tres niveles: quinoa blanca, quinoa roja y quinoa negra y tiempo de escaldado con cinco niveles: 0; 2,5; 5; 7,5 y 10 min. Para establecer si había diferencias significativas entre las muestras ($p < 0.05$) analizadas se empleó el test de rangos múltiples de Tukey. Todo el análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SPSS v 21.0 (SPSS INC., Chicago –Illinois-USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Tecnofuncionales

4.1.1. Capacidad de retención de agua (CRA)

La determinación de la capacidad de retención de agua es un parámetro de especial importancia ya que su conocimiento daría lugar a la determinación de los niveles óptimos de harina a emplear, para obtener una textura deseable a la hora de mejorar un producto alimentario o elaborar un nuevo producto (Al-Sayed y Ahmed, 2013).

En la tabla 6 se presentan los resultados obtenidos para la capacidad de retención de agua de las diferentes harinas a lo largo de los diferentes tiempos de cocción. En dicha tabla se puede observar que para las muestras de harina de quinoa blanca sometida a distintos tiempos de cocción (0; 2,5; 5; 7,5 y 10 min) se obtuvieron valores de CRA comprendidos entre 1,66 y 2,06 g de agua/g de muestra no observándose diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en los tiempos de 7,5 y 10 min, los cuales presentaron los valores más elevados ($p < 0,05$). Por otro lado, la muestra 0 min y la muestra con una cocción de 5 min mostraron los valores más bajos ($p < 0,05$) no apreciándose diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$). La muestra con una cocción de 2,5 min mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) con el resto de muestras.

En cuanto a la CRA de la harina de quinoa negra sometida a distintos tiempos de cocción (0; 2,5; 5; 7,5 y 10 min) (Tabla 6) mostraron valores comprendidos entre 1,63 y 1,86 g de agua / g de muestra. En este caso al contrario de los datos obtenidos para la harina de quinoa blanca, la muestra sometida a un tiempo de cocción de 10 min mostró el valor más bajo ($p < 0,05$) mientras que, para los tiempos de cocción de 0, 2,5 y 5 min no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas. Se obtuvo el valor de CRA más elevado ($p < 0,05$) con un tiempo de cocción de 7,5 min.

La harina elaborada con quinoa roja, (Tabla 6) mostró valores comprendidos entre 1,65-1,88 g de agua/g de muestra; los tiempos 2,5 y 5 min, sin diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellos, de igual forma en tiempos de cocción de 7,5 y 10 min sin diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas; y entre ambos, las muestras de quinoa roja que presentaron el valor más alto ($p < 0,05$) fue a tiempos 7,5 y 10 min. La muestra control mostró los valores más bajos ($p < 0,05$).

Tabla 6: Capacidad de retención de agua (CRA) de las diferentes harinas a lo largo de los diferentes tiempos de cocción

Capacidad de retención de agua (CRA)					
Muestra	Tiempo (min)				
	0	2,5	5	7,5	10
Quinoa Blanca	1,66±0,03 ^{aC}	1,78±0,02 ^{aB}	1,70±0,03 ^{aC}	2,04±0,03 ^{aA}	2,06±0,03 ^{aA}
Quinoa Negra	1,63±0,04 ^{aB}	1,62±0,01 ^{bB}	1,62±0,03 ^{bB}	1,86±0,02 ^{bA}	0,80±0,04 ^{cC}
Quinoa Roja	1,65±0,03 ^{aC}	1,75±0,03 ^{aB}	1,73±0,04 ^{aB}	1,88±0,03 ^{bA}	1,88±0,03 ^{bA}

Valores seguidos de la misma letra minúscula dentro de la misma columna indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$) según el test de rangos múltiples de Tukey.

Valores seguidos de la misma letra mayúscula dentro de la misma fila indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$) según el test de rangos múltiples de Tukey

En cuanto a los tiempos de cocción entre las diferentes harinas (Tabla 6), mostraron los siguientes resultados en tiempo 0 min, la quinoa blanca y roja no mostraron diferencias significativas ($p>0,05$) entre ellas, la quinoa negra mostro el valor más bajo ($p<0,05$).

A tiempo 2,5 min la quinoa blanca y roja sin diferencias significativas ($p>0,05$) entre ellas. La quinoa negra mostro el valor más bajo ($p<0,05$).

A tiempo 5 min, la quinoa negra y roja no mostraron diferencias significativas ($p>0,05$) entre ellas.

En tiempo de cocción 7,5 min la quinoa negra y roja tampoco mostraron diferencias significativas ($p>0,05$). La quinoa blanca presento el valor más elevado ($p<0,05$).

A tiempo 10 min quinoa blanca y quinoa roja no mostraron diferencias significativas ($p<0,05$), la quinoa negra obtuvo el valor más bajo ($p<0,05$).

No existen estudios literarios donde se analiza la capacidad de retención de agua en los distintos tiempos de cocción de la quinoa, pero sin embargo, se han realizados estudios sobre las propiedades funcionales de otro tipo de harinas.

Según el estudio realizado por Garcia, O. (2012). Sobre el efecto de la capacidad de retención de agua en las diferentes muestras de harina sometidas a diferentes tiempos de cocción y temperatura, se observa que las harinas sometidas a un mayor tiempo de cocción obtuvieron los valores más elevados, nuestro trabajo presenta al igual que en el

estudio, un aumento de los valores de capacidad de retención de agua conforme aumenta el tiempo de cocción.

Esta propiedad se relaciona con la habilidad de las proteínas para hidratarse (Ogunwolu *et al.*, 2009), y es importante en sistema alimentarios debido a sus efectos sobre el sabor y textura de los alimentos (Yu *et al.*, 2007).

4.1.2. Capacidad de retención de aceite (CRO)

La determinación de la capacidad de retención de aceite tiene gran importancia en la industria alimentaria ya que gracias a su determinación podemos estabilizar los ingredientes utilizados en la formulación de un alimento o producto que presente un alto contenido porcentaje de grasa, del mismo modo se emplea para estabilizar emulsiones.

En la tabla 7, se muestra los resultados obtenidos de capacidad de retención de aceite (CRO) en los tres tipos de harina de quinoa en los diferentes tiempos de cocción. La quinoa blanca muestra valores comprendidos entre 0,83-1,01 g de agua /g de muestra. En los tiempos de cocción (0; 7,5 y 10 min), la harina de quinoa blanca no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) entre ellas, a tiempo 7,5 min presentó el valor más alto ($p<0,05$).

En la harina de quinoa negra (Tabla 7) se observa a lo largo de los diferentes tiempos de cocción, valores que varían entre 0,84 y 1,10 g de agua/ g de muestra. En los tiempos de cocción de (2,5; 5 y 10 min) no se observan diferencias significativas ($p>0,05$) entre las muestras analizadas. De igual forma que en la harina de quinoa blanca, la muestra analizada de harina de quinoa negra con un tiempo de cocción de 7,5 min, vuelve a mostrar el valor más alto ($p<0,05$).

La harina de quinoa roja (Tabla 7) muestra valores comprendidos entre 0,94 y 1,06 g de agua/g de muestra. En los tiempos de cocción de (0; 2,5 y 7,5 min) no se observa diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$). En este caso, el tiempo de cocción que presentó el valor más elevado ($p<0,05$) corresponde con la harina de quinoa roja sometida a un tiempo de cocción de 5 min.

Tabla 7: Capacidad de retención de aceite (CRO) de las diferentes harinas a lo largo de los diferentes tiempos de cocción

Capacidad de retención de aceite(CRO)					
Muestra	Tiempo (min)				
	0	2,5	5	7,5	10
Quinoa Blanca	0,98±0,02 ^{aA}	0,91±0,02 ^{aB}	0,83±0,01 ^{cC}	1,01±0,01 ^{bA}	0,99±0,02 ^{aA}
Quinoa Negra	0,84±0,03 ^{bC}	0,91±0,03 ^{aB}	0,93±0,01 ^{bB}	1,10±0,01 ^{aA}	0,91±0,03 ^{bB}
Quinoa Roja	0,95±0,01 ^{aC}	0,94±0,02 ^{aC}	1,06±0,02 ^{aA}	0,95±0,02 ^{cC}	1,01±0,02 ^{aB}

Valores seguidos de la misma letra minúscula dentro de la misma columna indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$) según el test de rangos múltiples de Tukey.

Valores seguidos de la misma letra mayúscula dentro de la misma fila indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$) según el test de rangos múltiples de Tukey

En cuanto a los tiempos de cocción entre las diferentes harinas (Tabla 7), mostraron los siguientes resultados. A un tiempo de cocción de 0 min, la quinoa blanca y roja no mostraron diferencias significativas ($p>0,05$) entre ellas, siendo la harina de quinoa roja la que muestra el valor más elevado ($p<0,05$). La quinoa negra mostró diferencias significativas ($p<0,05$) con el resto de harinas de quinoa en tiempo 0 min, y además presentó el valor más bajo ($p<0,05$).

Las harinas expuestas a un tiempo de cocción de 2,5 min no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) entre ellas.

Los tres tipos de harina de quinoa a un tiempo de cocción de 5 min, mostraron diferencias significativas entre ellas ($p<0,05$). El valor más elevado ($P<0,05$) se muestra en la quinoa roja y el valor más bajo ($p<0,05$) en la quinoa blanca.

En un tiempo de cocción de 7,5 min, los tres tipos de quinoa volvieron a presentar diferencias significativas ($p<0,05$) entre ellas. Mostrando el valor más elevado ($p<0,05$) en la quinoa negra y el valor más bajo ($p<0,05$) en la quinoa roja.

Harina de quinoa blanca y harina de quinoa roja no mostraron diferencias significativas ($p>0,05$) entre ellas al someterse a un tiempo decocción de 10 min, la quinoa roja presentó el valor más alto ($p<0,05$).

Al igual que para la capacidad de retención de agua no existen estudios literarios donde se analiza esta propiedad funcional en los distintos tiempos de cocción de la quinoa,

pero sí que existen estudios sobre las propiedades funcionales sometidas a diferentes tiempos de cocción.

García, O. (2012) analizó en un estudio que las harinas sometidas a tiempos de cocción diferentes obtuvieron resultados similares. En nuestro estudio los valores obtenidos conforme aumentaban los tiempos de cocción resultaron ser más altos.

La capacidad de retención de aceite mejora la capacidad de retención de grasa en los alimentos, ejemplo en productos en los que se pierde grasa durante la cocción (Alsayed y Ahmed, 2013). Así mismo, disminuye el desarrollo de la rancidez oxidativa y en consecuencia aumenta la estabilidad durante el almacenamiento (Sathe, 2002).

4.1.3. Capacidad de hinchamiento (SWC)

La capacidad de hinchamiento estaría directamente relacionada con la capacidad de absorción de agua y es una propiedad funcional de las proteínas, fundamental para la preparación de alimentos viscosos tales como sopas, salsas, masas y de productos horneados, donde se requiere una buena interacción proteína-agua (Praderes et al., 2009).

La tabla 8 presenta los resultados obtenidos de la capacidad de hinchamiento en los tres tipos de quinoa a lo largo de los diferentes tiempos de cocción. La harina de quinoa blanca expuesta a los diferentes tiempos de cocción, mostró valores comprendidos entre 1,49 y 2,43 g de agua/g de muestra. En los tiempos de cocción de 7,5 y 10 min las muestras de harina de quinoa blanca, no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas. Los tiempos de cocción (0; 2,5 y 5 min) de las muestras analizadas mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas, y con el resto de muestras de quinoa blanca. Los valores más elevados ($p < 0,05$) de harina de quinoa blanca se observan en los tiempos de cocción de 2,5 y 5 min.

La quinoa negra muestra valores (Tabla 8), que oscilan entre 1,59 y 2,02 g de agua/g de muestra. En los tiempos de cocción de 0; 2,5 y 7,5 min las muestras de harina de quinoa negra no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas. A tiempo 10 min la quinoa negra presentó el valor más elevado ($p < 0,05$).

La quinoa roja muestra valores (Tabla 8) comprendidos entre 1,49 y 1,92 g de agua/g de muestra. Las muestras de harina de quinoa sometidas a tiempos de 0 y 5 min no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas. El resto de muestras en los distintos tiempos de cocción presentan diferencias estadísticamente significativas

($p < 0,05$) entre ellas y con el resto de muestras ($p < 0,05$). El valor más elevado ($p < 0,05$) lo presentó la muestra a tiempo 7,5 min.

Tabla 8: Capacidad de hinchamiento (SWC) de las diferentes harinas a lo largo de los diferentes tiempos de cocción

Capacidad de hinchamiento(SWC)					
Muestra	Tiempo (min)				
	0	2,5	5	7,5	10
Quinoa Blanca	1,49±0,04 ^{bD}	1,88±0,03 ^{aB}	2,43±0,05 ^{aA}	1,68±0,03 ^{bC}	1,73±0,03 ^{bC}
Quinoa Negra	1,67±0,03 ^{aB}	1,65±0,01 ^{bB}	1,59±0,03 ^{bC}	1,67±0,05 ^{bB}	2,02±0,03 ^{aA}
Quinoa Roja	1,55±0,05 ^{bD}	1,85±0,02 ^{aB}	1,49±0,04 ^{cD}	1,92±0,03 ^{aA}	1,77±0,03 ^{bC}

Valores seguidos de la misma letra minúscula dentro de la misma columna indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) según el test de rangos múltiples de Tukey.

Valores seguidos de la misma letra mayúscula dentro de la misma fila indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) según el test de rangos múltiples de Tukey

En cuanto a los tiempos de cocción entre los diferentes tipos de harinas de quinoa (Tabla 8), en el tiempo de cocción de 0 min, la quinoa blanca y roja no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas, entre las muestras expuestas a un tiempo de cocción de 0 min, la quinoa negra mostró el valor más elevado ($p < 0,05$).

Quinoa blanca y roja volvieron a no mostrar diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas a un tiempo de cocción de 2,5 min. En este caso la quinoa negra presentó el valor más bajo ($p < 0,05$), lo opuesto al tiempo de cocción 0 min, en el que la quinoa negra presentó el valor más elevado ($p < 0,05$).

En el tiempo de cocción 5 min los tres tipos de harinas de quinoa mostraron diferencias significativas entre ellas ($p < 0,05$), siendo la quinoa blanca la que presentó el valor más elevado ($p < 0,05$).

Con un tiempo de cocción de 7,5 min, la quinoa blanca y negra no mostraron estadísticamente diferencias significativas ($p > 0,05$), la quinoa roja presentó el valor más elevado ($p < 0,05$).

A 10 min de cocción todas las muestras mostraron diferencias significativas entre ellas ($p < 0,05$), la quinoa negra volvió a mostrar el valor más elevado ($p < 0,05$), al igual que en el tiempo de cocción de 0 min.

Al igual que para el resto de propiedades tecnofuncionales no existen estudios donde se analiza la capacidad de hinchamiento en los diferentes tiempos de cocción, pero si podemos constatar la capacidad de hinchamiento comparándola con el estudio realizado por Garcia, O. (2012) sobre la harina de obtenida de granos de quinchoncho. El estudio muestra que la capacidad de hinchamiento está directamente relacionada con la capacidad de absorción de agua y esta propiedad es propia de las proteínas fundamentalmente para la preparación de alimentos viscosos donde se requiere una buena interacción proteína-agua (Praderes et al., 2009).

4.2. DETERMINACIONES FISICO-QUÍMICAS

4.2.1. Color

El color es la carta de presentación de los alimentos y en muchos casos tiene una alta influencia sobre la decisión de compra por parte del consumidor. En la industria alimentaria el color es un parámetro en base al cual se realizan clasificaciones de productos, se evalúan materias primas, se hace control de procesos, se miden indirectamente otros parámetros como la capacidad de retención de agua en las carnes, el contenido de cenizas en harinas, el grado de madurez de las frutas o el deterioro del alimento por microorganismos u oxidaciones (Delmoro et al., 2010), debido a ello se trata de un parámetro muy importante de estudio en el análisis de los alimentos.

El espacio de color CIELAB es un sistema de coordenadas cartesianas definido por tres coordenadas colorimétricas: luminosidad (L^*), coordenada rojo-verde (a^*) y coordenada amarillo-azul (b^*). El espacio CIELAB permite especificar estímulos de color en un espacio tridimensional. Estos tres parámetros por separado no nos aportan una idea clara del color que presenta el alimento, es por ello que se usan las magnitudes colorimétricas como el tono (h^*) y el croma (C^*) (Valero-Muño, 2012). Con dichas magnitudes se puede clasificar a los alimentos por su rango de color y pureza.

En la tabla 9 se muestra los valores de las coordenadas colorimétricas de las harinas de quinoa blanca.

En las muestras de harina de quinoa blanca estudiadas todos los valores de la coordenada rojo-verde a^* fueron positivos variando entre 77,32 y 86,86. El tiempo de cocción de 0 min de la muestra de quinoa blanca que presentó el valor más alto ($p < 0,05$) de la coordenada rojo- verde a^* . A los tiempos de cocción de 7,5 y 10 min no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas. El resto de muestras de harina de quinoa blanca muestras diferencias significativas entre ellas ($p < 0,05$) y con el resto de muestras analizadas.

La coordenada amarilla-azul b^* en las muestras de harina de quinoa blanca varió entre valores de 12,28 y 15,89. Todos los valores de la coordenada amarilla-azul b^* de las harinas de quinoa (Tabla 9) fueron positivos.

En este caso el valor más elevado de la coordenada amarilla-azul b^* ($p < 0,05$) se presenta con un tiempo de cocción de 10 min. Las muestras de harina de quinoa blanca a tiempos de cocción de 2,5 y 7,5 min nos mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas, pero si con el resto de muestras ($p < 0,05$).

En cuando a la Luminosidad (L^*) los valores de las diferentes harinas de quinoa blanca (Tabla 9) variaron entre 77,32 y 86,86. El valor más alto de L^* ($p < 0,05$) se muestra en la harina de quinoa con un tiempo de cocción de 0 min. Entre las muestras de harina de quinoa blanca con un tiempo de cocción de 7,5 y 10 min no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

Para caracterizar completamente el color de los alimentos hay que calcular también el valor de las magnitudes psicofísicas. Los valores de las magnitudes psicofísicas (croma y tono) de los diferentes muestras de harina de quinoa blanca, así como su rango de color, definido por la nomenclatura del Instituto de Racionalización y Normalización Español (IRANOR, 1981), se presentan en la (tabla 9).

Tabla 9: Coordenadas colorimétricas Luminosidad (L*), coordenada rojo-verde (a*) y coordenada amarillo-azul (b*), el tono (h*) y el croma (C*) de las harinas de quinoa blanca

	Quinoa blanca				
	0 (min)	2,5 (min)	5 (min)	7,5 (min)	10 (min)
L*	86,86±0,39 ^a	82,91±0,34 ^c	84,53±0,51 ^b	79,24±1,43 ^d	77,32±0,38 ^d
a*	1,10±0,17 ^c	1,01±0,07 ^c	0,99±0,07 ^c	1,44±0,39 ^b	1,72±0,14 ^a
b*	12,28±0,51 ^d	14,03±0,16 ^b	13,98±0,14 ^c	14,73±0,80 ^b	15,89±0,07 ^a
C*	12,33±0,50 ^d	14,07±0,16 ^c	14,01±0,14 ^c	14,80±0,83 ^b	15,99±0,07 ^a
h*	84,87±0,84 ^a	85,88±0,30 ^a	85,94±0,28 ^a	84,45±1,17 ^a	83,84±0,48 ^b

Valores seguidos de la misma letra minúscula dentro de la misma fila indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) según el test de rangos múltiples de Tukey

El croma (C*) indica la saturación o intensidad del color; a más croma, menor componente de gris en el color y por lo tanto, una mayor percepción visual de la pureza del color.

Los valores del croma de las muestras de harina de quinoa en los diferentes tiempos de cocción oscilaron entre 12,33 y 15,99, el croma más alto ($p < 0,05$) lo presentó la muestra de harina en el tiempo de cocción de 10 min. En los tiempos de cocción de 2,5 y 5 min, las muestras no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$)

La magnitud psicofísica tono (h*), describe el color del alimento que percibimos por la vista. Los valores de tono de las muestras analizadas se encontraron en el rango 83,84 y 85,94. En los tiempos de cocción a 0; 2,5; 5 y 7,5 min las muestras analizadas no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). La muestra que presentó el valor más alto ($p < 0,05$) se observa a tiempo 5 min.

En la tabla 10 se presenta los valores de las coordenadas colorimétricas de las harinas de quinoa negra.

Las muestras de harina de quinoa negra analizada obtuvieron valores positivos de la coordenada rojo-verde a* variando entre 1,95 y 2,53. En los tiempos de cocción de 2,5 y 5 min las muestras de harina negra no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), siendo la muestra de harina de quinoa a tiempo 5 min la que mostró el valor más alto ($p > 0,05$) de la coordenada rojo-verde a*. Los tiempos de cocción de 7,5 y 10 min no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas, pero sí con el resto de muestras ($p < 0,05$).

La coordenada amarilla-azul b^* en los panes varió entre valores de 8,33 y 9,35. En este caso el valor más elevado de la coordenada amarilla-azul b^* ($p < 0,05$) se presenta con un tiempo de cocción de 2,5 min. Las muestras de harina de quinoa negra a tiempos de cocción de 5; 7,5 y 10 min no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas, pero si con el resto de muestras ($p < 0,05$).

En cuando a la Luminosidad (L^*) los valores de las diferentes harinas de quinoa negra (Tabla 10) variaron entre 67,25 y 72,48. El valor más alto de L^* ($p < 0,05$) se muestra en la harina de quinoa con un tiempo de cocción de 0 min. Entre las muestras de harina de quinoa negra con un tiempo de cocción de 7,5 y 10 min no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

Tabla 10: Coordenadas colorimétricas Luminosidad (L^*), coordenada rojo-verde (a^*) y coordenada amarillo-azul (b^*), el tono (h^*) y el croma (C^*) de las harinas de quinoa negra

Quinoa negra					
	0 (min)	2,5 (min)	5 (min)	7,5 (min)	10 (min)
L^*	72,48±0,75a	70,16±0,08b	67,25±0,86c	70,22±1,11b	70,06±0,80b
a^*	1,95±0,05c	2,40±0,10a	2,53±0,10a	2,17±0,08b	2,14±0,07b
b^*	8,33±0,16c	9,35±0,19a	8,81±0,35b	8,97±0,61b	8,86±0,28b
C^*	8,56±0,15b	9,65±0,21a	9,17±0,36a	9,22±0,61a	9,11±0,26a
h^*	76,83±0,45a	75,63±0,37b	74,00±0,20c	76,40±0,40a	76,39±0,66a

Valores seguidos de la misma letra minúscula dentro de la misma fila indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) según el test de rangos múltiples de Tukey

El croma (C^*) como ya hemos mencionado anteriormente indica la saturación o intensidad del color; a más croma, menor componente de gris en el color, por lo tanto, una mayor percepción visual de la pureza del color.

Los valores del croma de las muestras de harina de quinoa en los diferentes tiempos de cocción oscilaron entre 8,56 y 9,65, el croma más alto ($p < 0,05$) lo mostró la muestra de harina de quinoa negra en el tiempo de cocción de 2,5 min. En los tiempos de cocción de 2,5; 5; 7,5 y 10 min, las muestras no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

La magnitud psicofísica tono (h^*), describe el color del alimento que percibimos por la vista. Los valores de tono de las muestras analizadas se encontraron en el rango de 74 y 76,83 En los tiempos de cocción a 0; 7,5 y 10 min, las muestras analizadas no

mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). La muestra que presentó el valor más alto ($p < 0,05$) se observa a tiempo 0 min.

En la tabla 11 se presenta los valores de las coordenadas colorimétricas de las harinas de quinoa negra.

Las muestras de harina de quinoa negra analizada obtuvieron valores positivos de la coordenada rojo-verde a^* variando entre 3,81 y 4,47. En los tiempos de cocción de 2,5; 7,5 y 10 min las muestras de harina negra no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), siendo la muestra de harina de quinoa a tiempo 10 min la que mostró el valor más alto ($p > 0,05$) de la coordenada rojo-verde a^* .

La coordenada amarilla-azul b^* en los panes varió entre valores de 10,34 y 10,92. Todos los valores de la coordenada amarilla-azul b^* de las harinas de quinoa (Tabla 11) fueron positivos.

En este caso el valor más elevado de la coordenada amarilla-azul b^* ($p < 0,05$) se presenta con un tiempo de cocción de 7,5 min. Las muestras de harina de quinoa negra a tiempos de cocción de 2,5; 5; 7,5 y 10 min no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas, de igual modo la muestra de harina de quinoa roja a tiempo 10 y 0 min tampoco mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas, pero la muestra a tiempo 0 min sí mostró diferencias con el resto de muestras ($p < 0,05$).

En cuando a la Luminosidad (L^*) los valores de las diferentes harinas de quinoa negra (Tabla 10) variaron entre 66,85 y 73,72. El valor más alto de L^* ($p < 0,05$) se muestra en la harina de quinoa con un tiempo de cocción de 0 min. Entre las muestras de harina de quinoa roja con un tiempo de cocción de 2,5 y 5 min no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

Tabla 11: Coordenadas colorimétricas Luminosidad (L^*), coordenada rojo-verde (a^*) y coordenada amarillo-azul (b^*), el tono (h^*) y el croma (C^*) de las harinas de quinoa roja

	Quinoa roja				
	0 (min)	2,5 (min)	5 (min)	7,5 (min)	10 (min)
L^*	73,72±0,86a	69,85±0,18b	70,17±0,19b	67,52±0,36c	66,85±0,03d
a^*	3,81±0,23c	4,20±0,10ab	4,03±0,18b	4,33±0,16a	4,47±0,18a
b^*	10,34±0,08b	10,71±0,08a	10,72±0,44a	10,92±0,19a	10,60±0,35ab
C^*	11,02±0,02b	11,51±0,22a	11,45±0,46a	11,75±0,16a	11,50±0,39a
h^*	69,76±1,27a	68,59±0,65a	69,37±0,67a	68,38±0,94a	67,14±0,18b

Valores seguidos de la misma letra minúscula dentro de la misma fila indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) según el test de rangos múltiples de Tukey

El croma (C^*) como ya hemos mencionado anteriormente indica la saturación o intensidad del color; a más croma, menor componente de gris en el color y por lo tanto, una mayor percepción visual de la pureza del color.

Los valores del croma de las muestras de harina de quinoa en los diferentes tiempos de cocción oscilaron entre 11,02 y 11,75, el croma más alto ($p<0,05$) lo mostró la muestra de harina de quinoa roja en el tiempo de cocción de 7,5 min. En los tiempos de cocción de 2,5; 5; 7,5 y 10 min, las muestras no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$).

La magnitud psicofísica tono (h^*), describe el color del alimento que percibimos por la vista. Los valores de tono de las muestras analizadas se encontraron en el rango de 67,14 y 69,76. Entre todas las muestras de harina de quinoa roja analizadas a los diferentes tiempos de cocción no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$). La muestra que presentó el valor más alto ($p<0,05$) se observa a tiempo 0 min.

Entre los diferentes tipos de harina de quinoa la que presenta mayor luminosidad ($p<0,05$) es la quinoa blanca (tabla 9). A tiempo de cocción de 10 min en la quinoa blanca se observa el valor más elevado ($p<0,05$) y por tanto es la más blanca. La muestra que presenta una mayor coordenada rojo-verde a^* ($p<0,05$) es la quinoa roja (tabla 11) de modo que presenta el color más enrojecido de los tres tipos de harina de quinoa en los diferentes tiempos de cocción, además se observa que la muestra de harina con un tiempo de cocción de 10 min mostró el valor más elevado ($p<0,05$). La coordenada amarillo-azul b^* que presenta el mayor valor se observa en la muestra de quinoa blanca (tabla 9) indicando un color más amarillo. El color amarillo está impartido por los carotenoides

(principalmente luteína y sus ésteres de ácidos grasos) y se ha convertido en un rasgo de calidad muy importante para la pasta y para otros alimentos y productos (Blanco et al., 2011).

El tiempo que mostró el valor más alto se observa a los 10 min de cocción, por lo que se muestra con un color amarillo más intenso. En cuanto al C^* las muestras de harina de quinoa blanca (tabla 9) muestran el valor más elevado ($p < 0,05$) entre los tres tipos de quinoa lo que indica un menor componente gris y por tanto una mejor percepción visual de la pureza del color. En la muestra de quinoa negra (tabla 10) se observa el valor más bajo ($p < 0,05$) de C^* de modo que, de los tres tipos de quinoa la quinoa negra mostró ser la más oscura. Por otro lado, el h^* describe el color del alimento que percibimos visualmente. La muestra de quinoa blanca (tabla 9) presenta el valor más elevado de h^* ($p < 0,05$), por lo que se encuentra en una tonalidad amarilla, el valor de h^* en la quinoa negra (tabla 10), se encontraría por debajo de los valores que se muestran de quinoa blanca (tabla 9), presentado la quinoa negra una tonalidad entre oscuro-rojizo. En la quinoa roja se observa (tabla 11) el valor más bajo de h^* ($p < 0,05$), por lo que presenta una tonalidad de rojo más intensa.

No existen en la literatura científica estudios donde se analiza el efecto del tiempo de escaldado sobre los parámetros colorimétricos de las distintas muestras de harina de quinoa. Sin embargo, si se han realizado estudios sobre el efecto del tiempo de cocción y la temperatura relacionadas con el tamaño del pan. De modo que según el estudio realizado por Shittu, et al (2007) el parámetro L^* de la corteza de pan se reduce al aumentar el tiempo de cocción y la temperatura, resultando lo esperado porque la velocidad de formación del pigmento marrón aumenta con la temperatura.

Nuestros resultados muestran que efectivamente el tiempo de cocción afecta al parámetro L^* de nuestras harinas de quinoa, dando como resultado una disminución de L^* con el aumento del tiempo de cocción.

4.3. COMPUESTOS BIOACTIVOS

El proceso de extracción de compuestos fenólicos está influenciado por su naturaleza química, el método empleado y la presencia de sustancias pueden interferir con los compuestos bioactivos (Sotelo et al., 2010) por estas razones, en el presente estudio

se utilizaron dos sistemas de extracción diferentes para la determinación del contenido de fenoles totales (CFT) y flavonoides totales (CFIT) en las harinas analizadas.

Los compuestos fenólicos representan un numeroso grupo de moléculas distribuidas en la naturaleza, son componentes importantes en la dieta, y en numerosas investigaciones, sobre todo en la actualidad en la que presenta gran importancia frente a la prevención de enfermedades, derivados de su estructura química (Valencia, Z. et al., 2016).

4.3.1. CONTENIDO DE FENOLES TOTALES (CFT)

En la figura 10 se presenta el efecto del tiempo de escaldado sobre el contenido en fenoles totales presentes en las tres variedades de harina de quinoa analizadas. Las muestras de quinoa blanca (Figura 10) a tiempos 0 y 7,5 min no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas. Así mismo a tiempo 2,5 y 5 min tampoco mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellos sin embargo a tiempo 10 min de cocción si se apreciaron en las muestras obtenidas de la quinoa blanca diferencias significativas ($p < 0,05$) con el resto de tiempos de cocción y fue precisamente esta muestra la que mostro el valor más bajo ($p < 0,05$) para el contenido en fenoles totales

Para las muestras de quinoa negra (Figura 10) a tiempos de 2,5 y 5 min no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas. Por el contrario, si se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) con el resto de muestras sometidas a los diferentes tiempos de cocción. En este sentido fue la muestra de harina de quinoa negra sometida a un tiempo de cocción 10 min la que presento el valor más bajo ($p < 0,05$) en fenoles totales.

La quinoa roja (Figura 10) a tiempo 0 y 5 min no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellos, de igual modo a tiempos 2,5 y 7,5 las muestras tampoco mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellos. Los valores más bajos ($p < 0,05$) de quinoa roja se obtuvieron en el tiempo de cocción de 10 min.

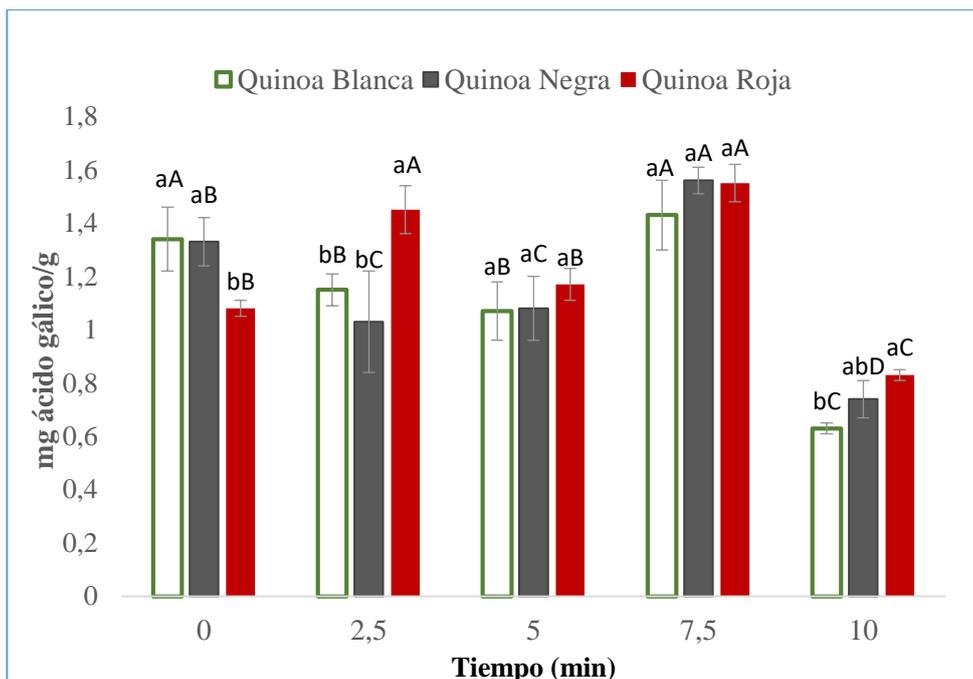


Figura 10: Contenido en fenoles totales (CFT) de las diferentes harinas a lo largo de los diferentes tiempos de cocción.

En cuanto a los tiempos de cocción entre las diferentes harinas (Figura 10), en tiempo 0 min quinoa blanca y negra nos mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas, la quinoa roja presentó el valor más bajo ($p < 0,05$).

A tiempo de cocción 2,5 min quinoa blanca y negra volvieron a no mostrar diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas, pero por lo contrario al tiempo 0 min, esta vez la quinoa roja mostró el valor más elevado ($p < 0,05$). En tiempo de cocción 5 min las muestras de quinoa roja, no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas, de igual forma a tiempo 7,5 min las muestras de harina de quinoa tampoco mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). A tiempo de cocción 10 min quinoa blanca y quinoa negra no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas, de igual forma la quinoa negra y la quinoa roja, tampoco mostraron diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$), pero entre las muestras de harina de quinoa blanca y roja si se mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$), presentando la quinoa blanca el valor más bajo ($p < 0,05$).

No existen en la literatura científica estudios donde se analizaron el tiempo de escaldado sobre el contenido en fenoles totales de distintas muestras de quinoa. Sin

embargo, el efecto de la temperatura ya sea de escaldado o ebullición sobre dicho contenido en fenoles totales si está más estudiado. Así, Dini et al (2010) analizaron el efecto sobre el contenido en fenoles totales presentes en muestras de quinoa dulce y quinoa amarga de la temperatura de ebullición, llegando a la conclusión que dicha temperatura provocaba un descenso significativo en dichos valores siendo más acusado en la muestra de quinoa dulce. Esta pérdida se atribuyó a la liberación de estos compuestos al agua de cocción. En otro estudio, Carrasco, (2008) analizó como el efecto de la temperatura que puede llegar a degradar a este tipo de compuestos. En dicho estudio, se analizaron muestras de quinoa que, tras el proceso de cocción, los datos revelaron una degradación del 50 % en el contenido de compuestos fenólicos, en nuestro estudio tras 10 min de cocción la pérdida de compuestos fenólicos resulto ser del 50%.

En otros estudios como los realizados por Chen et al., (2017) sobre el efecto de las temperatura y secado relacionadas con los compuestos bioactivos y las actividades antioxidantes de las harinas de ñame, mostraron que los contenidos de compuestos fenólicos totales disminuyeron con el aumento de la temperatura. Estos fenómenos pueden deberse a la degradación térmica (autoxidación o descomposición) durante el escaldado, procesos de calentamiento y la difusión o lixiviación en el agua durante el escaldado (Goncalves et al., 2010; Jaiswal et al., 2012).

4.3.2 CONTENIDO DE FLAVONOIDES TOTALES (CFIT)

En la Figura 11 se presentan las tres variedades de harina de quinoa a diferentes tiempos de cocción. La harina de quinoa blanca analizadas en los tiempos de cocción 2,5 y 5 min no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas, a tiempos 7,5 y 10 min tampoco volvieron a mostrar diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre ellas, la harina de quinoa blanca sometida a un tiempo de cocción de 0 min mostró el valor más elevado en flavonoides totales ($p < 0,05$), presentando además diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) con el resto de muestras de quinoa blanca.

En las muestras de quinoa negra (Figura 11) a tiempos 5; 7,5 y 10 min no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas. El tiempo de cocción 0 min, mostró de nuevo el valor más elevado en flavonoides totales ($p < 0,05$).

Las muestras de quinoa roja a tiempo 2,5 y 5 min, no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas. A tiempos de 7,5 y 10 min se observa diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ellas y con el resto de muestras de quinoa roja. El valor más alto ($p < 0,05$) de harina de quinoa roja se volvió a observar en el tiempo de cocción de 0 min.

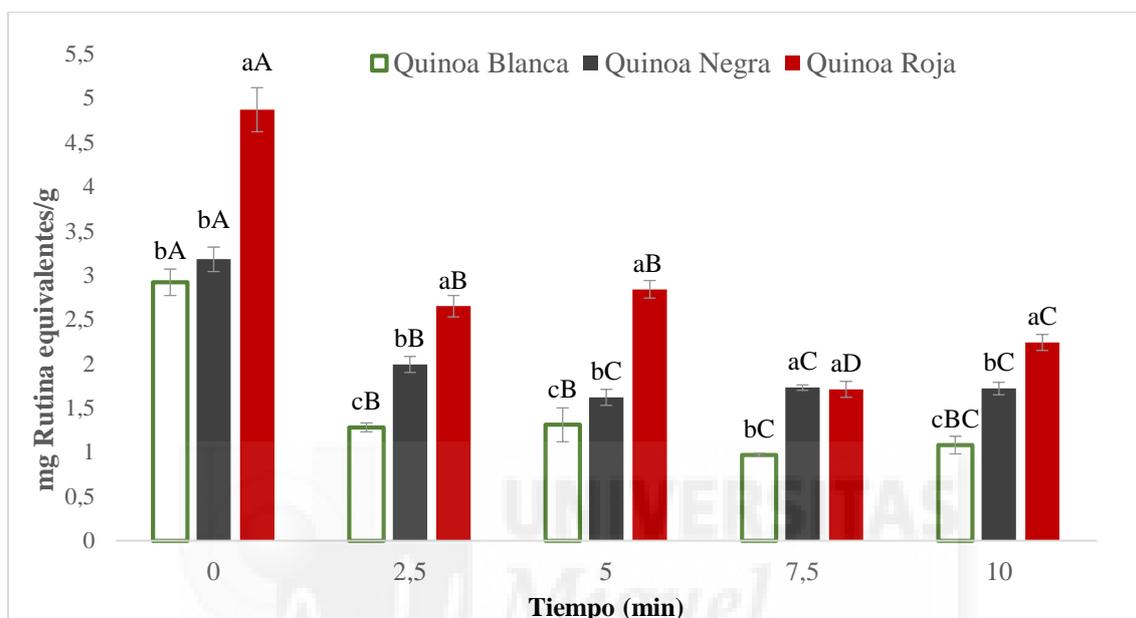


Figura 11: Contenido de flavonoides totales (CFIT) de las diferentes harinas a lo largo de los diferentes tiempos de cocción.

En cuanto a los tiempos de cocción entre las diferentes harinas de quinoa analizadas (Figura 10), se observa que a tiempo 0 min, la quinoa blanca y negra no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas, de igual modo, la quinoa roja muestra el valor más elevado ($p < 0,05$) en el tiempo 0 min.

Los tres tipos de harinas de quinoa mostraron diferencias significativas entre ellas ($p < 0,05$) cuando fueron sometidas a un tiempo de cocción de 2,5 min. La quinoa roja volvió a obtener el valor más elevado ($p > 0,05$).

En tiempo de cocción de 5 min quinoa blanca y negra no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), la quinoa roja, de nuevo volvió a obtener el valor más elevado ($p < 0,05$).

A tiempo 7,5 min esta vez quinoa roja y quinoa negra no mostraron diferencias significativas ($p>0,05$) entre ellas. En el tiempo de cocción 10 min los tres tipos de harina de quinoa mostraron diferencias estadísticamente significativas, la quinoa roja resultó obtener el valor más alto ($p<0,05$).

Al igual que ocurría con el contenido en fenoles totales, para el contenido en flavonoides totales tampoco existen estudios donde se recojan datos sobre el efecto del tiempo de escaldado sobre dicho contenido en muestras de quinoa. Sin embargo, si existen estudios que han demostrado que el procesamiento térmico puede afectar al contenido de flavonoides (Álvarez Jubete et al., 2010).

En el estudio sobre el efecto de la temperatura de escaldado o ebullición, mencionado anteriormente, Dini et al. (2010) analizaron el efecto sobre el contenido en flavonoides totales presentes en muestras de quinoa dulce y quinoa amarga a la temperatura de ebullición, donde revelaron que las semillas pre-cocinadas de quinoa exhibieron mayor contenido de flavonoides con respecto al contenido tras el tratamiento de cocción, al comparar el contenido de flavonoides del estudio con los resultados obtenidos de las diferentes harinas de quinoa, se observó que el contenido de flavonoides en nuestros tipos de harina de quinoa resultaron ser mayores a los de quinoa dulce y amarga del estudio.

4.4. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Estos métodos se basan en la comprobación de como un agente oxidante produce un daño oxidativo a un sustrato oxidable, y como respuesta este es inhibido o reducido en presencia de un antioxidante. Esta inhibición es proporcional a la actividad antioxidante del compuesto la muestra.

Los métodos difieren en el agente oxidante, en el sustrato empleado, en la medida del punto final, en la técnica utilizada y en la posibilidad de interacciones de la muestra con el medio de reacción. Además, los objetivos de los diferentes métodos de cuantificación son diversos. Por ello, al momento de abordar el estudio de la actividad antioxidante de un alimento es recomendable emplear varios métodos, ya que cada uno propone información diferente. Hay compuestos antioxidantes que no reaccionan con determinadas especies oxidantes y si con otras, pudiéndose obtener así valores dispares entre los distintos métodos.

En este estudio se ha optado por la elección de 3 métodos para tratar de determinar la capacidad antioxidante de las harinas de quinoa seleccionadas. Dos de ellos se basan en la transferencia de electrones, determinada en un caso mediante la capacidad secuestrante de radicales libres; método de secuestro del radical 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), y en el otro mediante la reducción del complejo ferricianida- Fe^{3+} a ferricianida- Fe^{2+} ; método de reducción del ion férrico (FRAP) y el tercero se basa en la capacidad quelante de compuestos prooxidantes; método de la capacidad quelante del ion ferroso (FIC), los cuales presentan diferentes mecanismos de acción como son la capacidad para donar hidrógenos o la actividad secuestrante de radicales libres, la capacidad para reducir el ion ferroso y la capacidad quelante del ion ferroso.

4.4.1. Actividad antioxidante utilizando el radical 2,2-diphenyl-1picrylhydrazyl (DPPH)

En la tabla 12 se muestra como la actividad antioxidante varía a lo largo de los diferentes tiempos de cocción en los diferentes tipos de harinas de quinoa.

La harina de quinoa blanca sometida a diferentes tiempos de cocción (Tabla 12) comprende valores entre 1,37 y 3,86 mg de Trolox equivalentes/ g muestra. En los tiempos de cocción de 2,5 y 5 min se observa diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas. El tiempo de cocción de 0 min presentó el valor más elevado de actividad antioxidante ($p < 0,05$) en la harina de quinoa blanca. A tiempo 10 min de cocción no se encontró actividad antioxidante.

La muestra de harina de quinoa negra presenta valores entre 2,49 y 6,01 mg de Trolox equivalentes/ g muestra, todas las muestras analizadas sometidas a diferentes tiempos de cocción mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre ellas. En el tiempo de cocción de 0 min se observan los valores más elevados ($p < 0,05$) en cuanto a actividad antioxidante. Del mismo modo que en la harina de quinoa blanca (tabla 12), al tiempo de cocción 10 min no se encontró actividad antioxidante.

La quinoa roja muestra valores comprendidos entre 2,72 y 5,61 mg de Trolox equivalentes/ g muestra. Las muestras analizadas sometidas a un tiempo de cocción de 0 y 7,5 min no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas, sin embargo, para los tiempos de cocción de 2,5 y 5 min sí mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre ellas y con el resto de muestras. En tiempo de cocción de 0

min se vuelve a mostrar el valor más elevado de actividad antioxidante ($p < 0,05$) de harina de quinoa roja, del mismo modo que en los diferentes tipos de harina de quinoa para el tiempo de 10 min de cocción no se encontró actividad antioxidante.

Tabla 12: Actividad antioxidante utilizando el radical 2,2-diphenyl-1picrylhydrazyl (DPPH) de las diferentes harinas a lo largo de los diferentes tiempos de cocción

Muestra	DPPH				
	Tiempo (min)				
	0	2,5	5	7,5	10
Quinoa Blanca	3,86±0,20 ^{cA}	1,37±0,15 ^{cC}	1,46±0,07 ^{bC}	2,06±0,25 ^{bB}	NA
Quinoa Negra	6,01±0,03 ^{aA}	4,58±0,11 ^{aC}	2,49±0,67 ^{aD}	5,51±0,04 ^{aB}	NA
Quinoa Roja	5,61±0,29 ^{bA}	3,98±0,31 ^{bB}	2,72±0,65 ^{aC}	5,13±0,60 ^{aA}	NA

Valores seguidos de la misma letra minúscula dentro de la misma columna indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) según el test de rangos múltiples de Tukey.

Valores seguidos de la misma letra mayúscula dentro de la misma fila indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) según el test de rangos múltiples de Tukey

Valores expresados en mg Trolox Equivalentes / g muestra

NA: No se ha encontrado actividad antioxidante.

En cuanto a los tiempos de cocción entre las diferentes harinas (Tabla 12), para un tiempo de cocción de 0 min los tres tipos de harina de quinoa muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), el valor más elevado ($p < 0,05$) se observa en la harina de quinoa negra.

Para el tiempo de cocción sometido a 2,5 min, los tres tipos de quinoa volvieron a mostrar diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ellas, al igual que en el tiempo 0 min. El valor más elevado ($p < 0,05$) para un tiempo de cocción de 2,5 min se observa en la muestra de harina de quinoa negra.

Quinoa negra y roja no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas para un tiempo de cocción de 5 min, la quinoa blanca presentó el valor más bajo ($p < 0,05$). A tiempo 7,5 min quinoa blanca y negra volvieron a no mostrar diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas, de igual modo, la quinoa blanca volvió a mostrar el valor más bajo ($p < 0,05$) y el valor más elevado ($p < 0,05$) se observa en la harina de quinoa roja.

Las muestras analizadas sometidas a un tiempo de cocción de 10 min no muestran actividad antioxidante.

No existen en la literatura científica estudios donde se analizaron el tiempo de escaldado sobre el contenido de antioxidantes de las distintas muestras de harina de quinoa. Sin embargo, si se han realizado estudios sobre el efecto de la temperatura ya sea de escaldado o ebullición sobre la actividad antioxidante.

Así, Dini et al (2010) se evaluó la actividad antioxidante de semillas precocinadas y cocinadas y en aguas de cocción, con el fin de establecer el efecto de un método de cocción tradicional sobre la actividad total de antioxidantes. Los resultados mostraron que las semillas de quinua amarga tienen una capacidad antioxidante más alta que la de las semillas dulces de quinua. además, la ebullición causó una importante pérdida de capacidad antioxidante en el agua.

En nuestro estudio la capacidad antioxidante de los tres tipos de harina de quinoa se muestra con valores más altos que la semilla de quinoa dulce, pero con valores más bajos que los de semilla amarga.

En otros estudios Chen, et al., (2015) evaluaron la caracterización de las propiedades antioxidantes en semillas de (*Chenopodium quinoa willd*), y dio como resultado, que la actividad antioxidante fue dependiente del grado de color de recubrimiento de la semilla, y fue significativamente diferente en las tres quinoas. La quinoa negra mostró la mayor actividad antioxidante, seguida de la quinoa roja y por último la quinoa blanca. Nuestro estudio mostró los mismos resultados (tabla 12).

4.4.2. Poder antioxidante por reducción del ion férrico (FRAP)

En la tabla 13 se muestra como el poder antioxidante varía a lo largo de los tiempos de cocción. La quinoa blanca muestra valores comprendidos entre 1,02 y 1,75 mg de Trolox equivalentes/ g muestra. Para un tiempo de cocción de 0 y 5 min las muestras de harina de quinoa no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ellas, por otro lado, en los tiempos de cocción de 2,5; 7,5 y 10 min mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ellas y con el resto de muestras. El valor más elevado de poder antioxidante se observa en el tiempo de cocción de 0 min.

La quinoa negra muestra valores entre 1,52 y 2,06 mg de Trolox equivalentes/ g muestra. En los tiempos de cocción de 0; 2,5 y 5 min no muestran diferencias

significativas ($p>0,05$) entre ellas, de igual forma las muestras sometidas a los tiempos de cocción 7,5 y 10 min tampoco mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) entre ellos, pero sí con el resto de muestras ($p<0,05$). El valor más elevado ($p<0,05$) de poder antioxidante se observa a tiempo de 0 min (tabla 13).

La quinoa roja muestra valores entre 1,39 y 2,19 mg de Trolox equivalentes/ g muestra. A los tiempos 0 y 2,5 min de cocción, las muestras no presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre ellas, sin embargo, para los tiempos de cocción de 5; 7,5 y 10 min, mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ellas ($p<0,05$) y con el resto de muestras ($p<0,05$).

Tabla 13: Poder antioxidante por reducción del ion férrico (FRAP) de las diferentes harinas a lo largo de los diferentes tiempos de cocción

FRAP					
Tiempo (min)					
Muestra	0	2,5	5	7,5	10
Quinoa Blanca	1,75±0,09 ^{bA}	1,45±0,09 ^{bB}	1,68±0,07 ^{bA}	1,31±0,06 ^{aC}	1,02±0,12 ^{cD}
Quinoa Negra	2,06±0,05 ^{aA}	2,05±0,08 ^{aA}	1,90±0,08 ^{aA}	1,52±0,10 ^{aB}	1,57±0,09 ^{aB}
Quinoa Roja	2,19±0,10 ^{aA}	2,15±0,05 ^{aA}	2,04±0,05 ^{aB}	1,57±0,50 ^{aC}	1,39±0,06 ^{bD}

Valores seguidos de la misma letra minúscula dentro de la misma columna indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) según el test de rangos múltiples de Tukey.

Valores seguidos de la misma letra mayúscula dentro de la misma fila indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) según el test de rangos múltiples de Tukey

Valores expresados en mg Trolox Equivalentes / g muestra

En cuanto a los tiempos de cocción entre las diferentes harinas de quinoa (Tabla 13), las muestras de harina de quinoa negra y harina de quinoa roja sometidas a un tiempo de cocción de 0 min, no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) entre ellas, la quinoa blanca mostró el valor más bajo ($p<0,05$) (tabla 13).

Para el tiempo de cocción de 2,5 min las muestras de harina quinoa negra y harina de quinoa roja tampoco mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$), la quinoa blanca volvió a mostrar el valor más bajo ($p<0,05$).

De igual modo, a un tiempo de cocción de 5 min la harina de quinoa negra y la harina de quinoa roja no mostraron diferencias significativas ($p>0,05$) entre ellas y la quinoa blanca mostró de nuevo el valor más bajo ($p<0,05$).

En el tiempo de cocción de 7,5 min los tres tipos de harinas de quinoa analizadas mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$), el valor más bajo ($p < 0,05$) se obtuvo en la quinoa blanca. A tiempo 10 min los tres tipos de quinoa mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) y el valor más bajo se observa en quinoa blanca ($p < 0,05$) como en el resto de tiempos de cocción la quinoa blanca resultó en todos los casos ser la que posee menor poder antioxidante.

Al igual que ocurría con el contenido de actividad antioxidante, para el poder antioxidante tampoco existen estudios donde se recojan datos sobre el efecto del tiempo de escaldado sobre dicho contenido en muestras de quinoa.

Curiosamente, en el estudio sobre poder antioxidante de semillas precocinadas, cocinadas y en aguas de cocción sobre semillas dulces y amargas de quinoa, Dini et al (2010) observaron que los valores de las semillas amargas fueron considerablemente más altos en FRAP que los valores en DPPH y las semillas dulces obtuvieron un valor más bajo. La razón probable según Dini et al (2010) podría deberse a la presencia de compuestos no reactivos hacia el radical libre DPPH. Los compuestos antioxidantes, tales como los polifenoles, pueden ser agentes reductores más eficientes para el hierro férrico, pero algunos pueden no eliminar los radicales libres DPPH tan eficientemente, debido al impedimento estérico. sin embargo, los valores similares de FRAP y DPPH de las semillas de quinoa dulce podrían deberse a su contenido de carotenoides.

En nuestro estudio los contenidos más altos de compuestos antioxidantes en los diferentes tipos de harina de quinoa se pueden observar en el método DPPH (tabla 12), cuyos datos se corresponden con la harina de quinoa dulce.

4.4.3. Capacidad de quelante del ion ferroso(FIC)

En la tabla 14 se muestra la actividad quelante en los diferentes tipos de harina de quinoa a los diferentes tiempos de cocción. En la quinoa blanca se observa valores entre 3,01 y 5,77 mg de Trolox equivalentes/ g muestra. A los diferentes tiempos de cocción la muestra de harina de quinoa blanca (tabla 14) presenta diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre ellas, el valor más elevado de capacidad quelante ($p < 0,05$) se observa a los 7,5 min de cocción.

La quinoa negra muestra valores entre 2,99 y 5,95 mg de Trolox equivalentes/ g muestra. Los diferentes tiempos de cocción muestra diferencias estadísticamente

significativas ($p < 0,05$) entre ellas, el valor más elevado de capacidad quelante ($p < 0,05$) se vuelve a observar a los 7,5 min, de igual modo que en la harina de quinoa blanca.

La quinoa roja comprende valores entre 4,10 y 5,95 mg de Trolox equivalentes/ g muestra. En los tiempos de cocción de 2,5 y 5 min la harina de quinoa roja no muestra diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), de diferente forma, los tiempos de cocción 0; 7,5 y 10 min sí mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre ellos y con el resto de muestras ($p < 0,05$). El valor más elevado de capacidad quelante ($p < 0,05$) en quinoa roja se observa a tiempo 7,5 min.

Tabla 14: Capacidad quelante del ion ferroso (FIC) de las diferentes harinas a lo largo de los diferentes tiempos de cocción.

FIC					
Tiempo (min)					
Muestra	0	2,5	5	7,5	10
Quinoa Blanca	$3,01 \pm 0,16^{cE}$	$4,72 \pm 0,12^{bB}$	$4,10 \pm 0,16^{bC}$	$5,77 \pm 0,09^{bA}$	$3,58 \pm 0,21^{cD}$
Quinoa Negra	$3,28 \pm 0,09^{bD}$	$5,23 \pm 0,12^{aB}$	$2,99 \pm 0,13^{cE}$	$5,95 \pm 0,08^{aA}$	$4,32 \pm 0,02^{aC}$
Quinoa Roja	$4,10 \pm 0,09^{aD}$	$5,13 \pm 0,08^{aB}$	$5,08 \pm 0,14^{aB}$	$5,95 \pm 0,04^{aA}$	$4,92 \pm 0,04^{bC}$

Valores seguidos de la misma letra minúscula dentro de la misma columna indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) según el test de rangos múltiples de Tukey.

Valores seguidos de la misma letra mayúscula dentro de la misma fila indica que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) según el test de rangos múltiples de Tukey

Valores expresados en mg Trolox Equivalentes / g muestra

En cuanto a los tiempos de cocción entre las diferentes harinas (Tabla 14), en tiempo 0 min los tres tipos de harina de quinoa mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), el valor más elevado ($p < 0,05$) se muestra en la harina de quinoa roja.

En el tiempo de cocción de 2,5 min la harina de quinoa negra y harina de quinoa roja no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$), el valor más bajo ($p < 0,05$) se observa en la quinoa blanca. Para el tiempo de cocción de 5 min los tres tipos de harina de quinoa mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), el valor más alto ($p < 0,05$) se muestra en quinoa roja. A tiempo de cocción de 5 min los tres tipos de quinoa tampoco mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) y de igual modo, la quinoa roja presentó el valor más elevado ($p < 0,05$). A 7,5 min quinoa negra y

roja no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), la quinoa blanca mostro el valor más bajo ($p < 0,05$). En tiempo 10 min de cocción los tres tipos de quinoa.

mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), la quinoa roja mostró el valor más elevado ($p < 0,05$) presentando la mayor capacidad quelante.

No existen en la literatura científica estudios donde se analizaron el tiempo de escaldado sobre la capacidad quelante del ion ferroso en diferentes tiempos de cocción.

Sin embargo, si se han realizado estudios sobre las propiedades antioxidantes en la harina de quinoa. Así Pellegrini et al., (2018) en su estudio sobre las propiedades antioxidantes evaluó harina dos marcas diferentes de quinua blanca boliviana real obtenidas de productos orgánicos y quinoa real roja boliviana obtenida de la agricultura orgánica los resultados mostraron unos valores comprendidos entre 0,77 y 0,97 μg EDTA/g FW. Nuestro estudio mostró valores más elevados, aún con el aumento del tiempo de cocción, siguieron presentando valores más altos. Esto podría ser debido a que para comparar la actividad antioxidante expuesta por otros autores es importante considerar que las muestras deben analizarse con un protocolo similar, por ejemplo, el tipo de disolvente, el momento de la reacción porque estos parámetros podrían afectar a los valores obtenidos por otros autores.

CONCLUSIONES



5. CONCLUSIONES

Como conclusión del estudio, la capacidad de absorción de agua y capacidad de retención de aceite mostraron los valores más elevados en los tiempos de cocción de 7,5 y 10 min. En el caso de la capacidad de retención de agua la harina de quinoa blanca resulto mostrar los valores más altos en ambos tiempos de cocción. En la capacidad de retención de aceite la harina de quinoa negra mostro el valor más alto a los 7,5 min y la harina de quinoa roja a los 10 min de cocción. Los valores de capacidad de retención de agua y aceite hacen que la harina de quinoa sea adecuada para su uso como ingrediente en la industria agroalimentaria. El valor de capacidad de hinchamiento más altos se observó en la harina de quinoa blanca. El valor más elevado en la quinoa blanca se mostró a un tiempo de cocción de 5 min.

Desde el punto de vista del color los tres tipos de harina de quinoa mostraron un aumento de coloración con el aumento del tiempo de cocción. Pero fue la quinoa roja la que mostró el mayor valor de Luminosidad (L^*), la quinoa roja presento el mayor valor en coordenada rojo-verde (a^*), la quinoa blanca mostro el valor más elevado de coordenada amarillo-azul (b^*), la quinoa blanca mostro valor más elevado el tono (h^*) y también resulto ser la quinoa blanca la que mostro el mayor valor en el croma (C^*).

A modo general los compuestos fenólicos en los tres tipos de harina de quinoa son elevados, pero la quinoa roja y negra mostraron los valores más elevados a lo largo de los diferentes tiempos de cocción, las muestras de harina de quinoa se van degradando.

La composición de flavonoides en los diferentes tipos de quinoa también fueron elevados, pero la quinoa roja mostró los valores más elevados.

Los resultados de esto estudio sugirió que las harinas de quinua son una fuente válida de compuestos naturales con una actividad antioxidante significativa y compuestos bioactivos. Lar harinas de quinoa en los diferentes tiempos de cocción mostraron que la harina de quinoa negra y la harina de quinoa roja presentan la mayor capacidad antioxidante en el tiempo de cocción de 0 min. Con forme aumentan los tiempos de cocción la capacidad antioxidante se va degradando, hasta que, en el tiempo de cocción de 10 min, las muestras analizadas no se encontró actividad antioxidante. El poder antioxidante resultó volver a ser más elevado en la harina de quinoa negra y la harina de quinoa roja, al igual que en la actividad antioxidante se produjo la degradación del poder

antioxidante a lo largo de los tiempos de cocción, pero en este caso a los 10 min de cocción

aún había poder antioxidante en todos los tipos de harina de quinoa. La harina de quinoa roja mostro los valores más elevados de capacidad quelante del ion ferroso a los tiempos de cocción de 7,5 y 10 min.

Se deben realizar más investigaciones con respecto al producto objetivo, de todos modos, el presente estudio permitió aumentar el conocimiento sobre las propiedades tecnofuncionales, antioxidantes y compuestos bioactivos esta especie de la región andina.



BIBLIOGRAFÍA



6. BIBLIOGRAFÍA

- Abugoch, L., Romero, N., Tapia, C., Silva, J., and Rivera, M. (2008). Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) protein isolates. 56, 4745-4750.
- Abugoch, L. E. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) composition, chemistry, nutritional and functional properties. 58, 1-31.
- Ahamed, T., Singhala, R., Kulkarnia, P., and Pal, M. (1997). Deep fat-fried snacks from blends of soya flour and corn, amaranth and chenopodium starches. Food Chem. 58, 313-317
- Aleksandra, T., Miroslav, H. (2010). Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice flour and buckwheat. 24, 626-632.
- Alimarket- fecha de acceso [28-2-2014].
<https://www.alimarket.es/alimentacion/noticia/168612/alsur-levantara-una-fabrica-de-quinoa>
- Al-Saved, H., and Ahmed, A. (2013). Utilization of watermelon rinds and sharlyn melón peles as a natural source of dietary fiber and antioxidanats in cake. 58(1), 83-95.
- Alvarez-Jubete, L., Holse, M., Hansen, A., Arendt, E. K., y Gallagher, E. (2009). Impact of baking on vitamin e content of pseudocereals amaranth, quinoa and buckwheat cereal chemistry journal, 86(5), 511-515.

- Alvarez-Jubete L., Wijngaard H., Arendt E.K., Gallagher E. (2010). Polyphenol composition and *in vitro* antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. 119, 770-778.
- Alvarez-Jubete, L., Wijngaard H, Arendt, E. K., Gallagher, E. (2010b). Polyphenol composition and *in vitro* antioxidant activity of amaranth, quinoa, buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. Food Chem 119(2), 770-778.
- Ando, H., Chen, Y., Tang, H., Shimizu, M., Watanabe, K., and Miysunaga, T. (2002). Food Components in Fractions of Quinoa Seed. Food Sci. Technol. Res. 8(1), 80–84.
- Aziza, A., Akrama, N. A., Ashraf, M. (2018). Influence of natural and synthetic vitamin C (ascorbic acid) on primary and secondary metabolites and associated metabolism in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants under water deficit regimes. 123, 192-203.
- Aroni, J. C., Aroni, G., Quispe, R., y Bonifacio, A. (2003). Catálogo de Quinoa Real. Fundación PROINPA. SIBTA-SINARGEAA. Fundación Altiplano. Fundación Mcknight. COSUDE. La Paz, junio 2003. p 51.
- Atwell, W., Patrick, B., Johnson, L., and Glass, R. (1983). Characterization of quinoa starch. Cereal Chem. 60, 9-11.
- Bhargava, A., Shukla, S., and Ohri, D. (2006). *Chenopodium quinoa* An Indian perspective. Ind. Crops Prod. 23, 73-87.
- Blanco, A., Colasuonno, P., Gadaleta, A., Mangini, G., Schiavulli, A., Simeone, R., et al. (2011). Quantitative trait loci for yellow pigment concentration and individual carotenoid compounds in durum wheat. Journal of Cereal Science, 54, 255-264.

- Bosque Sanchez, H., Lemeur, R., Van Damme, P., Jacobsen, S. E. (2003). Ecophysiological analysis of drought and salinity stress in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Food Rev Int* 19, 111-119.
- Brand- Williams, W., Cuvlier, M. E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebernsn Wiss Technology*, 28, 25-30.
- Brinegar, C., and Goundan, S. (1993). Isolation and characterization of chenopodin, the 11S seed storage protein of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *J. Agric. Food Chem.* 41, 182-185.
- Brinegar, C., Sine, B., and Nwokocha, L. (1996). High-cysteine 2S seed storage proteins from Quinoa (*Chenopodium quinoa*). 44(7), 1621-1623.
- Caperuto, L., Amaya-Farfan, J., and Camargo, C. (2000). Performance of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) flour in the manufacture of gluten-free spaghetti. *Food Agri.* 8, 95–101.
- Carrasco, C. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: Quinoa. lima.
- Carter, P. (1971). Spectrophotometric determination of serum iron at the submicrogram level with a new reagent-ferrozine. *Anales of Biochemistry*, 40, 450-458.
- Chauhan, G., Eskin, N., and Tkachuk, R. (1992a). Nutrients and antinutrients in quinoa seed. *Cereal Chem.* 69(1), 85-88.
- Chauhan, G., Zillman, R., and Eskin, N. (1992b). Dough mixing and breadmaking properties of quinoa–wheat flour blends. *Int. J. Food Sci. Technol.* 27(6), 701-705.

- Chen, X., Zhang, B., Hernandez, Marta, Zhang, H., Marcone, M., Liu, R., Tsao, R. (2015). Characterisation of fatty acid, carotenoid, tocopherol/tocotrienol composios and antioxidant activities in seeda of three *Chenopodium quinoa Willd.* 174, 502-508.
- Chen, X., Lu, J., Li, X., Wang, Y., Miao, J., Zhao, C., Gao, W. (2017). Effect of blanching and drying temperatures on starch-related physicochemical properties, bioactive components and antioxidant activities of yam flours. 82, 303-310.
- Coulter, L., and Lorenz, K. (1990). Quinoa composition, nutritional value, food applications. 23, 203-207.
- Elgeti, Dana., Nordlohne, D., Foste, M., Besl, M., Linden, M., Heinz, V., Jekle, M., Becker, T. (2014). Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa White flour. 59, 41-47.
- Delgado, T., Pereira, J., Baptista, P., Casal, S., and Ramalhosa, E. (2014). Shell's influence on drying kinetics, color and volumetric shrinkage of *Castanea sativa* Mill. fruits. 55, 426-435.
- Delmoro, J., Muñoz, D., Nadal, V., Clementz, A., and Pranzetti, V. (2010). El color en los alimentos: determinación de color en mieles. 13, 145-152.
- Dervilly-Pinel G., Rimsten L., Saulnier, L., Andersson, R., Aman, P. (2001). Water-extractable arabinoxylan from pearled flours of wheat, barley, rye and triticale. Evidence for the presence of ferulic acid dimers and their involvement in gel formation. 34(2), 207-214.
- Djordjevic, T. M., Šiler-Marinkovic, S. S., Dimitrijevic-Brankovic, S. I. (2011). Antioxidant activity and total phenolic content in some cereals and legumes. 14, 175-184.

- Dogan, H., and Karwe, M. (2003). Physicochemical properties of quinoa extrudates. 9, 101-114.
- Del Castillo, C., Winkel, T., Mahy, G., Bizoux, J. P. (2007). Genetic structure of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) from the Bolivian altiplano as revealed by RAPD markers. 54, 897-905.
- Fabio, A. D., Parraga, G. (2017). Origin, production and utilization of pseudocereals. In: Haros, C. M., Schoenlechner, R. (Eds.), Pseudocereals. pp.1–27.
- FAOSTART data 10-10-2017. Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial julio 2011.
<http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>
- FAOSTART_data_28-2-2018 <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- FAOSTART_data_28-2-2018^a <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- FAO-ALADI (2014). Tendencias y perspectivas del comercio internacional de quinoa. FAO-ALADI joint report. ISBN 978-92-5-308135-6.
<http://www.fao.org/3/a-i3583s.pdf>
- Faulds, C. B., Mandalari, G., LoCurto, R., Bisignano, G., Waldron, K. W. (2004). Arabinoxylan and mono- and dimeric ferulic acid release from brewer's grain and wheat bran by feruloyl esterases and glycosyl hydrolases from *Hemicola insolens*. 64(5), 644-650.
- Fuentes, F., and Paredes-Gonzales, X. (2015). Nutraceutical perspectives of quinoa:

- biological properties and functional applications. Chapter 3.5. In FAO AND CIRAD.
- State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013.pp. 286-299.
- Garcia, O., Aiello, C., Peña, M., Ruiz, J., Acevedo, I (2012). Caracterización físico-química y propiedades funcionales de la harina obtenida de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) sometidos a diferentes procesamientos. 4,919-928.
- Gallagher, E., Gormley, T., and Arendt, E. (2004). Review: Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. Trends Food Sci. Technol. 15(3–4), 143–152.
- Gimenez, B., Moreno, S., Lopez-Caballero, M. E., Montero, P., Gomez-Guillen, M. C. (2013). Antioxidant properties of Green tea extract incorporated to fish gelatin films after simulated gastrointestinal enzymatic digestion. 3(2), 445-451.
- Gómez-Caravaca, A. M., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A., and Caboni, M. F. (2011). Simultaneous determination of phenolic compounds and saponins in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) by a liquid chromatography-diode array detection-electrospray ionization-time-of-flight mass spectrometry methodology. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59, 10815–10825.
- Gross, R., Roch, F., Malaga, F., De Mirenda, A., Scoeneberger, H., and Trugo, L. C. (1989). Chemical composition and protein quality of some Andean food sources. Food Chem.30, 25–34.
- Hsu, C. S., Shen, W. W., Hsueh, Y. M., Yeh, S. L. (2001). Soy isoflavone supplementation in postmenopausal women. Effects on plasma lipids, antioxidant enzyme activities and bone density. J Reprod Med 46(3), 221-226.

- Ikegawa, T., Mayama, S., Nakayashiki, H., Kato, H. (1996). Accumulation of diferulic acid during the hypersensitive response of oat leaves *Topuccinia coronata* f.sp. *avenae* and its role in the resistance of oat tissues to cell wall degrading enzymes. *Physiol Mol Plant Pathol* 48(4), 245-256.
- Jacobsen, S. E. (2003). The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Food Reviews International* 19, 167-177.
- Khan, K., Shewry, P. R. (2009). *Wheat: chemistry and technology*. Saint Paul, MN: AACC International. 1-476.
- Koziol, M. J., (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *J. Food Compos. Analysis* 5 (1), 35-68.
- Koziol, M. (1993). Quinoa: A potential new oil crop. In “New crops” (J. Janick and J. E. Simon, Eds.), pp. 328-336. Wiley, New York.
- Kroon, P. A., Williamson, G., (1999). Hydroxycinnamates in plants and food: current and future perspectives. *J Sci Food Agric* 79(3), 355.
- Lescano, J. L. (1989). Recursos fitogenéticos altoandinos y bancos de germoplasma. En: Curso: “Cultivos altoandinos”. Potosí, Bolivia. 17-21 de abril de 1989. pp. 1-18.
- Leopoldini, M., Russo, N., Chiodo, S., Toscano, M. (2006). Iron chelation by the powerful antioxidant flavonoid quercetin. *J Agric Food Chem* 54(17), 6343–6351.
- Li, G., Fan, Z. (2018). Quinoa starch: Structure, properties, and applications. *Carbohydrate Polymers*, 181, 851-861.

- Li, Y., Kong, D., Ahmad, A., Bao, B., Sarkar, F. H. (2013). Antioxidant function of isoflavone and 3,3-diindolylmethane: are they important for cancer prevention and therapy? *Antioxid Redox Signaling* 19 (2): 139-150.
- Liu, Q., Liu, H., Zhang, L., Guo, T., Wang, P., Geng, M., et al. (2013). Synthesis and antitumor activities of naturally occurring oleanolic acid triterpenoid saponins and their derivatives. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 64, 1-15.
- Linnemann, A., and Dijkstra, D. (2002). Toward sustainable production of protein-rich foods: Appraisal of eight crops for Western Europe. Part I. Analysis of the primary links of the production chain. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 42(4), 377-401.
- Lintschinger, J., Fuchs, N., Moser, H., Jager, R., Hlebeina, T., Markolin, G., and Goßler, W. (1997). Uptake of various trace elements during germination of wheat, buckwheat and quinoa. *Plant Food Hum. Nutr. (Formerly Qualitas Plantarum)* 50, 223-237.
- Mahoney, A., Lopez, J., and Hendricks, D. (1975). Evaluation of the protein quality of quinoa. *J. Agric. Food Chem.* 23(2), 190-193.
- Maradini Filho, A. M., Pirozi, M. R., Da Silva Borges, J. T., Pinheiro Sant'Ana, H. M., Paes Chaves, J. B., Dos Reis Coimbra, J. S. (2015). Quinoa: nutritional, functional and antinutritional aspects. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 57, 1618-1630.
- Martínez, R., Torres, P., Meneses, M., Figueroa, J., Pérez-Álvarez, J., & Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*, 135(3), 1520-1526.

- Mastebroek, D., Limburg, H., Gilles, T., and Marvin, H. (2000). Occurrence of sapogenins in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J. Sci. Food Agric.* 80, 152-156.
- Min, B., Gu, L. W., McClung, A. M., Bergman, C.J., Chen, M. H. (2012). Free and bound total phenolic concentrations, antioxidant capacities, and profiles of proanthocyanidins and anthocyanins in whole grain rice (*Oryza sativa* L.) of different bran colours. *Food Chem* 133(3): 715-722
- Morita, N., Hirata, C., Park, S. H., and Mitsunaga, T. (2001). Quinoa flour as new foodstuff for improving dough and bread. *J. Appl. Glycosci.* 48, 263-270.
- Mujica, A. (1992). Granos y leguminosas andinas. In: J. Hernandez, J. Bermejo y J. Leon (eds). *Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492*. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma. pp 129-146.
- Mujica, A., Cahahua, A., y Saravia, R., (2004). Agronomía de la quinoa. In: A. Mujica, S. Jacobsen, J. Izquierdo y JP. Marathee. *Quinoa: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. FAO. UNA. CIP. Santiago, Chile. pp 26-59.
- Ng, S., and Anderson, A. (2005). Lipid oxidation in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as determined through accelerated aging. *Electron. J. Environ. Agric. Food Chem.* 4(4),1010-1020.

OPEN FOOD FACTS -data-[2-1-2018]-
<https://es.openfoodfacts.org/producto/3270190198611/muesli-cruijiente-cereales-chocolate-y-quinoa-carrefour-bio>

- Ogunbenle, H., Oshodi, A., and Oladimeji, M. (1999). Chemical composition, nutritionally valuable minerals and functional properties of benniseed, pearl millet and quinoa flours. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 50, 325-331.
- Ogunbenle, H. N. (2003). Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 54 (2), 153-158.
- Ogunbenle, H., Oshodi, A., and Oladimeji, M. (2009). The proximate and effect of salt applications on some functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. *Pak. J. Nutr.* 8(1), 49-52.
- Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reactions: Antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japan Journal of Nutrition*, 44, 307-315.
- Pásko, P., Bartón, H., Zagrodzki, P., Gorinstein, S., Fołta, M., Zachwieja, Z. (2009). Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chem* 115(3), 994-998.
- Pellegrini, M., Lucas, R., Riccia, A., Fontechac, J., Fernandez, J., Pérez, J., Viuda, M. (2018) Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. 111, 38-46.
- Praderes, G., García, A., y Pacheco, E. (2009). Caracterización físico-química y propiedades funcionales de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan*) obtenida por secado en doble tambor rotatorio. *Revista de la Facultad de Agronomía (UCV)* 35 (2),79-84.

- Ranhotra, G., Gelroth, J., Glaser, B., Lorenz, K., and Johnson, D. (1993). Composition and protein nutritional quality of quinoa. *Cereal Chem.* 70(3), 303-305.
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., and Jacobsen, S. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Rev. Int.* 19, 179-189.
- Repo-Carrasco, R., Hellstroom, J. K., Pihlava, J. M., Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: quinoa (*Chenopodium quinoa*), kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chem.* 120 (1), 128-133.
- Rojas, W., Cayoja, M., Espindola, G. (2001). Catálogo de colección de quinoa conservada en el Banco Nacional de Granos Altoandinos. Fundación PROINPA, MAGDER, PPD-PNUD, SIBTA-UCEPSA, IPGRI, IFAD. La Paz, Bolivia. 129 p.
- Rojas, W. (2002). Distribución geográfica de la colección de germoplasma de quinoa. Informe Anual 2001/2002. Proyecto McKnight. Fundación PROINPA. 19, 9-23.
- Rojas, W. (2003). Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm. *Food Reviews International*, 19(1-2), 9-23.
- Ruales, J. and Nair, B. M. (1993). Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) seeds. *Food Chem.* 48, 131-136.
- Vilcacundo, R., and Hernández-Ledesma, B. (2016). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*).14, 1-6.
- Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I. S., Antognoni, F., et al., (2014). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. *Review. Agro. Sust. Develop.* 34 (2), 349-359.

- Sathe, S. K. (2002). Dry bean protein functionality. *Crit. Rev. Biotechnol.* 22 (2), 175-223.
- Sendra, E., Fayos, P., Lario, Y., Fernandez-López, J., Sayas-Barberá, E., and Perez-Alvarez, J. A. (2008). Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria. *Food Microbiology*, 25(1), 13-21.
- Sensoy, I., Rosen. R. T., Ho, C.T., Mukund, V. K. (2006). Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity. *Food Chem* 99(2), 388-393.
- Shewry, P., Halford, N., Belton, P., and Tatham, A. (2002). The structure and properties of gluten: An elastic protein from wheat grain. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 357, 133-142.
- Shittu, A., Raji, O., Sanni, O. (2007). Bread from composite cassava-wheat flour: Effect of baking time and temperature on some physical properties of bread loaf. 40, 280-290.
- Singleton, V. L., Rossi, J., A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 6, 144-158.
- Soobrattee, M. A., Neergheen, V. S., Luximon-Ramma, A., Aruoma, O. I., Bahorun, T. (2005). Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions. *Mutat Res Fund Mol Mech Mut* 579 (1-2), 200-213.
- Takeshi, Nagai., Toshio, Nagashima., Takao, Myoda., and Reiji Inoue (2004). Preparation and functional properties of extracts from bee bread. 48, 226-229.
- Tang, H., Watanabe, K., Mitsunaga, T. (2002). Characterization of storage starches from quinoa, barley and adzuki seeds. *Carbohydr. Polym.* 49 (1), 13-22.
- Tapia, M. (1990). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial INIAA, FAO

- Oficina para América Latina y El Caribe, Santiago de Chile.
https://issuu.com/b.mendozaelizabeth/docs/cultivos_andinos_subexplotados_y_sl
- Teede, H.J., McGrath, B. P., DeSilva, L., Cehun, M., Fassoulakis, A., Nestel, P. J. (2003). Isoflavones reduce arterial stiffness: a placebo-controlled study in men and postmenopausal women. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 23(6), 1066-1071.
- Turkut., Hulya., Cakmak, A., Seher, Kumcuoglu., Sebnem, Tavman., (2015). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Gulsum M.* 69, 174-181.
- USDA, (2015). United States Department of Agriculture. National Nutrient Database for Standard Reference Release, 28 (Basic Reports).
- Vega-Galvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., Martinez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*), an ancient Andean grain: a review. *J. Sci. Food Agric.* 90 (15), 2541-2547.
- Valencia, z., Cámara, F., Ccapa, K., Catacora, P., Quispe, F. (2016). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de semillas de quinoa peruana (*Chenopodium quinoa willd*)
- Valero-Muñoz, A. (2012). Principios de color y holopintura. Ed. Club universitario (ECU). Capítulo 5, 147-150.
- Viuda-Martos, M., López-Marcos, M. C., Fernández-López, J., Sendra, E., López-Vargas, J. H., and Pérez-Alvarez, J. A. (2010a). Role of fibre in cardiovascular diseases: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 240-258.

- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., and Pérez-Álvarez, J. A. (2010b). Effect of added citrus fibre and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella. *Meat Science*, 85, 568-576.
- Wang, S., and Zhu, F. (2016). Formulation and quality attributes of quinoa food products. *Food and Bioprocess Technology*, 9, 49-68.
- Wood, S., Lawson, L., Fairbanks, D., Robinson, L., and Andersen, W. (1993). Seed lipid content and fatty acid composition of three quinoa cultivars. *J. Food Comp. Anal.* 6, 41-44.
- Yadav, M. P., Moreau, R. A., Hicks, K. B. (2007). Phenolic acids, lipids, and proteins associated with purified corn fiber arabinoxylans. *J Agric Food Chem* 55(3), 943-947.
- Yuan, X. P., Wang, J., Yao, H. (2005). Antioxidant activity of feruloylated oligosaccharides from wheat bran. *Food Chem* 90(4), 759-764.
- Tang, Y., Li, X., Peter, X., Chen.,Zhang, B., Hernandez. M., Zhang, H., Massimo, F., Marcone., Liu, R., Tsao, R. (2014). Characterisation of fatty acid, carotenoid, tocopherol/tocotrienol compositions and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. Genotypes.174, 502-508.
- Yao, Y., Yang, X., Shi, Z., and Ren, G. (2014). Anti-inflammatory activity of saponins from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds in lipopolysaccharidestimulated RAW 264.7 macrophages cells. *Journal of Food Science*, 79, 1018-1023.
- Y. Tang et al. (2015) / *Food Chemistry* 174. 502–508
- Yin, J., Becker, E. M., Andersen, M.L., Skibsted, L. H., (2012). Green tea extract as food antioxidant. Synergism and antagonism with A-tocopherol in vegetable oils and their colloidal systems. *Food Chem* 135(4), 2195-2202.

Yu, J., Ahmedna, M y Goktepe, I. (2007). Peanut protein concentrate: Production and functional properties as affected by processing. *Food Chemistry* 103 (1): 121-129

Zhou, K., Yin, J. J., Yu, L. L. (2005). Phenolic acid, tocopherol and carotenoid compositions, and antioxidant functions of hard red winter wheat bran. *JAgric Food Chem* 53(10), 3916-3922.

