



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TESIS DE GRADO

**MODALIDAD ARTÍCULO CIENTÍFICO PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

TEMA

**EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA FRITURA Y TOSTADO
CONVENCIONAL EN LAS CARACTERÍSTICAS, FÍSICAS, QUÍMICAS
Y FUNCIONALES DE LA QUINOA (*Chenopodium quinoa*) Y EL
AMARANTO (*Amaranthus caudatus*)**

AUTOR

SÁNCHEZ MUÑOZ MAYI AYLEEN

TUTOR


ING. STALIN SANTACRUZ TERÁN, PhD

MANTA – ECUADOR


2024 (2)

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN


Los distinguidos miembros del Tribunal Examinador otorgan su aprobación al proyecto de investigación titulado: "EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA FRITURA Y TOSTADO CONVENCIONAL EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y FUNCIONALES DE LA QUINOA (*Chenopodium quinoa*) Y EL AMARANTO (*Amaranthus caudatus*)", presentado por la egresada SÁNCHEZ MUÑOZ MAYI AYLEEN. Tras haber sido evaluado por los miembros del Tribunal de Grado, y en conformidad con lo estipulado por la legislación vigente, se aprueba la sustentación, lo que le otorga a la egresada el título de Ingeniero Agroindustrial. Para constancia, firman:



Leda Dolores Muñoz Verduga, PhD
Presidente de Tribunal de Titulación



Ing. Mirabella Lucas Ormaza, Mg.
Miembro de Tribunal de Titulación



Ing. Robert Mero Santana, Mg.
Miembro de Tribunal de Titulación

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la vida y Tecnologías de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante Mayi Ayleen Sánchez Muñoz, legalmente matriculada en la carrera de Agroindustrias, período académico 2024-2, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es "EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA FRITURA Y TOSTADO CONVENCIONAL EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y FUNCIONALES DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y EL AMARANTO (*Amaranthus caudatus*)".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 17 de diciembre de 2024.

Lo certifico:



Ing. Stalin Santacruz Ph.D.

Docente Tutor

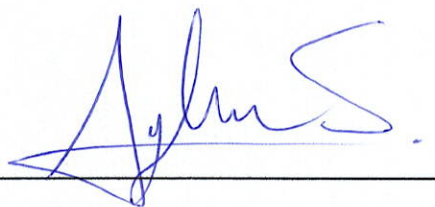
Área: Agroindustrias

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, SÁNCHEZ MUÑOZ MAYI AYLEEN, con cédula de identidad 2300586803, egresada de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnología, en la carrera de Ingeniería Agroindustrial, manifiesto que el trabajo de titulación titulado “EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA FRITURA Y TOSTADO CONVENCIONAL EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y FUNCIONALES DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa*) Y EL AMARANTO (*Amaranthus caudatus*)”, es de mi autoría. Autorizo a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí a digitalizar y publicar este proyecto en su repositorio digital, en cumplimiento con el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior. La responsabilidad del contenido de este estudio corresponde exclusivamente a mi autoría, y el patrimonio intelectual de la investigación será propiedad de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Manta, 11 de febrero de 2025

Lo certifica:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Mayi Ayleen Sánchez Muñoz', is written over a horizontal line.

Srta. Mayi Ayleen Sánchez Muñoz.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a las personas más importantes en mi vida, cuyo amor, apoyo y guía han sido fundamentales para llegar hasta aquí.

A mi mamá y a mi papá, por su infinito amor, sacrificio y confianza en mí. Gracias por ser mi inspiración constante y por enseñarme a nunca rendirme. Su apoyo incondicional me ha dado la fuerza necesaria para superar cada desafío.

A Dios, por iluminar mi camino y darme la sabiduría y la perseverancia para alcanzar esta meta. Su bendición ha sido mi motor en cada paso de este proceso.

Y, por último, a mi gata Nina, cuyo cariño y compañía me han dado consuelo y alegría en los momentos de estrés y cansancio. Tu presencia ha sido una fuente constante de calma.

Gracias a todos por estar siempre a mi lado. Este logro es tanto mío como de ustedes.

Sánchez Muñoz Mayi Ayleen

Evaluación de los efectos de la fritura y tostado convencional en las características físicas, químicas y funcionales de la quinua (*chenopodium quinoa*) y el amaranto (*amaranthus caudatus*)

Mayi Ayleen Sánchez Muñoz

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

ayleensm88@gmail.com

Manta, Ecuador.

Stalin Gustavo Santacruz Terán

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Stalin.santacruz@uleam.edu.ec

Manta, Ecuador.

Resumen

La quinua y el amaranto son alimentos altamente nutritivos y esenciales en dietas, especialmente para personas celíacas. Sin embargo, conocer como los tratamientos térmicos afectan sus propiedades físicas, químicas y funcionales sirven para el desarrollo de productos con estos cultivos. Este estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos de la fritura y el tostado convencional en las características físicas, químicas y funcionales de la quinua y el amaranto. Se aplicaron ocho tratamientos diferentes utilizando tres variables independientes: fuente botánica, remojo y tipo de tratamiento térmico. Se evaluaron parámetros como contenido de proteínas, lípidos, humedad, carbohidratos, cenizas y propiedades funcionales. Los resultados indicaron que la fritura mejoró la retención de agua y de aceite en la quinua, mientras que el amaranto mostró una mayor capacidad de hidratación siendo $76,23 \pm 2,43\%$ y $195 \text{ g}/100$ semillas respectivamente. El tostado disminuyó la retención de humedad en el amaranto tostado sin remojo teniendo un 30.25% , siendo la quinua que destacó por su capacidad espumante con un valor de $208,33 \pm 0^a$. Se concluye que la fritura fue el método más efectivo para mejorar las propiedades funcionales, siendo la quinua más versátil para productos que requieren humedad o volumen y el amaranto mostró menor funcionalidad bajo estos tratamientos.

Palabras clave: Remojo; absorción de agua; capacidad espumante; capacidad emulsificante

Abstract

Quinoa and amaranth are highly nutritious and essential foods in diets, especially for people with celiac disease. Nevertheless, understanding how thermal treatments affect their physical, chemical, and functional properties are important for developing products using these crops. This study aimed to evaluate the effects of frying and convectional roasting on the physical, chemical, and functional characteristics of quinoa and amaranth. Eight different treatments were applied using three independent variables: botanical source, soaking, and type of thermal treatment. Parameters such as protein, lipid, moisture, carbohydrate, ash content, and functional properties were evaluated. The results indicated that frying improved water and oil retention in quinoa, while amaranth showed higher hydration capacity, with values of $76.23 \pm 2.43\%$ and $195\text{g}/100$ seeds, respectively. Roasting decreased moisture retention in amaranth roasted without soaking, which had 30.25% , while quinoa stood out for its foaming capacity with value of 208.33 ± 0^a . In conclusion, frying was the most effective method for improving functional properties, with quinoa being more versatile for products that require moisture or volume, while amaranth showed lower functionality under these treatments.

Keywords: soaking; water absorption; foaming capacity; emulsifying capacity.

1. Introducción

Desde la antigüedad la quinua (*Chenopodium quinoa*) y el amaranto (*Amaranthus caudatus*) han sido parte fundamental de las culturas precolombinas, siendo conocido en el Imperio Inca como el “grano madre” (Jarvis et al., 2017). En el Ecuador estos granos andinos son considerados como un patrimonio natural por su alto contenido de proteínas tal como indican Muñoz et al. (2023) siendo para la quinua desde un 13-20% y para

el amaranto según Mapped (2015) en un rango de 13-18%. Normalmente, los cereales tienen bajo contenido de lisina mientras que las leguminosas son bajas en metionina, sin embargo la quinua y el amaranto contienen lisina en las cantidades requeridas por el ser humano (Peralta et al. 2015). Adicionalmente, estos dos pseudocereales no forman gluten, lo que los hace una fuente de nutrientes ideal para personas celíacas (López et al. 2017).

La ONU (Organización de la Naciones Unidas) en el año 2015 aprobó una agenda de Desarrollo Sostenible conformada con 17 objetivos, en donde se busca mejorar y garantizar la vida de en nuestro planeta a través de prácticas sostenibles. Entre sus objetivos está el número 2, “Hambre cero”, que busca poner fin a la malnutrición y al hambre, duplicar la productividad agrícola y los ingresos de los productores, permitiendo así asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos (Moran, 2020).

La producción de recursos de origen animal y vegetal tiene afectaciones al ecosistema, sin embargo hay diferencias entre estos dos grupos. Para la producción de 1 kg de carne de vacuno se necesitan 15 400 litros de agua, otras carnes como la de cabra, cordero y cerdo utilizan un rango de 6000 – 9000 litros de agua por kilogramo y con solo 4500 litros de agua por kilogramo tenemos a la carne de pollo. Mientras que según Lordemann, Capriles & Antezana (2024) para cultivos como los de la quinua solo se utilizan 3841,47 litros de agua por kilogramo. Es evidente que la huella hídrica de las verduras y las frutas es menor que la de proteínas animales (Oakes, 2021).

En cuanto a salud, el consumo de alimentos provenientes de fuentes animales aporta con mayor cantidad de grasas saturadas que las fuentes vegetales, lo que provoca el aumento del colesterol LDL sanguíneo contribuyendo al desarrollo de enfermedades cardiovasculares y aterosclerosis. Es por esto que se recomienda reemplazar estas grasas por grasas poliinsaturadas y monoinsaturadas presentes en alimentos vegetales, tal como la quinua y el amaranto (Sacks et al, 2017).

Los dos cereales, quinua y amaranto, son nativos de nuestra región andina, por lo que están adaptados a las condiciones ambientales en relación a cereales foráneos de gran consumo como el trigo, cuyo abastecimiento a nivel nacional a través de su importación, representa salida de divisas de nuestra economía dolarizada.

Los procesos de transformación de alimentos incluyen cocción, fritura, horneado, tostado, entre otros. Dichos procesos realizan cambios en los almidones, proteínas, que posibilitan su aprovechamiento por parte de nuestro organismo. Sin embargo el aprovechamiento de cereales nuevos como la quinua y el amaranto requieren un mayor conocimiento de los cambios durante su procesamiento.

Es por estas razones que esta investigación tuvo como objetivo evaluar los efectos de la fritura convencional y tostado en las características físicas, químicas y funcionales de la quinua y el amaranto.

2. Materiales y Métodos

Los pseudocereales que se usaron fueron quinua de la marca “La Original” de la corporación Favorita C.A y el amaranto de la marca “Amati” elaborado por la empresa Proalgram – Gramolino. Ambos se obtuvieron del supermercado “Megamaxi” del cantón Manta de la provincia de Manabí, Ecuador.

Cada pseudocereal fue sometido a tratamientos térmicos de fritura y tostado con y sin remojo previo. La fritura se la realizó a presión atmosférica de 1 atm a 200 °C por 30 segundos que fue medida con un termómetro de cocina (Taylor, 2024); mientras que el tostado se lo realizó a 120°C por dos minutos.

Tanto las muestras crudas como las sometidas a los tratamientos térmicos de fritura y tostado, fueron procesadas en un molino pulverizador (Biobase Biodustry, China) y almacenados para posteriores análisis. Las muestras luego de ser sometidas a los tratamientos térmicos fueron llevadas a la

estufa por 48 h a 80°C y colocadas en toallas de papel absorbente para absorber el aceite captado en la fritura.

2.1. Parámetros físicos

2.1.1. Masa y volumen

Se realizaron según lo descrito por Xu, Thomas & Bhardwaj (2014), utilizando una balanza analítica (ADAM, Reino Unido) para medir 100 g de quinua y 100 g de amaranto.

El volumen de los 100 g de semillas se midió usando probetas graduadas de 250 mL

2.1.2. Densidad a granel

La densidad a granel se obtuvo del cociente de la masa y el volumen de las semillas.

2.1.3. Capacidad de hidratación (HC) y capacidad de hinchamiento (SC)

Se usaron muestras de 100 g de cada pseudocereal, mismas que se colocaron en probetas de 500 mL a las que se añadieron 400 mL de agua destilada para la quinua y 300 mL de agua destilada para el amaranto. Se dejó reposar las muestras por un tiempo de 24 horas a temperatura ambiente (22°C). Transcurrido ese tiempo se escurrieron y se volvió a determinar su masa. La capacidad de hidratación CH se calculó como la ganancia de masa después del remojo, mientras que la capacidad de hinchamiento se calculó como la ganancia de volumen en mL después del remojo.

3. Análisis de proteínas, lípidos, cenizas, humedad y carbohidratos

Se evaluó el contenido de humedad de las muestras crudas y cocidas según la norma NTE INEN 1 235. El contenido de proteínas se lo realizó mediante la norma NTE INEN 543. El contenido de lípidos se realizó mediante la norma NTE INEN 523, el de cenizas según la norma NTE INEN 520 y el contenido de carbohidratos se calculó por diferencia.

3.1. Análisis funcionales de las harinas de quinua y amaranto (crudas y sometidas a los tratamientos térmicos)

Se tomó como guía lo descrito por Xu, Thomas & Bhardwaj (2014).

3.1.1. Capacidad de absorción y retención de agua

Se añadió 0,5 g de harina de cada pseudocereal a tubos de centrifuga de 10 mL que estuvieron previamente pesados, posterior se agregó 5 mL de agua destilada. Para la capacidad de absorción de agua las suspensiones fueron agitadas durante 1 hora a 140 rpm y luego se centrifugaron a 3900 x g (SIGMA, Alemania) durante 40 minutos. Para la retención de agua la suspensión se agitó durante 24 horas y luego se centrifugó a 3900 x g por 40 minutos. Finalmente, después de la centrifugación se decantó el sobrenadante y se volvió a determinar la masa de la muestra. La capacidad de absorción y retención de agua se expresaron como gramos de agua retenida por 100 g de muestra seca.

3.1.2. Capacidades de absorción y retención de aceite

Se siguieron los mismos procedimientos realizados en capacidades de absorción y retención de agua, reemplazando el agua por aceite de soja marca El Cocinero (Grupo Numar S.A., Ecuador). Finalmente, se expresaron los resultados como mL de aceite retenido por 100 g de muestra seca.

3.1.3. Actividad emulsionante y estabilidad

Se mezclaron 4 g de harina con 100 mL de agua destilada y se mantuvo a 20°C por 30 minutos. Pasado el tiempo se añadieron 100 mL de aceite de soja y la mezcla se emulsionó por homogenización por 3 minutos a 2000 rpm en un agitador de paletas (WITEG, Alemania). Esta emulsión se centrifugó a 3900 x g durante un tiempo de 5 minutos, luego de lo cual se midió el volumen de la emulsión. Este valor se expresó como porcentaje con relación a toda la muestra (agua y aceite) dentro del tubo de la centrifuga.

La estabilidad emulsionante fue determinada calentando las muestras emulsionadas en una máquina de baño de agua (JP SELECTA, Alemania) a 85°C durante 15 minutos, con posterior enfriamiento a temperatura ambiente y centrifugación a las mismas condiciones que la actividad emulsionante. La estabilidad emulsionante fue determinada como el volumen de la emulsión resultante en el tubo de centrifuga después del calentamiento.

3.1.4. Capacidad espumante y estabilidad

Se dispersaron cuatro gramos de cada muestra de harina en 100 mL de agua destilada con ayuda de un agitador de paletas (WITEG, Alemania) a 2000 rpm durante 1 minuto. Para medir los volúmenes de la muestra se usaron probetas de 500 mL antes y después del batido. La capacidad espumante se expresó como el porcentaje de volumen ganado tras el batido.

Para determinar la estabilidad espumante la muestra batida fue almacenada durante 4 horas a 20°C con una posterior medición del volumen, expresada como el porcentaje de cambio de volumen después de 4 horas de almacenamiento.

4. Diseño experimental y análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado usando el software InfoStat, con la prueba Tukey con un margen de error de $p < 0,05$. Se utilizó un diseño bifactorial (Tabla 1) para dos especies, quinua y amaranto, basados en la aplicación de diferentes procesos de remojo (con o sin) y dos técnicas de cocción (fritura o tostado convencional). Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron con la media y la desviación estándar.

Tabla 1. Tratamientos evaluados en quinua (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus caudatus*)

Tratamiento	Especie	Descripción
--------------------	----------------	--------------------

T1	Quinoa	Sin remojo - Fritura convencional
T2		Sin remojo - Tostado convencional
T3		Con remojo - Fritura convencional
T4		Con remojo-Tostado convencional
T5	Amaranto	Sin remojo - Fritura convencional
T6		Sin remojo - Tostado convencional
T7		Con remojo - Fritura convencional
T8		Con remojo-Tostado convencional

5. Resultados y Discusión

5.1. Análisis físicos

La Tabla 2 muestra los resultados de los parámetros físicos comparados entre la quinua y el amaranto crudos. En cuanto a la masa, se observa que ambos granos presentan una masa muy similar, siendo la quinua ligeramente más pesada ($100,004 \pm 0,003$ g) que el amaranto ($100,0007 \pm 0$ g). Sin embargo, esta diferencia es mínima y no es estadísticamente significativa ($p < 0,05$). En lo que respecta al volumen, la quinua tiene un volumen mayor ($126,66 \pm 1,15$ mL) en comparación con el amaranto ($114,33 \pm 0,55$ mL), lo que sugiere que la quinua ocupa más espacio que el amaranto a pesar de tener una masa similar. La densidad de la quinua ($0,78 \pm 0,007$ g/mL) es también significativamente menor que la del amaranto ($0,87 \pm 0,004$ g/mL), lo que implica que la quinua tiene una estructura más ligera y menos compacta en comparación. con el amaranto.

El estudio de García-Salcedo et al. (2017) mostraron resultados similares al observar que la quinua tiene un mayor volumen y capacidad de hinchamiento en comparación con el amaranto, con un valor de hinchamiento de 245 mL/100 semillas para la quinua y 220 mL/100 semillas para el amaranto, lo que es consistente con los resultados obtenidos en la

presente investigación. Además, Hleap et al. (2019) reportaron valores de 240 mL/100 semillas para la quinua y 230 mL/100 semillas para el amaranto, lo que también confirma la tendencia observada de mayor hinchamiento en la quinua.

En términos de capacidad de hidratación, el amaranto presenta un valor superior (195 ± 0 g/100 semillas) frente a la quinua ($178,5 \pm 0$ g/100 semillas), indicando que el amaranto es capaz de absorber más agua durante el proceso de hidratación. Esta diferencia es estadísticamente significativa ($p < 0,05$), lo que sugiere que la estructura del amaranto permite una mayor absorción de agua. Por otro lado, los análisis de Cárdenas et al. (2019) indicaron que el contenido de almidón en el amaranto (aproximadamente 60,1%) es ligeramente superior al de la quinua (58,3%), lo que podría contribuir a su mayor capacidad de absorción de agua. Sin embargo, a pesar de esta diferencia en el contenido de almidón, el amaranto mostró un mayor valor de capacidad de hidratación, lo que sugiere que otros factores como la estructura del grano y la solubilidad de sus componentes pueden estar influyendo en su capacidad para absorber agua.

Por otro lado, la capacidad de hinchamiento de la quinua ($241,7 \pm 0$ mL/100 semillas) es superior a la del amaranto ($223,3 \pm 0$ mL/100 semillas), aunque la diferencia no es significativa ($p < 0,05$). Esto sugiere que, a pesar de la mayor capacidad de hidratación del amaranto, la quinua experimenta una mayor expansión volumétrica. Estos resultados están en línea con estudios previos, como el de Mota et al. (2018), quienes también observaron que el amaranto, aunque absorbe más agua, presenta una menor capacidad de hinchamiento debido a su mayor densidad. De manera similar, Trino et al. (2018) encontraron que, a pesar de que el amaranto tiene una mayor capacidad de hidratación, su estructura más densa limita su expansión, mientras que la quinua, con una estructura menos densa, la cual es capaz de hincharse más durante el tratamiento térmico.

Tabla 2. Comparación de parámetros físico en quinua y amaranto crudos

Parámetros medidos	Quinoa	Amaranto
Masa (g)	100,004±0,003 ^a	100,0007±0 ^a
Volumen (mL)	126,66±1,15 ^a	114,33±0,55 ^b
Densidad (g/mL)	0,78±0,007 ^b	0,87±0,004 ^a
Capacidad de hidratación (g/100 semillas)	178,5±0 ^a	195±0 ^b
Capacidad de hinchamiento (mL/100 semillas)	241,7±0 ^b	223,3±0 ^a

Los superíndices muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias en forma horizontal

5.2. Análisis químicos

En la Tabla 3 se presentan los resultados de los análisis de los parámetros químicos en la quinua y el amaranto, tanto con y sin remojo, y sometidos a procesos de fritura o tostado convencional. Los datos mostraron variaciones entre los diferentes tratamientos, lo que permitió una comparación detallada de los efectos de cada uno de ellos en la composición de los cereales.

En el análisis de los lípidos, la quinua frita sin remojo alcanzó un 20,3%, mientras que el tostado sin remojo solo obtuvo un 0,46%, mostrando una diferencia significativa. Esto se debe a que la fritura aumenta la absorción de lípidos debido al contacto directo con aceite, lo cual es consistente con lo reportado por Pathan & Siddiqui (2022), quienes observaron incrementos de hasta un 25% en cereales fritos. En la quinua con remojo, la fritura incrementó los lípidos a un 29,81%, mientras que el tostado llegó al 4,91%. Resultados similares fueron observados por Thakur et al. (2021), quienes encontraron que el remojo incrementa la retención de lípidos al alterar la estructura del almidón. En amaranto, la fritura sin remojo mostró un 26,05%, valor cercano al 28% reportado por Siwatch et al. (2019) en fritura

de amaranto. Por otro lado, el tostado sin remojo solo alcanzó un 2,33%, y con remojo, el tostado incrementó a 10,37%, en línea con estudios que reportan aumentos del 8 al 12% tras remojos previos.

Para las proteínas, la quinua frita sin remojo tuvo un 13,31%, superior al 12,39% del tostado sin remojo. Con remojo, el tostado incrementó a 14,48%, mostrando una mejora atribuible a la desnaturalización parcial de las proteínas durante el calentamiento seco, como lo describe Paredes et al. (2023), quienes obtuvieron incrementos de 1-2% en cereales tostados. En amaranto, la fritura sin remojo presentó el menor valor (9,09%), mientras que el tostado sin remojo alcanzó 13,09%, alineándose con resultados de Mota et al. (2018), quienes reportaron un rango de 11-14% dependiendo del tipo de cocción. Con remojo, el amaranto tostado mostró una ligera disminución a 10,93%, posiblemente por pérdidas proteicas asociadas a lixiviación, como señala Romero et al. (2023).

En las cenizas, la quinua frita sin remojo presentó un 2,03%, similar al 2% reportado por Miranda & Haros (2020) en quinua procesada. Con remojo, el tostado incrementó a 2,39%, comportamiento esperado por la retención de minerales tras el remojo. En amaranto, la fritura sin remojo tuvo un 1,76%, mientras que el tostado con remojo incrementó significativamente a 2,91%, consistente con los valores superiores a 2,5% reportados por Thakur et al. (2021) en tostados de amaranto hidratado.

En humedad, la quinua frita sin remojo retuvo un 61,79%, cifra superior al 50% observado en tratamientos de fritura de quinua por Pathan & Siddiqui (2022). Con remojo, la fritura redujo la humedad a 37,38%, mientras que el tostado alcanzó 55,35%, en línea con estudios que demuestran que el remojo reduce la capacidad de retención de agua al desestructurar componentes celulares. En amaranto, la fritura sin remojo mostró un 62,86%, mayor al 60% observado en trabajos similares, mientras que el tostado con remojo llegó a 45,93%.

Finalmente, los carbohidratos en quinua tostada sin remojo alcanzaron un 40%, superando el 35% reportado por Miranda & Haros (2020) en quinua

tostada. En amaranto, el tostado sin remojo alcanzó 52,3%, cifra superior al 45% observado por Vento et al. (2024), resaltando la susceptibilidad del amaranto a la concentración de azúcares durante el tostado.

Tabla 3. Comparación de parámetros físicos, y químicos en quinua y amaranto con y sin remojo, sometidos a procesos de fritura o tostado convencional.

Parámetros medidos	Quinua				Amaranto			
	Sin remojo		Con remojo		Sin remojo		Con remojo	
	Fritura	Tostado	Fritura	Tostado	Fritura	Tostado	Fritura	Tostado
Lípidos (%)	20,3	0,46	29,81	4,91	26,05	2,33	26,11	10,37
Proteínas (%)	13,31	12,39	12,92	14,48	9,09	13,09	11,54	10,93
Cenizas (%)	2,03	2,47	2,09	2,39	1,76	2,03	1,74	2,91
Humedad (%)	61,79	44,68	37,38	55,35	62,86	30,25	51,58	45,93
Carbohidratos (%)	2,57	40	17,8	22,87	0,24	52,3	9,03	29,86

5.3. Análisis funcionales

En la tabla 4 se observan los análisis funcionales realizados, se observan diferencias significativas entre las técnicas de cocción (fritura y tostado) y el remojo en las propiedades funcionales de la quinua y el amaranto.

En cuanto a la absorción de agua, se observaron valores más altos en la quinua sometida a fritura con remojo (147,76%), lo que refuerza la idea de que el remojo aumenta la capacidad de hidratación del grano al debilitar la estructura celular y facilitar la penetración de agua. Estos resultados son similares a los reportados por Aro & Calsin (2019), quienes encontraron valores superiores al 140% en cereales sometidos a tratamientos térmicos. Por otro lado, el tostado con remojo mostró la absorción más baja (39,72%), lo que concuerda con lo señalado por García-Salcedo et al. (2017) sobre la reducción de la capacidad de hidratación debido a la formación de una corteza externa más compacta durante el tostado. En el caso del amaranto,

la absorción fue generalmente menor, destacándose la fritura sin remojo con 112,52%, una cifra aún dentro del rango reportado por De Bock et al. (2021) para granos integrales procesados térmicamente.

La absorción de aceite fue alta en ambas especies, especialmente en el tostado sin remojo, donde alcanzó 77,31% en amaranto y 76,08% en quinua, lo que coincide con los valores superiores al 70% descritos por Cárdenas et al. (2019) en cereales sometidos a procesos secos. Este comportamiento se atribuye al incremento de porosidad del grano durante el calentamiento. Sin embargo, en el amaranto sometido a fritura con remojo, la absorción de aceite disminuyó a 46,09%, posiblemente debido a la saturación inicial de agua, lo que limita el contacto directo con el aceite, como sugieren Jan et al. (2023b).

Respecto a las propiedades espumantes, tanto la actividad como la estabilidad presentaron valores uniformes (200-209%) en todas las combinaciones de tratamiento. Este comportamiento es consistente con lo reportado por García & García (2018), quienes destacan la influencia de las saponinas presentes en la quinua y el amaranto como estabilizadores naturales de espumas, incluso tras procesos térmicos. Cabe resaltar que, aunque las variaciones fueron mínimas, el tostado con remojo en quinua mostró un leve aumento en estabilidad espumante (209%), lo cual podría relacionarse con una mayor desnaturalización proteica, favoreciendo la interacción aire-proteína.

En términos de actividad emulsionante, los valores más altos se observaron en el tostado sin remojo en quinua (2,16%) y en fritura con remojo en amaranto (1,23%). Estos resultados están en línea con Malik et al. (2023), quienes mencionan que las proteínas expuestas durante el calentamiento en seco facilitan la formación de emulsiones estables. Sin embargo, en amaranto tostado con remojo, esta actividad disminuyó a 0,6%, lo que podría atribuirse a una desnaturalización excesiva de las proteínas por el doble efecto del remojo y el calor intenso, limitando su funcionalidad, tal como lo señala De Bock et al. (2021).

Finalmente, la estabilidad emulsionante fue mayor en el tostado sin remojo en quinua (1,73%), superando los valores de 1,4-1,6% reportados por Hleap et al. (2019) en matrices proteicas similares. En amaranto, la fritura con remojo mostró una reducción significativa (0,36%), lo que sugiere una menor interacción lipídica-proteica, posiblemente influenciada por la extracción parcial de lípidos durante el remojo, como lo discuten Jan et al. (2023b).

Tabla 4. Análisis comparativo de los parámetros funcionales en quinua y amaranto con y sin remojo, además de dos técnicas de cocción (fritura o tostado convencional).

Parámetros medidos	Quinua				Amaranto			
	Sin remojo		Con remojo		Sin remojo		Con remojo	
	Fritura	Tostado	Fritura	Tostado	Fritura	Tostado	Fritura	Tostado
Absorción Agua	136,35+8,74 ^a	58,37+4,18 ^b	147,76+15,18 ^a	39,72+0,99 ^b	112,52+13,92 ^a	80,77+5,56 ^b	48,27+7,19 ^c	74,8+12,61 ^{bc}
Absorción Aceite	69,89+6,34 ^a	76,08+12,72 ^a	73,72+14,60 ^a	66,45+5,99 ^a	60,49+9,99 ^a	77,31+11,45 ^a	46,09+12,63 ^b	80,45+6,91 ^a
Actividad Espumante	200+0 ^b	201,66+2,89 ^b	200+0 ^b	209+3,16 ^a	200+0 ^a	200+0 ^a	200+0 ^a	200+0 ^a
Estabilidad Espumante	200+0 ^b	201,66+0,2,89 ^b	200+0 ^b	209+3,61 ^a	200+0 ^a	200+0 ^a	200+0 ^a	200+0 ^a
Actividad Emulsionante	1,52+0,03 ^b	2,16+0,29 ^a	1,06+0,32 ^b	1,46+0,06 ^b	0,53+0,15 ^b	1,36+0,15 ^a	1,23+0,31 ^a	0,6+0,10 ^b
Estabilidad Emulsionante	1,43+0,05 ^a	1,73+0,21 ^a	1,26+0,21 ^{bc}	0,93+0,15 ^c	0,5+0,10 ^{bc}	0,93+0,15 ^a	1,03+0,32 ^a	0,36+0,06 ^c

Los superíndices muestran diferencia significativa ($p < 0,05$), entre las medias.

6. Conclusiones

Al evaluar los parámetros físicos, se observó que la quinua y el amaranto presentaron diferencias significativas en densidad, capacidad de hidratación e hinchamiento, lo que refleja sus estructuras internas y propiedades únicas. La quinua mostró una densidad más baja (0,78 g/mL) y una mayor capacidad de hinchamiento (241,7 mL/100 semillas), lo cual indica una estructura menos compacta que permite una mayor expansión volumétrica. Por otro lado, el amaranto presentó una capacidad de hidratación superior (195 g/100 semillas), evidenciando su aptitud para absorber mayor cantidad de agua, concluyendo que esto es relevante en la formulación de productos alimenticios, sugieren que la quinua es ideal para aplicaciones donde la expansión es deseable, mientras que el amaranto puede ser más adecuado para productos que requieren mayor retención de humedad.

Al analizar los parámetros químicos, se observó que tanto los métodos de cocción como el remojo influyeron en la composición de lípidos, proteínas y carbohidratos. La fritura incrementó notablemente los lípidos, alcanzando 29,81% en la quinua con remojo, mientras que el tostado favoreció el contenido de carbohidratos en amaranto sin remojo (52,3%). La retención proteica fue mayor en quinua tostada con remojo (14,48%), lo que resalta su estabilidad frente a los tratamientos térmicos.

Al evaluar las propiedades funcionales, los tratamientos térmicos y el remojo modificaron la absorción de agua, aceite, y las propiedades espumantes y emulsionantes. La quinua frita con remojo destacó con una alta capacidad de absorción de agua (147,76%), mientras que el amaranto tostado sin remojo sobresalió en absorción de aceite (77,31%). Aunque ambos granos mantuvieron su actividad espumante, la actividad emulsionante fue más alta en quinua tostada sin remojo (2,16%). Estas propiedades funcionales refuerzan su potencial para aplicaciones industriales específicas, recomendándose la quinua para productos que

requieren alta hidratación y estabilidad espumante, y el amaranto para formulaciones con mayor retención de aceites.

Se recomienda realizar estudios adicionales con otros métodos de cocción y evaluar los efectos en condiciones de almacenamiento, lo que permitirá ampliar el conocimiento sobre su comportamiento y optimizar su uso en la agroindustria.

7. Referencias

Aro, J., & Calsin, M. (2019). **Elaboración de una mezcla alimenticia a base de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), cebada (*Hordeum vulgare* L.) maiz (*Zea mays* L.), haba (*Vicia faba* L.) y soya (*Glycine max* L. Merr) por proceso de cocción-extrusión.** *Altoandinas, Revista De Investigaciones*, 21(2), 293–303.

<http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v21n4/a07v21n4.pdf>

Bravo, J. E. (2022). **Contribución al estudio de la fritura al vacío: deshidratación de rodajas de manzana.** Valencia: Universitat Politècnica de València.

Chamba Bernal, J. L., Bermeo Cuenca, L. A., & Sarango Ortega, Y. B. (2020). **Producción ganadera: la deforestación y degradación del suelo, una estrategia para el desarrollo sostenible.** *Revista Científica Agroecosistemas*, 77-82.

Cárdenas, N., Romero, E., Salazar, J., Cevallos, C., & Ruis, G. (2019). **Análisis comparativo de la composición nutricional del chocho, quinua y soya, y su aplicación en la elaboración d harinas.** In *La ciencia al servicio de la Salud y la nutrición* (Vol. 8, Issue 2, pp. 201–221).

<http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/265/228>

De Bock, P., Daelemans, L., Selis, L., Raes, K., Vermeir, P., Eeckhout, M., & Van, F. (2021). **Comparación de las características químicas y tecnológicas de harinas integrales obtenidas a partir de**

semillas de amaranto (*Amaranthus* sp.), quinua (*Chenopodium quinoa*) y trigo sarraceno (*Fagopyrum* sp.).
Foods, 10(3). <https://doi.org/10.3390/foods10030651>

- García, Á., & García, Á. (2018). **Caracterización físico-química de harinas y semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y chía (*Salvia hispanica* L.).** *Acta Agronomica*, 67(2), 215–222.
https://www.researchgate.net/publication/322733503_Physical-chemical_characterization_of_quinoa_Chenopodium_quinoa_Willd_amaranth_Amaranthus_caudatus_L_and_chia_Salvia_hispanica_L_flours_and_seeds
- García-Salcedo, Á. J., Torres-Vargas, O. L., & Ariza-Calderón², H. (2017). **Physical-chemical characterization of quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), amaranth (*Amaranthus caudatus* L.), and chia (*Salvia hispanica* L.) flours and seeds.** *Acta Agronomica*, 67(2), 215–222. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n2.63666>
- Hleap, J., Burbano, M., & Mora, J. (2019). **Evaluación fisicoquímica y sensorial de salchichas con inclusión de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* W.).** *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 61–71.
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15nspe2/1692-3561-bsaa-15-spe2-00061.pdf>
- Jan, N., Hussain, S. Z., Naseer, B., & Bhat, T. A. (2023b). **Amaranto y quinua como potenciales nutraceuticos: una revisión de factores antinutricionales, beneficios para la salud y sus aplicaciones en los sectores alimentario, medicinal y cosmético.** *Química de Los Alimentos: X*, 18, 10–19. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100687>
- López, A., & Horta Sachik, S. (2017). **Estudio comparativo de la composición química y grado de aceptabilidad de tres bebidas artesanales a base de Avena, Amaranto y Quinoa.** Córdoba:

Universidad de Córdoba.

Lordemann, J. A., Capriles, A., & Antezana, N. (2024). **Evaluación de perfiles de huella hídrica: Análisis del ciclo de vida de la quinua en Bolivia.** INSTITUTO DE ESTUDIOS AVANZADOS EN DESARROLLO, 2-37.

Malik, M., Sindhu, R., Dhull, S. B., Bou-Mitri, C., Singh, Y., Panwar, S., & Khatkar, B. S. (2023). **Nutritional Composition, Functionality, and Processing Technologies for Amaranth.** *Journal of Food Processing and Preservation*, 2023, 1753029.
<https://doi.org/10.1155/2023/1753029>

Mappe Sánchez, E. C. (2015). **El Amaranto.** Revista Ciencia, 11-12.

Mira Vásquez, J. M., & Sucoshañay Villalva, D. J. (2016). **Caracterización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd.*) producida en la provincia de Chimborazo, Ecuador.** Riobamba: Perfiles.

Miranda, K., & Haros, C. (2020). **Efecto combinado de la incorporación de chíá, quinua y amaranto sobre la calidad físico-química y nutricional.** *Alimento y Científico Informes*, 9(12), 10.
<https://doi.org/10.3390/foods9121859>

Moran , M. (2020). **Objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible:**
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>

Mota, C., Nascimento, A., Santos, M., & Delgado, I. (2018). **Efecto de los métodos de cocción sobre el contenido mineral de la quinua (*Chenopodium quinoa*), el amaranto (*Amaranthus sp.*) y el trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*).** *Revista de Composición y Análisis de Alimentos*, 49, 10.
https://www.researchgate.net/publication/295394401_The_effect_of_cooking_methods_on_the_mineral_content_of_quinoa_Chenopodium_quinoa_amaranth_Amaranthus_sp_and_buckwheat_Fagopyrum

m_esculentum

Muñoz Zambrano, N., Revilla Escobar, K., Cortez, E. A., Carrillo Pisco, M., & Aldas Morejón, J. (2023). **Evaluación de quinoa (*Chenopodium quinoa*) y soya (*Glycine max*) como sustituto proteico en salchichas y su efecto fisicoquímico y sensorial.** *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 3-12.

Jarvis, D., Shwen Ho, Y., Lightfoot, D., Schmockel, S., Borm, T., Ohyanagi, H., . . . Rupper, R. (08 de Febrero de 2017). **Nature.** Obtenido de Nature: <https://www.nature.com/articles/nature21370>

NTE INEN 520. (1980). **Harina Cenizas.** Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas23/520.pdf>

NTE INEN 523. (1980). **Determinación de gras.** Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/523.pdf>

NTE INEN 543. (1980). **Determinación de la proteína cruda.** Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas23/543.pdf> Paredes, M., Igual, M., Ortiz, J., Carrera, X., Martínez, J., & García, P. (2023). Estudio de la bioaccesibilidad de los aminoácidos esenciales en suplementos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y amaranto (*Amaranthus caudatus*). *Foro de Biología y Ciencias de La Vida*, 26(1), 9. <https://doi.org/10.3390/Foods2023-15001>

NTE INEN 1235. (1987). **Determinación del contenido de humedad.** Obtenido de <https://archive.org/details/ec.nte.1235.1987>

Oakes, K. (01 de Febrero de 2021). **Food unfolded.** Obtenido de Food unfolded: <https://www.foodunfolded.com/es/articulo/conoces-la-huella-hidrica-de-estos-alimentos-comunes>

Paredes, M., Igual, M., Ortiz, J., Carrera, X., Martínez, J., & García, P. (2023). **Estudio de la bioaccesibilidad de los aminoácidos esenciales en suplementos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y amaranto (*Amaranthus caudatus*).** *Foro de Biología y*

Ciencias de La Vida, 26(1), 9. <https://doi.org/10.3390/Foods2023-15001>

Pathan, S., & Siddiqui, R. (2022). **Composición nutricional y componentes bioactivos de las hojas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): una revisión.** *Nutrientes*, 14(3), 10. <https://doi.org/10.3390/nu14030558>

Peralta, E., Murillo, Á., & Mazón, N. (Abril de 2015). *INIAP*. Obtenido de INIAP: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2726/1/iniapscpm420.pdf>

Rojas, W., Vargas, A., Milton, P., Porcel, A., & Mena, V. (2018). **Genetic diversity of quinoa: Potential uses for breeding and agroindustry.** *Revista Internacional de Agricultura*, 3(2), 114–124.

Romero, J., Guaraca, E., Duarte, R., Rojas, M., & Bailon, N. (2023). ***Chenopodium quinoa* Willd. y *Amaranthus hybridus* L.: seguridad alimentaria ancestral andina y actividad antimicrobiana y anticancerígena moderna.** *Productos Farmacéuticos*, 16(12), 10. <https://doi.org/10.3390/ph16121728>

Siwatch, M., Yadav, R. B., & Yadav, B. S. (2019). **Chemical, physicochemical, pasting and microstructural properties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) flour as affected by different processing treatments.** *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 11(1), 3–13. <https://doi.org/10.3920/QAS2017.1226>

Thakur, P., Kumar, K., Ahmed, N., Chauhan, D., Eain Hyder Rizvi, Q. U., Jan, S., Singh, T. P., & Dhaliwal, H. S. (2021). **Effect of soaking and germination treatments on nutritional, anti-nutritional, and bioactive properties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* L.), and buckwheat (*Fagopyrum esculentum* L.).** *Current Research in Food Science*, 4,

917–925. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.11.019>

Trino, R., Grados, R., Guitierrez, M., Mamani, D., Perez, J., Magariños, W., Arias, J., & Gonzales, E. (2018). **Evaluación del aporte nutricional del amaranto (*amaranthus caudatus linnaeus*), quinua (*chenopodium quinoa willd*) y tarwi (*lupinus mutabilis sweet*) en el desayuno.** *Revista CON-CIENCIA*, 5(2), 15–28.

Vento, M., Della Croce, C., Bellani, L., Tassi, E., Echeverria, M., & Giorgetti, L. (2024). **Efecto del contenido de antioxidantes y la actividad antioxidante total en quinua y amaranto.** *Revista Internacional de Ciencias Moleculares*, 25(20), 12.
<https://doi.org/10.3390/ijms25201>

Xu, Y., Thomas, M., & Bhardwaj, H. (2014). **Chemical composition, functional properties and microstructural characteristics of three kabuli chickpea (*Cicer arietinum L.*) as affected by different cooking methods.** *Petersburg: International Journal of Food Science and Technology*