

ROXANA VARGAS

AF - ROXANA VARGAS.pdf

 My Files My Files Universidad Peruana Union

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:411882077

Fecha de entrega

2 dic 2024, 4:12 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

2 dic 2024, 4:14 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

AF - ROXANA VARGAS.pdf

Tamaño de archivo

418.7 KB

17 Páginas

6,617 Palabras

34,715 Caracteres

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 9% Fuentes de Internet
- 4% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	www.researchgate.net	1%
2	Internet	hdl.handle.net	1%
3	Internet	ri-ng.uaq.mx	1%
4	Internet	repository.unad.edu.co	0%
5	Internet	biotecnia.unison.mx	0%
6	Internet	www.dspace.espol.edu.ec	0%
7	Publicación	Y.M. Itusaca-Maldonado, C.R. Apaza-Humerez, A. Pumacahua-Ramos, E. Mayta-Pi...	0%
8	Internet	ojs.latu.org.uy	0%
9	Internet	doaj.org	0%
10	Internet	ri2.bib.udo.edu.ve	0%
11	Trabajos entregados	Universidad Nacional del Santa on 2018-11-20	0%

12	Internet	www.colpos.mx	0%
13	Publicación	Grethel Teresa Choque Delgado, Katerin Victoria Carlos Tapia, Maria Cecilia Pacco...	0%
14	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe	0%
15	Internet	repositorio.uas.edu.mx	0%
16	Internet	repositorio.udec.cl	0%
17	Internet	ciatej.mx	0%
18	Internet	es.scribd.com	0%
19	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	0%
20	Internet	www.clubensayos.com	0%
21	Internet	1library.co	0%
22	Trabajos entregados	Universidad Nacional del Centro del Peru on 2018-11-19	0%
23	Internet	agris.fao.org	0%
24	Internet	repositorio.unaj.edu.pe	0%
25	Internet	revistas.unat.edu.pe	0%

26	Internet	tesis.unap.edu.pe	0%
27	Trabajos entregados	Universidad Autónoma de Nuevo León on 2016-07-28	0%
28	Trabajos entregados	Universidad Católica Boliviana "San Pablo" on 2024-11-04	0%
29	Trabajos entregados	Universidad Técnica de Machala on 2024-03-05	0%
30	Internet	hortintl.cals.ncsu.edu	0%
31	Internet	pesquisa.bvsalud.org	0%
32	Internet	repositorio.unsch.edu.pe	0%
33	Internet	superdrugspharmacy.com	0%
34	Trabajos entregados	unajma on 2023-09-17	0%
35	Internet	www.slideshare.net	0%

Influencia de tiempo y temperatura en las propiedades funcionales y color de hojuelas de quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*)

Vargas-Challa Roxana ^a. Mayta-Pinto Edgar ^a

^a Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Universidad Peruana Unión, Carretera Arequipa Km 6, Juliaca, 21100, Perú

Resumen

La quinua es un grano andino con alto valor nutricional muy atractivo para diversificar alimentos instantáneos innovadores libres de gluten, por lo que es importante estudiar los procesos y los parámetros en el desarrollo de nuevos productos; Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar la influencia del tiempo (20, 25 y 30min) y temperatura (90, 100, 110°C) en las propiedades funcionales y el color de hojuelas de quinua instantáneas. El proceso de cocción para obtener las hojuelas instantáneas se realizó por convección considerando los parámetros seleccionados, previa preparación de acondicionamiento y laminado. Se evaluaron las propiedades funcionales como índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA), capacidad de absorción de aceite (CAA) y color. Los resultados mostraron que ambas variables no influyeron significativamente en el IAA, mientras que la temperatura influyó significativamente en el ISA y la CAA fue influenciada por ambas variables. El análisis de color mostró una influencia de ambas variables, donde la muestra M1Q (100°C, 35min) presentó valores de luminosidad más cercanos respecto a la muestra patrón (L* 73.88 M1Q vs 73.52MP), también se encontró que las variables de estudio influyeron negativamente en la composición nutricional de las hojuelas instantáneas. Los resultados de influencia de variables obtenidos pueden ser de utilidad para su consideración en el desarrollo de nuevos sistemas de producción en la innovación de la quinua y otros granos andinos.

Palabras Claves: Quinua, hojuelas instantáneas, propiedades funcionales, índice de solubilidad, índice de absorción, capacidad de absorción, color

1. INTRODUCCIÓN

El grano de quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*) se encuentra ampliamente distribuido en varios países andinos de América del Sur, principalmente en Perú, Bolivia y Ecuador, extendiéndose a nivel internacional por su autenticidad de adaptarse frente a diferentes condiciones ambientales o cambios climáticos siendo estas más resistentes y tolerantes a la propagación de enfermedades y plagas (Guo et al., 2024) (Cancino-Espinoza et al., 2018). Por otro lado, este grano es de género *Chenopodiace*, donde existen alrededor de 250 especies a nivel mundial y en el Perú hay 18 variedades, de tipo blanco, rojo y negro. (Escribano et al., 2017), (Kowalski, Morrow, et al., 2016). La quinua se caracteriza por su alto contenido de proteínas, que varía entre el 12.9% y 16.5%, por su riqueza en aminoácidos esenciales, superando a otros granos andinos como arroz, trigo, maíz (Ghumman et al., 2021; Liu et al., 2020) seguido por las composiciones como grasa (5-9%), fibra dietética (10 y 13%) carbohidratos (60 a 75%) y minerales, así mismo es relevante mencionar que la quinua es totalmente libre de gluten, lo que distingue de otros alimentos y es el mejor alimento aliado para celíacos. (Kowalski, Morrow, et al., 2016)

Cabe resaltar que también es considerado como promovedor de múltiples beneficios en la salud, disminuye el nivel de colesterol, combate las enfermedades cardiovasculares, alivia cuadros de estreñimiento, controla la diabetes, protege contra la inflamación y previene el cáncer de mama. (Pereira et al., 2019)

En la actualidad está ganando un alto impacto en el mercado a nivel mundial, por la gran variedad de productos que está en desarrollo constante en la gastronomía a base de quinua, como también en la industria alimentaria en la obtención de cereales integrales cocidos, tostados, harinas, harinas tostadas, horneados en variedad de panes, pastas, tortillas, hamburguesas snacks, hojuelas instantáneas obtenidas por extrusión listos para el desayuno (Pereira et al., 2019; Ray et al., 2024; Pilco-Quesada et al., 2020; Itusaca-Maldonado et al., 2024; Magro et al., 2024 y Huaman EV, 2024), inclusive las hojas de quinua pueden ser consumidas en ensaladas ayudando en la deficiencia nutricional (Campos-Rodriguez et al., 2022).

Las hojuelas de quinua son el resultado del proceso de laminado a presión mediante el uso de rodillos y como resultado final se obtiene un producto con características similares a las hojuelas de avena, sin embargo, existen escasos estudios sobre la influencia de parámetros de procesamiento en las características físicas, funcionales, tamaño de partículas, métodos de molienda (P. Chen et al., 2023), métodos de secado, cocción y demás (Shen et al., 2021). Por lo que, los diferentes procesos a las cuales se somete el grano influyen en la composición y características funcionales que necesitan ser analizadas para su correcta aplicación.

Es de vital importancia conocer las propiedades funcionales en hojuelas de quinua, como el índice de absorción de agua IAA (g/g) que mide la capacidad de un producto para absorber agua durante un tiempo específico, dado que las hojuelas instantáneas se consumen después de ser hidratadas (Kowalski, Medina-Meza, et al., 2016), el índice de solubilidad en agua ISA (%) que muestra la capacidad de un producto para disolverse en agua, si estas serán utilizadas como ingredientes en sopas instantáneas o bebidas, es importante que el producto tenga una buena mezcla y fácil de consumir. La capacidad de absorción de aceite CAA(g/g), determina que, si las hojuelas son capaces de absorber aceite durante proceso de fritura o es recubierto en un proceso sin freír, con el fin de que sea uso en productos fritos, snacks o cereales recubiertos. La cocción a ciertos de tiempo y temperatura más altas puede causar un cambio de color de las hojuelas instantáneas, en lo particular es importante en productos que deben mantener su color original, como los cereales de desayuno (Fan et al., 2023). Los valores espectrales obtenidos, junto con otros derivados de mediciones, pueden ser empleados para analizar el impacto de un tratamiento y la conservación a lo largo del almacenamiento de un producto (Escribano et al., 2017; Mir et al., 2021). Los colores se muestran así en el espacio de color CIELAB, el cual identifica el color a través de tres atributos: L*(donde blanco=100 y negro=0), a*(donde valores positivos representando tonalidades rojizo y valores negativos, verdes) y b*(con valores positivos representando tonalidades amarillas y valores negativos, azules) (Kutlu et al., 2022)

Por lo mencionado, el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de tiempo y temperatura en las propiedades funcionales y color de hojuelas instantáneas de quinua.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materia prima

Los granos de quinua orgánica de la variedad Salcedo Inía fueron donados por la empresa Naturkost Perú SAC. Según esta empresa, la quinua fue cultivada en la región de Puno.

2.2. Preparación de Hojuelas Instantáneas

Los granos de quinua (5kg) fueron acondicionados con 1% de agua, para luego ser laminados en un molino con rodillos, posterior a ellos fueron sometidos a un proceso de selección por tamizado para descartar del germen y los grumos que son partículas generadas durante el proceso. Para la obtención de hojuelas instantáneas de quinua se utilizaron 1 kg de hojuelas crudas, las cuales fueron extendidas uniformemente en una bandeja y luego cocidas en un horno de convección rotatorio (modelo Nova Max 2000) según las condiciones de parámetros detalladas en la Tabla 1. Una vez cocidas y enfriadas por 20 min, las hojuelas se sellaron al vacío en bolsas de polietileno para su posterior evaluación.

Tabla 1 Niveles, unidades y símbolos de los parámetros del proceso de hojuelas instantáneas.

Factor	Unidades	Símbolo	Niveles				
			$\alpha+$	1	0	-1	$\alpha-$
Temperatura	°C	X1	120	110	100	90	80
Tiempo	Min	X2	40	35	30	25	20

2.3. Análisis de las Propiedades funcionales

2.3.1. Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad (ISA)

Se utilizó el método de (Otondi et al., 2020) con algunas modificaciones para medir el índice de absorción de agua (IAA) y el índice de solubilidad en agua (ISA). Se trituró en un mortero 2.5 g de hojuelas de quinua, se pasó por un tamiz de 600 μ m. A la harina obtenida se le añadió 8 ml de agua destilada a 30°C en un tubo de centrífuga de 15 ml, se agitó continuamente durante 2 a 5 minutos en un vortex; y se sometió a la centrífuga a 3000 rpm durante 10 min. El líquido sobrenadante se vertió en una placa de Petri previamente pesada y se dejó secar en una estufa a 105°C por 1 h. El peso de la muestra suspendida se midió y se utilizó para calcular el índice de absorción de agua IAA. La cantidad total de sólidos se recuperó evaporando el sobrenadante del estudio de absorción de agua y se expresó como porcentaje de sólidos secos, el índice de absorción de agua y solubilidad se calculó con las siguientes ecuaciones.

$$WAI\left(\frac{g}{g}\right) = \frac{\text{Peso de sedimento}}{\text{Peso de sólidos secos}} \quad (\text{Ec.1})$$

$$WSI(\%) = \frac{\text{Peso de sólidos secos en el sobrenadante}}{\text{Peso de sólidos secos} \times 100} \quad (\text{Ec. 2})$$

2.4.1. Capacidad de absorbancia de aceite (CAA)

Para determinar la (CAA) se desarrolló mediante el método de (Mohan & Mellem, 2020) con algunas modificaciones, se le agregó 4 ml de aceite vegetal a 0.5(g) de la muestra triturada, se pasó por un tamiz de 600 um y luego se agitó en un vortex por 60(s), a continuación, las suspensiones se centrifugaron a 4000 rpm durante 25 min. El sobrenadante se eliminó y el residuo se pesó, la capacidad de absorción de aceite se calculó con la siguiente ecuación.

$$OAC \frac{g}{g} = \frac{(\text{peso de aceite absorbido}(g))}{(\text{peso de la muestra}(g))} \quad (\text{Ec. 3})$$

2.5. Color

Se determinó utilizando un colorímetro digital (precise color Reader Fru-WR10QC, Shanghái, China). Se midieron los valores de las coordenadas L*, a* y b*. Se obtuvieron parámetros especiales CIELAB uniformes (Luminosidad (L*), rojo/verde (a*), amarillo/azul(b*), se tomaron muestras de 3 (g) de hojuelas instantáneas en una placa Petri. Posteriormente se tomó el color en tres puntos diferentes, y se realizaron 3 repeticiones por cada muestra. Y el color simulado se determinó mediante la aplicación de color selector, <https://es.rakko.tools/tools/30/>

2.6 Análisis proximal

El análisis proximal de hojuelas de quinoa se cuantificó de la humedad (NTP 206.011:2018a), proteínas, fibra dietaria, grasas (FAO) cenizas (NTP 206.011:2018b), carbohidratos totales y calorías (NTP 205.004 1979).

2.7. Diseño y análisis estadístico

Todas las evaluaciones se realizaron por triplicado, las medias y las desviaciones estándar se calcularon. Los resultados se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA, p<0,05) utilizando el software DESING EXPERT (versión 19.2.0 Statpoint Technologies, Inc. Warrenton, EE.UU.). Los resultados cuantitativos se expresaron como media aritmética y desviación estándar ($\bar{X}$ and $\pm$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Composición nutricional

En la tabla 1 se presenta la composición nutricional de las hojuelas crudas e instantáneas. Las hojuelas crudas resaltaron por su alto contenido de proteína (14.4%), grasas (6.30%) y fibra cruda (7.0%) en comparación a las hojuelas instantáneas. Estos resultados son similares a los estudios de (Pereira et al., 2019), que encontró valores similares para harinas integrales de quinua, como: grasa (6.0), carbohidratos (77%) proteína (13.33%).

Después de ser sometidas las hojuelas de quinua a diferentes condiciones de temperatura y tiempo de cocción, se notó una disminución en el contenido de proteína (6.74%), grasas (2.3%) fibra cruda (6.49%), Según De Bock et al., (2021), la disminución del contenido de las proteínas se debe al aumento de grado de fresado durante un proceso de molienda, donde este proceso causó la separación entre hojuelas con el almidón, una fracción de salvado, el germen rico en proteínas. En un proceso de molienda de quinua se separan los componentes como: la testa, embrión, ectospermo y endospermo. El grado de molienda es un factor crucial que influye directamente en la tasa de digestión del almidón y la proteína de la quinua. (Cao et al., 2023).

Tabla 2: Composición nutricional de hojuelas de quinua blanca cruda e instantánea de quinua

	Hojuelas instantáneas	Hojuelas crudas
Carbohidratos (%)	81.87±0.01	67.8 ±0.009
Energía (kcal/100g)	375±0.85	370 ±0.73
Proteína (%)	6.74±0.005	14.4±0.17
Grasas (%)	2.3±0.08	6.30 ±0.06
Ceniza (%)	1.29±0.06	
Humedad (%)	7.8±0.026	12.37 ±0.01
Fibra cruda (%)	6.49±0.009	7.0 ±0.10

Los datos son medias± desviación estándar (n=9). Las diferencias significativas (ANOVA, P<0,05).

3.2. Propiedades funcionales

3.2.1.- Índice de absorción de agua (IAA)

Las propiedades funcionales de las hojuelas de quinua se analizan mediante el índice de absorción de agua, el índice de solubilidad, y la capacidad de absorción de aceite. Estas propiedades funcionales muestran cómo los parámetros de tiempo y temperatura influyen en la capacidad del agua para unirse a las hojuelas de quinua, principalmente durante la gelatinización sometidas a un proceso de cocción o secado, lo que descompone a los almidones en los alimentos. La capacidad de absorción de aceite CAA, nos indica la cantidad de aceite que puede lograr a absorber la proteína por lo tanto los valores más

altos nos sugiere que hay cadenas laterales no polares en las moléculas de proteína, lo que nos muestra que no habría una posible combinación con el agua (Mohan & Mellem, 2020). La capa externa de quinua contiene más cantidad de proteína, lo que mejora la absorción de agua. pero, si el almidón y proteína tienen una interacción fuerte, la expansión del almidón disminuye, (Cao et al., 2023), Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar la estructura y composición de la quinua en procesos de transformación alimentaria.

Según los resultados en la que detalla la tabla 3, Los resultados no demostraron una diferencia estadísticamente significativa entre las muestras. el pico más alto de absorción de agua se obtuvo con un valor de 2.50g/g a 110°C y 35 minutos. Este descubrimiento nos muestra que en estas condiciones las hojuelas pueden absorber mayor cantidad de agua lo que resulta beneficioso para su aplicación en productos industriales.

Como se esperaba, el tiempo y la temperatura influyó significativamente en el índice de absorción de agua, (Figura 1 A.) En lo particular la mayor absorción de agua fue en la región de tiempo 35 minutos con temperaturas entre 100°C a 110°C. Esto nos muestran que las condiciones óptimas para la absorción de agua están dentro de este rango.

Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con los reportados por (Badia-Olmos et al., 2024) en sopas instantáneas en polvo de frijolmungo, harinas de quinua, amaranto, avena, frijol blanco, lenteja, garbanzo, y además de considerar los otros parámetros, como es la humedad del producto, la presión, (Ahmed et al., 2019), incluso los procesos de secado o cocción, así mismo el tiempo y temperatura (Patil et al., 2005) todo lo mencionado influyen significativamente en las propiedades funcionales de IAA y ISA (Kaur et al., 2024). Sin embargo, la gelatinización del almidón a una alta temperatura y cierta humedad disminuye la absorción de agua. pero cabe recalcar que la capacidad de absorción de agua en las harinas aumenta con la disminución del tamaño de partículas, la composición y la calidad de proteína (Badia-Olmos et al., 2024).

La interacción entre la proteína y los aminoácidos polares y no polares es fundamental para conservar la retención de agua (Tafadzwa et al., 2021).por otro lado el tamaño granular del almidón y el daño de partículas de almidón tiene efecto en la capacidad de absorber agua es por ello resulta fácil hidratarse,(Tok & Tuncel, 2024) en comparación de las harinas gruesas, (Eze et al., 2024) la fibra es un componente que ayuda en el aumento de la absorción de agua mediante la formación de geles y retención de agua (Otondi et al., 2020).

Un alto IAA es una característica esencial en los cereales de desayuno, ya que afecta en la textura y consistencia del producto. Sin embargo, el IAA es afectado por la temperatura, cuando el almidón comienza a gelatinizarse al llegar a temperaturas altas (X. Chen et al., 2023), (Anberbir et al., 2024)

La composición química de los carbohidratos también tiene una cierta influencia en la capacidad de absorción de agua. Los carbohidratos con fuertes enlaces de hidrógeno entre sus cadenas polares o cargadas son eficaces para atraer agua (Bento et al., 2021), Esta es una de las propiedades funcionales de las hojuelas que tiene implicaciones importantes

en la industria alimentaria, en lo principal en los productos horneados (Julianti et al., 2017). Un alto IAA afecta a su viscosidad, volumen y consistencia de los productos como: panes, pasteles. Galletas, masas y productos cárnicos (Anberbir et al., 2024).

3.2.2.-Índice de solubilidad de agua (ISA)

El ISA es directamente proporcional a los sólidos, que muestra como los polisacáridos (azúcares) los aminoácidos, almidón y fibra, se disuelven en presencia de agua, así mismo un secado a largo tiempo puede generar la rotura de almidones transformándose en cadenas cortas lo que mejora su capacidad de retención de agua en el producto, (Dussán-Sarria et al., 2019).

El ISA de las hojuelas de quinua varió según la temperatura y el tiempo. Donde los valores de oscilaron entre 3,31% a 5.21% tabla 3. La temperatura deseable para la solubilidad fue a 100°C con 25 minutos, con el valor más alto (5.21%), sin embargo, a temperatura de 110°C, la solubilidad tuvo una disminución hasta un 3.65%, lo que muestra que temperaturas más altas afectan negativamente a medida que aumenta el tiempo.

También se puede observar el índice de solubilidad en gráfico de contorno, los valores varían significativamente con la temperatura y el tiempo. En la región de 100°C con 25 a 30 minutos tuvo mayor solubilidad, sin embargo a medida que aumentó la temperatura a 110°C disminuyó significativamente con el tiempo, (Figura 1 B).

Estos resultados fueron inferiores al estudio en harina de mijo perla trigo sarraceno (Anberbir et al., 2024) y similares al estudio de chía, yuca (Otondi et al., 2020) Se menciona que el ISA se incrementa con el aumento de la temperatura lo que provoca la destrucción de los gránulos de almidón aunque a temperaturas altas disminuye, el tamaño de partícula influyen en la solubilidad de los productos siendo las partículas pequeñas son más solubles que las partículas grandes (Ekielski et al., 2020), sin embargo un tiempo de tratamiento térmico hace que se destruyan moléculas grandes del almidón y la fibra provocando compuestos de bajo peso molecular y por ende su incremento en ISA, indicando que el tiempo de tratamiento prolongado puede tener efecto negativo en el ISA, (Gong et al., 2023).

El ISA se incrementa al superar la temperatura de gelatinización, lo que facilita la disolución de polisacáridos en exceso de agua permitiendo a que los gránulos se filtran (Kaur et al., 2024) Sin embargo una baja humedad influye en el ISA generando una mayor degradación de almidón incluso durante el proceso de prensado por cizallamiento (Ekielski et al., 2020) por lo que un mayor ISA es un indicador de lo mencionado, (Kaur et al., 2024) la desintegración de gránulos debilita los enlaces de amilosa - amilopectina lo cual favorece las interacciones amilosa-agua en consecuencia resulta un incremento en la solubilidad (Solaesa et al., 2021). En este estudio, se evidencia que a un grado de gelatinización mayor el ISA tiende a disminuir.

3.2.3.- Capacidad de absorción de aceite (CAA)

Como se observa en la tabla 3, existe una tendencia creciente en la absorción de aceite (CAA) con respecto a la temperatura y el tiempo, aunque se registró también una tendencia decreciente. Los valores oscilaron entre 2.41 g/g a 2.80 g/g que nos indican una moderada capacidad de absorción de aceite. también se pueden observar en la figura 1C la absorción de aceite en el rango de temperaturas 90 a 100°C con su absorción máxima, mientras en la región con temperatura de 110°C tiende a descender su capacidad de absorción. Estos resultados revelaron la influencia de tiempo y temperatura en CAA. demostrando una combinación, en lo específico a temperatura de 100°C a 35 minutos que obtuvo un valor de 2.80 g/g CAA es considerable para su aplicación en procesos industriales.

Los resultados obtenidos para las hojuelas de quinoa fueron comparables a los estudios reportados por (Badia-Olmos et al., 2024; Pellegrini et al., 2018). Además, los valores de CAA fueron similares a los estudios en harina de linaza (Kaur et al., 2024), harinas de plátano verde secadas al horno (Apaliya et al., 2024).

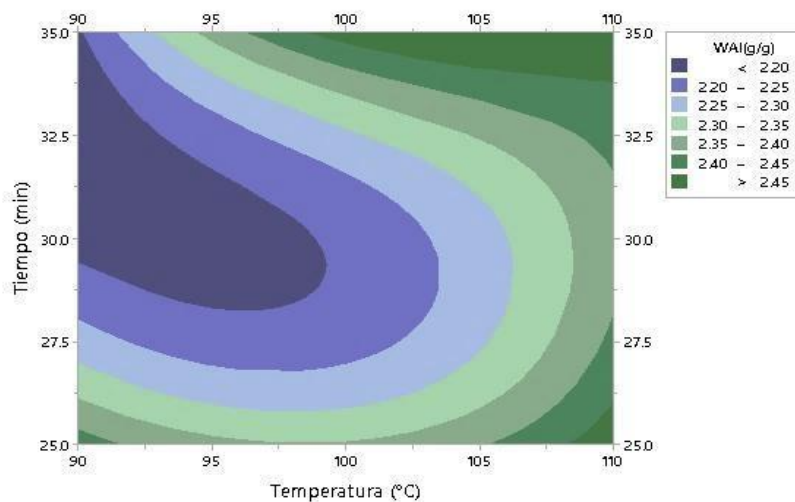
El aumento en la capacidad de absorción de aceite se atribuye a una mayor disponibilidad de aminoácidos hidrofóbicos en la superficie de la proteína, por lo tanto, al descubrir que no hay los residuos no polares en la proteína estas facilitan la unión del aceite, (Lakshmipathy et al., 2024). Además, este estudio contribuye, en mejorar la palatabilidad en un producto, retención del sabor y la vida útil. Porque estas características lo hacen relevante en productos de panadería, cárnicos que necesitan absorción de aceite, (Julianti et al., 2017).

Tabla 3 Propiedades funcionales de hojuelas instantáneas de quinoa

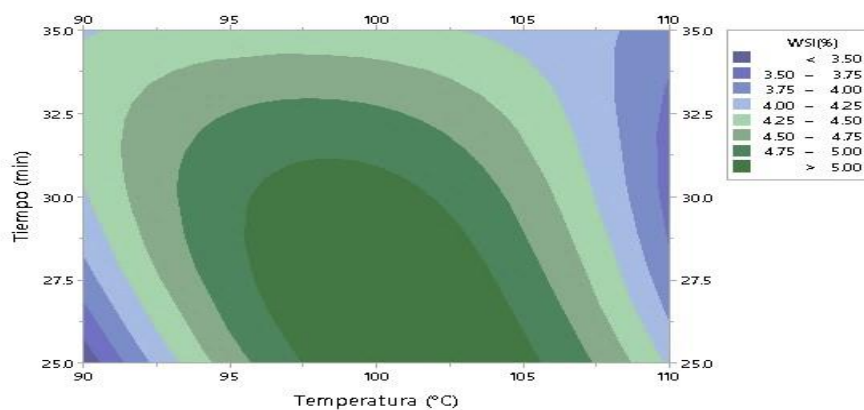
Tratamientos	X1	X2	IAA(g/g)	ISA %	CAA (g/g)
T1	35	100	2.48±0.27	4.31±0.79	2.80±0.30
T2	25	90	2.43±0.09	3.31±0.08	2.45±0.14
T3	30	90	2.18±0.18	4.22±0.23	2.46±0.30
T4	35	110	2.50±0.02	3.89±0.11	2.73±0.52
T5	30	110	2.39±0.21	3.65±0.28	2.66±0.40
T6	30	100	2.21±0.17	5.09±0.90	2.41±0.23
T7	25	110	2.49±0.05	4.20±0.79	2.69±0.18
T8	35	90	2.19±0.19	4.23±0.22	2.66±0.28
T9	25	100	2.36±0.34	5.21±0.40	2.52±0.36

NOTA: X1: Tiempo (min), X2: Temperatura (°C). Los datos son las medias de tres experimentos independientes ±desviaciones estándar(n=3).

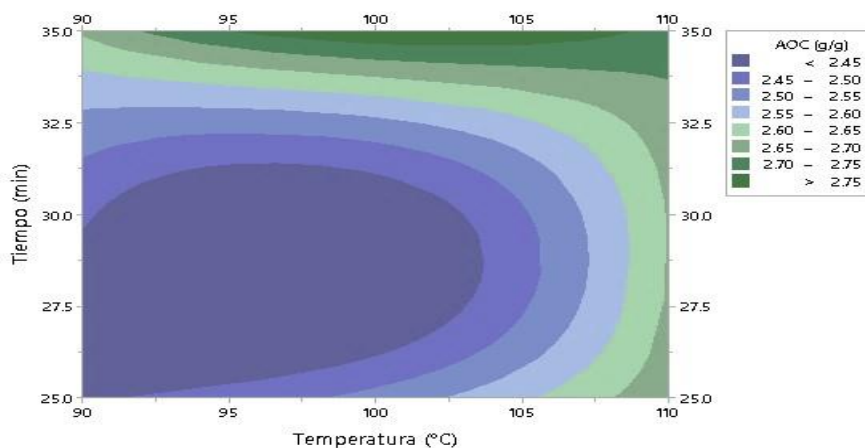
(A)



(B)



(C)



Gráfica de contorno de índice de absorción de agua IAA(g/g) (A), índice de solubilidad ISA (%) (B) y Capacidad de absorción de agua CAA(g/g) (C)

3.3. Análisis de color

El color representa uno de los indicadores principales para la aceptación de un producto en el mercado ya que es clave en la toma de decisión en la compra de los consumidores. Las coordenadas de color L^* a a^* y b^* son para representar las variaciones cromáticas y facilitan su análisis.

En la tabla 4, se aprecia las variaciones de color en hojuelas instantáneas de quinua frente a diferentes tiempos y temperaturas. Los parámetros $L^*a^*b^*$ de la muestra M1Q (100°C, 35min) presentaron valores más cercanos respecto a la muestra patrón, con una luminosidad ligeramente mayor (L^* 73.88M1Q vs 73.52MP), tonalidad rojiza ligeramente mayor y tonalidad amarillenta menor (a^* 3.09M1Q vs 2.60MP y b^* 12.43M1Q vs 13.61MP). Estos valores reportados son muy cercanos y la diferencia en la luminosidad L^* se relacionaría al pardeamiento que ocurre en el proceso de secado o diferencias del color de la materia prima, (Tiga et al., 2021).

Los resultados promedio de L^* a^* b^* en las hojuelas de quinua demuestran las pequeñas variaciones de color en un proceso de cocción a diferentes cambios de tiempo y temperatura, además evidencian su influencia significativamente. Donde el valor de L^* varía entre 67.73 a 73.88, indicando cambios en la luminosidad. Además, los valores de a^* de tonalidad rojiza fueron similares a los datos obtenidos en la harina de trigonella (color pardo) (Ray et al., 2024), Esto demuestra que nuestras hojuelas tienden hacia un color parduzco y el valor b^* indica que las hojuelas no presentaron una tonalidad muy amarilla, debido al color de los carotenoides.

La degradación de L^* , luminosidad en algunas muestras puede ser atribuidas a la pérdida de pigmentos naturales, aumento de humedad 15 -25%, que incrementan la absorción de luz y por ende la luminosidad tiende a disminuir u oscurecerse, (Allai et al., 2023). En el tratamiento térmico se origina la reacción de Maillard entre compuesto de azúcares aminoácidos y proteínas (Guo et al., 2024; Tok & Tuncel, 2024). Sin embargo el aumento en la a^* y b^* se debe a la polimerización de fenólicos y pigmentos (Tok & Tuncel, 2024; Nicodemo C., Jamanca-Gonzales, Robert W. Ocrospoma-Dueñas, Yolanda M. EguilasCaushi, Rossy A. Padilla-Fabian y Reynaldo J. Silva-Paz, 2024), además la presencia de ciertos pigmentos como la betacianina en la quinua (Escribano et al., 2017), también las pequeñas partículas en harinas tienen mayor capacidad de dispersar la luz lo que da como resultado polvo marrón más claro (Pantoa et al., 2024; Ahmed et al., 2019). o durante el proceso de secado a temperaturas altas que afectan directamente a la calidad en el color del producto (Dussán-Sarria et al., 2019).

Por otro lado, los métodos de secado por microondas, al horno y secado al sol (Apaliya et al., 2024; Shen et al., 2021). dependen de factores como la temperatura alta o baja, presión, tiempo y la humedad del producto, como resultado influyen significativamente en el color de un producto (Ouyang et al., 2024). Una baja temperatura, velocidad de secado moderada disminuyen la

degradación térmica y reacciones de Maillard así conservando el color de un producto seco, (Álvarez et al., 2005;(Solaesa et al., 2021).

Tabla 4 características de los parámetros de color en hojuelas instantáneas de quinua con sus respectivos factores de estudio.

Tratamientos	X1	X2	L*	a*	b*	Simulador de color
MUESTRA PATRÓN			73.52±1.54	2.60±0.36	13.61±1.28	
M1QB	35	100	73.88±4.25	3.09±0.70	12.43±0.31	
M2QB	25	90	73.22±4.03	2.63±0.34	11.73±3.04	
M3QB	30	90	71.68±7.42	3.09±0.21	12.60±2.59	
M4QB	35	110	70.86±5.03	2.58±0.46	13.23±1.54	
M5QB	30	110	67.73±9.27	3.46±0.22	14.01±3.95	
M6QB	30	100	69.58±9.93	2.97±0.71	11.55±2.36	
M7QB	25	110	72.63±3.26	2.73±0.51	13.10±1.31	
M8QB	35	90	71.03±8.79	3.06±0.56	13.98±0.95	
M9QB	25	100	71.01±8.30	2.74±1.14	10.76±3.23	

NOTA:X1: Tiempo (min), X2: Temperatura (°C). Los datos son las medias de tres experimentos independientes ±desviaciones estándar(n=9).

4. Conclusiones

El estudio en las propiedades funcionales de las hojuelas instantáneas de quinua nos proporciona una valiosa información respecto a la influencia de tiempo y temperatura en el proceso de cocción. El tiempo y temperatura aplicada nos resaltan propiedades funcionales deseables en un producto final, no obstante, con pequeñas variaciones en el color L a*b* de las hojuelas de quinua. En la composición nutricional hojuelas instantáneas y hojuelas crudas de quinua, el tiempo (25, 30 y 35 min), temperatura (90, 100 y 110°C), en el Índice de absorción de agua (IAA), Índice de solubilidad en agua (ISA), Capacidad de absorción de aceite (CAA), y color. La evaluación de las propiedades funcionales y color nos brindan un enfoque de la influencia de tiempo y temperatura sobre las características en las hojuelas instantáneas de quinua. Los análisis de los datos de

2 promedios revelaron valores deseables entre las otras propiedades funcionales como índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, capacidad de absorción de aceite y color. Un producto con mayor contenido en calorías(375kcal/100g), carbohidratos (81.87%) y contenido de proteína (6.74%). Para mayor índice de absorción de agua la hojuela instantánea debe ser moderada a tiempo y temperatura constante, mayor índice de solubilidad a temperaturas altas no mayor a 100°C y tiempo no prolongado y la capacidad de absorción de aceite mínima a tiempo y temperatura constante con la finalidad hacia un producto saludable, valores altos de color de luminosidad como producto aceptable en comparación a la muestra patrón. En lo particular este estudio aporta el conocimiento sobre las propiedades funcionales en las hojuelas instantáneas de quinua convenientes para ser utilizados en productos alimenticios, en especial en productos que requieren retención de humedad, solubilidad en agua, estabilidad en presencia de grasas y aceites y color, además de ser útiles para la industria alimentaria, para desarrollo de nuevos productos, instantáneos, que prefieran dichas propiedades funcionales definidas.

Referencias

- Ahmed, J., Thomas, L. & Arfat, Y. A. (2019). Functional, rheological, microstructural and antioxidant properties of quinoa flour in dispersions as influenced by particle size. *Food Research International*, 116, 302–311. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.039>
- Allai, F. M., Junaid, P. M., Azad, Z. R. A. A., Gul, K., Dar, B. N., Siddiqui, S. A. & Manuel Loenzo, J. (2023). Impact of moisture content on microstructural, thermal, and techno-functional characteristics of extruded whole-grain-based breakfast cereal enriched with Indian horse chestnut flour. *Food Chemistry: X*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100959>
- Alvarez, E., Cancela, A. & Maceiras, R. (2005). Rheological behavior of powdered baby foods. *International Journal of Food Properties*, 8(1), 79–88. <https://doi.org/10.1081/JFP200048082>
- Anberbir, S. M., Satheesh, N., Abera, A. A., Kassa, M. G., Tenagashaw, M. W., Asres, D. T., Tiruneh, A. T., Habtu, T. A., Sadik, J. A., Wudineh, T. A. & Yehuala, T. F. (2024). Evaluation of nutritional composition, functional and pasting properties of pearl millet, teff, and buckwheat grain composite flour. *Applied Food Research*, 4(1). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100390>
- Apaliya, M. T., Kwaw, E., Osae, R., Alolga, R. N., Aidoo, P., Mensah, L. A., Sackey Aikins, A. S. & Wilson, C. L. (2024). Effect of different drying methods on the rehydration

kinetics, physiochemical and functional properties of unripe plantain (*Musa parasidiaca*) flour. Food Chemistry Advances, 4. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100610>

Badia-Olmos, C., Sánchez-García, J., Laguna, L., Zúñiga, E., Mónica Haros, C., Maria Andrés, A. & Tarrega, A. (2024). Flours from fermented lentil and quinoa grains as ingredients with new techno-functional properties. Food Research International, 177. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113915>

Bento, J. A. C., Bassinello, P. Z., Morais, D. K., Souza Neto, M. A. de, Bataus, L. A. M., Carvalho, R. N., Caliari, M. & Soares Júnior, M. S. (2021). Pre-gelatinized flours of black and carioca bean by-products: Development of gluten-free instant pasta and baked snacks. International Journal of Gastronomy and Food Science, 25. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100383>

Campos-Rodriguez, J., Acosta-Coral, K. & Paucar-Menacho, L. M. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Nutritional composition and bioactive compounds of grain and leaf, and impact of heat treatment and germination. In Scientia Agropecuaria (Vol. 13, Issue 3, pp. 209–220). Universidad Nacional de Trujillo. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>

Cancino-Espinoza, E., Vázquez-Rowe, I. & Quispe, I. (2018). Organic quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) production in Peru: Environmental hotspots and food security considerations using Life Cycle Assessment. Science of the Total Environment, 637–638, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.029>

Cao, H., Huang, Q., Wang, C., Guan, X., Huang, K. & Zhang, Y. (2023). Effect of compositional interaction on in vitro digestion of starch during the milling process of quinoa. Food Chemistry, 403. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134372>

Chen, P., Jia, F., Zhang, J., Han, Y., Li, A., Wang, Y., Fei, J., Shen, S., Feng, W. & Hao, X. (2023). Breakage mechanism of brown rice grain during rubber roll hulling. Biosystems Engineering, 225, 41–53. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.11.006>

Chen, X., Zhang, Y., Cao, B., Wei, X., Shen, Z. & Su, N. (2023). Assessment and comparison of nutritional qualities of thirty quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seed varieties. Food Chemistry: X, 19. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100808>

Córdoba-Cerón, D. M., Bravo-Gómez, J. E., Agudelo-Laverde, L. M., Roa-Acosta, D. F. & NietoCalvache, J. E. (2023). Techno-functional properties of gluten-free pasta from hyperprotein quinoa flour. Heliyon, 9(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18539>

De Bock, P., Van Bockstaele, F., Raes, K., Vermeir, P., Van der Meeren, P. & Eeckhout, M. (2021). Impact of tempering process on yield and composition of quinoa flour. LWT, 140. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110808>

- Dussán-Sarria, S., Hurtado-Hurtado, D. L. & Camacho-Tamayo, J. H. (2019). Granulometry, functional properties and color properties of quinoa and peach palm fruit flour. *Informacion Tecnologica*, 30(5), 3–10. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>
- Ekielski, A., Żelaziński, T., Siwek, A., Sharma, V. & Kumar Mishra, P. (2020). Formulation and Characterization of Corn Grits-Propylene Glycol Extrudates. In *Materials Today: Proceedings* (Vol. 21). www.sciencedirect.comwww.materialstoday.com/proceedings2214-7853
- Escribano, J., Cabanes, J., Jiménez-Atiénzar, M., Ibañez-Tremolada, M., Gómez-Pando, L. R., García-Carmona, F. & Gandía-Herrero, F. (2017). Characterization of betalains, saponins and antioxidant power in differently colored quinoa (*Chenopodium quinoa*) varieties. *Food Chemistry*, 234, 285–294. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.187>
- Eze, C., Ekaette, I. & Ngadi, M. (2024). Impact of ultracentrifugal milling on the thermorheological, functional, and physicochemical properties of yellow and green pea flour. *LWT*, 198. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115959>
- Fan, W., Zhao, J. & Li, Q. (2023). Effect of different food additives on the color protection of instant pumpkin flour. *Food Chemistry Advances*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100413>
- Ghumman, A., Mudgal, S., Singh, N., Ranjan, B., Kaur, A. & Rana, J. C. (2021). Physicochemical, functional and structural characteristics of grains, flour and protein isolates of Indian quinoa lines. *Food Research International*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109982>
- Gong, Q., Liu, C., Tian, Y., Zheng, Y., Wei, L., Cheng, T., Wang, Z., Guo, Z. & Zhou, L. (2023). Effect of cavitation jet technology on instant solubility characteristics of soymilk flour: Based on the change of protein conformation in soymilk. *Ultrasonics Sonochemistry*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106421>
- Guo, H., Wang, S., Liu, C., Xu, H., Bao, Y., Ren, G. & Yang, X. (2024). Key phytochemicals contributing to the bitterness of quinoa. *Food Chemistry*, 449. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139262>
- Itusaca-Maldonado, Y. M., Apaza-Humerez, C. R., Pumacahua-Ramos, A. & Mayta Pinto, E. (2024). Technological and textural properties of gluten-free quinoa-based pasta (*Chenopodium quinoa* Wild). *Heliyon*, 10(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28363>
- Jamanca-Gonzales, NC; Ocrospoma-Deñas, RW; Eguilas-Causi, YM; Padilla-Fabian, RA; Silva-Paz, RJ Propiedades tecnofuncionales y comportamiento reológico de las harinas de quinua, kiwicha, trigo y sus mezclas. *Molecules* 2024 , 29 , 1374. <https://doi.org/10.3390/molecules29061374>

- Julianti, E., Rusmarilin, H., Ridwansyah & Yusraini, E. (2017). Functional and rheological properties of composite flour from sweet potato, maize, soybean and xanthan gum. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(2), 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.05.005>
- Kaur, M., Singh, B. & Kaur, A. (2024). Dry-air roasting impact on physicochemical, functional, antioxidant properties, phenolic profile and Maillard reaction products of flaxseed flour and cake flour. *Food Chemistry*, 442. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138571>
- Kowalski, R. J., Medina-Meza, I. G., Thapa, B. B., Murphy, K. M. & Ganjyal, G. M. (2016). Extrusion processing characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Cherry Vanilla. *Journal of Cereal Science*, 70, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.024>
- Kowalski, R. J., Morrow, C. D., McDonald, A. G. & Ganjyal, G. M. (2016). A new technique for cross-sectional density profiling of extruded foods by X-ray scanning. *Food Structure*, 8, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2016.03.001>
- Kutlu, N., Pandiselvam, R., Kamiloglu, A., Saka, I., Sruthi, N. U., Kothakota, A., Socol, C. T. & Maerescu, C. M. (2022). Impact of ultrasonication applications on color profile of foods. In *Ultrasonics Sonochemistry* (Vol. 89). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106109>
- Huamán, EV, Hurtado, VP, Prieto, JM y Pinto, EM. (2024). Análisis del perfil de calidad de cocción, color y textura de una pasta de quinua y lentejas. *Ciência E Agrotecnología*, 48, e015623. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202448015623>
- Lakshmipathy, K., Buvaneswaran, M., Rawson, A. & Chidanand, D. V. (2024). Effect of dehulling and germination on the functional properties of grass pea (*Lathyrus sativus*) flour. *Food Chemistry*, 449. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139265>
- Liu, J., Wang, Z., Wang, Z., Hao, Y., Wang, Y., Yang, Z., Li, W. & Wang, J. (2020). Physicochemical and functional properties of soluble dietary fiber from different colored quinoa varieties (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of Cereal Science*, 95. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103045>
- Magro, P. C., Maestro-Gaitán, I., Blázquez, M. R., Prieto, J. M., Iñiguez, F. M. S., Sobrado, V. C. & Gómez, M. J. R. (2024). Determination of nutritional signatures of vegetable snacks formulated with quinoa, amaranth, or wheat flour. *Food Chemistry*, 433. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137370>
- Mir, N. A., Riar, C. S. & Singh, S. (2021). Rheological, structural and thermal characteristics of protein isolates obtained from album (*Chenopodium album*) and

- quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds. *Food Hydrocolloids for Health*, 1. <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2021.100019>
- Mohan, N. & Mellem, J. J. (2020). Functional properties of the protein isolates of hyacinth bean [*Lablab purpureus* (L.) Sweet]: An effect of the used procedures. *LWT*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109572>
- Neundlinger, L., Kreuzer, H., Lichtenberger, H., Hebesberger, T. & Sommitsch, C. (2024). Microstructural and textural evolution of double stage cold rolled non-grain oriented electrical steel. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 597. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2024.172032>
- Otondi, E. A., Nduko, J. M. & Omwamba, M. (2020). Physico-chemical properties of extruded cassava-chia seed instant flour. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100058>
- Ouyang, J., Fan, K., Li, Q., Wang, F., Li, W. & Su, X. (2024). Mechanism of feed moisture levels in extrusion treatment to improve the instant properties of Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) flour. *Food Chemistry*, 431. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137056>
- Pantao, T., Pongpaew, P., Thirathumthavorn, D., Prabsangob, N. & Udomrati, S. (2024). Heatdrying and size reduction-treated tapioca flour stabilized oil-in-water emulsion-loaded eugenol: Physical properties, stability, and in vitro gastrointestinal digestion. *Future Foods*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100358>
- Patil, R. T., De Berrios, J. J., Tang, J., Pan, J. & Swanson, B. (2005). Physical characteristics of food extrudates - a review. 2005 ASAE Annual International Meeting. <https://doi.org/10.13031/2013.19680>
- Pellegrini, M., Lucas-Gonzales, R., Ricci, A., Fontecha, J., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A. & Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Industrial Crops and Products*, 111, 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.006>
- Pereira, E., Encina-Zelada, C., Barros, L., Gonzales-Barron, U., Cadavez, V. & C.F.R. Ferreira, I. (2019). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food Chemistry*, 280, 110–114. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.068>
- Pilco-Quesada, S., Tian, Y., Yang, B., Repo-Carrasco-Valencia, R. & Suomela, J. P. (2020). Effects of germination and kilning on the phenolic compounds and nutritional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Cereal Science*, 94. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102996>

- Ray, A., Muhammed Muneer, B. M. & Sakhare, S. D. (2024). Analysis of quinoa roller millstreams: Physical, chemical, and functional properties. *Journal of Cereal Science*, 117. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.103890>
- Shen, Y., Tang, X. & Li, Y. (2021). Drying methods affect physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Food Chemistry*, 339. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127823>
- Solaesa, Á. G., Villanueva, M., Muñoz, J. M. & Ronda, F. (2021). Dry-heat treatment vs. heatmoisture treatment assisted by microwave radiation: Techno-functional and rheological modifications of rice flour. *LWT*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110851>
- Tafadzwa, M. J., Zvamaziva, J. T., Charles, M., Amiel, M., Pepukai, M. & Shepherd, M. (2021). Proximate, physico-chemical, functional and sensory properties OF quinoa and amaranth flour AS potential binders in beef sausages. *Food Chemistry*, 365. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130619>
- Tiga, B. H., Kumcuoglu, S., Vatansever, M. & Tavman, S. (2021). Thermal and pasting properties of Quinoa—Wheat flour blends and their effects on production of extruded instant noodles. *Journal of Cereal Science*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103120>
- Tok, Özlem & Tuncel, N. B. (2024). The effect of microwave-assisted hydrothermal treatment on physicochemical and functional properties of wheat, barley, and rye flours. *Journal of Cereal Science*, 117. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.103925>