



Caracterización fisicoquímica del aceite extraído de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*)

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i22.255>

Physicochemical characterization of the oil extracted from ten varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa*)

Caracterização físico-química do óleo extraído de diversas variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*)

Alfonso Ruiz Rodríguez
alfonso.ruiz@unh.edu.pe

Zebina Leandro De la Cruz
zebina.leandro@unh.edu.pe

Franklin Ore Areche
franklin.ore@unh.edu.pe

Lisette Lourdes Aguirre Huayhua
lisette.aguirre@unh.edu.pe

Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú

Artículo recibido 30 de noviembre 2023 / Arbitrado 20 de diciembre 2023 / Publicado 20 de enero 2024

RESUMEN

En la actualidad se experimenta un notable aumento en la utilización de aceites vegetales, entre ellos el obtenido de la quinua (*Chenopodium quinoa*), por el beneficio que aporta en diferentes ámbitos, de ahí la importancia de investigaciones que revelen sus características. **Objetivo:** Determinar las propiedades fisicoquímicas del aceite de diez variedades de quinua cultivadas en Huancavelica, para identificar variaciones y similitudes. **Materiales y métodos:** La investigación se basó en un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones para cada tratamiento. La extracción de los aceites se realizó aplicando el método AOAC, 2003.05, utilizando el Sistema Extractor Soxtherm Soxhlet. **Resultados:** Se obtiene el rango de los índices de acidez ($0.61 \pm 0.061 - 0.81 \pm 0.061$ mg KOH/g); de peróxido ($1.39 \pm 0.006 - 1.50 \pm 0.010$ m-eqO₂/kg); de yodo ($131.7 \pm 3.06 - 142.3 \pm 3.79$); de saponificación ($178.0 \pm 1.00 - 189.0 \pm 0.00$); de gravedad específica ($0.899 \pm 0.011 - 0.955 \pm 0.003$) y de rendimiento ($8.973 \pm 0.064 - 10.887 \pm 0.179$). **Conclusiones:** La caracterización realizada constituye una fuente de consulta que apoya la selección de aquellas variedades que sean pertinentes de usar por nutricionistas, personal de la salud, del sector de la industria cosmética, entre otros; además de contribuir al conocimiento científico sobre las variedades estudiadas.

Palabras clave: Aceite vegetal; Quinua; *Chenopodium quinoa*; Caracterización fisicoquímica

ABSTRACT

Currently, a notable increase in the use of vegetable oils is being experienced, including that obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa*), due to the benefits it brings in different areas, due to the importance of research that reveals its characteristics. **Objective:** To determine the physicochemical properties of the acceptance of different varieties of quinoa cultivated in Huancavelica, to identify variations and similarities. **Materials and methods:** The investigation was based on a completely random experimental design with three replications for each treatment. The extraction of acceptances was carried out applying the AOAC method, 2003.05, using the Soxtherm Soxhlet Extractor System. **Results:** The range of acidity indices was obtained ($0.61 \pm 0.061 - 0.81 \pm 0.061$ mg KOH/g); peroxide ($1.39 \pm 0.006 - 1.50 \pm 0.010$ m-eqO₂/kg); of iodine ($131.7 \pm 3.06 - 142.3 \pm 3.79$); saponification ($178.0 \pm 1.00 - 189.0 \pm 0.00$); specific gravity ($0.899 \pm 0.011 - 0.955 \pm 0.003$) and performance ($8.973 \pm 0.064 - 10.887 \pm 0.179$). **Conclusions:** The characterization carried out constitutes a source of consultation that supports the selection of those varieties that are relevant for use by nutritionists, healthcare personnel, the cosmetics industry sector, between others; in addition to contributing to scientific knowledge about the varieties studied.

Key words: Vegetable oil; Quinoa; *Chenopodium quinoa*; Physicochemical characterization

RESUMO

Na atualidade, está sendo experimentado um aumento notável na utilização de óleos vegetais, entre eles a obtenção da quinua (*Chenopodium quinoa*), pelo benefício que traz em diferentes ambientes, dá a importância das investigações que revelam suas características. **Objetivo:** Determinar as propriedades físico-químicas do óleo de diversas variedades de quinua cultivadas em Huancavelica, para identificar variações e semelhanças. **Materiais e métodos:** A investigação foi baseada em um projeto experimental completamente arriscado com três repetições para cada tratamento. A extração dos óleos foi realizada aplicando o método AOAC, 2003.05, utilizando o Sistema Extractor Soxtherm Soxhlet. **Resultados:** Obtém-se a faixa dos índices de acidez ($0,61 \pm 0,061 - 0,81 \pm 0,061$ mg KOH/g); de peróxido ($1,39 \pm 0,006 - 1,50 \pm 0,010$ m-eqO₂/kg); de yodo ($131,7 \pm 3,06 - 142,3 \pm 3,79$); de saponificação ($178,0 \pm 1,00 - 189,0 \pm 0,00$); de gravidade específica ($0,899 \pm 0,011 - 0,955 \pm 0,003$) e de rendimento ($8,973 \pm 0,064 - 10,887 \pm 0,179$). **Conclusões:** A caracterização realizada constitui uma fonte de consulta que permite a seleção de algumas variedades que são relevantes para uso por nutricionistas, pessoal de saúde, do setor da indústria cosmética, entre outros; além de contribuir para o conhecimento científico sobre as variedades estudadas.

Palavras-chave: Óleo vegetal; Quinua; *Chenopodium quinoa*; Caracterização fisicoquímica

INTRODUCCIÓN

Los aceites vegetales pueden proporcionar fuentes renovables de ácidos grasos de alto valor y, aunque se utilizan principalmente para aplicaciones nutricionales, en las últimas décadas ha aumentado su uso en las industrias química, farmacéutica y cosmética, así como para la producción de biocombustibles. En la actualidad se ha desarrollado un marcado interés por la investigación sobre aceites vegetales funcionales, es decir aquellos que pueden tener efectos beneficiosos sobre la salud de las personas, previniendo la obesidad y las enfermedades crónicas como las cardiovasculares, debido especialmente a que presentan buenos perfiles nutricionales y bioactivos antioxidantes que pueden ser usados como sustancias capaces de reducir el riesgo de estrés oxidativo y prevenir ciertas enfermedades neurodegenerativas, así como el envejecimiento (1).

Los aceites vegetales son componentes indispensables de la dieta humana, sobre todo aquellos que son una fuente importante de ácidos grasos esenciales, ya que actúan como vehículo de vitaminas liposolubles, proporcionan energía, imparten valor nutricional, sabor, textura, aroma y palatabilidad a los alimentos, funcionan como medio de transferencia de calor durante el proceso de fritura y aportan consistencia y características de fusión específicas a los productos que los contienen (2,3). La estadística reportada por Awogbemi (4), a nivel mundial, considera que el consumo de aceites vegetales ha estado

aumentando, particularmente en los últimos años. Esta situación requiere de condiciones adecuadas para incluir nuevos aceites que cubran esta demanda a nivel global. Además, las nuevas tendencias exigen aceites vegetales alternativos que cumplan un papel funcional y sensorial en la alimentación (5).

En este contexto, surgen los granos andinos como la quinua (*Chenopodium quinoa*), reconocida, por investigaciones realizadas, como un cultivo altamente nutritivo y versátil, que han evidenciado la presencia de un aceite de alta calidad en sus semillas, con alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados (6).

El grano de quinua tiene una cantidad importante de grasa (2-9,5%), superior a otras fuentes de cereales, como el maíz. Su composición de ácidos grasos (AG) es similar a la soja y el maíz en grano, y tiene una elevada cantidad de AG insaturados, aproximadamente un 90%, de los cuales un 50-56% corresponde al ácido linoleico (omega 6) (2,8). En este contexto, el aceite de quinua puede incorporarse al mercado como un aceite vegetal fino, apto para uso culinario y cosmético (7,8). A pesar de las destacadas propiedades atribuidas, la mayoría de las investigaciones se han centrado en caracterizar la harina de quinua o su fracción proteica (9,10).

Actualmente, la información sobre la calidad fisicoquímica de los lípidos de la quinua es limitada (2,11). La diversidad genética entre sus variedades puede influir en las características y propiedades del aceite extraído, lo que a su vez podría tener

implicaciones significativas en su potencial uso industrial y sus beneficios para la salud humana. Por lo que, el objetivo de este estudio es determinar las propiedades fisicoquímicas del aceite obtenido de diez variedades de quinua cultivadas en Huancavelica, para identificar las variaciones y similitudes en sus propiedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se basó en un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones para cada tratamiento (12). Fueron diez tratamientos conformados por cada una de las variedades de quinua por cada análisis realizado.

Se seleccionaron diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*): Hualhuas, Chupaca, Mantaro, INIA-433, Rosada Junín, Huancayo, Salcedo, Pasankalla, Blanca criolla y Blanca Junín; cultivadas en la provincia de Acobamba del departamento de Huancavelica en el sur del Perú, ubicada a 1423 msnm.

Extracción de aceite

La extracción de los aceites se realizó aplicando el método oficial AOAC, 2003.05 (13), utilizando el Sistema Extractor Soxtherm Soxhlet (14). Las determinaciones se realizaron por triplicado.

Índice de acidez

Se utilizó el método recomendado por AOCS Cd 3d-63, este índice se expresó como el número

de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar los ácidos libres de 1g de muestra. Los ácidos grasos libres se determinan en aceite en una solución de metanol, mediante valoración de una solución de hidróxido de sodio, utilizando fenolftaleína como indicador. El contenido de ácido graso libre se calculó basándose en el peso molecular del ácido predominante (15).

Índice de peróxido

Se utilizó el método recomendado por AOCS Cd 8-53, este fue expresado en miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite, calculado a partir del yodo liberado del potasio yoduro. El valor encontrado es un criterio de evaluación de rancidez incipiente, prerancidez, caracterizada por la formación de peróxidos inestables, e indica el estado de conservación de la materia grasa (15).

Índice de yodo

Se utilizó el método de AOCS Cd 1-25, determinando la medida de insaturación de aceites y grasas y se define como la cantidad de yodo en gramos calculada como el yodo absorbido por 100g de muestra (15).

Índice de saponificación

Se define por la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio necesaria para saponificar 1g de aceite o grasa, utilizando el método recomendado por AOCS Cd 3c-91 (15).

Gravedad específica

Este método determina la relación entre el peso de una unidad de volumen de la muestra a 25° C y el peso de una unidad de volumen de agua a 25° C. Aplicable a todos los aceites y grasas líquidas, según el método recomendado por AOCS10a-25, (15).

Rendimiento

Para la obtención del rendimiento se utilizó el método de León et al. (16), el aceite obtenido por destilación se separa previamente del agua y se recoge en un tubo de ensayo para medir el volumen extraído, que se transforma en unidades de masa (g) y se calcula la fórmula de rendimiento descrita en la ecuación (1):

$$R = m/p * 100\%. (1)$$

Donde:

R: Rendimiento como porcentaje.

m: Cantidad de aceite obtenido (g)

p: Cantidad de material vegetal (g).

Análisis estadístico

Los datos se expresaron como media \pm SD. El análisis estadístico se realizó utilizando un

ANOVA unidireccional y se analizó adicionalmente mediante la prueba Tukey HSD para determinar la diferencia estadística. Diferentes alfabetos en minúscula en la misma columna representan diferencias significativas para $p \leq 0,05$. Todos los análisis de datos se realizaron utilizando SPSS 27.0

RESULTADOS

Índice de acidez

Los datos de la tabla 1 muestran el índice de acidez en miligramos de hidróxido de potasio por gramo (mg KOH/g) para las variedades de quinua. Se observa una progresión gradual y ascendente en los niveles de acidez de las diferentes variedades (*Chenopodium quinoa*), desde 0.61 ± 0.061 (mg KOH/g) en Rosada Junín hasta 0.81 ± 0.061 (mg KOH/g) en Blanca Junín.

Cada valor en la tabla representa la media de tres réplicas \pm SD. Valores medios con diferentes superíndices dentro de la columna sugieren diferencias significativas entre las variedades ($p < 0.05$), aquellas con superíndices compartidos indican niveles de acidez similares, como las variedades Mantaro e INIA-433.

Tabla 1. Índice de acidez.

Variedades	Índice de acidez (mg KOH/g de aceite)	\pm SD
Rosada Junín	0.61 ^a	0.01
Mantaro	0.64 ^{ab}	0.02
INIA-433	0.66 ^{ab}	0.01
Hualhuas	0.67 ^{bc}	0.01
Salcedo	0.68 ^{bcd}	0.02
Chupaca	0.72 ^{cde}	0.02
Pasankalla	0.73 ^{def}	0.03
Huancayo	0.75 ^{ef}	0.05
Blanca Criolla	0.78 ^{fg}	0.02
Blanca Junín	0.81 ^g	0.02

Índice de peróxido

Los datos de la Tabla 2 representan el índice de peróxido en miliequivalentes de oxígeno por kilogramo (m-eqO₂/kg) para el aceite extraído de las diez variedades en estudio. Se observa una progresión ascendente en los niveles de peróxido,

desde $1.39 \pm 0,006$ en Blanca criolla hasta $1.50 \pm 0,010$ en Blanca Junín. Las letras asociadas a los valores indican diferencias significativas entre las variedades. Las variedades Hualhuas y Mantaro, sugieren niveles de peróxido comparables, así como Chupaca e INIA- 433.

Tabla 2. Índice de peróxido.

Variedades	Índice de peróxido (m-eqO ₂ /kg de aceite)	±SD
Blanca criolla	1.39a	0.006
Hualhuas	1.41ab	0.006
Mantaro	1.42ab	0.006
Chupaca	1.43bc	0.006
INIA- 433	1.44bc	0.010
Huancayo	1.44cd	0.010
Pasankalla	1.46cde	0.010
Rosada Junín	1.47de	0.010
Salcedo	1.48ef	0.010
Blanca Junín	1.50f	0.010

Índice de yodo

En la Tabla 3 se observa una progresión ascendente en los niveles de yodo desde 131.7 ± 3.06 en Huancayo hasta 142.3 ± 3.79 en Blanca Junín. El índice determinado en las variedades

Huancayo, Salcedo, Rosada Junín y Blanca criolla indican niveles de yodo comparables, al igual que entre las variedades INIA- 433, Mantaro, Hualhuas, Pasankalla y Chupaca.

Tabla 3. Índice de todo

Variedades	Índice de yodo (g de yodo/100g)	±SD
Huancayo	131.7a	3.06
Salcedo	132.3a	0.58
Rosada Junín	133.0a	1.00
Blanca criolla	133.3a	6.43
INIA- 433	134.3ab	1.15
Mantaro	134.7ab	2.52
Hualhuas	136.3ab	4.62
Pasankalla	137.7ab	1.53
Chupaca	140.0ab	1.00
Blanca Junín	142.3b	3.79

Índice de saponificación

Los resultados del índice de saponificación, medidos en miligramos de hidróxido de potasio por gramo (mg KOH/g) para las variedades de aceite de quinua, muestran una progresión ascendente en los valores, desde $178.0 \pm 1,00$ en Hualhuas hasta 189.0 ± 0.00 en Huancayo. Las

letras asociadas con los valores indican diferencias significativas entre las variedades y sugieren niveles de saponificación comparables entre Pasankalla, Blanca criolla, Chupaca, Blanca Junín, Salcedo y Mantaro; así como entre Rosada Junín y Huancayo Tabla 4.

Tabla 4. Índice de saponificación.

Variedades	Índice de saponificación (mg KOH/ g aceite)	±SD
Hualhuas	178.0a	1,00
Pasankalla	179.7ab	0.58
Blanca criolla	179.7ab	1.15
Chupaca	180.0ab	1.00
Blanca Junín	181.7ab	5.13
Salcedo	182.0ab	1.00
Mantaro	183.0ab	1.00
INIA- 433	185.0bc	1.73
Rosada Junín	188.0c	2.00
Huancayo	189.0c	0.00

Gravedad específica

En la Tabla 5, se muestra una progresión ascendente en los valores de la gravedad específica de aceite de las variedades de quinua,

desde 0.899 ± 0.011 en Blanca criolla hasta 0.955 ± 0.003 en Pasankalla. Se observan niveles de gravedad específica comparables entre Blanca Junín y Huancayo y entre Mantaro y Rosada Junín.

Tabla 5. Gravedad específica.

Variedades	Gravedad específica	±SD
Blanca criolla	0.899a	0.011
Salcedo	0.903ab	0.008
Blanca Junín	0.914bc	0.003
Huancayo	0.915bc	0.004
Chupaca	0.920cd	0.001
Mantaro	0.923cde	0.002
Rosada Junín	0.927cde	0.003
INIA- 433	0.932de	0.003
Hualhuas	0.935e	0.005
Pasankalla	0.955f	0.004

Rendimiento

Los datos de la Tabla 6, representan el rendimiento en porcentaje de extracción. Se observa una progresión ascendente en los valores, desde 8.973 ± 0.064 en Rosada Junín

hasta 10.887 ± 0.179 en Chupaca. Los niveles de rendimiento comparables se aprecian entre INIA-433 y Mantaro y entre Pasankalla, Blanca Junín, Hualhuas, Salcedo y Huancayo.

Tabla 6. Rendimiento de extracción de aceite.

Variedades	Rendimiento (%)	±SD
Rosada Junín	8.973a	0.064
INIA- 433	9.467ab	0.351
Mantaro	9.630ab	0.548
Blanca criolla	9.940abc	0.122
Pasankalla	10.100bc	0.656
Blanca Junín	10.110bc	0.087
Hualhuas	10.197bc	0.267
Salcedo	10.217bc	0.333
Huancayo	10.307bc	0.602
Chupaca	10.887c	0.179

DISCUSIÓN

Índice de acidez

El índice de acidez obtenido en el presente estudio para las diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*) permite sugerir su uso en la alimentación, de acuerdo con el Codex Alimentarius (17), en el que se define que los aceites comestibles no deben superar los 4 mg de KOH/g de aceite; avalado, además, por el criterio de Pinho y Souza (18), quienes mencionan que la acidez está directamente relacionada con la calidad de la materia prima, con el procesamiento y, principalmente, con las condiciones de conservación de los aceites vegetales.

Los resultados obtenidos para el índice de acidez indican que el aceite de las diez variedades

de quinua estudiadas presenta una calidad satisfactoria. El rango de variación coincide con el determinado por Da Silva Lira et al. (19), quienes lo definen entre 0,14 y 0,9 mg KOH/g. Sin embargo, se discrepa con los resultados de Sayed y Abdellatif (20), que obtuvieron un índice de acidez para el aceite, como parte de su estudio sobre la evaluación química y tecnológica de la quinua cultivada en Egipto, de 1.80 ± 0.03 mg KOH/g, superior al mayor valor del índice de acidez obtenido en la presente investigación.

Índice de peróxido (IP)

Los resultados obtenidos para las diez variedades de quinua analizadas muestran niveles de peróxido que se encuentran dentro de los estándares determinados por Codex Alimentarius

(17), donde se define que los aceites comestibles no deben superar los 15 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite. Por su parte, Kong y Singh (21), consideran como regla general que el índice de peróxido no debe ser superior a 10-20 meq/kg de aceite para evitar rancidez, lo que sugiere que el aceite de quinua, derivado de las diez variedades caracterizadas, puede considerarse dentro de los parámetros aceptables en términos de su índice de peróxido. Coincidentemente, Gilbraith et al. (22), precisan que los aceites frescos tienen valores de peróxido inferiores a aproximadamente 10 mEq O₂/kg, mientras que los aceites que se han enranciado presentan valores de peróxido superiores a 30 mEq O₂/kg.

Sin embargo, al considerar otros estudios, se observa una variabilidad considerable en los valores de índice de peróxido para el aceite de quinua. Sayed y Abdellatif (20), en su estudio determinan que el índice de peróxido para el aceite de quinua fue de 2.45 ± 0.22 , (meq O/kg de aceite), superior al obtenido en la presente investigación. Es esencial considerar que, aunque los valores están dentro de un rango aceptable, podrían variar según los estándares específicos de calidad de aceite y las regulaciones para distintos usos industriales o alimenticios.

Índice de yodo

Los valores reportados en la literatura científica muestran cierta variabilidad en los niveles de yodo en el aceite de quinua. Los resultados obtenidos en la caracterización de las

diez variedades de quinua no concuerdan con los presentados por Ogungbenle y Anisulowo (23), quienes plantean que el valor de yodo del aceite de quinua está en alrededor de 54.0 mg I₂/100g. Estos autores indican, además, que el valor del yodo está directamente relacionado con la cantidad aproximada de ácidos grasos insaturados presentes en el aceite.

Se coincide con los resultados de Paula et al. (24), que obtienen un valor de índice de yodo de $112,27 \pm 0,05$ mg I₂/100g, señalando que este valor está relacionado con las concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados, como el linolénico y el linoleico. Así mismo, se concuerda con Thoufeek Ahamed et al. (25), que evidenciaron un índice de yodo de 129, 05 mg I₂/100g como un indicador de la calidad del aceite, lo que respalda la idea de que el valor de yodo puede ser un parámetro relevante para evaluar la calidad y composición de los ácidos grasos en el aceite de quinua.

Índice de saponificación

Los valores relacionados con el índice de saponificación determinados en el presente estudio, se encuentran entre 178-189 mg KOH/g, por lo que, exceptuando dos de las diez variedades caracterizadas, los valores se encuentran fuera del rango de los obtenidos por Ribera-Castelló y Haros (26), quienes lo definen entre 187-196 mg KOH/g. No se concuerda con el resultado de Repo-Carrasco et al. (27), que reportan un índice de saponificación para la quinua de 195 mg KOH/g.

Estos resultados destacan la variabilidad en los índices de saponificación reportados en diferentes estudios y muestras de aceite de quinua. Es importante notar que los aceites con mayor contenido de ácidos grasos insaturados tienden a tener índices de saponificación más bajos que aquellos con mayor presencia de ácidos grasos saturados. En términos de calidad, como mencionan Onu y Mbohwa (28), el índice de saponificación puede ofrecer información sobre la frescura y la estabilidad del aceite.

Gravedad específica

Al analizar los valores de la gravedad específica para las diez variedades del presente estudio, se comprueba que para las variedades Mantaro, Rosada Junín, INIA- 433, Hualhuas y Pasankalla, el rango concuerda con el valor establecido por Del Carpio-Jiménez et al. (1), que obtuvieron una gravedad específica de $0,925 \pm 0,01$ para el aceite de quinua Negra Collana.

Para Coloma y Sánchez (29), la gravedad específica de la quinua (*Chenopodium quinoa*) es de 0.993012, diferenciándose del rango entre 0.899 ± 0.011 hasta 0.955 ± 0.003 , obtenido en la presente investigación.

Rendimiento

El estudio realizado por Wejnerowska y Ciaciuch (30), reportó un rango de rendimiento de extracción por el método de Soxhlet para aceite de semilla de quinua entre 2.6% y 10.9%. Los datos de las variedades de quinua estudiadas tienen

rendimientos de extracción de aceite dentro de esa franja general.

CONCLUSIONES

El análisis de las propiedades fisicoquímicas del aceite extraído de diez variedades de quinua cultivadas en la región de Huancavelica ha arrojado resultados significativos. Se han identificado diferencias en parámetros claves como el índice de acidez, de peróxido, de yodo, de saponificación y gravedad específica, lo que pone de manifiesto la diversidad química intrínseca entre ellas, lo que supone la existencia de perfiles de ácidos grasos distintos y composiciones únicas en cada aceite.

La caracterización realizada constituye una fuente de consulta que apoya la selección de aquellas variedades que sean pertinentes de usar por nutricionistas, personal de la salud, del sector de la industria cosmética, entre otros; además de contribuir al conocimiento científico sobre las variedades objeto de estudio.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Del Carpio-Jiménez C, Tapia P, Molleda R. Contenido de ácidos grasos, propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante de los aceites de *Chenopodium quinoa* Willd y *Amaranthus caudatus* extraídos por fluidos supercríticos. Revista de la Sociedad Química del Perú. 2022;88(1):39-51. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v88i1.374>.
2. Kumar A, Gautam R, Singh S, Chauhan R, Kumar A, Singh S. Comparative study of the effects of

- different soluble salts on seed germination of wild marigold (*Tagetes minuta* L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 2022; 31:100421. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2022.100421>
- 3.** Zhao B, Li L, Lv F, Li Z, Zhang L, Zhai Y. Pharmacodynamic study of Jerusalem artichoke particles in type I and II diabetic rat models. *International Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*. 2017;2(1):018-24. <https://acortar.link/TjtQGg>
- 4.** Awogbemi O, Onuh E, Inambao F. Comparative study of properties and fatty acid composition of some neat vegetable oils and waste cooking oils. *International Journal of Low-Carbon Technologies*. 2019;14(3):417-25. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctz038>
- 5.** Matías J, Rodríguez M, Granado S, Cruz V, Calvo P, Reguera M. Changes in Quinoa Seed Fatty Acid Profile Under Heat Stress Field Conditions. *Frontiers in Nutrition*. 2022; 9:820010. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.820010>
- 6.** Repo-Carrasco R. Nutritional Value and Bioactive Compounds in Andean Ancient Grains. *Proceedings*. 2020;53(1):1-5. <https://acortar.link/Nn0B4K>
- 7.** Angeli V, Silva P, Massuela D, Khan M, Hamar A, Khajehei F, et al. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An Overview of the Potentials of the “Golden Grain” and Socio-Economic and Environmental Aspects of Its Cultivation and Marketization. *Foods*. 2020; 9(2):1-31. <https://doi.org/10.3390/foods9020216>
- 8.** Mufari J, Gorostegui H, Miranda-Villa P, Bergesse A, Calandri E. Oxidative Stability and Characterization of Quinoa Oil Extracted from Wholemeal and Germ Flours. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*. 2020; 97(1):57-66. <https://doi.org/10.1002/aocs.12308>
- 9.** Mezzatesta P, Farah S, Fabio A, Emilia R. Variation of the Nutritional Composition of Quinoa According to the Processing Used. *Proceedings 2020*. 53(1):1-5. <https://acortar.link/J2sIFL>
- 10.** Pellegrini M, Lucas-Gonzales R, Ricci A, Fontecha J, Fernández-López J, Pérez-Álvarez J, et al. Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Industrial Crops and Products*. 2018; 111:38-46. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.006>
- 11.** Squeo G, De Angelis D, Leardi R, Summo C, Caponio F. Background, Applications and Issues of the Experimental Designs for Mixture in the Food Sector. *Foods*. 2021;10(5):1-30. <https://doi.org/10.3390/foods10051128>
- 12.** Mohr L, Wilson J, Freund J. *Statistical Methods. Chapter 10-Design of Experiments*. Fourth Edition ed: Academic Press; 2022. 493-546 p. <https://acortar.link/LIQJo1>
- 13.** Horwitz W, Albert R. *Official methods of analysis of AOAC International*. Gaithersburg, Maryland: Journal of AOAC International. 2006. 89(4):1095–1109. <https://acortar.link/RfIrwN>
- 14.** Gerhardt Analytical Systems. SOXTERM Sistema de extracción rápido para extracciones sólidas/líquidas Bonn, Alemania: C. Gerhardt GmbH & Co. KG; 2023 [2023 11-2023]. <https://acortar.link/W6DORw>
- 15.** AOCS FD. *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society*. AOCS. 1998; 5:2-93. <https://acortar.link/bFbnyb>
- 16.** León C, Jordán P, Salazar K, Castellanos X. Extraction system for the industrial use of essential oil of the subtle lemon (*Citrus aurantifolia*). *Journal of Physics: Conference Series*. 2019:1-12. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1432/1/012044>
- 17.** Codex Alimentarius. Codex standard for named vegetable oils. *Codex stan*. 1999; 210:1-13. <https://acortar.link/eC18fV>
- 18.** Pinho A, Souza A. Extracción y caracterización del aceite de coco (*Cocos nucifera* L.). *Biológicas & Saúde*. 2018;8(26):9-18. <https://acortar.link/aQj1XO>
- 19.** Da Silva A, da Costa M, Da Silva V, Sartoratto A, Rodrigues A, Hubinger M. Physical properties and morphology of spray dried microparticles containing anthocyanins of jussara (*Euterpe edulis* Martius) extract. *Powder Technology*. 2016; 294:421-8. <https://acortar.link/VuqiuI>

- 20.** Sayed A, Abdellatif AVhacApA--p. Chemical and Technological Evaluation of Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd*) Cultivated in Egypt. *Acta Scientific Nutritional Health*. 2018; 2(7):42-53. <https://actascientific.com/ASNH/pdf/ASNH-02-0099.pdf>
- 21.** Kong F, Singh P. Advances in instrumental methods to determine food quality deterioration. *Food and Beverage Stability and Shelf Life*. 2011:381-404. <https://acortar.link/ysqQcf>
- 22.** Gilbraith E, Carter J, Adams L, Booksh S, Ottaway M. Improving Prediction of Peroxide Value of Edible Oils Using Regularized Regression Models. *Molecules*. 2021;26(23):1-20. <https://acortar.link/Y4ABiX>
- 23.** Ogungbenle H, Anisulowo Y. Evaluation of chemical and fatty acid constituents of flour and oil of walnut (*Juglans regia*) seeds. *British Journal of Research*. 2014; 1(3):113-9. <https://acortar.link/ptGwyA>
- 24.** Clara P, Veronezi C, Jorge N. Evaluation of quality of chia (*Salvia hispanica*), sesame (*Sesamum indicum*), and quinoa (*Chenopodium quinoa*) oils. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2020; 63: e20190351. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4324-2020190351>
- 25.** Ahamed N, Singhal R, Kulkarni P, Pal M. A lesser-known grain, *Chenopodium quinoa*: Review of the chemical composition of its edible parts. *Food and Nutrition Bulletin*. 1998;19(1):61-70. <https://doi.org/10.1177/156482659801900110>
- 26.** Ribera-Castelló A, Haros CM. Obtaining Quinoa Germ via Wet Milling and Extracting Its Oil via Cold Pressing. *Biology and Life Sciences Forum*; 2023; Valencia, España: MDPI. <https://acortar.link/kZvRvM>
- 27.** Repo-Carrasco R, Espinoza C, Jacobsen S-E. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food reviews international*. 2003;19(1-2):179-89. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018884>
- 28.** Onu P, Mbohwa C. New approach and prospects of agrowaste resources conversion for energy systems performance and development. *Agricultural Waste Diversity and Sustainability Issues*. 2021:97-118. <https://acortar.link/z9kFTu>
- 29.** Coloma S, Sánchez D. Estudio de factibilidad para el desarrollo de una bebida a base de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en la ciudad de Guayaquil [Licenciatura en Gastronomía]. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química; 2015. <https://acortar.link/LpfnDW>
- 30.** Wejnerowska G, Ciaciuch A. Optimisation of Oil Extraction from Quinoa Seeds with Supercritical Carbon Dioxide with Co-solvents. *Czech J Food Sci*. 2018; 36(1): 81-7. <https://acortar.link/2ZIIHp>