



Caracterización del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante del aceite de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinua*)

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.273>

Characterization of the polyphenol content and antioxidant capacity of the oil of ten varieties of quinoa (*Chenopodium quinua*)

Caracterização do teor de polifenóis e capacidade antioxidante do óleo de dez variedades de quinua (*Chenopodium quinua*)

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

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

Perfecto Chagua Rodríguez 
pchagua@unaat.edu.pe

Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú

Artículo recibido 5 de marzo 2024 / Arbitrado 8 de abril 2024 / Publicado 2 de mayo 2024

RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinua*), al igual que otros cereales, puede emplearse para la obtención de medicamentos y productos con gran valor nutricional. El **objetivo** de esta investigación fue caracterizar el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante de diez variedades de aceite de quinua, Blanca Junín, INIA 433, Hualhuas, Blanca criolla, Salcedo, Mantaro, Chupaca, Huancayo, Rosada Junín, Pasankalla, determinando sus propiedades fitoquímicas para su posible aplicación alimentaria e industrial. Los **resultados** revelaron una variabilidad significativa en los niveles de polifenoles entre las distintas variedades, se destacó Blanca Criolla (33.94 ± 0.07 mg/g) por su alto contenido de polifenoles y una notable capacidad antioxidante; en contraste, la variedad INIA-433 (28.27 ± 0.05 mg/g) presenta la menor cantidad de estos compuestos. Se comprueba una correlación positiva, significativamente alta, entre la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles, lo que fortalece la confiabilidad de los métodos de evaluación utilizados en las variedades de aceite de quinua examinadas. Se resalta la relevancia de seleccionar variedades con altos niveles de polifenoles para aplicaciones que busquen propiedades antioxidantes.

Palabras clave: Capacidad antioxidante; Método de captación antioxidante; Polifenoles; Quinua

ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinua*), like other cereals, can be used to obtain medicines and products with great nutritional value. The **objective** of this research was to characterize the polyphenol content and antioxidant capacity of ten varieties of quinoa oil, Blanca Junín, INIA 433, Hualhuas, Blanca criolla, Salcedo, Mantaro, Chupaca, Huancayo, Rosada Junín, Pasankalla, determining their properties phytochemicals for possible food and industrial application. The **results** revealed a significant variability in the levels of polyphenols between the different varieties, Blanca Criolla (33.94 ± 0.07 mg/g) stood out for its high polyphenol content and notable antioxidant capacity; In contrast, the INIA-433 variety (28.27 ± 0.05 mg/g) presents the lowest amount of these compounds. A significantly high positive correlation is found between antioxidant capacity and polyphenol content, which strengthens the reliability of the evaluation methods used in the quinoa oil varieties examined. The relevance of selecting varieties with high levels of polyphenols for applications that seek antioxidant properties is highlighted.

Key words: Antioxidant capacity; Antioxidant uptake method; Polyphenols; Quinoa

RESUMO

A quinua (*Chenopodium quinua*), assim como outros cereais, pode ser utilizada para obtenção de medicamentos e produtos de grande valor nutricional. O **objetivo** desta pesquisa foi caracterizar o teor de polifenóis e a capacidade antioxidante de dez variedades de óleo de quinua, Blanca Junín, INIA 433, Hualhuas, Blanca criolla, Salcedo, Mantaro, Chupaca, Huancayo, Rosada Junín, Pasankalla, determinando suas propriedades fitoquímicas para possível aplicação alimentar e industrial. Os **resultados** revelaram uma variabilidade significativa nos níveis de polifenóis entre as diferentes variedades, Blanca Criolla ($33,94 \pm 0,07$ mg/g) destacou-se pelo seu elevado teor de polifenóis e notável capacidade antioxidante; em contrapartida, a variedade INIA-433 ($28,27 \pm 0,05$ mg/g) apresenta a menor quantidade destes compostos. Foi encontrada uma correlação positiva significativamente elevada entre a capacidade antioxidante e o teor de polifenóis, o que reforça a fiabilidade dos métodos de avaliação utilizados nas variedades de óleo de quinua examinadas. Destaca-se a relevância de selecionar variedades com altos teores de polifenóis para aplicações que buscam propriedades antioxidantes.

Palavras-chave: capacidade antioxidante; método de absorção de antioxidantes; polifenóis; Quinoa

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinua*) es un cultivo ancestral en la región andina, reconocida por su alto valor nutricional y sus beneficios para la salud, debido a su contenido en compuestos bioactivos, como los polifenoles, conocidos por sus propiedades antioxidantes, por ello, el aceite extraído de la quinua ha ganado interés por sus posibles aplicaciones en la industria alimentaria y sus numerosos beneficios en la prevención del riesgo cardiovascular, la diabetes y el cáncer, como plantean Pathan y Siddiqui (1) y García et al. (2). Posee, además, efectos antiinflamatorios y, debido a su color, se puede utilizar en la fabricación de complementos alimenticios (3, 4).

El aceite de quinua contiene una alta concentración de antioxidantes como α - y γ -tocoferol, lo que garantiza un potencial antioxidante natural a nivel de la membrana celular, protegiendo los ácidos grasos contra el daño de los radicales libres (5). Por otro lado, la composición fitoquímica de las plantas está influenciada por diversos factores ambientales, en particular, depende principalmente de diferentes metabolitos, que difieren según las áreas de cultivo (6). Estas moléculas pueden tener un fuerte impacto en la calidad de los aceites según sus variedades y poseer efectos beneficiosos, potenciales para la salud del consumidor (7).

Estos hallazgos podrían tener implicaciones significativas en el desarrollo de alimentos funcionales, como ingredientes que ofrecen beneficios para la salud y superan de su valor

nutricional. Teniendo en cuenta sus propiedades, los productos alimenticios ricos en antioxidantes son muy apreciados porque pueden actuar como eliminadores de especies reactivas de oxígeno (ROS) (8). La capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos implica una combinación de diferentes mecanismos que incluyen la eliminación de radicales libres, la donación de átomos de hidrógeno, la extinción de oxígeno único, la quelación de iones metálicos y actividades como sustrato de oxidación (9).

De ahí que, la investigación sobre el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante en aceites de distintas variedades es fundamental para comprender su potencial nutricional y sus aplicaciones industriales (10). Sin embargo, la variabilidad en estos compuestos entre diferentes variedades de quinua y su correlación con la capacidad antioxidante en el aceite no ha sido adecuadamente estudiada, lo que impide aprovechar completamente su potencial nutricional y terapéutico (11). El objetivo de esta investigación fue caracterizar el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante de diez variedades de aceite de quinua (*Chenopodium quinua*), determinando sus propiedades fitoquímicas para su posible aplicación alimentaria e industrial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño de la investigación es de tipo experimental. La muestra estuvo conformada por el material biológico de diez variedades de

quinua: Hualhuas, Chupaca, Mantaro, INIA-433, Rosada Junin, Huancayo, Salcedo, Pasankalla, Blanca Criolla, Blanca de Junín, cultivadas en el año 2022, en la provincia de Acobamba, ubicada a 1423 msnm. Las semillas de quinua se molieron hasta obtener un polvo fino, usando un molino de ciclón (CT 293 Cyclotec), pasados por un tamiz de 2 mm.

Técnicas y procedimientos

Extracción del aceite

Se realizó siguiendo el procedimiento oficial descrito en la metodología AOAC (2003.05) (12). Utilizando un equipo de extracción Soxhlet (Soxtherm, Gerhardt, Bonn, Alemania). Todas las mediciones fueron llevadas a cabo en tres repeticiones.

Extracción de fenólicos del aceite

Se realizó siguiendo el procedimiento de Chen et al. (13), que consistió en colocar 500 mg de aceite en una probeta y disolver en 2 ml de n-hexano, luego se realizó la extracción con 3 ml de solución de metanol/agua (4:1 v/v). Después de 10 minutos de agitación, los tubos se centrifugaron a 3000 rpm durante 10 minutos. Se recogió la fase alcohólica y se repitió la extracción dos veces. Las fracciones recolectadas se combinaron y se lavaron con 3 ml de n-hexano para eliminar el aceite residual.

Determinación del contenido de polifenoles

El contenido de polifenoles total de los extractos metanólicos se determinó utilizando el método de descrito por Singleton y Rossi (14). Para la determinación del contenido de polifenoles se mezclaron 50 μ L con 250 μ L del reactivo Folin-Ciocalteu 1 N (grado analítico, Merck). Se dejó reposar 8 minutos y luego se añadió 750 μ L de Na_2CO_3 al 20% y 950 μ L de agua destilada. Se incubó durante 30 min a temperatura ambiente y se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro UV/VIS Shimadzu U-1900. Se preparó una curva de calibración para Ácido Gálico (Sigma-Aldrich, Alemania) con concentraciones de 50, 100, 200, 300, 400, 500 y 1000 ppm. Los resultados se expresaron en mg de Equivalentes de Ácido Gálico (GAE)/g aceite.

Determinación de la capacidad antioxidante

La actividad antioxidante de los extractos metanólicos se determinó utilizando el método de eliminación de radicales libres DPPH, propuesto por Brand-Williams et al. (15), se colocaron juntos 100 μ l de muestra y 2,9 ml de DPPH (solución 100 mM de DPPH en metanol al 80 %) (Sigma Aldrich) en una celda. La absorbancia (espectrofotómetro UV/VIS Shimadzu U-1900) se controló cada 5 min durante 30 min a una longitud de onda de 515 nm. Para expresar los resultados como calibración de aceite mM Trolox/L. Las curvas se prepararon

utilizando 0,1 ml de soluciones metanólicas de Trolox en el rango 0–1 mM/L. Se tomó en consideración la absorbancia después de 10 min de incubación con radical DPPH (2,4 ml). La linealidad se encontró hasta 0,8 mM/L concentración de trolox y se calculó la ecuación.

Análisis estadístico

Se utilizó la estadística descriptiva para analizar los resultados experimentales, se informaron como valores medios con sus correspondientes desviaciones estándar. Se probó la significancia de las diferencias entre las variables mediante análisis multivariado y la prueba de Tukey,

utilizando el software estadístico SPSS versión 27. Las diferencias en $p < 0,05$ se consideraron significativas. También se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson (r) para indicar el grado de asociación de las variables.

RESULTADOS

Contenido de Polifenoles

Los polifenoles son uno de los componentes más importantes de la quinua (*Chenopodium quinua*) en virtud de su capacidad antioxidante. La Tabla 1 resume el contenido de fenólicos totales del aceite de las diez variedades estudiadas.

Tabla 1. Contenido de polifenoles del aceite de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinua*).

Variedades	Contenido de Polifenoles (mg eq. ácido gálico/g aceite)	±SD
INIA-433	28.27 ^a	0.05
Mantaro	28.41 ^a	0.03
Pasankalla	28.51 ^b	0.00
Salcedo	28.71 ^b	0.03
Rosada Junín	29.30 ^c	0,02
Hualhuas	32.29 ^d	0,02
Chupaca	32.50 ^e	0.02
Huancayo	32.70 ^f	0.03
Blanca Junín	32.99 ^g	0.07
Blanca Criolla	33.94 ^h	0.14

Nota. Cada valor en la tabla representa la media de tres réplicas ± SD.

Los datos presentados muestran el contenido de polifenoles en diferentes variedades de aceite, seguido de letras que representan grupos estadísticamente similares según la prueba de Tukey. Las letras asociadas a cada cifra representan grupos estadísticamente diferentes, aquellas variedades con letras iguales o similares

no muestran diferencias significativas en su contenido de fenoles, mientras que a medida que las letras cambian, se indica un aumento significativo en la cantidad de polifenoles para $p < 0.05$. Las variedades INIA-433 y Mantaro (28.27 ± 0.05 , 28.4 ± 0.03 mg/g) respectivamente tienen cantidades comparables y representan las

variedades con valores más bajos de polifenoles, mientras que Blanca Criolla (33.94 ± 0.07 mg/g) muestra significativamente mayor contenido en relación con las otras variedades.

Capacidad Antioxidante por 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo

El radical libre estable 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH), se utiliza para evaluar

la capacidad antioxidante de alimentos y compuestos, y puede medir su potencial para inhibir la reacción de DPPH con otros radicales. En la Tabla 2 se muestran los valores de inhibición del DPPH del aceite de las diez variedades de quinua.

Tabla 2. Actividad eliminadora de radicales DPPH del aceite de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*).

Variedades	DPPH (mg eq. Trolox/g de aceite)	±SD
INIA-433	18.52 ^a	0.91
Mantaro	18.70 ^b	0.20
Pasankalla	18.90 ^c	0.34
Salcedo	19.07 ^d	0.34
Rosada Junín	19.17 ^d	0.34
Hualhuas	22.68 ^e	0.34
Chupaca	23.05 ^f	0.60
Huancayo	23.35 ^g	0.12
Blanca Junín	23.59 ^h	0.20
Blanca Criolla	23.93 ⁱ	0.40

Nota. Cada valor en la tabla representa la media de tres réplicas ± SD.

De acuerdo a la Tabla 2, los valores obtenidos muestran que hay diferencias significativas entre las variedades. Las variedades INIA-433 y Mantaro (18.52 ± 0.91 , 18.70 ± 0.20 mg/g), respectivamente, presentan niveles similares, mientras que Blanca Criolla (23.93 ± 0.40 mg/g) exhibe la mayor capacidad antioxidante, seguida por otras variedades como Blanca Junín, Huancayo y Chupaca (23.59 ± 0.20 , 23.35 ± 0.12 , 23.05 ± 0.60 mg/g). Estos hallazgos respaldan la idea de

que ciertas variedades pueden ofrecer una mayor protección antioxidante, debido a su capacidad para neutralizar los radicales libres, lo que puede tener implicaciones beneficiosas para la salud y la producción de medicamentos basados en estos compuestos. Por lo tanto, es importante conocer la variedad de planta con mayor concentración de antioxidantes, ya que será más eficiente en la producción de medicamentos basados en estos compuestos.

Correlación entre ensayos

Para determinar la correlación entre las concentraciones de polifenoles y la actividad antioxidante de las diez variedades de aceite de quinua (*Chenopodium quinoa*), se calculó el coeficiente de correlación de Pearson. El coeficiente de correlación (Rho de Pearson) reveló una correlación positiva significativamente alta ($r = 0,997$, $p < 0,05$), lo que indica que producen valores comparables para sus constituyentes fenólicos y capacidad antioxidante.

DISCUSIÓN

La variabilidad en el contenido de polifenoles puede ser causada por diversos solventes debido a la diferente solubilidad de los compuestos fenólicos, que está directamente relacionada con la compatibilidad de los compuestos con el sistema solvente. Incluso la naturaleza de la muestra de extracción (solidez, pH, temperatura) puede ser un factor que afecta la solubilidad de estos compuestos (16). De la misma manera Bertelli et al. (17), indican que los diferentes contenidos de polifenoles en cada alimento pueden cambiar mucho según la variedad, la agricultura y las condiciones de almacenamiento.

Sin embargo, debido a la complejidad de este amplio grupo de metabolitos vegetales, muchos polifenoles siguen sin identificarse. Como resultado, la información en la literatura sobre el contenido y la composición de los polifenoles en los alimentos vegetales no sólo es incompleta, sino también contradictoria y difícil de comparar. Chen

et al. (13), encontró valores para 28 variedades de aceite de quinua con alto contenido de polifenoles que oscilaron entre (60 mg/g de aceite) para las variedades QuF9P39-72 y Puno, mientras que Kaslaea y Titicaca tuvieron contenidos más bajos (13 y 20 mg/g de aceite), respectivamente, lo que representa los dos extremos de las 28 variedades estudiadas por los autores.

Los resultados de la presente investigación están dentro del rango obtenido por los autores anteriores, considerando altos contenidos de polifenoles para las diez variedades analizadas de aceite de quinua (*Chenopodium quinoa*). Dada la cantidad de fenoles elevados, según los Institutos Nacionales de Salud, un adulto debe consumir 1,6 g por día, por lo tanto, el aceite de quinua cubriría una cuarta parte de sus necesidades. Se coincide con Castaño et al. (18), al considerar al aceite de quinua como un producto vegetal con propiedades funcionales, estos hallazgos pueden ser relevantes para la producción de medicamentos basados en estos compuestos y para la nutrición humana.

Al analizar la capacidad antioxidante de la quinua, Chen et al. (13), encontró valores para 28 variedades de aceite de quinua con alto contenido de actividad antioxidante que oscilaron entre 10 mg/g para la variedad Titicaca a 33 mg/g de la variedad blanca y valores muy similares a lo reportado para las variedades de cabeza roja con 21.0 mg/g, QuF9P1-20 con 21.7 mg/g, cereza vainilla 24.4 mg/g, QuF9P39-64 24.0 mg/g y vainilla francés 23.2 mg/g. La variabilidad en la actividad antioxidante entre diferentes variedades puede

estar influenciada por varios factores, la genética y composición química.

Las variedades de plantas pueden tener diferentes perfiles químicos y composiciones genéticas que impactan directamente en la cantidad y tipos de antioxidantes presentes en sus aceites. Se coincide con Sarker et al. (19), al considerar que algunas variedades pueden tener niveles más altos de compuestos antioxidantes que otras. Los factores ambientales, así como como las condiciones de crecimiento, la calidad del suelo, la temperatura, la luz solar y el agua, pueden influir en la producción de compuestos antioxidantes en las plantas. Variaciones en estos factores ambientales pueden dar lugar a diferencias en la cantidad de antioxidantes presentes en las variedades (20).

Se concuerda con Škevin et al. (21), que tiene en cuenta la madurez de la planta en el momento de la cosecha y las técnicas de extracción del aceite, ya que estas pueden influir en la cantidad y calidad de los antioxidantes presentes. Interacciones complejas, la actividad antioxidante puede ser el resultado de la interacción entre múltiples compuestos presentes en el aceite. Esto puede hacer que ciertas variedades exhiban una actividad antioxidante más alta debido a combinaciones únicas de compuestos antioxidantes (22). Estos factores y posiblemente otros, aún no identificados, pueden contribuir a las diferencias en la actividad antioxidante entre diferentes variedades de aceite. Comprender estas diferencias es crucial para seleccionar las variedades con mayor potencial antioxidante

para beneficios nutricionales y aplicaciones en la industria alimentaria y de salud.

La fuerte correlación determinada en la presente investigación entre los polifenoles y capacidad antioxidante podría deberse a la posibilidad de transferencia de un solo electrón, a pesar de sus mecanismos únicos, lo que concuerda con los resultados de Dudonné et al. (23), quienes encontraron previamente una correlación similar para extractos de plantas. Varios autores como Kılıçgün et al. (24), han informado de correlaciones positivas más directas entre los resultados de la capacidad antioxidante encontrados después de la evaluación con diferentes métodos en una amplia gama de materiales vegetales y productos alimenticios, demostrando que la actividad antioxidante de los extractos de plantas se correlaciona con los fenólicos totales.

De manera general Khodja et al. (25), dan a conocer que los aceites de plantas con una alta capacidad antioxidante también mostrarían altos contenidos fenólicos. Similar en el estudio de Silenzi et al. (26), la actividad biológica de los polifenoles del aceite vegetal está fuertemente correlacionada con sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, ya que podrían reducir el conjunto de especies reactivas de oxígeno, al actuar como rompedores de cadenas, captadores de radicales, quelantes, y contrarrestar los procesos inflamatorios asociados con la aparición y progresión de varias condiciones patológicas. Finalmente, en el trabajo de Tavakoli et al. (27),

sobre la actividad antioxidante del aceite de semillas, se informó una correlación directa entre el contenido de fenólicos y la capacidad de eliminación de radicales.

CONCLUSIONES

La caracterización de las diez variedades de aceite de quinua (*Chenopodium quinoa*), en cuanto a polifenoles y capacidad antioxidante, permite comprobar la presencia de niveles variables de polifenoles, donde la variedad Blanca Criolla (33.94 ± 0.07 mg/g) destaca por el alto contenido de polifenoles, mientras que INIA-433 y Mantaro (28.27 ± 0.05 , 28.4 ± 0.03 mg/g) muestran los valores más bajos y comparables entre sí. En relación a la capacidad antioxidante las variedades INIA-433 y Mantaro (18.52 ± 0.91 , 18.70 ± 0.20 mg/g), muestran menor capacidad antioxidante, mientras que Blanca Criolla (23.93 ± 0.40 mg/g) exhibe la mayor capacidad antioxidante en la neutralización del radical DPPH, en relación a las variedades que muestran valores más bajos de polifenoles.

Estos hallazgos enfatizan el papel crucial de los polifenoles en el potencial antioxidante de los aceites de quinua, destacando la relevancia de seleccionar variedades con mayor contenido de fenoles para aplicaciones que requieran propiedades antioxidantes. Además, la alta correlación positiva ($r \geq 0,997$, $p < 0,05$) entre la capacidad antioxidante y los polifenoles en las diversas variedades de aceite de quinua indica una coherencia notable en la expresión de estos

constituyentes. Estos resultados refuerzan la fiabilidad y consistencia de los métodos empleados, sugiriendo que los distintos métodos de evaluación proporcionan valores comparables para los componentes fenólicos y el potencial antioxidante de los aceites de quinua evaluados.

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pathan S, Siddiqui R. Nutritional composition and bioactive components in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) greens: A review. *Nutrients*. 2022;14(3):558. <https://n9.cl/y01w8>
2. García M, Polo M, Nieto J, Agudelo L, Roa D. Physicochemical, rheological and structural properties of flours from six quinoa cultivars grown in Colombia. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2022; 6:936962. <https://n9.cl/aa6vbq>
3. 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>
4. Rudrapal M, Khairnar S, Khan J, Dukhyil A, Ansari M, Alomary M, et al. Dietary polyphenols and their role in oxidative stress-induced human diseases: Insights into protective effects, antioxidant potentials and mechanism (s) of action. *Frontiers in pharmacology*. 2022; 13:806470. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.806470>
5. Angeli V, Miguel P, Crispim 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):216. <https://n9.cl/5qm34>

6. Pedrali D, Giupponi L, De la Peña-Armada R, Villanueva-Suárez M, Mateos-Aparicio I. The quinoa variety influences the nutritional and antioxidant profile rather than the geographic factors. *Food Chemistry*. 2023; 402:133531. <https://n9.cl/5uy1>
7. Pereira E, Encina-Zelada C, Barros L, Gonzales-Barron U, Cadavez V, Ferreira I. Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food chemistry*. 2019; 280:110-4. <https://n9.cl/0px5e>
8. Kapcsándi V, Hanczné E, Sik B, Linka L, Székelyhidi R. Antioxidant and polyphenol content of different *Vitis vinifera* seed cultivars and two facilities of production of a functional bakery product. *Chemical Papers*. 2021; 75:5711-7. <https://n9.cl/tht7t>
9. Chrysargyris A, Mikallou M, Petropoulos S, Tzortzakis N. Profiling of essential oils components and polyphenols for their antioxidant activity of medicinal and aromatic plants grown in different environmental conditions. *Agronomy*. 2020; 10(5):727. <https://n9.cl/6gne7>
10. Jones P, AbuMweis S. Phytosterols as functional food ingredients: linkages to cardiovascular disease and cancer. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 2009; 12(2):147-51. <https://doi.org/10.1097/mco.0b013e328326770f>
11. Eseberri I, Trepiana J, Léniz A, Gómez I, Carr H, González M, et al. Variability in the Beneficial Effects of Phenolic Compounds: A Review. *Nutrients*. 2022; 14(9):1925. <https://n9.cl/rz0831>
12. Horwitz W, Latimer G. Official methods of analysis of AOAC International. 17th ed: AOAC international Gaithersburg; 2000. <https://n9.cl/4yb78>
13. Chen Y, Aluwi N, Saunders S, Ganjyal G, Medina-Meza I. Metabolic fingerprinting unveils quinoa oil as a source of bioactive phytochemicals. *Food Chemistry*. 2019; 286:592-9. <https://n9.cl/fn2gp>
14. Singleton V, Rossi J. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*. 1965;16(3):144-58. <https://n9.cl/nb9y4>
15. Brand-Williams W, Cuvelier M, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*. 1995; 28(1):25-30. <https://n9.cl/g03ku>
16. Kuppusamy S, Venkateswarlu K, Megharaj M. Examining the polyphenol content, antioxidant activity and fatty acid composition of twenty-one different wastes of fruits, vegetables, oilseeds and beverages. *SN Applied Sciences*. 2020; 2:1-13. <https://n9.cl/gyc56>
17. Bertelli A, Biagi M, Corsini M, Bainsi G, Cappellucci G, Miraldi E. Polyphenols: From theory to practice. *Foods*. 2021; 10(11):2595. <https://doi.org/10.3390/foods10112595>
18. Castaño C, Tarapues J, Bravo J, Solanilla J, Roa D. Preliminary study of physicochemical, thermal, rheological, and interfacial properties of quinoa oil. *F1000Research*. 2023; 12:1477. <https://n9.cl/t2hj6>
19. Sarker U, Islam M, Rabbani M, Oba S. Variability in total antioxidant capacity, antioxidant leaf pigments and foliage yield of vegetable amaranth. *Journal of Integrative agriculture*. 2018; 17(5):1145-53. <https://n9.cl/8jlfuw>
20. Li H, Tsao R, Deng Z. Factors affecting the antioxidant potential and health benefits of plant foods. *Canadian journal of plant science*. 2012; 92(6):1101-11. <https://n9.cl/tszn4>
21. Škevin D, Rade D, Štrucelj D, Mokrovšak Ž, Neđeral S, Benčić D. The influence of variety and harvest time on the bitterness and phenolic compounds of olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2003; 105(9):536-41. <https://doi.org/10.4141/cjps2011-239>
22. Liu G, Zhu W, Li S, Zhou W, Zhang H, Wang J, et al. Antioxidant capacity and interaction of endogenous phenolic compounds from tea seed oil. *Food Chemistry*. 2022; 376:131940. <https://n9.cl/75wf2>

- 23.** Dudonne S, Vitrac X, Coutiere P, Woillez M, Mérillon J-M. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2009; 57(5):1768-74. <https://doi.org/10.1021/jf803011r>
- 24.** Kılıçgün H, Altın D. Correlation between antioxidant effect mechanisms and polyphenol content of *Rosa canina*. *Pharmacognosy magazine*. 2010;6(23):238. <https://n9.cl/agv0h>
- 25.** Khodja N, Boulekbache L, Chegdani F, Dahmani K, Bennis F, Madani K. Chemical composition and antioxidant activity of phenolic compounds and essential oils from *Calamintha nepeta* L. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*. 2018; 15(4). <https://n9.cl/83a8r>
- 26.** Silenzi A, Giovannini C, Scazzocchio B, Vari R, Darchivio M, Santangelo C, et al. Extra virgin olive oil polyphenols: biological properties and antioxidant activity. *Pathology: Oxidative Stress and Dietary Antioxidants*. 2020: 225–33. <https://n9.cl/jzlqu>
- 27.** Tavakoli J, Hajpour S, Yousefi A, Estakhr P, Dalvi M, Mousavi K. Antioxidant activity of *Pistacia atlantica* var *mutica* kernel oil and its unsaponifiable matters. *Journal of Food Science and Technology*. 2019; 56(12):5336–45. <https://n9.cl/4zdps>