













Research Article





Influencia de la temperatura de secado sobre la composición química de las semillas de *Citrullus lanatus*

Influence of drying temperature on the chemical composition of Citrullus lanatus seeds

 Hidalgo-Sánchez, Mónica Alexandra ¹
 <https://orcid.org/0009-0001-4546-9836>
 ma.hidalgos@uea.edu.ec
 Ecuador, Puyo, Universidad Estatal Amazónica

 Pérez-Cuesta, Angélica Marina ²
 <https://orcid.org/0009-0004-9384-8111>
 am.perezc@uea.edu.ec
 Ecuador, Puyo, Universidad Estatal Amazónica

 Benalcázar-Boada, María José ³
 <https://orcid.org/0000-0001-9314-9266>
 mj.benalcazarb@uea.edu.ec
 Ecuador, Puyo, Universidad Estatal Amazónica

 Peñafiel-Bonilla, Nelly Jazmín ⁴
 <https://orcid.org/0009-0006-1847-2278>
 nj.penafielb@uea.edu.ec
 Ecuador, Puyo, Universidad Estatal Amazónica

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n3/133>

Resumen: Las semillas de *Citrullus lanatus*, han despertado un interés creciente debido a su perfil químico. Sin embargo, un factor crítico que puede alterar su composición y calidad es el proceso de secado. En este estudio se evaluó el impacto de la temperatura de secado sobre la composición química de las semillas de *Citrullus lanatus*. Las semillas se secaron a 30, 40 y 50°C durante 48 h. Se analizó el contenido de proteína (PC), grasa (GC), fibra (FC), cenizas totales (CT) y polifenoles totales (PT). Los resultados mostraron que el aumento de la temperatura resultó en una disminución significativa ($p < 0,05$) del contenido de PC y GC. Las semillas secadas a 50°C presentaron el valor más bajo de PC ($25,5 \pm 0,2\%$) y GC ($42,6 \pm 0,1\%$). El contenido de FC aumentó con la temperatura, registrando valores de $22,2 \pm 0,1\%$ a 30°C y $22,8 \pm 0,1\%$ a 50°C. La CT no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las temperaturas de secado. El contenido de PT disminuyó ($p < 0,05$) con el aumento de la temperatura, siendo el valor más alto ($185,4 \pm 3,2$ mg EAG/100g) el de las semillas tratadas 30°C. Estos resultados sugieren que, para conservar la calidad nutricional de las semillas de *C. lanatus*, es preferible utilizar temperaturas de secado bajas.

Palabras clave: análisis proximal, polifenoles totales, sandía.



Check for updates

Recibido: 02/Ago/2025
Aceptado: 29/Ago/2025
Publicado: 30/Sep/2025

Cita: Hidalgo-Sánchez, M. A., Pérez-Cuesta, A. M., Benalcázar-Boada, M. J., & Peñafiel-Bonilla, N. J. (2025). Influencia de la temperatura de secado sobre la composición química de las semillas de *Citrullus lanatus*. *Revista Científica Zambos*, 4(3), 108-121. <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n3/133>

Ecuador, Santo Domingo, La Concordia Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas – Sede Santo Domingo Revista Científica Zambos (RCZ) <https://revistaczambos.utelvtsd.edu.ec>

Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional**.



Abstract:

The seeds of *Citrullus lanatus* have attracted growing interest due to their chemical profile. However, a critical factor that can alter their composition and quality is the drying process. This study evaluated the impact of drying temperature on the chemical composition of *Citrullus lanatus* seeds. The seeds were dried at 30, 40, and 50°C for 48 hours. The protein (PC), fat (GC), fiber (FC), total ash (CT), and total polyphenols (PT) contents were analyzed. The results showed that increasing the temperature resulted in a significant decrease ($p < 0.05$) in PC and GC content. Seeds dried at 50°C had the lowest PC ($25.5 \pm 0.2\%$) and GC ($42.6 \pm 0.1\%$) values. The CF content increased with temperature, registering values of $22.2 \pm 0.1\%$ at 30°C and $22.8 \pm 0.1\%$ at 50°C. The TA showed no significant differences ($p > 0.05$) between drying temperatures. The PT content decreased ($p < 0.05$) with increasing temperature, with the highest value (185.4 ± 3.2 mg EAG/100g) being that of the seeds treated at 30°C. These results suggest that, in order to preserve the nutritional quality of *C. lanatus* seeds, it is preferable to use low drying temperatures.

Keywords: proximal analysis, total polyphenols, watermelon.

1. Introducción

Las semillas han sido, desde tiempos ancestrales, un componente importante en la alimentación y la medicina tradicional, no solo por su composición nutricional, sino también por su versatilidad en aplicaciones industriales (Saeed et al., 2023). Las semillas de *Citrullus lanatus*, han despertado un interés creciente debido a su perfil químico rico en proteínas, lípidos, y compuestos bioactivos (Benmeziane & Derradji, 2023). Sin embargo, un factor crítico que puede alterar significativamente su composición y, por ende, su calidad, es el proceso de secado (Abasolo-Pacheco et al., 2025). La temperatura aplicada durante esta etapa no solo define la eficiencia del proceso, sino que también influye en la preservación de nutrientes clave, lo que repercute directamente en su potencial alimenticio, farmacéutico o industrial (Osinubi et al., 2020).

En el sector agrícola y agroindustrial, el secado ha venido a constituir una actividad necesaria para alargar la vida útil de las semillas y para disminuir el contenido de humedad, a la vez que se restringe el desarrollo de microorganismos (Thamer-Abdulaziz et al., 2022). Sin embargo, el secado tiene sus propias limitaciones. Una acción de calor excesivo podría hacer que se pierdan sustancias termosensibles, tales como vitaminas o compuestos antioxidantes, mientras que un secado insuficiente podría dar lugar a la rancidez de las grasas o a la proliferación de hongos (Siqueira et al., 2020; Masoko et al., 2022).

Investigaciones previas han evidenciado que el contenido lipídico de semillas de *C. lanatus* representa una elevada proporción de ácidos grasos de doble enlace, destacando al ácido linoleico y oleico, que se relacionan con beneficios cardiovasculares (Osae et al., 2021). También son fuente de los aminoácidos esenciales, de fibra dietética y de compuestos fenólicos, con actividad antioxidante (Suliman & Ibrahim, 2022). Sin embargo, estos mismos componentes son susceptibles a las variaciones de temperatura, la cual puede provocar la oxidación de lípidos y afectar no sólo el valor nutricional, sino también el olor y el sabor y, en consecuencia, la estabilidad del producto final (Zarifikhosroshahi & Ergun, 2021). Sin embargo, con un proceso de secado controlado y a temperaturas moderadas, se puede mantener e incluso aumentar algunas propiedades, como la concentración de antioxidantes, dado que su efecto se basa en reducir la actividad enzimática que los degrada (Leite et al., 2021).

En aquellos lugares donde existe una gran producción de *C. lanatus* todavía se encuentra en uso el secado solar, dado que este procedimiento requiere una inversión económica muy asequible (Idris et al., 2017). Sin embargo, las variaciones térmicas y la exposición prolongada a la radiación UV poseen consecuencias impredecibles sobre la composición química del conjunto de las semillas secadas (Oliveira et al., 2020). Los procedimientos controlados mediante aire caliente o mediante convección ofrecen la ventaja de regular la temperatura del aire, aunque su efecto es el de una inversión en la infraestructura (Nantanga & Embashu, 2024).

Aparte de los efectos derivados de tipo nutricional, las alteraciones en su composición química como consecuencia del secado pueden condicionar sus posibles aplicaciones tecnológicas, por ejemplo, para la industria alimentaria extracciones de gel de semillas de *C. lanatus* pueden ser usadas como emulsionantes donde la funcionalidad de las proteínas y polisacáridos depende de la forma en que hayan sido procesadas (Liu et al., 2023). Con estos antecedentes, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la temperatura de secado sobre la composición química de las semillas de *Citrullus lanatus*.

2. Metodología

Obtención y tratamiento de la materia prima

Los frutos de *C. lanatus* se compraron en el mercado "Los Plátanos" (Puyo, Ecuador), eligiendo ejemplares en su punto óptimo de madurez, libres de daños visibles o signos de descomposición. Las semillas fueron separadas manualmente utilizando un cuchillo y cuchara de acero inoxidable. Se lavaron con agua potable para eliminar restos de pulpa y se sometieron a un secado en estufa a 30, 40 y 50°C durante 48 h. Finalmente, las semillas se molieron y se almacenaron en fundas ziploc hasta su posterior análisis.

Análisis proximal de las semillas de *C. lanatus*

Todos los análisis se llevaron a cabo siguiendo los protocolos estandarizados de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2023). La determinación de proteína cruda se realizó según el método Kjeldahl, una técnica estándar y rigurosa reconocida internacionalmente. Para la digestión con ácido sulfúrico (96-98%), se procesó 1 g de muestra en presencia de un catalizador. Este paso es crucial, ya que convierte todo el nitrógeno orgánico presente en la muestra en sulfato de amonio. Posteriormente, la muestra digerida se neutraliza con hidróxido de sodio concentrado lo que provoca la liberación de amoníaco. El amoníaco liberado se destila y se recoge en una solución de ácido bórico, donde se forma un borato de amonio. Finalmente, este borato se valora (titula) con una solución estándar de ácido sulfúrico (0,2 N), lo que permite determinar la cantidad de nitrógeno total en la muestra. La proteína cruda se calcula a partir del contenido de nitrógeno total, utilizando un factor de conversión (6,25) (Ecuación 1).

$$\% \text{Proteína cruda} = \frac{(V_{\text{ácido}} - V_{\text{blanco}}) \cdot N_{\text{ácido}} \cdot 0,014 \cdot 6,25}{m} \cdot 100$$

Donde V es la cantidad de ácido consumido (mL) y m la masa de la muestra (g)

La grasa cruda se determinó por el método Soxhlet utilizando éter de petróleo como solvente. Se pesó 1 g de muestra en un cartucho de celulosa libre de grasa, sellado con algodón desengrasado, y se introdujo en el extractor Soxhlet conectado a un matraz. Se añadieron 150 mL de éter de petróleo y se realizó la extracción durante 6 h a una temperatura de ebullición constante (40–60 °C), asegurando un ciclo de reflujo continuo. Finalizado el proceso, el disolvente se evaporó a 50 °C, y el matraz con la grasa residual se secó en estufa a 105 °C hasta peso constante. El contenido de grasa cruda se calculó según la ecuación 2:

$$\% \text{Grasa cruda} = \frac{W_2 - W_1}{m} \cdot 100$$

Donde W_1 es el peso del matraz vacío (g), W_2 es el peso del matraz luego de la extracción (g), y m indica la masa de la muestra (g).

Para la fibra cruda, se pesó 1 g de muestra en bolsas filtrantes. Estas bolsas, humedecidas con agua destilada, se introdujeron en un equipo automático (marca: Tecnal, modelo: TE149). Las muestras fueron inicialmente sometidas a un tratamiento con una mezcla de 3 litros de una solución de H_2SO_4 (1,25 %), a 90°C, durante media hora. A continuación, fueron lavadas 4 veces en agua caliente (90°C). Posteriormente, fueron tratadas con una solución de NaOH (1,25 %), agitando 30 minutos a la misma temperatura y repitiendo el lavado en agua caliente. El último paso consistió en lavar con alcohol y acetona, seguido del secado en estufa 4 horas y la calcinación en mufla 2 horas a 550°C (AOAC 935.53). El cálculo se realizó según la ecuación 3.

$$\% \text{Fibra} = \frac{(A - B) - C}{m} \cdot 100$$

Donde, A es la masa del conjunto extracto+crisol+bolsa (g), B representa la bolsa vacía (g), C es crisol+ceniza (g) y m la masa de la muestra (g).

La determinación de las cenizas totales se realizó por calcinación en mufla. Se pesó 1 g de muestra y se colocó en crisoles de porcelana previamente pesados. Los crisoles se introdujeron en una mufla a 550°C durante 5 horas hasta combustión completa de la materia orgánica. Posteriormente, los crisoles se retiraron de la mufla, se dejaron enfriar en desecador hasta temperatura ambiente y se pesaron nuevamente. El cálculo se realizó según la ecuación 4.

$$\% \text{Cenizas} = \frac{P_2 - P_1}{m} \cdot 100$$

Donde P2 es el crisol más la ceniza (g), P1 el peso del crisol vacío (g) y m la muestra (g).

Polifenoles totales:

La extracción sólido-líquido se realizó por ultrasonido mezclando 5 g de muestra en 100 mL de agua destilada. Se mezclaron 500 µL del extracto obtenido, 500 µL del reactivo Folin-Ciocalteu y 500 µL de carbonato de sodio (20%). Se completó a 10 mL el volumen final y se dejó 2 h en reposo. Los cálculos se realizaron según Luna-Fox et al. (2025).

Análisis estadístico:

Los resultados se analizaron en el software Origin 2025 (versión de prueba). Las diferencias entre los tratamientos se identificaron mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Los resultados se expresaron como valores medios \pm desviación estándar para $n=3$.

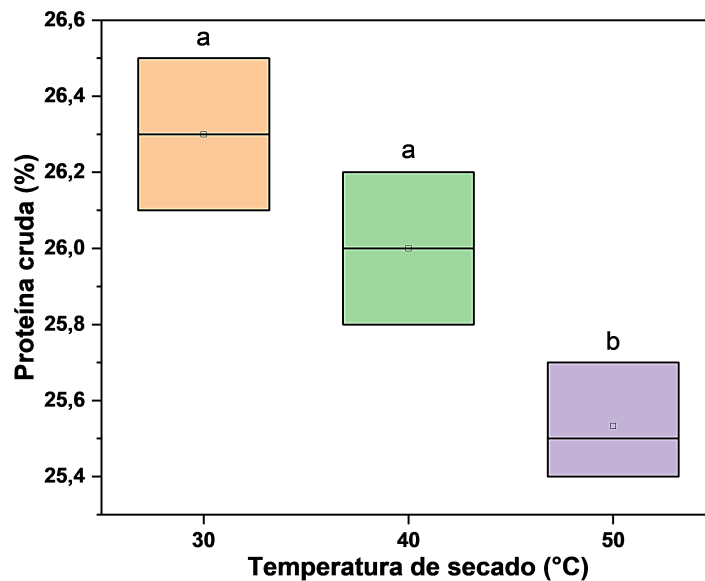
3. Resultados

3.1. Proteína cruda

El contenido de proteína cruda (PC) de las semillas de *C. lanatus* fue evaluado bajo diferentes temperaturas de secado, y los resultados se presentan en la Figura 1.

Figura 1

Variación del contenido de proteína cruda en semillas de *Citrullus lanatus* secadas a diferentes temperaturas



Nota: (Autores, 2025).

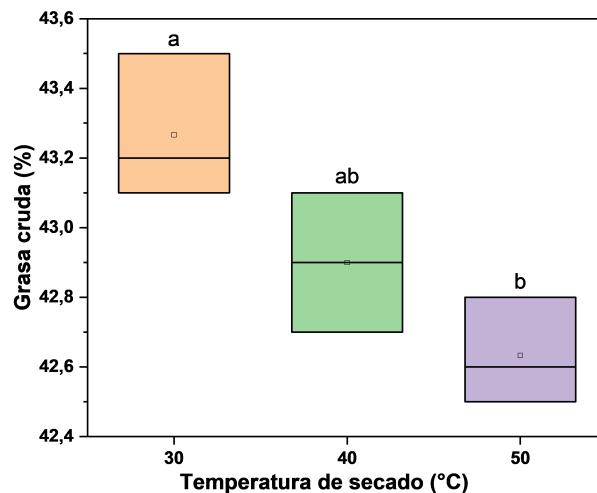
Se observó que las semillas secadas a 30 y 40°C mostraron contenidos de PC de $26,3 \pm 0,2\%$ y $26 \pm 0,2\%$, respectivamente, los cuales no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí ($p > 0,05$). Por otro lado, las semillas secadas a 50°C presentaron un contenido de PC significativamente menor ($p < 0,05$), con un valor de $25,5 \pm 0,2\%$ lo que indica que esta temperatura de secado impactó negativamente en la retención de PC.

3.2. Grasa cruda

El valor de grasa cruda (GC) en las semillas de *C. lanatus* se presentan en la Figura 2.

Figura 2

Variación del contenido de grasa cruda en las semillas de *Citrullus lanatus* secadas a diferentes temperaturas



Nota: (Autores, 2025).

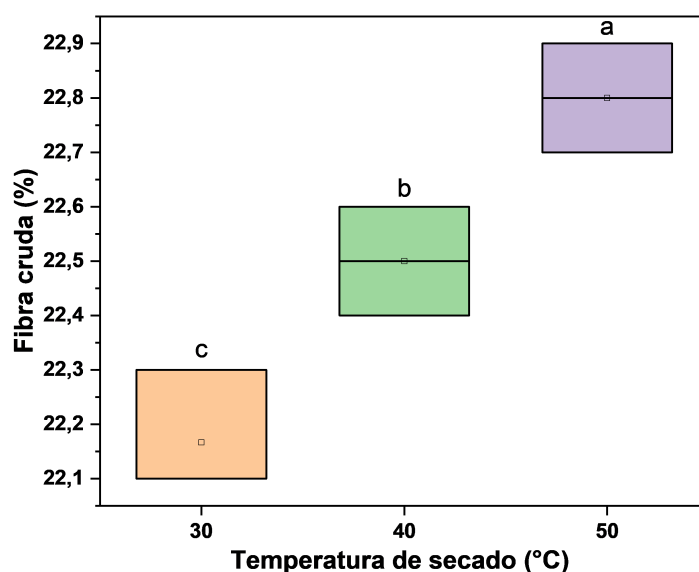
Las muestras sometidas a secado a 30°C mostraron la mayor concentración de GC, con una media de $43,3 \pm 0,2\%$. A 40°C, la GC fue de $42,9 \pm 0,1\%$, y aunque numéricamente inferior al de 30°C, esta diferencia no mostró significancia estadística ($p > 0,05$). Por el contrario, el secado a 50°C resultó en una reducción significativa ($p < 0,05$) de la GC, registrando un valor promedio de $42,6 \pm 0,1\%$, lo que demuestra que esta temperatura más elevada provocó una pérdida apreciable en el componente lipídico de las semillas.

3.3. Fibra cruda

El contenido de fibra cruda (FC) varió significativamente ($p < 0,05$) con el cambio de temperatura de secado, tal como se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Variación del contenido de fibra cruda en las semillas de *Citrullus lanatus* secadas a diferentes temperaturas



Nota: (Autores, 2025).

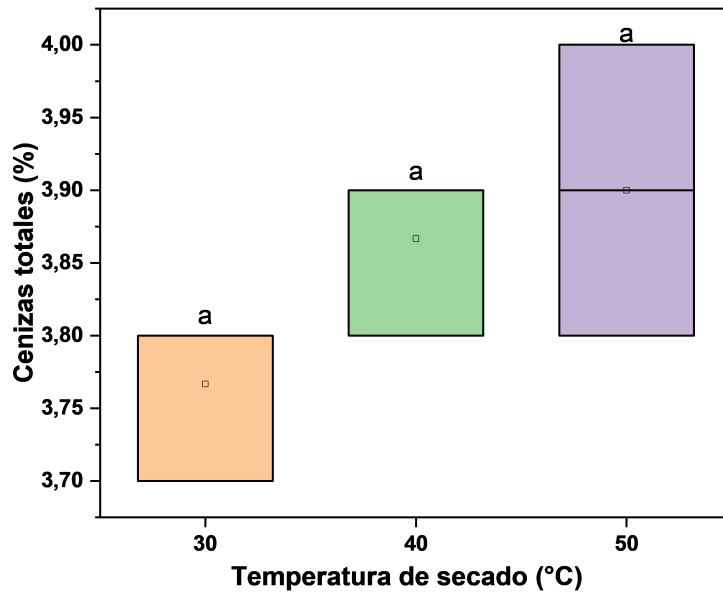
Los valores más bajos se registraron en las semillas secadas a 30°C, con una media de $22,2 \pm 0,1\%$. Posteriormente, a medida que aumentó la temperatura, se observó un incremento progresivo en los niveles de FC, alcanzando $22,5 \pm 0,2\%$ a 40°C y $22,8 \pm 0,1\%$ a 50°C.

3.4. Cenizas totales

La Figura 4 muestra los resultados del contenido de cenizas totales (CT) en las semillas de *C. lanatus* bajo las distintas condiciones de secado

Figura 4

Variación del contenido de cenizas totales en las semillas de *Citrullus lanatus* secadas a diferentes temperaturas



Nota: (Autores, 2025).

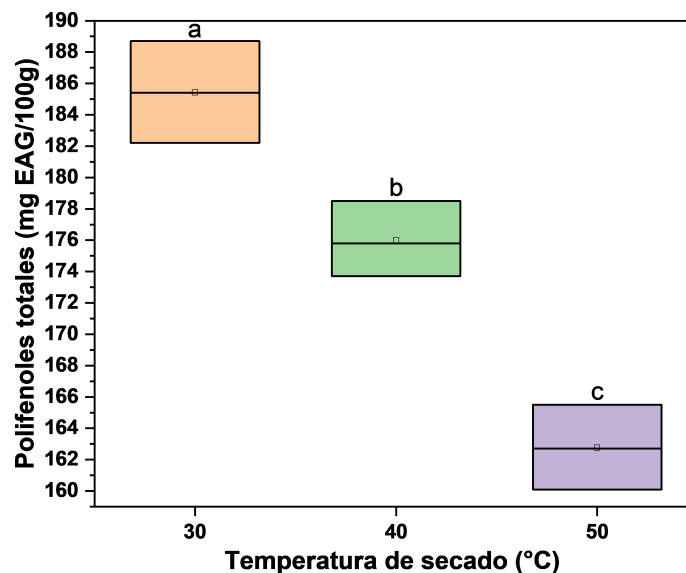
Se observó que las muestras secadas a 30°C, 40°C y 50°C arrojaron valores promedio de CT de 3,77±0,05%, 3,87±0,03% y 3,90±0,05%, respectivamente. Esta variable no varió significativamente ($P > 0,05$) en las diferentes temperaturas de procesamiento.

3.5. Polifenoles totales

El efecto de las temperaturas de secado sobre el contenido de polifenoles totales (PT) en las semillas de *C. lanatus* se detalla en la Figura 5.

Figura 5

Variación del contenido de polifenoles totales en las semillas de *Citrullus lanatus* secadas a diferentes temperaturas.



Nota: (Autores, 2025).

Se determinó que las semillas secadas a 30°C presentaron la concentración más alta de PT, con un promedio de 185,4±3,2 mg EAG/100g. Con el incremento de la temperatura, se registró una disminución significativa ($P > 0,05$) en el contenido de estos compuestos. Las muestras secadas a 40°C registraron 176±2,4 mg EAG/100g, mientras que a 50°C el valor se redujo a 162,8±12,7 mg EAG/100g.

4. Discusión

En este estudio se ha evaluado cómo la temperatura de secado influye en la composición química de las semillas de *C. lanatus*. El contenido proteína cruda (PC) puede variar según el tratamiento de secado y otros factores. En estudios previos, se ha reportado que el contenido de PC en semillas de *C. lanatus* procesadas (incluyendo secado y tostado) puede alcanzar hasta 68,04%, mientras que en semillas no procesadas es de 49,7% (Milala et al., 2018). Por otro lado, se ha encontrado que la PC puede variar en función del momento de cosecha, alcanzando un valor máximo de 30,66% a los 35 días después de la floración (Philippe et al., 2024). Estos valores son superiores a los encontrados en este estudio, lo que podría atribuirse a diferencias en variedades de *C. lanatus*, condiciones de cultivo, métodos de procesamiento o determinación analítica. Además, investigaciones en semillas de leguminosas muestran que el aumento de la temperatura de secado de 50°C a 70°C redujo el contenido proteico de 25,50% a 13,62%, confirmando que temperaturas elevadas afectan negativamente la retención de proteínas (Tahmasebi et al., 2025).

El contenido de GC disminuye significativamente cuando la temperatura de secado aumenta lo que puede atribuirse a la mayor volatilización y oxidación de lípidos a temperaturas elevadas, así como a la posible activación de enzimas lipolíticas que degradan los lípidos durante el secado (Huang et al., 2021). Este comportamiento es similar al observado en semillas de girasol, donde temperaturas de secado superiores a 40°C incrementan la actividad de enzimas oxidativas y aceleran la degradación de ácidos grasos, resultando en una menor retención de grasa y una mayor formación de compuestos de oxidación (Huang et al., 2021).

En cuanto a los beneficios, semillas con niveles elevados de GC, como los reportados en este estudio a 30°C (43,3±0,2%), son valiosas por su alto aporte energético y su aporte de ácidos grasos insaturados, especialmente linoleico, que representa hasta el 68,7% de los lípidos totales en *C. lanatus*, lo que las hace atractivas para la alimentación humana y animal, así como para aplicaciones industriales (Al-Khalifa, 2019; Gift-Madubuochi & Faith., 2024). Comparando con la literatura, se han reportado valores de grasa cruda de 47% en semillas procesadas (secadas y/o tostadas) y 32,9% en semillas no procesadas, lo que sugiere que el procesamiento puede aumentar la extracción de lípidos, aunque el tipo y la temperatura de secado influyen en la retención final (Milala et al., 2018). Las diferencias entre estudios pueden deberse a factores como la variedad de la semilla, el método de extracción, el tiempo y la temperatura de secado, así como las condiciones de cultivo y almacenamiento.

El aumento de la GC en semillas de *C. lanatus* puede explicarse por la concentración relativa de componentes no solubles, ya que a temperaturas más altas se reduce el contenido de agua y otros nutrientes solubles, lo que podría aumentar proporcionalmente la fracción de FC en la muestra. Además, el calor puede inducir cambios estructurales en la matriz de la semilla, facilitando la extracción o cuantificación de la FC durante el análisis. En estudios previos, se ha informado que el contenido de FC en semillas de *C. lanatus* tostadas es de 1,13%, mientras que en semillas no procesadas es de 2,10%, lo que sugiere que el procesamiento térmico puede reducir la FC (Milala et al., 2018).

Estos valores son inferiores a los observados en el presente estudio, posiblemente por diferencias en métodos analíticos, variedades o condiciones de secado. En semillas de calabaza, se ha encontrado que el secado óptimo no genera variaciones significativas en la FC respecto a la semilla fresca, pero sí puede disminuirla bajo ciertas condiciones de pretratamiento y temperatura (Zalazar-García et al., 2022). Las semillas con mayor contenido de FC aportan beneficios funcionales, como la mejora del tránsito intestinal y la reducción del riesgo de enfermedades metabólicas, lo que incrementa su valor en la alimentación humana y animal (Akl, 2023).

Los valores de CT en las semillas de *C. lanatus* representa la fracción mineral total, reflejando su aporte de minerales esenciales y su valor nutricional. En este estudio, los valores de CT (3,77–3,90%) bajo diferentes temperaturas de secado son consistentes con los reportados en la literatura para semillas de *C. lanatus*. Por ejemplo, se han encontrado valores de 2,59–2,98% en semillas procesadas (Milala et al., 2018) y 2,97% en semillas enteras (Sadiq et al., 2021). Por otro lado, algunos estudios han reportado valores más altos, como 6,60% en semillas secas (Okunrobo et al., 2020), lo que puede atribuirse a diferencias en el origen de las semillas, condiciones de cultivo, grado de madurez, o métodos analíticos empleados. Las diferencias observadas entre estudios pueden deberse a factores genéticos, ambientales y metodológicos, pero en general, los resultados coinciden en que el contenido CT en semillas de *C. lanatus* es relativamente estable y no se ve significativamente afectado por el procesamiento térmico moderado.

El efecto de la temperatura sobre los PT es un aspecto crucial para la preservación de sus propiedades funcionales. En este estudio, se observó que el secado a 30°C permitió conservar la mayor concentración de PT, mientras que el aumento progresivo de la temperatura a 40°C y 50°C resultó en una disminución significativa de estos compuestos. Los resultados son consistentes con investigaciones previas que demuestran que los PT, al ser compuestos termosensibles, se degradan por oxidación y reacciones de Maillard aceleradas por el calor, lo que disminuye su concentración durante el secado a altas temperaturas (Gamal et al., 2023; Chacaguasay-Apugllon et al., 2025).

Estudios en *C. lanatus* han reportado que las semillas presentan el mayor contenido de PT en comparación con otras partes del fruto, y que la exposición a altas

temperaturas disminuye significativamente el contenido fenólico, recomendando el uso de temperaturas bajas para preservar sus propiedades antioxidantes (Masoko et al., 2022b). Además, la literatura sugiere que, aunque temperaturas más altas pueden acortar el tiempo de secado, esto no compensa la pérdida de compuestos químicos, siendo preferible el secado a temperaturas moderadas para mantener la integridad de los polifenoles (Gamal et al., 2023).

5. Conclusiones

En este estudio se demostró que la temperatura de secado influyó significativamente en los macronutrientes y compuestos bioactivos de las semillas de *Citrullus lanatus*. El aumento de la temperatura de 30 a 50°C se asoció con una disminución en el contenido de proteína y grasa cruda. Este efecto negativo se atribuyó a la desnaturalización de proteínas, la volatilización y oxidación de lípidos, y la posible activación de enzimas lipolíticas a temperaturas más altas. Por otro lado, se observó un incremento significativo del contenido de fibra cruda a medida que la temperatura de secado aumentó, lo que se explicó por la concentración relativa de componentes no solubles debido a la pérdida de agua y otros nutrientes solubles. El contenido de cenizas totales no presentó diferencias significativas en el rango de 30°C a 50°C, lo que sugiere que el secado moderado no afecta la composición mineral de las semillas. En contraste, el contenido de polifenoles totales, disminuyó de manera significativa al aumentar la temperatura de secado. Las semillas secadas a 30°C presentaron los valores más altos, mientras que las secadas a 50°C tuvieron la menor cantidad.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

Referencias Bibliográficas

- Abasolo-Pacheco, F., Sellan-Canales, M. J., García-Gallirgos, V. J., & Onofre-Correa, J. A. (2025). Desarrollo vegetativo del maíz bajo influencia de diluciones minerales y biológicas. *Revista Científica Zambos*, 4(2), 265–280. <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n2/121>
- Akl, E. M. (2023). Oilseeds Dietary Fiber and Their Health Benefits. *Egyptian Journal of Chemistry*, 66(9), 459–471. <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2023.177503.7243>
- Al-Khalifa, A. S. (2019). Physicochemical characteristics, fatty acid composition, and lipoxygenase activity of crude pumpkin and melon seed oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(4), 964–966. <https://doi.org/10.1021/jf950519s>

- AOAC, M. (2023). Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- Benmeziane, F., & Derradji. (2023). Composition, bioactive potential and food applications of watermelon (*Citrullus lanatus*) seeds – a review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(5), 5045–5061. <https://doi.org/10.1007/S11694-023-02012-5/METRICS>
- Chacaguasay-Apugllon, E. N., Sánchez-Quiñonez, D. F., Gavilánez-Buñay, T. C., & Rivera-Toapanta, E. A. (2025). Concentración de fenoles totales y flavonoides en fabáceas forrajeras y arbustivas y uso como bioestimulante. *Revista Científica Zambos*, 4(1), 30–44. <https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n1/74>
- Gamal, R., Song, C., Rayan, A. M., Liu, C., Al-Rejaie, S., & ElMasry, G. (2023). Thermal Degradation of Bioactive Compounds during Drying Process of Horticultural and Agronomic Products: A Comprehensive Overview. *Agronomy*, 13(6), 1580. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY13061580>
- Gift-Madubuochi, W., & Faith C., M. (2024). Assessment of Crude Oil Extract from *Citrullus lanatus* (Water Melon) for Pharmaceutical Application. *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, 2499–2503. <https://doi.org/10.38124/IJISRT/IJISRT24AUG1517>
- Huang, Y., Lu, M., Wu, H., Zhao, T., Wu, P., & Cao, D. (2021). High Drying Temperature Accelerates Sunflower Seed Deterioration by Regulating the Fatty Acid Metabolism, Glycometabolism, and Abscisic Acid/Gibberellin Balance. *Frontiers in Plant Science*, 12, 628251. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2021.628251/BIBTEX>
- Idris, S. A., Rashidi, A. R., Muhammad, A., Abdullah, M., Elham, O. S. J., & Mamat, M. S. (2017). Composition, physical properties and drying characteristics of seed oil of *Citrullus lanatus*. *AIP Conference Proceedings*, 1885(1). <https://doi.org/10.1063/1.5002419/886396>
- Leite, F., Queiroz, M., de Figueirêdo, F., Dos Santos, S., Silva, N., & Santos, C. (2021). Mathematical modeling and thermodynamic properties in the drying of citron watermelon seeds. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 26(1), 67–74. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/AGRIAMBI.V26N1P67-74>
- Liu, Z., Wu, S., Zuo, H., Lin, J., Zheng, H., Lei, H., Yu, Q., Wu, X., & Guo, Z. (2023). Freeze-drying pretreatment of watermelon peel to improve the efficiency of pectin extraction: RSM optimization, extraction mechanism, and characterization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 249, 125944. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2023.125944>
- Luna-Fox, S. B., García-Quintana, Y., Artega-Crespo, Y., & Radice, M. (2025). Formulation of lyophilized products rich in polyphenols from *Hibiscus sabdariffa* and its combination with *Ocotea quixos* and *Citrus aurantifolia*. *Revista Chilena de Nutrición*, 52(1), 31–42. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182025000100031>
- Masoko, P., Matotoka, M. M., & Mphosi, M. S. (2022). Phytochemical analysis and antibacterial activity of *Citrullus lanatus* var. *citroides* (Citron watermelon) fruit and the effect of temperature on the biological activity of the rind. *South African*

- Journal of Botany*, 150, 1111–1121.
<https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2022.09.024>
- Milala, M. A., Luther, A., & Burah, B. (2018). Nutritional Comparison of Processed and Unprocessed *Citrullus lanatus* (Watermelon) Seeds for Possible Use in Feed Formulation. *American Journal of Food and Nutrition*, 6(2), 33–36.
<https://doi.org/10.12691/AJFN-6-2-1>
- Nantanga, K. K. M., & Embashu, W. (2024). Climate smart Kalahari melon (*Citrullus lanatus*): understanding its seeds hydration kinetics. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 79(1), 47–50.
<https://doi.org/10.1080/0035919X.2024.2302627>
- Okunrobo, L. O., Imafidon, K. E., & Alabi, A. A. (2020). Phytochemical, proximate and metal content analysis of the leaves of *Psidium guajava* Linn (Myrtaceae). *International Journal of Health Research*, 3(4), 217–221.
<https://doi.org/10.4314/ijhr.v3i4.70426>
- Oliveira, R. M., Andrade, K. S., do Prado, M. M., & Marques, L. G. (2020). Study on Hybrid Drying with Infrared Radiation of Watermelon Seeds (*Citrullus Lanatus*). *Defect and Diffusion Forum*, 399, 173–182.
<https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/DDF.399.173>
- Osaе, B. A., Liu, S., Amanullah, S., Gao, P., Fan, C., Wan, Y., Pei, S., & Luan, F. (2021). Assessment on seed oil percentage and physicochemical properties of watermelon (*Citrullus lanatus*). *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 98(3), 217–222.
https://www.innovhub-ssi.it/kdocs/2021189/2021_vol_983_art_06_osae.pdf
- Osinubi, A. D., Banjoko, O. O., Anselm, O. H., Akinrinola, O. M., & Osofodunrin, A. (2020). Comparative Effects of Drying Methods on Phytochemical Contents and Anti-Microbial Activities of Watermelon (*Citrullus Lanatus*) Seed and Rind. *Journal of Chemical Society of Nigeria*, 45(1), 70–78.
<http://www.journals.chemsociety.org.ng/index.php/jcsn/article/view/426>
- Philippe, E. K., Bertin, Y. K., Martin, D. K., & Georges, A. N. (2024). Effect of Fruit Harvest Time on the Nutritional and Agronomic Quality of Oleaginous *Citrullus lanatus* Seeds. *International Journal of Biochemistry Research & Review*, 33(5), 79–90.
<https://doi.org/10.9734/IJBCRR/2024/V33I5878>
- Sadiq, I. S., Saminu, M. Y., Zainab, L., Adeleye, A. O., Sanni, L. E., & Dandalma, Z. A. (2021). Proximate analysis and phytochemical screening of watermelon (*Citrullus lanatus*) pulp, peels and seeds. *Dutse Journal of Pure and Applied Sciences*, 7(4a), 174–182.
<https://doi.org/10.4314/DUJOPAS.V7I4A.18>
- Saeed, F., Afzaal, M., Niaz, B., Hussain, M., Rasheed, A., Raza, M. A., Umar, M., Khan, M. A., Suleria, H., Tufail, T., & Al Jbawi, E. (2023). Comparative study of nutritional composition, antioxidant activity and functional properties of *Cucumis melo* and *Citrullus lanatus* seeds powder. *Cogent Food and Agriculture*, 10(1).
<https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2293517>
- Siqueira, V. C., Mabasso, G. A., Quequeto, W. D., Silva, C. R. da, Martins, E. A. S., & Isquierdo, E. P. (2020). Drying kinetics and effective diffusion of watermelon

- seeds. *Research, Society and Development*, 9(4), e16942887–e16942887. <https://doi.org/10.33448/RSD-V9I4.2887>
- Sulieman, A. M. E., & Ibrahim, S. E. (2022). Antioxidant and pharmacological activity of watermelon (*Citrullus lanatus*) seed oil. *Multiple Biological Activities of Unconventional Seed Oils*, 185–194. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824135-6.00027-1>
- Tahmasebi, M., Gundoshmian, T. M., Roshanianfard, A., Akbari, R., Agdam, B. R., & Nowacka, M. (2025). Modeling and Optimization of Quality Properties of Lentils During the Hot Air Drying Process Utilizing the Response Surface Methodology (RSM). *Heat Transfer*. <https://doi.org/10.1002/HTJ.23371>
- Thamer-Abdulaziz, N., Fakri-Mustafa, Y., & Khajeh, K. (2022). The Effect of Heat Variable on the Chemical Composition and Bioactivities of a *Citrullus lanatus* Seed Aqueous Extracts. *Journal of Medicinal and Chemical Sciences*, 5(7), 1166–1176. <https://doi.org/10.26655/JMCHEMSCI.2022.7.4>
- Zalazar-Garcia, D., Román, M. C., Fernandez, A., Asensio, D., Zhang, X., Fabani, M. P., Rodriguez, R., & Mazza, G. (2022). Exergy, energy, and sustainability assessments applied to RSM optimization of integrated convective air-drying with pretreatments to improve the nutritional quality of pumpkin seeds. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 49, 101763. <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2021.101763>
- Zarifikhosroshahi, M., & Ergun, Z. (2021). The Effect of Storage Temperature on the Composition of Fatty Acids in Crimson Sweet (*Citrullus lanatus* var. *lanatus*) Watermelon Cultivar Seeds. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(2), 839–845. <https://doi.org/10.21597/JIST.830878>