



Rivar

REVISTA IBEROAMERICANA DE
VITICULTURA, AGROINDUSTRIA
Y RURALIDAD

Editada por el Instituto de Estudios Avanzados
Universidad de Santiago de Chile

ORELLANA DESHIDRATADA POR VENTANA DE REFRACTANCIA: IMPACTO NUTRICIONAL EN BARRAS DE PROTEÍNA



Refractance window oyster mushroom:

Nutritional impact on protein bars

Cogumelo ostra desidratado por janela de refractância:

Impacto Nutricional em barras de proteína

Maria Isabel Morales Malagón

Universidad del Valle

Tuluá, Colombia

ORCID/0009-0008-3659-6586

maria.malagon@correounivalle.edu.co

Daniela Sánchez Rodríguez

Universidad del Valle

Tuluá, Colombia

ORCID 0009-0006-4668-3558

daniela.sanchez.rodriguez@correounivalle.edu.co

Anna María Polanía Rivera

Universidad del Valle

Tuluá, Colombia

ORCID 0000-0001-9646-2266

anna.polania@correounivalle.edu.co

Volumen 13, número 40, 176-192, julio 2026

ISSN 0719-4994

Artículo de investigación

<https://doi.org/10.35588/bgs45j44>

Recibido

30 de mayo de 2025

Aprobado

13 de octubre de 2025

Publicado

25 de julio de 2026

Cómo citar

Morales Malagón, M.I., Sánchez Rodríguez, D. y Polanía, A.M. (2026). Orellana deshidratada por ventana de refractancia: Impacto nutricional en barras de proteína. *RIVAR*, 13(40), 176-192. <https://doi.org/10.35588/bgs45j44>

ABSTRACT

The study evaluated the effect of refractive window (RW) drying on oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) and their incorporation into protein bars. The hypothesis was that RW drying would preserve their nutritional properties and increase the protein and fiber content in the bars. Oyster mushroom pieces (2x4 cm; initial moisture: 90.92%) were subjected to osmotic dehydration (4% saline solution, 45 minutes), reducing moisture to 81.72%. RW drying was then tested at different temperatures (60, 70, and 80 °C). The dehydrated mushrooms were added to cereal bars (5%-15%). Lightness, color, protein, ash, and fiber content were analyzed. Results showed that 60 °C was the optimal temperature (280 minutes), minimizing lightness loss (24.34%), color change (18.16%), and preserving protein content (21.90%). Bars with oyster mushrooms contained 11-16% protein, 1.60-2.19% ash, and 0.77-2.17% fiber. The formulation with 5% mushrooms stood out, reaching a protein content of 16.05% ± 0.02%. The study concludes that RW drying at 60 °C preserves the properties of oyster mushrooms, and their inclusion in bars enhances their nutritional profile, with the 5% concentration being the most effective.

KEYWORDS

Mushroom, dehydration, protein, nutrition.

RESUMEN

El estudio evaluó el efecto del secado por ventana de refractancia (VR) en la orellana (*Pleurotus ostreatus*) y su incorporación en barras de proteína. La hipótesis fue que la VR conservaría sus propiedades nutricionales y aumentaría el contenido proteico y de fibra en las barras. Se utilizaron trozos de orellana (2x4 cm; humedad inicial: 90,92%), sometidos a deshidratación osmótica (solución salina al 4%, 45 minutos), reduciendo la humedad al 81,72%. Luego, se probaron temperaturas de VR (60, 70 y 80 °C). La orellana deshidratada se añadió a barras de cereales (5%-15%), siendo analizadas su luminosidad, color, proteína, ceniza y fibra. Los resultados mostraron que 60 °C fue la temperatura óptima (280 minutos), minimizando pérdida de luminosidad (24,34%), cambio de color (18,16%) y manteniendo proteína (21,90%). Las barras con orellana presentaron 11-16% de proteína, 1,60-2,19% de ceniza y 0,77-2,17% de fibra. La formulación con 5% de orellana destacó, alcanzando 16,05% ± 0,02% de proteína. El estudio concluye que el secado por VR a 60 °C preserva las propiedades de la orellana, y su inclusión en barras mejora su perfil nutricional, siendo la concentración del 5% la más efectiva.

PALABRAS CLAVE

Hongo, deshidratación, proteína, nutrición.

RESUMO

O estudo avaliou o efeito da secagem por janela de refração (JR) na orelha-de-pau (*Pleurotus ostreatus*) e sua incorporação em barras proteicas. A hipótese foi que a JR preservaria suas propriedades nutricionais e aumentaria o teor proteico e de fibras nas barras. Foram utilizados pedaços de orelha-de-pau (2x4 cm; umidade inicial: 90,92%), submetidos a desidratação osmótica (solução salina a 4%, 45 minutos), reduzindo a umidade para 81,72%. Em seguida, testaram-se temperaturas de JR (60, 70 e 80 °C). A orelha-de-pau desidratada foi adicionada a barras de cereais (5%-15%). Foram analisados luminosidade, cor, proteína, cinzas e fibras. Os resultados mostraram que 60 °C foi a temperatura ótima (280 minutos), minimizando a perda de luminosidade (24,34%), alteração de cor (18,16%) e mantendo o teor proteico (21,90%). As barras com orelha-de-pau apresentaram 11-16% de proteína, 1,60-2,19% de cinzas e 0,77-2,17% de fibras. A formulação com 5% de orelha-de-pau destacou-se, alcançando 16,05% ± 0,02% de proteína. O estudo conclui que a secagem por JR a 60 °C preserva as propriedades da orelha-de-pau, e sua inclusão em barras melhora o perfil nutricional, sendo a concentração de 5% a mais eficaz.

PALAVRAS-CHAVE

Cogumelo, desidratação, proteína, nutrição.

Introducción

Con el incremento de la población mundial, la reducción de la tierra cultivable, la demanda de alimentos funcionales y de calidad, se hace necesario buscar proteínas alternativas que permitan cubrir estas problemáticas. Por lo anterior, se considera una opción viable a los hongos comestibles, siendo estos una cadena agroalimentaria microbiana emergente e importante, con impacto en la producción de alimentos para el consumo humano directo y como fuente inagotable de nuevos compuestos bioactivos con propiedades funcionales y medicinales (Hossen et al., 2021).

Entre los hongos comestibles se encuentra un hongo perteneciente a la clase de *Basidiomycetes* y al orden *Agaricales*, familia de *Tricholomataceae*, género *Pleurotus* y especie *ostreatus* (Flores Ramirez, 2019). Este hongo es comúnmente llamado seta de ostra, gírgolas u orellanas, y se caracteriza por tener alto contenido de proteína con valores reportados de 25,4% (Cueva Calva, 2018); estudios *in vitro* indican una digestibilidad de la proteína de 90,8% para la harina del hongo (Aguilar y Bustamante, 2020). Adicionalmente se reportan efectos beneficiosos para el ser humano, debido a sus propiedades terapéuticas como antiinflamatoria, antimicrobiana, antiviral, antitumoral, antioxidante, antimutagénica, hipotensora, cardioprotectora, antidiabética e inmunomoduladora, entre otras (Llauradó-Maury et al. 2021). Por otro lado, un aspecto limitante para la comercialización de este producto es su alto contenido de humedad (87% a 93%) y elevada actividad de agua (0,980 a 0,997), lo cual favorece su rápida descomposición después de ser cosechado, razón por la cual es necesario tener medidas efectivas de conservación de productos frescos en su recolección, compra y transporte (Falandysz et al., 2020).

La deshidratación es una alternativa al respecto, ya que impide el crecimiento de microorganismos, reduce la actividad enzimática, ralentiza las reacciones en presencia de agua y, por lo tanto, preserva eficazmente las propiedades positivas de los hongos y prolonga su vida útil. Los procesos de secado pueden influir en las propiedades del producto y su composición original, también en la estructura celular de la materia prima y, por lo tanto, en la liberación y biodisponibilidad de sustancias de la matriz alimentaria (Ucar y Karadag, 2019). Por otra parte, se destaca la deshidratación osmótica como pretratamiento, la cual busca eliminar contenido de agua mediante un proceso de inmersión en una solución hipertónica, mejorando la velocidad de secado y disminuyendo el tiempo de secado (Bozkir et al., 2019).

Entre estos métodos se encuentra el secado por ventana de refractancia (VR). Es un sistema de secado de película delgada que tiene altas tasas de transferencia de calor y masa que aceleran la velocidad de secado; para este proceso se utiliza agua caliente circulante a presión atmosférica como medio calefactor al material, para ser deshidratado. Este método se caracteriza por tiempos de secado cortos (3-6 min) y relativamente bajas temperaturas durante el secado (30-70 °C), y permite así una mejor retención de color, vitaminas y antioxidantes. También se caracteriza

por una mayor eficiencia térmica y una mejor economía de costos (Shende y Datta, 2019).

Aprovechando las propiedades nutricionales de la orellana y su alto contenido de proteína, se considera una base importante para la elaboración de un producto saludable, como lo son las barras de cereales (Martínez et al. 2021). Las barras de cereales son productos obtenidos a partir de la compresión de los cereales tostados que pueden contener frutos secos, oleaginosas, semillas y jarabes de azúcar, usados como agentes ligantes, constituyendo una opción de comida saludable. Siendo así, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la adición de orellana deshidratada en la formulación de barra de cereal, evaluando características fisicoquímicas y nutricionales importantes como el contenido de proteína, fibra cruda y cenizas.

Materiales y métodos

Ubicación y selección de la materia prima

La experimentación se realizó en el laboratorio de Alimentos de la Universidad del Valle, en Tuluá, Valle del Cauca, Colombia. Se emplearon orellanas (*Pleurotus ostreatus*) proporcionadas por la Granja Agroecológica Frutos de mi Paraíso, de Andalucía, Valle del Cauca, obtenidas bajo las especificaciones de la norma CXS 38-1981. Las orellanas se lavaron con agua potable y fueron higienizadas por inmersión en una solución de ácido acético al 5% durante tres minutos. Después de la desinfección, se eliminaron los tallos y se cortaron muestras del sombrero con geometría rectangular (20 mm de ancho por 40 mm de alto y 2 mm de espesor).

Pretratamiento por deshidratación osmótica (DO)

Los trozos de orellana fueron sumergidos en una solución hipertónica de cloruro de sodio al 4% durante 45 min realizando agitación manual con una varilla de agitación de vidrio. Esta se realizó utilizando una razón 1:12 producto/solución en (p/p).

Deshidratación por ventana de refractancia (VR)

Los trozos de orellana se secaron en un sistema de secado compuesto por baño termostático (Memmert, modelo WNB 10, Alemania) sobre el cual se colocó una película de Mylar®. Se evaluaron tres temperaturas del agua: 60, 70 y 80 °C, y se secó hasta alcanzar un porcentaje de humedad b.h. inferior a 12% según lo especificado por la norma CODEX STAN 39-1981 (FAO, 1981).

Contenido de humedad

Se realizó siguiendo el método AOAC 20.013 (AOAC, 1980). Este método consiste en la determinación de la pérdida de peso del producto en una estufa de secado a 70

°C durante 24 h, basado en la diferencia de pesos. Se utilizó una estufa de secado (Mettler, referencia UN-55-nq, Alemania) y una balanza digital de 0,0001 g de precisión (BOECO Balanzas BAS Plus, Alemania). Con los valores registrados, se graficaron las curvas de secado. El cálculo se realizó con la ecuación 1 y 2.

$$x_t = \frac{M_t - M_s}{M_s} \quad [1]$$

$$M_s = 1 - \left(\frac{X_0}{100}\right) \quad [2]$$

Donde M_t es el peso del sólido húmedo (kg totales de agua más sólido seco), M_s es el peso del sólido seco (kg sólido seco), X_0 es la fracción de agua inicial de la muestra y x_t es la relación entre el peso del agua y el peso del sólido seco (M_s) a un determinado tiempo (kg de agua/kg M_s).

Color

Con un espectrocolorímetro (3nh, China), se obtuvieron las coordenadas de color CIE-L*a*b* a partir de los espectros de reflexión de las muestras, utilizando como referencia el iluminante D65 y el observador 10°. A partir de estas coordenadas se estimó el cambio global del color (ΔE) (ecuación 3).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2} \quad [3]$$

Donde a, b y L son coordenadas del sistema CIE-L*a*b*.

Contenido de proteína cruda

La proteína cruda se determinó por el procedimiento de Kjeldahl (AOAC 976,05, $N \times 6,25$), en donde el contenido de nitrógeno es convertido en sales de amoníaco por la digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado. La estimación del contenido de proteína presente en la muestra se realizó mediante la siguiente ecuación 4.

$$\% \text{ Proteína} = \left[\frac{(V_1 - V_0)(N)}{M} \right] * meq * factor \quad [4]$$

Donde V_1 : Volumen gastado de HCl (mL) para neutralizar la muestra, V_0 : Volumen gastado de HCl (mL) del blanco, N: Normalidad del HCl (g de soluto/L de solución), meq: Miliequivalentes de nitrógeno (1.4007), M: Peso en gramos de la muestra.

El contenido de proteína cruda se determinó multiplicando el porcentaje de nitrógeno por el factor 6,25 (conversión de nitrógeno a proteína).

A partir de los resultados del proceso de secado se determinó la temperatura que generó un menor cambio de color y conservó mejor el contenido de proteína. Esta condición de secado se empleó para acondicionar todas las muestras para la producción de la barra de cereales.

Formulación para la base de barra de cereales

Para la preparación de la barra a base de cereal se trabajó a partir de una formulación base con avena, maní, ajonjolí y un jarabe aglutinante elaborado con miel y jarabe de glucosa. Ello, con la adición según las distintas formulaciones de *Pleurotus ostreatus* deshidratado previamente triturado. Cabe resaltar que se decidió realizar una sustitución parcial del contenido de maní en la barra por orellana deshidratada, ya que el maní es un ingrediente comúnmente empleado en las barras de cereal (Tabla 1).

Tabla 1. Composición porcentual de ingredientes en barras
Table 1. Ingredient percentage composition in bars

Ingrediente	Cantidad (%)					
	Control	C1	C2	C3	C4	C5
Orellana seca	-	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0
Avena	24,7	24,7	24,7	24,7	24,7	24,7
Maní	30,0	25,0	22,5	20,0	17,5	15,0
Ajonjolí	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
Miel	23,6	23,6	23,6	23,6	23,6	23,6
Jarabe de glucosa	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7

Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

Contenido de fibra bruta

El contenido de fibra bruta se determinó mediante el método gravimétrico (AOAC 962.09), empleando el método de pérdida por ignición de residuo seco que queda después de la digestión de la muestra, con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de potasio en condiciones específicas. La muestra desengrasada se llevó a un proceso de digestión con soluciones sucesivas de ácido sulfúrico 1,25% (p/p) e hidróxido de potasio de 1,15% (p/p), ambos reactivos marca Merck. El residuo obtenido se separó por filtración empleando un embudo Buchner y tela dacrón; luego se lavó con agua destilada y se secó en estufa a 105 °C durante dos horas (Memmert, referencia UN-55-nq, Alemania). Se pesó y se calcinó en un horno mufla (Memmert, Alemania) a 550 °C durante dos horas. La pérdida de peso debido a la calcinación corresponde a la fibra cruda de la muestra.

A partir de los datos obtenidos se calculó el porcentaje de fibra mediante la ecuación 5.

$$C = \frac{P_i - P_B}{M} \quad [5]$$

Donde C: Porcentaje de fibra cruda en muestra molida, Pi: Pérdida de peso en la incineración (g), PB: Pérdida de peso del blanco (g) y M: Peso de la muestra (g).

Ceniza

Se determinó por horno de mufla con incineración en seco a 550 °C durante 24h (AOAC 942.05). El cálculo del contenido de ceniza se realizó mediante la ecuación 6:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{(P-p)(100)}{M} \quad [6]$$

Donde P es la masa del crisol con las cenizas en gramos, p es la masa del crisol vacío en gramos y M es la masa de la muestra en gramos.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95% para determinar la significancia del efecto de la temperatura sobre el color, el contenido de humedad y el contenido de proteína esto con respecto al secado de la orellana. Para el caso de las barras se realizó un análisis similar sobre el efecto de la adición de orellana sobre el contenido de proteína, fibra cruda y ceniza de las barras. El procesamiento de los datos se realizó con el software estadístico Minitab 18. Para las diferencias significativas entre tratamientos se realizó una prueba Tukey.

Resultados y discusión

Pretratamiento de deshidratación osmótica (OD)

Las muestras de orellana de 2x4 cm tenían un contenido de humedad inicial promedio de $(90,9 \pm 2,10\%)$. Este resultado se asocia con el estudio de Vélez et al. (2023), en el cual reportaron humedades para el hongo fresco de $91,52 \pm 0,71\%$. Luego de la desinfección y la deshidratación osmótica se obtuvo una humedad de $(81,7 \pm 2,40\%)$. Se observó que al someter a la orellana a secado por (DO) presentaba en el himenio una estructura suave y lisa que favorece el proceso de transferencia de masa y pérdida de humedad en el posterior secado por VR. Entre los estudios donde se analizan estos cambios en la estructura durante la DO de los hongos comestibles se encuentra el de González-Pérez et al. (2019), quienes indican que los hongos blancos (*Agaricus bisporus*) se vuelven más planos durante su procesamiento. Adicionalmente en este estudio atribuye los cambios en la estructura al colapso de la estructura celular que es causada por los procesos de transporte de solutos que se dan durante el proceso de (DO) en bajas concentraciones.

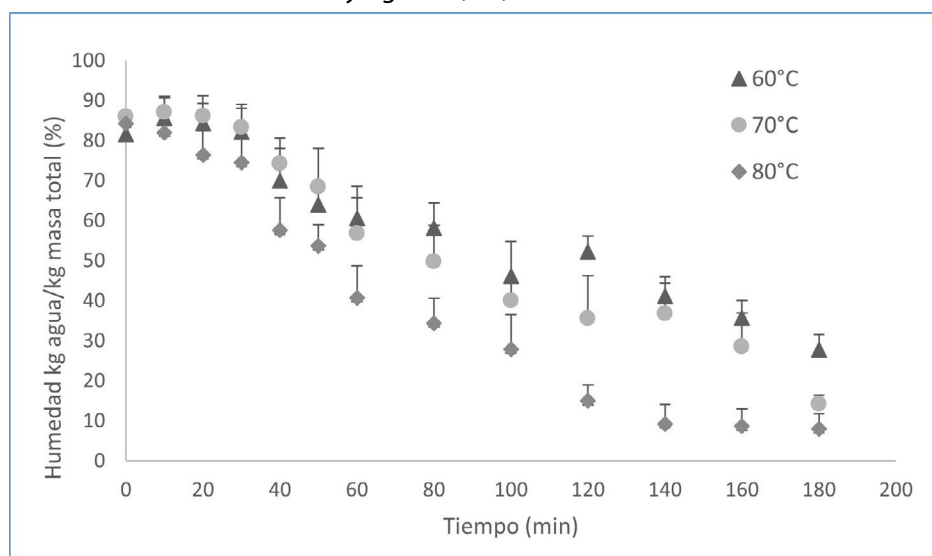
Secado de orellana (*Pleurotus ostreatus*)

Cinéticas de secado

Después se realizó el secado en ventana de refractancia. En la Figura 1 se muestran las curvas de secado obtenidas a diferentes temperaturas de secado hasta alcanzar una humedad en b.h. inferior al 12%, según lo especifica el CODEX STAN 38-1981 (FAO, 1981). La duración de la etapa de secado fue de aproximadamente 280 min a 60 °C, 240 min a 70 °C y 180 min a 80 °C.

Figura 1. Cinéticas de secado de muestras de orellana mediante VR para las temperaturas de 60, 70 y 80 °C

*Figure 1. Drying curves of *Pleurotus ostreatus* samples processed with refractive window drying at 60, 70, and 80 °C*



Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

Como se esperaba, se observó un aumento en la velocidad de secado con el aumento de la temperatura de secado. Se observa que en las tres temperaturas la humedad disminuye respecto al tiempo, lo que coincide con lo encontrado por Soberao et al. (2022). Adicionalmente se evidencia un periodo inicial de humedad constante los primeros 30 min, donde la pérdida de humedad es pequeña, más evidente en el secado a 60 y 70 °C. Posteriormente se presenta una mayor pérdida de humedad a partir de los 30 min hasta los 120 min, debido a que este alimento posee una gran cantidad de agua libre y que se libera rápidamente. Después de los 120 min tiende a ser menor la pérdida de humedad en la muestra, lo que se evidencia en una menor diferencia en el peso de la muestra, el cual tiende a ser constante. Se observó además que, a mayor temperatura, la pérdida de humedad es mayor, siendo así la humedad final de las muestras secadas por VR a 60, 70 y 80 °C fue de 9.49 ± 2.81 ; 8.77 ± 4.70 y 7.98 ± 3.80 % respectivamente. Esto indica que cuanto mayor sea la temperatura y el tiempo de secado, mayor es la evaporación de agua, al favorecer la capacidad de la muestra para liberar agua de su superficie de modo que el contenido de humedad resulte menor.

Con el objetivo de realizar el análisis estadístico para observar el efecto de la temperatura sobre la humedad, se estipuló el tiempo de 180 min y se evaluó la humedad en ese tiempo para cada temperatura. En el ANOVA se obtuvo un valor ($P < 0,05$), lo cual indica que existe una diferencia significativa sobre el efecto de la temperatura en el contenido de humedad de las muestras. Se evidenció mediante una prueba Tukey que las comparaciones de 70-60 °C y 80-60 °C presentan diferencias significativas, sin embargo, para la comparación de 80-70 °C no presenta diferencia significativa.

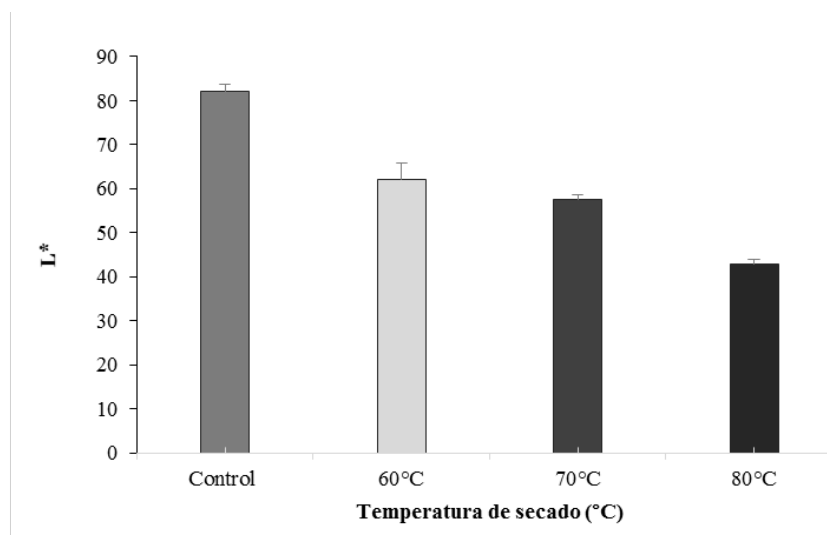
Análisis de color

Luminosidad L^*

La Figura 2 representa el cambio del parámetro L^* después del proceso de secado por VR para las diferentes temperaturas de las muestras de orellana, donde se puede evidenciar una disminución en la luminosidad de las muestras debido al aumento en la temperatura empleada en el secado, indicando una disminución del brillo de 24,34%, 30,01% y 47,92% para las temperaturas de 60, 70 y 80 °C, respectivamente, en comparación con los valores para la muestra fresca.

Figura 2. Variación de la luminosidad L^* en las muestras secadas por VR a diferentes temperaturas

Figure 2. Lightness L^ changes in refractive-window-dried samples at various temperatures*



Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

Se puede atribuir este comportamiento a las reacciones de pardeamiento enzimático por acción de las enzimas polifenol oxidasa sobre sustancias fenólicas y no enzimáticas que se dan durante el secado. Por lo tanto, es posible que se conservara

el color más brillante debido al uso de temperaturas más bajas que corresponde al secado a 60 °C (Engin, 2020).

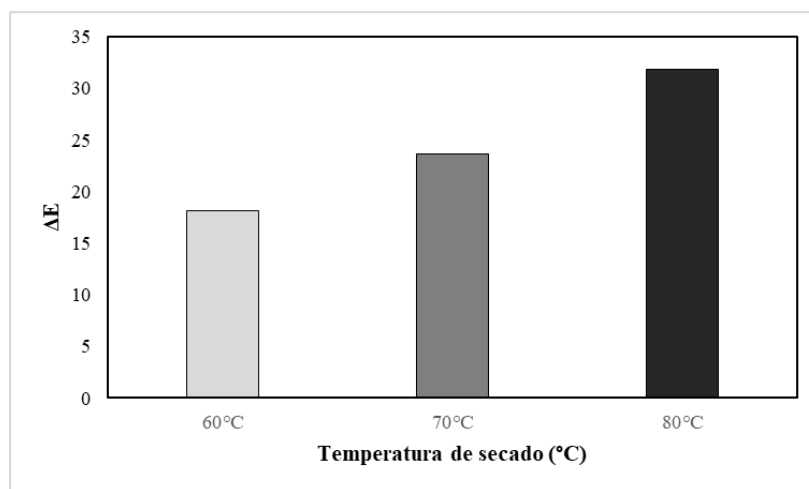
Al realizar un análisis de varianza se obtuvo un valor de $P < 0,05$, lo cual indica que existe un efecto significativo con respecto a la temperatura de secado para el parámetro de L^* . El estadístico R-cuadrado fue de 92,73% lo que indica que el modelo explica gran parte de la variabilidad de la luminosidad en torno a su media. Los resultados obtenidos empleando la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) fueron valores de $P < 0,05$ para la comparación de 80-60 °C y 80-70 °C, lo que indica que existe diferencia significativa en la luminosidad para estas relaciones.

Cambio global de color (ΔE)

Los valores del cambio global de color ΔE se encuentran en la Figura 3 donde se observa que cuanto mayor es la temperatura, mayor era el ΔE .

Figura 3. Cambio global de color en las muestras secadas por VR a diferentes temperaturas

Figure 3. Overall color difference in RW-dried samples at various temperatures



Fuente: elaboración propia. Source: own elaboration.

Mostrando para las temperaturas de 60, 70 y 80 °C valores de 18,16, 23,61 y 32,88 respectivamente lo que indica que el aumento de la temperatura de secado genera un oscurecimiento de las muestras que resultara en un aumento significativo en el cambio global de color. Lo anterior coincide con el estudio de Engin (2020), en donde evidenciaron que el valor de ΔE se ve más afectado por el cambio de temperatura, obteniendo valores para una temperatura de 65 °C de ΔE 10,09. El proceso de secado en el que el cambio global de color fue menor es a 60 °C.

Contenido de proteína

En la Tabla 2 se encuentran los resultados del contenido de proteína en base seca para las muestras de orellanas después del secado a diferentes temperaturas.

Tabla 2. Contenido de proteína en base seca con respecto a la temperatura de secado

Table 2. Protein content on a dry basis as function of drying temperature

Temperatura (°C)	% Proteína
60	21,90 ± 0,81 ^a
70	14,94 ± 0,84 ^b
80	14,42 ± 0,91 ^b

Nota: los resultados se expresan como valor medio ± DE a-b letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Fuente: elaboración propia. Note: Results are expressed as mean ± SD. Different letters a-b in each column indicate significant differences ($p < 0.05$). Source: own elaboration.

Para la temperatura de 60 °C se aprecia un valor más alto de proteína en comparación con las temperaturas de 70 y 80 °C. Sin embargo, es diferente al reportado por Tolera y Abera (2017), donde se evaluaron diferentes métodos de secado observando un contenido de proteína significativamente mayor (27,14%) para la muestra secada al sol en comparación con los de otros tratamientos. Se observó un menor contenido de proteína, 24,99%, en el producto secado al horno. Se encontró que, aunque se utilizó una temperatura media de 60 °C en el método de secado en horno, afectó el contenido de proteína significativamente más que los otros métodos de secado. De manera similar, Rincón et al. (2019) informaron que una temperatura del orden de 60 °C podría resultar en la desnaturalización de las proteínas, lo que llevaría a una reducción en el contenido de proteínas del hongo ostra. Por otro lado, esta variación también podría deberse a la diferencia en los sustratos de cultivo de hongos, los cuales presentan diferentes aportes nutricionales. También el contenido de proteínas del hongo ostra seco puede verse afectado por la lixiviación durante el remojo y/o a la pérdida durante las reacciones de pardeamiento. Adicionalmente en el estudio de Özünlü y Ergezer (2021) obtuvieron valores similares, reportando un contenido de proteína en la orellana deshidratada en un secador tipo bandejas a 50 °C de 20,25%.

Al realizar el ANOVA, se obtuvo un valor $p = 0,002$; siendo así, se determinó que la temperatura tiene un efecto significativo sobre contenido de proteína. El modelo tiene un R-cuadrado de 87,90%. En la prueba Tukey se evidenció que la temperatura de 60 °C presenta diferencias significativas en comparación al efecto de la temperatura de 70 °C y 80 °C sobre el contenido de proteína en la orellana deshidratada.

Finalmente, con respecto al proceso de secado de la orellana se determinó que la temperatura ideal para el secado de la orellana y su posterior adición en la barra de cereales es la de 60 °C, en tanto bajo esta temperatura la orellana pierde significativamente menor luminosidad en comparación con los demás tratamientos evaluados (70-80 °C) y a su vez presenta un menor cambio global en el color. Además, en el secado a 60 °C se conservó mejor el contenido de proteína de la orellana (21,90 ± 0,81%).

Análisis fisicoquímico

Para el desarrollo de las barras de proteína a base de cereales enriquecidas con la adición de *Pleurotus ostreatus* deshidratado se evaluaron diferentes formulaciones que se encuentran en la Tabla 1, donde se muestra los porcentajes de variación tanto del maní como la orellana deshidratada. En la Tabla 3, se muestran los resultados de los análisis de composición química de las principales características elegidas para el análisis del efecto de la adición de la orellana en barras de cereales sobre sus propiedades nutricionales (proteína, fibra bruta y cenizas).

Tabla 3. Contenido de proteína cruda, ceniza y fibra cruda en las barras con diferente concentración de *Pleurotus ostreatus*

Table 3. Crude protein, ash and crude fiber content in bars with different concentrations of *Pleurotus ostreatus*

Variable (%)	Proteína cruda (%)	Ceniza (%)	Fibra cruda (%)
Control	14.11 ± 0.18	1.38 ± 0.02	0.27 ± 0.02
5	16.05 ± 0.02 ^a	1.60 ± 0.01 ^b	0.77 ± 0.18 ^b
7.5	12.36 ± 0.42 ^{ab}	1.53 ± 0.01 ^b	1.40 ± 0.63 ^{ab}
10	11.43 ± 0.58 ^b	1.68 ± 0.10 ^b	1.30 ± 0.63 ^{ab}
12.5	13.62 ± 0.23 ^{ab}	1.55 ± 0.002 ^b	1.53 ± 0.28 ^{ab}
15	13.54 ± 0.58 ^{ab}	2.19 ± 0.08 ^a	2.17 ± 0.03 ^a

Nota: a-b, letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (p < 0.05). Fuente: elaboración propia. Note: a-b, different letters in each column indicate significant differences (p < 0.05). Source: own elaboration.

Proteína cruda

El contenido de proteína de la barra control sin orellana concuerda con valores obtenidos por Carrasco y Salas (2023), en donde evidenciaron que los porcentajes de proteína obtenidos para barras energéticas elaboradas a base de ajonjolí, maní y melaza tuvo valores entre 12.528% a 14.521%. Por otra parte, el mayor contenido de proteína se presentó en las barras con 5% de orellana mientras que la formulación que mostró un menor contenido de proteína fue la de 10%.

Esto se puede explicar debido a que la cantidad de proteína de un alimento está directamente relacionada con la cantidad y calidad de proteína de los ingredientes que la componen (Márquez, 2018) y teniendo en cuenta que el contenido de proteína inicial de la orellana deshidratada es de $21,90 \pm 0,81$; adicional a esto, entre los ingredientes que componen la barra se encuentra el maní, el cual genera un gran aporte de proteína, siendo de $30,17 \pm 0,26\%$. Por lo cual, la variación de los componentes ocasiona que no exista una tendencia clara en el contenido de proteína, debido a que en este caso el maní tiene un mayor contenido de proteína que la orellana. El contenido proteico alcanzado fue del 11-16%, siendo superior al promedio de 5,5% de las barras de cereales comerciales (Rincón et al., 2019).

Al realizar el ANOVA mostró que el contenido de orellana tiene un efecto significativo en el contenido de proteína de las barras, al obtener valores de $P < 0,05$. El estadístico R-cuadrado fue de 83,46%, lo que indica que el modelo explica gran parte de la variabilidad del contenido de proteína en torno a su media. Se evidenció mediante una prueba de Tukey, se obtuvieron valores de $P < 0,05$ para la comparación de 10-5%, apuntando a que existe una diferencia significativa en el contenido de proteína para estas relaciones.

Fibra cruda

Como se muestra en la Tabla 3, el contenido de fibra para la barra control fue de $0,27 \pm 0,02\%$, un resultado similar al reportado en el estudio de Amangandi y Angamarca (2022), donde indican un contenido de fibra cruda de 0,96% para una barra energética a base de una mezcla de cereales. Adicionalmente se observó que al aumentar el contenido de orellana aumenta la cantidad de fibra cruda presente en la barra. Así se obtiene el valor más alto de fibra en la barra con un 15% de orellana, con un valor de $2,17 \pm 0,03\%$ siendo mayor a lo reportado por estudios como el de Guerrero y Rivera (2017) en barra de cereales y leguminosa adicionada con *Pleurotus ostreatus*, quienes encontraron un contenido de fibra en la barra de 1,009%. Esto se puede atribuir al porcentaje de orellana adicionado a la barra, ya que en este último mencionan que el contenido de orellana en la barra puede incrementarse para lograr una mayor aceptación entre el público y de tal forma poder aumentar también la proporción de fibra, que es muy baja en la barra.

Sin embargo, al realizar el ANOVA de los resultados obtenidos para el contenido de fibra en las barras con diferentes formulaciones se obtuvo un valor $P > 0,05$, lo cual indica que no existe una diferencia significativa sobre el efecto del porcentaje de orellana en la barra sobre el contenido de fibra. Al realizar la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) se obtuvo que existe una diferencia significativa entre la comparación 15-5%, lo cual concuerda ya que estos son los valores máximos y mínimos de fibra que se obtuvieron entre las formulaciones evaluadas.

Ceniza

Las cenizas en los alimentos están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado. Las cenizas obtenidas no tienen necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original, ya que pueden existir pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los constituyentes (Márquez, 2014). Como se puede observar en la Tabla 3 el porcentaje de ceniza oscila entre 1,38% y 2,19%; esto se relaciona con el estudio de Guerrero y Rivera (2017), quienes reportaron un contenido de cenizas de 2,81% en barras de avena, amaranto, cacahuete, miel de abeja y *Pleurotus ostreatus*.

Para el análisis de ceniza se realizó un ANOVA, donde se obtuvo un valor $p = 0,001$; siendo así, se determinó que la formulación de la barra y el contenido de orellana tiene un efecto significativo sobre el porcentaje de ceniza. En la prueba Tukey se evidenció que la formulación con una concentración de orellana del 15% es significativamente diferente a las demás formulaciones en cuanto a su contenido de ceniza.

Se determinó que la combinación de ingredientes como el maní, avena, ajonjolí y el hongo comestible *Pleurotus ostreatus* representa una excelente alternativa en las formulaciones de barra de cereales obteniendo contenido de proteína superiores al promedio de las barras comerciales, con valores de contenido de proteína del orden de 11-16%. Adicionalmente el aumento del contenido del hongo deshidratado en las barras tiene una relación directamente proporcional al contenido de fibra cruda y ceniza pasando de valores de 0,27-2,17% y 1,38-2,19% respectivamente, teniendo un efecto significativo sobre el contenido de proteína y la ceniza.

Conclusiones

La temperatura de secado en ventana de refractancia tuvo una influencia en el tiempo de secado de las muestras de orellana. Las cinéticas mostraron que a mayor temperatura se presentan mayores pérdidas de agua para un mismo tiempo de secado. Por otra parte, durante la cinética de secado se evidenció un efecto significativo sobre la luminosidad de las muestras en general observándose un oscurecimiento de las muestras en todos los tratamientos evaluados, esto se adjudica a los procesos de pardeamiento enzimático y reacción de Maillard lo cual se ve reflejado en una disminución la luminosidad. Finalmente, se determinó que la combinación de ingredientes como el maní, avena, ajonjolí y el hongo comestible *Pleurotus ostreatus* representa una excelente alternativa en las formulaciones de barra de cereales obteniendo contenido de proteína superiores al promedio de las barras comerciales, con valores de contenido de proteína del orden de 11-16%.

Declaración de autoría (CRediT)

Maria Isabel Morales Malagón: Curación de datos, análisis formal, investigación, metodología y redacción – revisión y edición.

Daniela Sánchez Rodríguez: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, redacción – borrador original y redacción – revisión y edición.

Anna María Polanía: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, administración del proyecto, recursos, supervisión, validación, redacción – borrador original y redacción – revisión y edición.

Referencias

- AguilarHuillca, A.I. y Bustamante Flores, P.G. (2020). *Determinación de la digestibilidad proteica in vitro de harina de Pleurotus ostreatus*. Informe de investigación. Universidad Peruana Unión. <https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/46aa6055-ebcc-400e-b21a-51451dfdb293/content>
- Amangandi Pilamunga, R.G. y Angamarca Rodríguez, J.J. (2022). *Elaboración de una barra energética a base de una mezcla de cereales utilizando dos tipos de edulcorantes naturales, en el complejo agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar*. Tesis de grado. Universidad Estatal de Bolívar.
- Bozkir, H., Ergün, A.R., Serdar, E., Metin, G. y Baysal, T. (2019). Influence of ultrasound and osmotic dehydration pretreatments on drying and quality properties of persimmon fruit. *Ultrasonics Sonochemistry*, 54, 135-141. DOI [10.1016/j.ultsonch.2019.02.006](https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.02.006)
- Carrasco Huayanay, J.G. y Salas Lezma, R.J. (2023). *Formulación y optimización de barra energética de ajonjolí (Sesamum indicum), maní (Arachis hypogaea) y melaza (Saccharum officinarum)*. Tesis de grado. Universidad Nacional del Salta.
- Cueva Calva, C.M. (2018). *Aprovechamiento de residuos de plátano, cacao y maíz como sustratos para la producción del hongo Pleurotus ostreatus, en la comunidad La Magdalena de Francisco de Orellana*. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Engin, D. (2020). Effect of drying temperature on color and desorption characteristics of oyster mushroom. *Food Science and Technology*, 40(1), 187-193. DOI [10.1590/fst.37118](https://doi.org/10.1590/fst.37118)
- Falandysz, J., Wang, Y., Saniewski, M. y Fernandes, A.R. (2020). 137 Caesium, 40 Potassium and potassium in raw and deep-oil stir-fried mushroom meals from Yunnan in China. *Journal of Food Composition and Analysis*, 91, 103538. DOI [10.1016/j.jfca.2020.103538](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103538)

- FAO (1981). *Norma general del Codex para los hongos comestibles y sus productos CODEX STAN 38-1981*. FAO.
- Flores Ramirez, L.T. (2019). *Producción y secado de hongos comestibles (Pleurotus ostreatus) utilizado como sustrato los desechos de la cáscara de maní (Arachis hypogaea Lineau)*. Disertación doctoral. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- González-Pérez, J.E., López-Méndez, E.M., Luna-Guevara, J.J., Ruiz-Espinosa, H., Ochoa-Velasco, C.E. y Ruiz-López, I.I. (2019). Analysis of mass transfer and morphometric characteristics of white mushroom (*Agaricus bisporus*) pilei during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 240, 120-132. DOI [10.1016/j.jfoodeng.2018.07.026](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.026)
- Guerrero, A.C. y Rivera, D.J.L. (2017). Evaluación de la aceptación y caracterización de una barra de cereales y leguminosa adicionada con *Pleurotus ostreatus*. *E-CUCBA*, 7, 21-24.
- Hossen, S.M., Hossain, M.S., Akbar, S., Tahmida, U., Mawa, J. y Emon, N.U. (2021). Wild mushrooms showed analgesic and cytotoxic properties along with phytoconstituent's binding affinity to COX-1, COX-2 and cytochrome P450 2C9. *Heliyon*, 7(9), e07997. DOI [10.1016/j.heliyon.2021.e07997](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07997)
- Llauradó-Maury, G., Morris-Quevedo, H.J., Heykers, A., Lanckacker, E., Cappoen, D., Delputte, P., Vanden Berghe, W., Salguiero, Z. y Cos, P. (2021). Differential induction pattern towards classically activated macrophages in response to an immunomodulatory extract from *Pleurotus ostreatus* Mycelium. *Journal of Fungi*, 7, 206. DOI [10.3390/jof7030206](https://doi.org/10.3390/jof7030206)
- Márquez Sigüas, B.M. (2014). *Refrigeración y congelación de alimentos: Terminología, definiciones y explicaciones*. Tesis de grado. Universidad Nacional de San Agustín.
- Martínez Álvarez, Ó., Iriando-DeHond, A., Gómez Estaca, J. y Castillo, M. (2021). Nuevas tendencias en la producción y consumo alimentario. *Distribución y Consumo*, 31(165), 51-62.
- Özünlü, O. y Ergezer, H. (2021). Possibilities of using dried oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in the production of beef salami. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(2), e15117. DOI [10.1111/jfpp.15117](https://doi.org/10.1111/jfpp.15117)
- Rincón, I.C., Cuevas, A.A., Díaz, N.Á. y Medina, D.L. (2019). Barra nutritiva a base de vegetales y cereales. *TECTZAPIC Revista Académico-Científica*, 5(2), 99-110.
- Shende, D. y Datta, A.K. (2019). Refractance window drying of fruits and vegetables: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(4), 1449-1456.

DOI [10.1002/jsfa.9356](https://doi.org/10.1002/jsfa.9356)

- Soberao, Y.R.C., Zafra, L.M.C., Mosqueda, L.M., Fernández, Y.P. y Sánchez, A.P. (2022). Secado y rehidratación de la seta comestible *Pleurotus ostreatus*. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 32(3), 29-34.
- Tolera, K.D. y Abera, S. (2017). Nutritional quality of oyster mushroom (*Pleurotus Ostreatus*) as affected by osmotic pretreatments and drying methods. *Food Science & Nutrition*, 5(5), 989-996. DOI [10.1002/fsn3.484](https://doi.org/10.1002/fsn3.484)
- Ucar, T.M. y Karadag, A. (2019). The effects of vacuum and freeze-drying on the physicochemical properties and in vitro digestibility of phenolics in oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13, 2298-2309. DOI [10.1007/s11694-019-00149-w](https://doi.org/10.1007/s11694-019-00149-w)
- Vélez-Urbe, T., Orozco-Agudelo, N., Manjarrés-Pinzón, G., Manjarrés-Pinzón, K., Gil-González, J. y Rodríguez-Sandoval, E. (2023). Physicochemical, antioxidant, and technofunctional properties of mushroom (*Pleurotus sp*) flour obtained by hot air drying. *Dyna*, 90(225), 85-94.