

Artículo de Investigación

## Aplicación de hongos comestibles (*Suillus luteus*) en una bebida en polvo

*Application of edible mushrooms (*Suillus luteus*) in a powdered beverage*

*Aplicação de cogumelos comestíveis (*Suillus luteus*) em uma bebida em pó*



Ariel Gonzales Rondón<sup>1</sup>  , Silvia Pilco-Quesada<sup>1</sup>  

<sup>1</sup> Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, km 19 Carretera Central, Ñaña, Lurigancho Lima 15457, Perú.

Recibido: 2025-09-25 / Aceptado: 2025-11-07 / Publicado: 2025-11-20

### RESUMEN

Los hongos comestibles presentes extensamente en diversas partes del mundo poseen propiedades nutraceuticas importantes que pueden ser reconocidos por como “super food”. El objetivo de esta investigación fue aplicar el hongo comestible *Suillus luteus* en conjunto con otros alimentos como la maca y tarwi para crear una bebida en polvo instantánea con propiedades nutritivas excepcionales. Se realizaron 4 formulaciones variando los principales ingredientes en las siguientes proporciones: *S. luteus* (10, 15, 15 y 20%), maca (10, 10, 15 y 15%) y cacao (35, 30, 25 y 20%), además de usar 20% de tarwi en todas las formulaciones. Se evaluaron su composición proximal, propiedades fisicoquímicas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante por el método ABTS. La formulación que resaltó fue el F4 (20% de hongos comestibles, 15% maca, 20% cacao y 20% de tarwi), con un  $19.34 \pm 0.35\%$  de proteínas,  $59.29 \pm 0.80\%$  de carbohidratos,  $48.82 \pm 0.02$  mgAGE/ml de fenoles totales y  $20.08 \pm 2.00$  mmolTE/100g de capacidad antioxidante. La incorporación de los hongos en esta bebida potencializó sus propiedades nutritivas y nutraceuticas de la bebida, demostrando que su aplicación es posible en diferentes productos que promete ser una excelente alternativa sostenible para la industria alimentaria.

**Palabras clave:** hongos comestibles, “super food”, antiinflamatorio, tarwi, cacao, maca

### ABSTRACT

Edible mushrooms, which are widely found in various parts of the world, have important nutraceutical properties that can be recognized as “superfoods.” The objective of this research was to use the edible mushroom *Suillus luteus* in combination with other foods such as maca and tarwi to create an instant powdered drink with exceptional nutritional properties. Four formulations were made by varying the main ingredients in the following proportions: *S. luteus* (10, 15, 15, and 20%), maca (10, 10, 15, and 15%), and cocoa (35, 30, 25, and 20%), in addition to using 20% tarwi in all formulations. Their proximal composition, physicochemical properties, phenolic compounds, and antioxidant capacity were evaluated using the ABTS method. The formulation that stood out was F4 (20% edible mushrooms, 15% maca, 20% cacao, and 20% tarwi), with  $19.34 \pm 0.35\%$  protein,  $59.29 \pm 0.80\%$  carbohydrates,  $48.82 \pm 0.02$  mgGAE/ml total phenols, and  $20.08 \pm 2.00$  mmolTE/100g antioxidant capacity. The incorporation of mushrooms into this drink enhanced its nutritional and nutraceutical properties, demonstrating that its application is possible in different products, promising to be an excellent sustainable alternative for the food industry.

**keywords:** edible mushrooms, superfood, anti-inflammatory, tarwi, cocoa, maca

### RESUMO

Os cogumelos comestíveis amplamente presentes em diversas partes do mundo possuem propriedades nutraceuticas importantes que podem ser reconhecidas como “superalimentos”. O objetivo desta pesquisa foi aplicar o cogumelo

comestível *Suillus luteus* em conjunto com outros alimentos, como a maca e o tarwi, para criar uma bebida em pó instantânea com propriedades nutritivas excepcionais. Foram realizadas quatro formulações variando os principais ingredientes nas seguintes proporções: *S. luteus* (10, 15, 15 e 20%), maca (10, 10, 15 e 15%) e cacau (35, 30, 25 e 20%), além de usar 20% de tarwi em todas as formulações. Foram avaliadas sua composição proximal, propriedades físico-químicas, compostos fenólicos e capacidade antioxidante pelo método ABTS. A formulação que se destacou foi a F4 (20% de cogumelos comestíveis, 15% de maca, 20% de cacau e 20% de tarwi), com  $19,34 \pm 0,35\%$  de proteínas,  $59,29 \pm 0,80\%$  de carboidratos,  $48,82 \pm 0,02$  mgAGE/ml de fenóis totais e  $20,08 \pm 2,00$  mmolTE/100g de capacidade antioxidante. A incorporação dos fungos nesta bebida potencializou suas propriedades nutritivas e nutracêuticas, demonstrando que sua aplicação é possível em diferentes produtos, o que promete ser uma excelente alternativa sustentável para a indústria alimentícia.

**palavras-chave:** cogumelos comestíveis, “superalimento”, anti-inflamatório, tarwi, cacau, maca

### Forma sugerida de citar (APA):

Gonzales Rondón, A., & Pilco-Quesada, S. (2025). Aplicación de hongos comestibles (*Suillus luteus*) en una bebida en polvo. *Revista Científica Multidisciplinar SAGA*, 2(4), 467-480. <https://doi.org/10.63415/saga.v2i4.296>



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0

## INTRODUCCIÓN

Los hongos comestibles son conocidos a nivel mundial, los más populares son los champiñones (*Agaricus bisporus*), sin embargo, existen muchas especies que alto potencial nutricional y nutracéutico. Actualmente, solo una pequeña fracción de especies de la biodiversidad fúngica ha sido investigada. En el reino de los hongos pertenecen taxonómicamente a los filos *Basidiomycota* (clase *Agaricomycetes*) y *Ascomycota* (clase *Pezizomycetes*) del subreino *Dikarya*. Los hongos, como las trufas (*Tuber*), las morillas (*Morchella*), el Champiñón (*Agaricus bisporus*), el *Suillus luteus* y los hongos ostra (especies *Pleurotus*), se consideran alimentos saludables gourmet (Badalyan et al. 2021, Adebayo et al. 2017, Rahman et al. 2021, Zhang et al. 2016). Diversos estudios fundamentan su uso por sus increíbles propiedades nutracéuticas con actividades biológicas de amplio espectro, que incluyen actividades antioxidantes, antimicrobianas, antitumorales, inmunomoduladoras, hepatoprotectoras, antihiper glucémicas e hipotensoras (Liu et al. 2023, Muszyńska et al. 2018). El cultivo y consumo de hongos comestibles es popular en

culturas asiáticas y de la especie *S. luteus* es más conocida su consumo en Europa central como Alemania, Polonia y República Checa (Kalogeropoulos et al. 2014, Jaworska et al. 2014). En 2020 se estimó un mercado de 16.7 billones de dólares generados por el consumo de hongos comestibles a nivel mundial en un rango de 2020 al 2025 (Global News Wire, 2020) y en Perú está en crecimiento el cultivo de hongos comestibles, con una producción de 650 toneladas anuales, teniendo el potencial de cultivarse en 19 de las 25 regiones del Perú, sin embargo, la poca difusión provoca una escasa producción y consumo (MIDAGRI, 2024).

Singh et al. (2025) informaron sobre la aplicación del uso hongos comestibles de diversas especies en productos, tal como *Agaricus bisporus* más conocido como champiñones aplicado en panes y galletas funcionales (Sławińska et al. 2022, Chen et al. 2021), *Auricularia polytricha* conocida como oreja de madera utilizadas en fideos y panes al vapor (Fang et al. 2021, Miao et al. 2020, Su y Li 2020), *Lentinula edodes* conocida también como Shiitake aplicados en muffins (Desisa et al. 2024, Bernal-Mercado et al. 2023), *Hericium erinaceus* conocida también como melena de león usada en jugos fermentados y

fideos (Tachabenjarong et al. 2022, Łysakowska et al. 2023, Qiu et al. 2024). Es así como surge la propuesta de una nueva alternativa de consumo utilizando una especie escasamente estudiada (*S. luteus*), potenciado con otros ingredientes, así se desarrolla la bebida en polvo instantáneo, por su sabor conocido a nivel mundial, el cacao (*Theobroma cacao* L.), fue la opción más factible debido a que el Perú es el país segundo productor a nivel mundial de cacao orgánico (MIDAGRI 2023), su sabor característico y el aporte de sus valiosos nutrientes como vitaminas A y B, minerales como calcio, fósforo, hierro, magnesio, cobre y potasio, y compuestos fenólicos, hace una buena propuesta para su aplicación (Ariza-Ortega et al. 2021). Así también la maca (*Lepidium meyenii*), alimento autóctono de los andes peruanos, con excelentes beneficios en la salud, estudios indican que se usa para tratar el estrés oxidativo de las células que se asocia a enfermedades como el cáncer y la diabetes. *L. meyenii* es un cultivo con alta capacidad antioxidante debido a sus compuestos fenólicos, glucosinolatos, isotiocinas, macamidas y macaenos (Alarcón et al. 2021).

Estudios previos revelan que tiene un alto potencial de aplicarse como suplementación

dietética de alimentos funcionales para mejorar la nutrición y función de los alimentos para la mejora de la salud humana (Liu et al. 2023), por esta razón la investigación tiene el propósito de brindar una alternativa novedosa de un polvo instantáneo utilizando materias primas autóctonas de Perú, de esta manera motivar su cultivo y posterior consumo, difundiendo sus propiedades nutricionales y nutraceuticas. Además de ser apto para todo tipo de consumidores, sin restricciones alimentarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

La harina de hongos comestibles fue adquirida de una marca comercial, que garantiza la especie *Suillus luteus*. Asi también las otras materias primas de harina de maca gelatinizada, cacao orgánico en polvo, harina de tarwi gelatinizada, canela en polvo, inulina en polvo, fruto del monje y azúcar pulverizado fueron adquiridos de muestras comerciales.

Formulación de las mezclas

Se realizaron 4 formulaciones, en donde se detallan las cantidades de cada ingrediente en la tabla 1, considerando las variables independientes como se detalla en el ítem 2.9.

Tabla 1  
Formulación base de la mezcla proteica

Ingredientes (%)	F1	F2	F3	F4
Harina de <i>S. luteus</i>	10	15	15	20
Maca	10	10	15	15
Cacao	35	30	25	20
Canela	7	7	7	7
Tarwi	20	20	20	20
Inulina	4	4	4	4
Fruto del monje	12	12	12	12
Azúcar	2	2	2	2
Total	100	100	100	100

## Proceso de elaboración

Se usó el método de García & Pacheco (2010) con modificaciones, se inició pesando las materias primas según la formulación en una balanza analítica (MERCK, W3200-500, Alemania). Para homogeneizar los ingredientes, se procedió a su mezclado en una licuadora (Oster, BLST3A-CPG, USA), y luego la mezcla se secó en una estufa Memmert a 45°C por 6 horas. El producto seco, se enfrió y luego envasado en bolsas de polipropileno de alta densidad y almacenado a 10°C.

## Análisis proximal y fisicoquímico

Se usaron los métodos estandarizados de AOAC (2005): humedad (AOAC 925.09), cenizas (AOAC - 923.03), proteína (AOAC - 960.52) (Nx6.25), grasa (AOAC - 2003.05), fibra cruda (AOAC 978.10), y carbohidratos (por diferencia). Análisis de acidez titulable expresado en ácido ascórbico (AOAC - 942.15), pH (AOAC 2005.020), Sólidos solubles (AOAC - 932.14). Cada análisis realizado por triplicado.

## Propiedades físicas

### Índice de estabilidad

Se calculó la separación de fases con 25 ml de la muestra que se mantuvo a 4°C por un tiempo de 48 horas, hasta la división de dos capas. Se midió el volumen de las capas para calcular la ración de volumen de capa inferior/volumen total de la muestra (Kim et al. 2012).

### Humectabilidad

Se midió el tiempo en segundos que se requiere para que  $1.00 \pm 0.01$  g de polvo se humedezca al depositarse en la superficie de  $10.0 \text{ g} \pm 0.1$  g de agua destilada a 25°C en un vaso de precipitado de 20 mL bajo agitación magnética (Hanna, HI300N-1) a 600 rpm (IDF 1987).

### Dispersibilidad

1g se disolvió en 10 mL de agua destilada, se agitó con un ultraturax (IKA, T50, Brasil) por 15 s. La mezcla se filtró y luego se transfirió a una placa de Petri previamente, se

colocó en una estufa (Memmert, C2100706, Alemania) a 130°C por 2 horas (Shittu y Lawal, 2007 adaptado). Se utilizó la ecuación 1.

## Ecuación 1

### Determinación de dispersibilidad

$$\text{Dispersibilidad (\%)} = \left[ \frac{\text{masa sólida seca (g)}}{10\text{ml} + \text{masa sólida húmeda (g)}} \right] \times 100$$

## Extracción de los compuestos fenólicos

Se pesó 1 g de muestra en polvo con 10 ml de metanol ácido al 70% utilizando un ultraturax durante 10 min. Se centrifugó a 5000 rpm para recuperar el sobrenadante. Este proceso se repitió dos veces con el precipitado, y los sobrenadantes combinados se concentraron mediante evaporación rotatoria a 40°C hasta un concentrado de 5ml. Todos los análisis se realizaron por triplicado, expresando los resultados como promedio  $\pm$  desviación estándar (Pilco-Quesada et al. 2020).

## Cuantificación de los compuestos fenólicos

Se midió 100  $\mu\text{L}$  de Folin-Ciocalteu (1:5, H<sub>2</sub>O destilada, v/v), se agitó a 750 rpm por 8 minutos en un homogenizador. Se añadió a la solución 2 ml de carbonato de sodio al 10% y reposó por 30 minutos, y se midió la absorbancia a 725 nm. Finalmente, la concentración de fenoles totales (TPC) y se expresó el resultado en mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de muestra (Singleton & Rosi, 1965).

## Determinación de Capacidad antioxidante por ABTS

Se mezcló el 7mM ABTS y 2.45mM de persulfato de potasio, luego se incubó por 16 h a temperatura de ambiente. Posteriormente se diluyó con etanol hasta alcanzar una absorbancia de  $0.7 \pm 0.02$  a 734 nm. Seguidamente se midió 2850 $\mu\text{L}$  y se le añadió 150 $\mu\text{L}$  del extracto (ítem 2.6), se agitó por 6 minutos a temperatura ambiente en un homogenizador. Se midió la absorbancia a 734 nm. Finalmente, el resultado fue expresado en Capacidad Antioxidante Equivalente de

Trolox (TEAC,  $\mu\text{mol}$  de equivalentes de Trolox por 100 g de muestra) (Re et al. 1999).

### Diseño experimental

Un diseño completamente aleatorio se utilizó: las variables independientes fueron harina de hongos, maca y cacao, correspondiente al 55% del total de la formulación; mientras que las variables dependientes fueron los análisis proximales (humedad, cenizas, grasas, proteína, fibra cruda y carbohidratos), fisicoquímicos (acidez, pH y sólidos solubles), propiedades físicas (índice de estabilidad, humectabilidad y dispersibilidad), fenoles totales y capacidad antioxidante.

### Análisis estadístico

Se utilizó el software Minitab 17, para evaluar el ANOVA y determinar las diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre muestras, se aplicó la prueba de significancia post-hoc de Tukey. Los resultados fueron realizados tres veces y se presentaron como promedio  $\pm$  desviación estándar (DE).

## RESULTADOS

### Análisis proximal de las bebidas en polvo

La tabla 2 muestra los resultados de los proximales. La humedad entre las formulaciones es estadísticamente similar ( $p > 0.05$ ), los valores fluctúan entre 4.76 a 4.93%. El contenido de cenizas fluctúa en un rango de 2.88 a 3.25% sin diferencias significativas entre formulaciones. La composición mayoritaria de las formulaciones son las proteínas que están en un rango de 18.61 a 19.34%, sin diferencias entre muestras. El contenido de grasa tiene un rango de 13.23 a 17.96%, se evidencia diferencias significativas entre las formulaciones F1, F2 y F3, F4. Esta variación se explica debido a la presencia del cacao, en donde las F1 y F2 contienen 35 a 30% de cacao respectivamente en su formulación. El contenido de fibra cruda está en un rango con 4.35 a 5.76%, siendo el F4 con el más alto contenido ( $p < 0.05$ ). De la misma forma el contenido de los carbohidratos con rango de 55.78 a 59.29% y presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre F3, F4 y F1, F2.

**Tabla 2**

*Análisis proximal de las formulaciones*

Parámetros	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3	Formulación 4
Humedad	4.76 $\pm$ 0.65 <sup>a</sup>	4.93 $\pm$ 0.37 <sup>a</sup>	4.84 $\pm$ 0.38 <sup>a</sup>	4.89 $\pm$ 0.41 <sup>a</sup>
Ceniza	2.88 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	2.88 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	3.12 $\pm$ 0.70 <sup>a</sup>	3.25 $\pm$ 0.55 <sup>a</sup>
Proteína	18.61 $\pm$ 0.46 <sup>a</sup>	19.01 $\pm$ 0.32 <sup>a</sup>	18.94 $\pm$ 0.32 <sup>a</sup>	19.34 $\pm$ 0.35 <sup>a</sup>
Grasa	17.96 $\pm$ 0.51 <sup>a</sup>	16.74 $\pm$ 0.69 <sup>a</sup>	14.78 $\pm$ 0.82 <sup>b</sup>	13.23 $\pm$ 0.45 <sup>b</sup>
Fibra Cruda	4.35 $\pm$ 0.45 <sup>b</sup>	4.62 $\pm$ 0.25 <sup>ab</sup>	5.12 $\pm$ 0.13 <sup>ab</sup>	5.76 $\pm$ 0.83 <sup>a</sup>
Carbohidratos	55.78 $\pm$ 0.19 <sup>b</sup>	56.44 $\pm$ 0.96 <sup>b</sup>	58.32 $\pm$ 0.31 <sup>a</sup>	59.29 $\pm$ 0.80 <sup>a</sup>

*Nota:* Los valores están expresados en promedio  $\pm$  DE (n=3). Letras diferentes en la misma fila representan una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las formulaciones.

### Análisis fisicoquímicos de las mezclas proteicas

La tabla 3 muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos, donde el pH y la acidez (% ácido ascórbico) no presentaron

diferencias significativas entre formulaciones ( $p > 0.05$ ). Los sólidos solubles no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las formulaciones, además de ser valores bajos de promedio 2.02°Brix.



**Tabla 3**  
*Análisis fisicoquímicos de las formulaciones*

Parámetros	Formulaciones			
	F 1	F2	F3	F4
pH	6.33 ± 0.02 <sup>a</sup>	6.33 ± 0.01 <sup>a</sup>	6.32 ± 0.02 <sup>a</sup>	6.31 ± 0.01 <sup>a</sup>
Acidez (% Ác. Ascórbico)	0.08 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.07 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.08 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.08 ± 0.01 <sup>a</sup>
Sólidos solubles (°Brix)	2.02 ± 0.05 <sup>a</sup>	2.02 ± 0.03 <sup>a</sup>	2.03 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.02 ± 0.03 <sup>a</sup>

*Nota:* Los valores están expresados en promedio ± DE (n=3). Letras diferentes en la misma fila representan una diferencia significativa (p < 0.05) entre las formulaciones.

**Propiedades físicas**

Los resultados de las propiedades físicas se muestran en la tabla 4. El índice de estabilidad 0.62 a 0.68, se evidencian diferencias significativas (p < 0.05) entre formulaciones.

La humectabilidad de las formulaciones en un rango de 71.26 a 91.32 segundos, siendo el

F1 con menor el tiempo, se evidencian diferencias significativas entre ellas.

Por último, otra propiedad instantánea evaluada fue la dispersibilidad (%), en donde el rango fue de 6.54 a 7.96%, siendo el F1 con el menor valor y el F4 con el valor mayor, se evidenciaron las diferencias significativas entre formulaciones.

**Tabla 4**  
*Propiedades físicas de las formulaciones*

Parámetros	Formulaciones			
	F 1	F2	F3	F4
Índice de estabilidad	0.62 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.63 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.64 ± 0.04 <sup>ab</sup>	0.68 ± 0.01 <sup>a</sup>
Humectabilidad (s)	71.26 ± 0.85 <sup>d</sup>	77.35 ± 0.74 <sup>c</sup>	84.26 ± 0.73 <sup>b</sup>	91.32 ± 0.72 <sup>a</sup>
Dispersibilidad (%)	6.54 ± 0.21 <sup>c</sup>	7.39 ± 0.13 <sup>b</sup>	7.65 ± 0.23 <sup>ab</sup>	7.96 ± 0.03 <sup>a</sup>

*Nota:* Los valores están expresados en promedio ± DE (n=3). Letras diferentes en la misma fila representan una diferencia significativa (p < 0.05) entre las formulaciones.

**Fenoles totales y Capacidad antioxidante por ATBS**

Los resultados se muestran en la tabla 5, donde se observan diferencias entre las formulaciones del contenido de fenoles totales, siendo el F4 la formulación con mayor

contenido (48.42 mgAGE/g) y capacidad antioxidante (20.08 mmolTE/100g), la cual tiene el 20% de S.luteus en la formulación, el cual es el ingrediente con mayor presencia de compuestos bioactivos, seguido por el tarwi con 20% también.

**Tabla 5**  
*Fenoles totales y Capacidad antioxidante*

Formulación	FT (mg AGE/g)	ABTS (mmol TE/100g)
F1	33.63 ± 0.02 <sup>d</sup>	17.84 ± 0.22 <sup>c</sup>
F2	40.96 ± 0.03 <sup>c</sup>	19.34 ± 0.51 <sup>ab</sup>
F3	41.09 ± 0.05 <sup>b</sup>	18.18 ± 0.61 <sup>bc</sup>
F4	48.42 ± 0.02 <sup>a</sup>	20.08 ± 0.36 <sup>a</sup>

*Nota:* Los valores están expresados en promedio ± DE (n=3). Letras diferentes en la misma columna representan una diferencia significativa (p < 0.05) entre las formulaciones.

## DISCUSIÓN

Los valores de la humedad son inferiores a 5% de humedad que están dentro del límite exigido por el Ministerio de Salud de Perú (MINSA, 2006). Los valores reportados por otras investigaciones son cercanos a los determinados en esta investigación, tal como Farzana et al. (2017) desarrollaron una bebida con hongos (*Pleurotus streatus*) y soya en polvo, informando 3.84% de humedad. Así también, Lin et al. (2017) desarrollaron una bebida instantánea con *Pleurotus eryngii* informando una humedad en un rango de 4.12 a 5.63%; otra investigación desarrolló una sopa instantánea utilizando harina de hongos (*Pleurotus streatus*) en proporciones de 10, 20, 30 y 40% del total de su formulación y determinaron el contenido de humedad en un rango de 4.63 a 2.86 g/100g (Srivastava et al. 2019). La ventaja de los alimentos con baja actividad de agua (inferior a 0.85), extiende la vida útil del producto y tornándolos más seguro para la salud (Dag et al. 2022).

Respecto al contenido de ceniza valores cercanos fueron reportados por Farzana et al. (2017) con 3.23%. La investigación desarrollada por Zocher et al. (2018) en donde analizaron la presencia de minerales en *Suillus luteus* cultivados en Alemania, reportaron mayor proporción elementos como potasio, fósforo, calcio, sodio, magnesio y zinc; y en trazas: cobalto, níquel, rubidio, estroncio, zirconio, cesio, bario, torio y uranio. Como característica del género *Suillus*, posee un micelio extramétrico (hifas emanadas), y por ello pueden absorber elementos en cantidades grandes del suelo (Agerer 2001), esto es importante para el caso de suelos contaminados con elementos tóxicos como Hg, Cd y Pb, y pueden absorber fácilmente estas sustancias, se ha reportado 13.4mg/kg MS de Pb en este género de hongo (Rudawska y Leski 2005). A pesar de esta característica típica de este género que podría suponer un riesgo para la salud han surgido otras investigaciones que demostraron que la cocción o encurtido puede reducir significativamente el contenido de elementos tóxicos (Drewnowska et al. 2017a, 2017b).

De acuerdo a las proteínas, estudios como Farzana et al. (2017) reportaron valores similares con 21.37% de proteína, Mongkontanawat y Phuangborisut (2019) desarrollaron una bebida de diferentes setas (*Pleurotus sajor-caju*, *Pleurotus ostreatus*, *Schizophyllum commune*) reportando valores en un rango de 15.03 a 32.28 mg/ml.

La principal fuente de proteína sin duda es del tarwi debido a su composición con un 41 a 53% de proteína, con los aminoácidos esenciales completos y además rica en lisina (Salazar et al. 2021), mezclado con otros alimentos como en esta investigación podría ayudar a corregir las deficiencias de aminoácidos de fuente vegetal (Paucar-Menacho et al. 2024). Así también es importante mencionar la segunda fuente mayoritaria de proteína es proveniente de los hongos comestibles, en los cuales se ha estudiado los efectos antiinflamatorios de los aminoácidos y que son conocidos ampliamente, por ejemplo, en la especie *Pleurotus ostreatus* han estudiado los efectos antiinflamatorios de la leucina, isoleucina, tirosina y fenilalanina (Jedinak et al. 2011). Otro estudio realizado por Kala et al. (2017) reportaron que la especie *S. luteus* durante una simulación del tracto gastrointestinal humano se sintetizan compuestos particulares llamados cuerpos fructíferos que son una buena fuente de agentes antiinflamatorios para ser humano.

En el contenido de grasa investigaciones como de Farzana et al. (2017) informaron 10.13% de grasa, de la misma manera Srivastava et al. (2019) realizaron una investigación de una sopa instantánea en polvo de hongo ostra informando valores de 8.15 a 15.41% de grasa. Los ácidos grasos insaturados son los más abundantes en los hongos comestibles, conteniendo principalmente los omegas 3, 6 y 9 que juegan un rol en la prevención de enfermedades cardiovasculares o cáncer (Ayaz et al. 2011). Se encontró ácidos palmíticos, linoleico y  $\alpha$ -linolénico en distintas especies de hongos comestibles, por ejemplo, *A. bisporus* pueden tener un efecto protector contra el cáncer al seno, debido a que reduce la producción de la

enzima aromataza que promueve la síntesis de estrógenos (Chen et al. 2006).

Estudios del contenido de fibra cruda como el de Farzana et al. (2017) determinaron valores similares de 1.50% de fibra y 59.93% de carbohidratos. Mientras que Srivastava et al. (2019) determinaron valores más altos de carbohidratos de 64.23 a 72.03% y de fibra 2.07 a 7.88%. Estudios realizados a las propiedades nutraceuticas de los carbohidratos en hongos comestibles indican que están presentes de 50 a 60%, teniendo un bajo índice glucémico y carga glucémica, es decir, no provocan picos de azúcar en la sangre (Pandey et al. 2022, Antunes et al. 2020). Además, tienen un alto contenido de la fibra dietaria, debido a que contienen polisacáridos no amiláceos, con un 4-9 % de solubles y un 22-30 % de insolubles (Yu et al. 2023), además contienen quitina y (1→3)-β-d-glucanos que son carbohidratos no digeribles (NDO) que son importantes para la salud intestinal. Estos NDO son resistentes a las enzimas digestivas salivales e intestinales, además presentan beneficios antipatogénicas y prebióticas (Asadpoor et al. 2021, Yang et al. 2023).

Los fisicoquímicos según Chen et al. (2023) determinaron valores similares de pH de 6.40 para un caldo centrifugado y blanqueado de Shiitake. Mientras que Yulianti y Shih (2024) informaron valores inferiores de 5.83 a 5.68 en una bebida con moras y Tremella fuciformis, indicando que la presencia de la mora acidificó la bebida intensificando su sabor ácido. Una recomendación que hace Lie-Piang et al. (2021) es que se debe monitorear el pH porque interviene en la desnaturalización de las proteínas de las bebidas y podría afectar a su solubilidad, en este caso fue necesario por la presencia del tarwi en la formulación.

Los sólidos solubles fueron bajos debido al escaso uso del azúcar y la adición mayoritaria de los monogrosidos presentes en el fruto del monje, se optó por su uso debido a su actividad hipoglicémica, siendo ideal este producto como una novedosa alternativa para personas que necesitan cuidar su glucosa en sangre (Fang et al. 2017; Suri et al. 2020), además,

solo aportan el 5% de calorías que la sacarosa (Pandey & Chauhan, 2019).

En este tipo de bebidas instantáneas es importante medirlo para saber su comportamiento en disolución para su consumo, según Achour (2006) quien desarrolló el método para cuantificar el índice de estabilidad estableciendo valores de 0 a 1, como referencia la estabilidad de una leche comercial es igual a 1 (Zang et al. 2023).

La humectabilidad puede ser explicado por la presencia mayoritaria de cacao que esta más pulverizado y tiene una mejor humectabilidad (s), es decir se disuelve más rápidamente (Fournaise et al. 2021). Por ejemplo, en el café instantáneo molido en polvo su tiempo de humectabilidad es de 52s (Hogekamp & Schubert, 2003).

La dispersibilidad de la cocoa pura en polvo tiene valores menos de 6.6% (Hardiyanto et al. 2021), esto se debe a que los tamaños de partículas pequeñas disminuyen las propiedades instantáneas (humectabilidad y dispersibilidad) (Freudig et al. 1999). La dispersión de un polvo instantáneo en agua es definida como dispersibilidad (%), se logra mediante dos procesos clave que ocurren en simultáneo: la desintegración de los aglomerados y la ruptura de las partículas en otras más finas (Fang et al. 2011).. Esta doble acción no solo reduce el tamaño de partícula, sino que también genera una mayor superficie específica, facilitando así que el sólido se integre con el agua (Mimouni et al. 2010).

De acuerdo a los fenoles totales y capacidad antioxidante se ha realizado una búsqueda de productos similares de bebidas en polvo con esta especie de hongos, sin embargo, existe una escasez, los resultados se compararán de estudios previos utilizados como ingrediente la misma especie, tal como Aytar et al. (2020) que determinaron los fenoles totales en dos tipos de extractos etanólicos y metanólicos en muestras de *S. Luteus* provenientes de Turquía, siendo los resultados de 49.33 y 153 mgAGE/g, mientras que la capacidad antioxidante fue determinada por el método de DPPH, obteniendo un resultado de 63.72 y 80.72 IC50 (μg/mL) en extracto metanólico y



etanólico, respectivamente. De la misma manera el estudio efectuado por Jaworska et al. (2014) caracterizando los compuestos bioactivos para muestras de la especie *S. luteus* provenientes de Polonia, para fenoles totales en muestras frescas reportaron valores de 8.16g AGE/Kg y de capacidad antioxidante por ABTS fue de 7.78 mmolTE/Kg y 3.48 mmolTE/Kg por método de DPPH. Sin duda valores similares a lo determinados en este estudio. Así también otro estudio realizado por Pereira et al. (2012) con la especie *Suillus variegatus* provenientes de Portugal determinaron valores de 58.14 mgAGE/g y 0.86mg/ml por DPPH.

Otros estudios realizados con bebidas con otras especies de hongos se detallan como el realizado por Mongkontanawat y Phuangborisut (2019) que determinaron fenoles totales similares a lo reportado en este estudio, obteniendo la mayor concentración en el tratamiento 7 (S.commune: P. ostreatus: P. Sajor-caju, 33.3:33.3:33.3) con 0.32 mg AGE/ml y la capacidad antioxidante por el método de DPPH, en donde la más alta concentración fue del tratamiento 1 (S.commune: P. ostreatus: P. Sajor-caju, 60:20:20), con 89.42 mg/ml.

Yulianti y Shih (2024) determinaron en bebida con moras y *Tremella fuciformis* fenoles totales, informaron el contenido de la *Tremella fuciformis* que fue de 6.94 mg AGE/g y capacidad antioxidante DPPH en un rango de 54.10 a 65.01%.

Los compuestos bioactivos de los hongos comestibles sometidos a tratamiento térmico disminuyen en el contenido de fenoles en un rango 46-61% y de flavonoides en un rango de 77-81% (Kalogeropoulos et al. 2007).

Los compuestos fenólicos reportados en la especie *S. luteus* por Jaworska et al. (2014) fueron glucurónidos del ácido cafeico y ácido cafeico. En especies de *Suillus collinitus* y *Suillus mediterraneensis* donde se reportaron compuestos como el ácido protocatéquico, el ácido p-hidroxibenzoico y el ácido cinámico (Vaz et al. 2011). En *S. granulatus* encontró ácido p-hidroxibenzoico (Ribeiro et al. 2008). Estos compuestos fenólicos desempeñan un

papel fundamental en la biosíntesis de la lignina, la resistencia a las enfermedades y la regulación del crecimiento (Zhou et al. 2023, Sova et al. 2020).

## CONCLUSIÓN

La formulación con mejores propiedades nutricionales fue la F4 que contiene 20% de hongos comestibles, 15% de maca, 20% de cacao y 20% de tarwi, resultaron con un efecto sinérgico en el contenido de proteína con un  $19.34 \pm 0.35\%$  y también en los carbohidratos con  $59.29 \pm 0.80\%$  que son bajo índice glucémico por su alto contenido de *S. luteus* y la calidad de sus compuestos NDO con propiedades anti patogénicas y prebióticas. Se logró formular una bebida en polvo instantánea con propiedades fisicoquímicas que demostraron ser de fácil preparación, además de ser bajo en azúcares. Por otro lado, su composición de fenoles totales y capacidad antioxidante el alto en la F4, con características nutraceuticas por su composición principalmente proveniente del *S. luteus*. De esta manera, se demostró que la aplicación de una especie de hongos comestibles poco estudiada en Perú como es el *Suillus luteus* es posible y además de resultados prometedores para la producción de otros productos alimenticios, se demostró su buena sinergia al ser combinados con otros alimentos cultivados en Perú como el tarwi y maca para potenciar sus propiedades nutraceuticas. Se desarrolló una novedosa alternativa de consumo para los hongos comestibles escasamente consumidos a nivel mundial, a pesar de poseer propiedades antiinflamatorias, terapéuticas y con beneficios para la salud que sin duda se recomienda un consumo frecuente en la dieta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achour, M. (2006). A new method to assess the quality degradation of food products during storage. *Journal of Food Engineering*, 75(4), 560–564. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.056>
- Adebayo, E. A., Martínez-Carrera, D., Morales, P., Sobal, M., Escudero, H., Meneses, M., Ávila-Nava, A., Castillo, I., & Bonilla, M. (2017). Comparative study of antioxidant

- and antibacterial properties of the edible mushrooms *Pleurotus levis*, *P. ostreatus*, *P. pulmonarius* and *P. tuber-regium*. *International Journal of Food Science & Technology*, 53, 1316–1330. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13712>
- Agerer, R. (2001). Exploration types of ectomycorrhizae. *Mycorrhiza*, 11, 107–114. <https://doi.org/10.1007/s005720100108>
- Alarcón, Y. D. E. A., Aparicio, V. M. P., & Gonzales, G. F. (2021). The antioxidant effect of Peruvian maca (*Lepidium meyenii*). In *Toxicology* (pp. 519–525). Academic Press.
- Antunes, F., Marçal, S., Taofiq, O., Morais, A. M. B., Freitas, A. C., Ferreira, I. C. F. R., & Pintado, M. (2020). Valorization of mushroom by-products as a source of value-added compounds and potential applications. *Molecules*, 25, 2672. <https://doi.org/10.3390/molecules25112672>
- AOAC International. (2005). *Official methods of analysis* (18th ed.). AOAC International.
- Ariza-Ortega, J. A., García, E. A., & Rodríguez-Meléndez, C. T. (2021). Proximal chemical evaluation, antioxidant content and fatty acids in fermented and dried cocoa beans, roasted cocoa beans and cocoa pulp bar (*Theobroma cacao* L. Criollo cultivar). *Revista Chilena de Nutrición*, 48, 500–506. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182021000400500>
- Asadpoor, M., Ithakisiou, G. N., Henricks, P. A., Pieters, R., Folkerts, G., & Braber, S. (2021). Non-digestible oligosaccharides and short chain fatty acids as therapeutic targets against enterotoxin-producing bacteria and their toxins. *Toxins*, 13, 175. <https://doi.org/10.3390/toxins13030175>
- Ayaz, F. A., Chuang, L. T., Torun, H., Colak, A., Sesli, E., Presley, J., et al. (2011). Fatty acid and amino acid compositions of selected wild edible mushrooms consumed in Turkey. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62, 328–335.
- Aytar, E. C., Akata, İ., & Açıık, L. (2020). Antioxidant, antimicrobial and anti-proliferative activity of *Suillus luteus* (L.) Roussel extracts. *Journal of the Faculty of Pharmacy of Ankara University*, 44(3), 373–387. <https://doi.org/10.33483/jfpau.707014>
- Badalyan, S. M., Barkhudaryan, A., & Rapior, S. (2021). The cardioprotective properties of Agaricomycetes mushrooms growing in Armenia: A review. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 23(1), 21–31.
- Bernal-Mercado, A. T., Rodríguez-Félix, F., Barreras-Urbina, C. G., Madera-Santana, T. J., Ozuna-Valencia, K. H., Moreno-Vásquez, M. J., ... & Tapia-Hernández, J. A. (2023). Shiitake (*Lentinula edodes*). In *Mushrooms* (pp. 214–238). CRC Press.
- Chen, C., Han, Y., Li, S., Wang, R., & Tao, C. (2021). Nutritional, antioxidant, and quality characteristics of cookies enriched with *Cordyceps militaris* flour. *CyTA – Journal of Food*, 19, 137–145. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1864021>
- Chen, S., Oh, S. R., Phung, S., Hur, G., Ye, J. J., Kwok, S. L., et al. (2006). Anti-aromatase activity of phytochemicals in white button mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Cancer Research*, 66(24), 12026–12034. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-06-2206>
- Chen, S. Y., Tseng, J., Wu, C. R., & Lin, S. D. (2023). Quality evaluation of shiitake blanched and centrifuged broths as functional instant drinks. *Foods*, 12(15), 2925. <https://doi.org/10.3390/foods12152925>
- Dag, D., Singh, R. K., & Kong, F. (2022). Developments in radio frequency pasteurization of food powders. *Food Reviews International*, 38, 1197–1214. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1775641>
- Desisa, B., Muleta, D., Jida, M., Dejene, T., Goshu, A., Negi, T., & Martín-Pinto, P. (2024). Improvement of nutritional composition of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) using formulated substrates of plant and animal origins. *Future Foods*, 9, 100302. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100302>
- Drewnowska, M., Falandysz, J., Chudzińska, M., Hanć, A., Saba, M., & Barańkiewicz, D. (2017a). Leaching of arsenic and metallic elements from *Amanita fulva* mushrooms after food processing. *LWT – Food Science and Technology*, 84, 861–866. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.066>
- Drewnowska, M., Hanć, A., Barańkiewicz, D., & Falandysz, J. (2017b). Pickling of *Cantharellus cibarius* highly reduces cadmium contamination. *Environmental*

- Science and Pollution Research*, 24, 21733–21738.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-017-9819-2>
- Fang, Y., Selomulya, Y., Ainsworth, S., Palmer, M., & Chen, X. D. (2011). Quantifying the dissolution behaviour of milk protein concentrate. *Food Hydrocolloids*, 25, 503–510.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.07.030>
- Fang, C., Wang, Q., Liu, X., & Xu, G. (2017). Metabolic profiling analysis of *Siraitia grosvenorii*. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 145, 158–168.  
<https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.06.046>
- Fang, D., Wang, D., Ma, G., Ji, Y., Zheng, H., Chen, H., Zhao, M., Hu, Q., & Zhao, L. (2021). *Auricularia polytricha* noodles modulate gut microbiota in high-fat diet mice. *Food Science and Human Wellness*, 10, 431–441.  
<https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.04.005>
- Farzana, T., Mohajan, S., Hossain, M. N., & Ahmed, M. M. (2017). Formulation of a protein and fibre enriched soy–mushroom health drink powder. *Malaysian Journal of Nutrition*, 23(1).
- Fournaise, T., Petit, J., & Gaiani, C. (2021). Physicochemical characteristics influencing reconstitution of powders. *Powder Technology*, 383, 65–73.  
<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2021.01.056>
- Freudig, B., Hoge Kamp, S., & Schubert, H. (1999). Dispersion of powders in liquids in stirred vessels. *Chemical Engineering and Processing*, 38, 525–532.  
[https://doi.org/10.1016/S0255-2701\(99\)00049-5](https://doi.org/10.1016/S0255-2701(99)00049-5)
- García-Pacheco, Y. E., Cabrera, D., Díaz, J. A., & Parra, S. J. (2021). Caracterización de un polvo instantáneo con fibra de yuca para bebida láctea enriquecida. *Prospectiva*, 19(1), 68–78.  
<https://doi.org/10.15665/rp.v19i1.2344>
- Global News Wire. (2020, April 27). *Global mushroom cultivation industry (2020–2025)*. <https://www.globenewswire.com>
- Hardiyanto, Y. F., Saputro, A. D., Nurkholisa, Z., Setiyadi, P. A., Bintoro, N., & Kusuma, R. A. (2021). Effect of steaming time and cocoa powder type on instantized cocoa powder. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 653(1), 012089.  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/653/1/012089>
- Hoge Kamp, S., & Schubert, H. (2003). Rehydration of food powders. *Food Science and Technology International*, 9, 223–235.  
<https://doi.org/10.1177/1082013203034938>
- IDF. (1987). *Détermination de la dispersibilité et de la mouillabilité*. International Dairy Federation.
- Jaworska, G., Pogoń, K., Bernaś, E., Skrzypczak, A., & Kapusta, I. (2014). Vitamins, phenolics and antioxidant activity of culinary prepared *Suillus luteus*. *LWT – Food Science and Technology*, 59(2), 701–706.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.07.040>
- Jedinak, A., Dudhgaonkar, S., Wu, Q. L., Simon, J., & Sliva, D. (2011). Anti-inflammatory activity of oyster mushroom. *Nutrition Journal*, 10, 52.  
<https://doi.org/10.1186/1475-2891-10-52>
- Kała, K., Krakowska, A., Sułkowska-Ziaja, K., Szewczyk, A., Reczyński, W., Opoka, W., et al. (2017). Kinetics of bioactive components from mushrooms in digestive juices. *International Journal of Food Properties*, 20, 1796–1817.  
<https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1219742>
- Kalogeropoulos, N., Mylona, A., Chiou, A., Ioannou, M. S., & Andrikopoulos, N. K. (2007). Retention of antioxidants after frying vegetables in olive oil. *LWT – Food Science and Technology*, 40(6).  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.07.003>
- Kim, D.-M., Lee, H., & Yoo, S.-H. (2012). Changes in soymilk prepared with pre-soaked fermented soybean. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 55, 121–126.  
<https://doi.org/10.1007/s13765-012-0021-4>
- Lie-Piang, A., Leeman, M., Castro, A., Börjesson, E., & Nilsson, L. (2021). Powder manufacturing effects on casein micelles. *Food Research International*, 139, 109939.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109939>
- Lin, S. D., Wu, Y. T., Lo, Y. C., & Mau, J. L. (2017). Instant drink from centrifuged broth of blanched *Pleurotus eryngii*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1), e13356.  
<https://doi.org/10.1111/jfpp.13356>

- Liu, Q., Sun, L., Ding, Y., & Zhuang, Y. (2023). Chemical composition, health benefits and applications of *Boletus*: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(29), 10812–10834. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2229426>
- Łysakowska, P., Sobota, A., & Wirkijowska, A. (2023). Medicinal mushrooms in functional food production. *Molecules*, 28, 5393. <https://doi.org/10.3390/molecules28145393>
- Miao, J., Regenstein, J. M., Qiu, J., Zhang, J., Zhang, X., Li, H., Zhang, H., & Wang, Z. (2020). Polysaccharides from *Auricularia*: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 150, 102–113. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.054>
- MIDAGRI. (2024, March 9). *Agricultoras quintuplicaron sus ingresos con la recolección de hongos comestibles*. <https://www.gob.pe>
- Mimouni, A., Deeth, H. C., Whittaker, A. K., Gidley, M. J., & Bhandari, B. R. (2010). Microstructure of milk protein concentrate powders. *Journal of Dairy Science*, 93, 463–472. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2369>
- MINSA. (2006). *Norma sanitaria para la fabricación de alimentos a base de granos y otros destinados a programas sociales de alimentación (R.M. 451-2006/MINSA)*. <https://www.gob.pe>
- Mongkontanawat, N., & Phuangborisut, S. (2019). Mushroom beverage with high  $\beta$ -glucan content. *International Journal of Agricultural Technology*, 15(6), 959–974.
- Muszyńska, B., Grzywacz-Kisiełowska, A., Kała, K., & Gdula-Argasińska, J. (2018). Anti-inflammatory properties of edible mushrooms. *Food Chemistry*, 243, 373–381. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.149>
- Pandey, M., Satisha, G. C., Azeez, S., Kumaran, G. S., & Chandrashekara, C. (2022). Mushrooms for integrated nutrition. *Journal of Horticultural Science*, 17, 6–18.
- Pandey, A. K., & Chauhan, O. P. (2019). *Monk fruit (Siraitia grosvenorii): Health aspects and food applications*. *Pantnagar Journal of Research*, 17(3), 191–198.
- Paucar-Menacho, L. M., Schmiele, M., Vásquez-Guzmán, J. C., Rodrigues, S. M., Simpalo-Lopez, W. D., Castillo-Martínez, W. E., & Martínez-Villaluenga, C. (2024). Smart pasta with sprouted quinoa and kiwicha. *Foods*, 13(2), 353. <https://doi.org/10.3390/foods13020353>
- Pereira, E., Barros, L., Martins, A., & Ferreira, I. C. (2012). Chemical and nutritional inventory of Portuguese wild edible mushrooms. *Food Chemistry*, 130(2), 394–403. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.057>
- Pilco-Quesada, S., Tian, Y., Yang, B., Repo-Carrasco-Valencia, R., & Suomela, J. P. (2020). Effects of germination and kilning on quinoa and kiwicha. *Journal of Cereal Science*, 94, 102996. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102996>
- Qiu, Y., Lin, G., Liu, W., Zhang, F., Linhardt, R. J., Wang, X., & Zhang, A. (2024). Bioactive compounds in *Hericium erinaceus*: A review. *Food Science and Human Wellness*, 13, 1825–1844. <https://doi.org/10.26599/FSHW.2022.9250152>
- Rahman, M. A., Rahman, M. S., Bashir, N. M., Mia, R., Hossain, A., Saha, S. K., Kakon, A. J., & Sarker, N. C. (2021). Mushroom-based preventive approaches to COVID-19. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 23, 1–11. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2021038285>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity using ABTS assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9–10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Ribeiro, B., Lopes, R., Andrade, P. B., Seabra, R. M., Gonçalves, R. F., Baptista, P., Quelhas, I., & Valentão, P. (2008). Phytochemicals and antioxidant potential of mushroom caps and stipes. *Food Chemistry*, 110, 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.01.054>
- Rudawska, M., & Leski, T. (2005). Trace elements in ectomycorrhizal fungi in Poland. *Science of the Total Environment*, 339, 103–115. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.08.002>



- Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2021). Technological potential of Andean crop flours. *Agronomy*, 11(9), 1693. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091693>
- Shittu, T. A., & Lawal, M. O. (2007). Factors affecting instant cocoa powder properties. *Food Chemistry*, 100(1), 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.013>
- Singh, A., Saini, R. K., Kumar, A., Chawla, P., & Kaushik, R. (2025). Mushrooms as nutritional powerhouses. *Foods*, 14(5), 741. <https://doi.org/10.3390/foods14050741>
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144–158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Sławińska, A., Sołowiej, B. G., Radzki, W., & Fornal, E. (2022). Wheat bread supplemented with *Agaricus bisporus* powder. *Foods*, 11, 3786. <https://doi.org/10.3390/foods11233786>
- Sova, M., & Saso, L. (2020). Hydroxycinnamic acids: A review. *Nutrients*, 12, 2190. <https://doi.org/10.3390/nu12082190>
- Srivastava, A., Attri, B., & Verma, S. (2019). Instant soup premix with oyster mushroom. *Mushroom Research*, 28(1), 65–69. <https://doi.org/10.36036/MR.28.1.2019.91960>
- Su, Y., & Li, L. (2020). Polysaccharides of four Auriculariales. *Carbohydrate Polymers*, 229, 115407. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115407>
- Suri, S., Kathuria, D., Mishra, A., & Sharma, R. (2020). Phytochemical composition of monk fruit: A review. *Nutrition & Food Science*. <https://doi.org/10.1108/NFS-09-2020-0350>
- Tachabenjarong, N., Rungsardthong, V., Ruktanonchi, U., Poodchakarn, S., Thumthanaruk, B., Vatanyoopaisarn, S., Suttisintong, K., Iempridee, T., & Uttapap, D. (2022). Bioactive compounds of *Hericium erinaceus* at different growth periods. *E3S Web of Conferences*, 355, 02016. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202235502016>
- Vaz, J. A., Barros, L., Martins, A., Morais, J. S., Vasconcelos, M. H., & Ferreira, I. C. F. R. (2011). Phenolic profile of Portuguese wild mushrooms. *LWT – Food Science and Technology*, 44, 343–346. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.06.029>
- Yang, S., Wu, C., Yan, Q., Li, X., & Jiang, Z. (2023). Nondigestible functional oligosaccharides. *Annual Review of Food Science and Technology*, 14, 297–322. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-052720-114503>
- Yu, C., Dong, Q., Chen, M., Zhao, R., Zha, L., Zhao, Y., Zhang, M., Zhang, B., & Ma, A. (2023). Mushroom dietary fiber and gut microbiota. *Journal of Fungi*, 9, 1028. <https://doi.org/10.3390/jof9101028>
- Yulianti, R., & Shih, Y. C. (2024). Mixture design for mushroom–berry drink formulation. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 13(3), 129–134. <https://doi.org/10.22101/JRIFST.2023.384635.1437>
- Zang, J., Qing, M., Ma, Y., Chi, Y., & Chi, Y. (2023). Shelf-life modelling for whole egg powder. *Journal of Food Engineering*, 340, 111313. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111313>
- Zhang, C., Li, S., Zhang, J., Hu, C., Che, G., et al. (2016). Antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharides from *Pleurotus eryngii* SI-04. *International Journal of Biological Macromolecules*, 91, 568–577. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.05.104>
- Zhou, Z., Liang, S., Zou, X., Teng, Y., Wang, W., & Fu, L. (2023). Determination of phenolic acids in *Sanghuangporus baumii*. *Plants*, 12, 3565. <https://doi.org/10.3390/plants12203565>
- Zocher, A. L., Kraemer, D., Merschel, G., & Bau, M. (2018). Major and trace elements in *Suillus luteus*. *Chemical Geology*, 483, 491–500. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.03.019>



## DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.



## DERECHOS DE AUTOR

Gonzales Rondón, A., & Pilco-Quesada, S. (2025)



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0, que permite su uso sin restricciones, su distribución y reproducción por cualquier medio, siempre que no se haga con fines comerciales y el trabajo original sea fielmente citado.



El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en esta publicación es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la revista.