TecnoLógicas

Evaluación sensorial, bromatológica y microbiológica de sopa deshidratada de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) cultivado en residuos de maíz y trigo

Sensory, Bromatological and Microbiological Evaluation of Dehydrated Oyster Mushroom Soup (*Pleurotus Ostreatus*) Grown on Corn and Wheat Residues

Olga Lucía Benavides Calvache[1]; Óscar Arango Bedoya[1]; Oswaldo Osorio Mora[1]; Karen Daniela Paredes[1]; Robinson Timaná Arévalo[1]

[1]Universidad de Nariño, San Juan de Pasto - Colombia

Correspondencia: daniela-paredes@udenar.edu.co

Recibido: 07 Octubre 2025 **Aceptado:** 08 Julio 2026 **Disponible:** 17 Julio 2026

Cómo citar / How to cite
O. L. Benavides Calvache, O. Arango Bedoya, O. Osorio Mora, K. D. Paredes, and R. Timaná Arévalo, "Evaluación sensorial, bromatológica y microbiológica de sopa deshidratada de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) cultivado en residuos de maíz y trigo," *TecnoLógicas*, vol. 29, no. 66, e3688, 2026.
https://doi.org/10.22430/22565337.3688

CC BY NC SA

Resumen

Pleurotus ostreatus es un macromiceto catalogado como alimento funcional con potencial para el desarrollo de productos alimenticios transformados, como las sopas deshidratadas. El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento productivo de *P. ostreatus* cultivado sobre residuos lignocelulósicos de tusa de maíz (Tm) y paja de trigo (Pt), y desarrollar una sopa deshidratada enriquecida con harina obtenida a partir del tratamiento con mejor desempeño productivo. La metodología empleada consistió en el cultivo del hongo utilizando cuatro tratamientos: T1 (Tm 97 % - Pt 0 %), T2 (Tm 0 % - Pt 97 %), T3 (Tm 37 % - Pt 60 %) y T4 (Tm 60 % - Pt 37 %), y evaluando componentes productivos. Posteriormente, se elaboró harina de *P. ostreatus* a partir del tratamiento seleccionado y se formularon dos sopas deshidratadas con 5 % y 10 % de inclusión de dicha harina. Las formulaciones fueron sometidas a análisis sensorial mediante escala hedónica de cinco puntos, análisis bromatológico que incluyó humedad, proteína (Kjeldahl), extracto etéreo (Soxhlet), cenizas, fibra y energía, así como análisis microbiológico de acuerdo con la norma NTC 4482. Los resultados mostraron que los sustratos evaluados permitieron obtener rendimientos adecuados para la producción del hongo, siendo seleccionado el tratamiento con mejor comportamiento productivo para la elaboración de la harina. En cuanto a las sopas formuladas, la incorporación del 10 % de harina de *P. ostreatus* presentó la mayor aceptación sensorial y mejores características bromatológicas, destacándose un mayor contenido de proteína, fibra y cenizas, sin sobrepasar los límites microbiológicos permisibles. Se concluye que la inclusión de harina de *P. ostreatus* cultivado en residuos agroindustriales permite obtener una sopa deshidratada con características sensoriales, bromatológicas y microbiológicas adecuadas para el consumo humano. Estos resultados aportan al aprovechamiento sostenible de residuos agroindustriales y al desarrollo de alimentos funcionales de valor agregado.

Palabras clave

Aprovechamiento agroindustrial, componentes productivos, formulación de alimentos, hongos comestibles, residuos lignocelulósicos.

Abstract

Pleurotus ostreatus is a macrofungus classified as a functional food with potential for the development of processed food products, such as dehydrated soups. The objective of this study was to evaluate the productive performance of *P. ostreatus* cultivated on lignocellulosic residues of corn cobs (Tm) and wheat straw (Pt), and to develop a dehydrated soup enriched with flour obtained from treatment with the best productive performance. The methodology employed consisted of cultivating the fungus using four treatments: T1 (Tm 97% - Pt 0%), T2 (Tm 0% - Pt 97%), T3 (Tm 37% - Pt 60%), and T4 (Tm 60% - Pt 37%), and evaluating productive components. Subsequently, *P. ostreatus* flour was produced from the selected treatment, and two dehydrated soups were formulated with 5% and 10% inclusion of this flour. The formulations underwent sensory analysis using a five-point hedonic scale, bromatological analysis including moisture, protein (Kjeldahl), ether extract (Soxhlet), ash, fiber, and energy, as well as microbiological analysis according to NTC 4482. The results showed that the evaluated substrates yielded adequate results for mushroom production, and the treatment with the best productive performance was selected for flour production. Regarding the formulated soups, the incorporation of 10% *P. ostreatus* flour showed the greatest sensory acceptance and best bromatological characteristics, notably a higher content of protein, fiber, and ash, without exceeding permissible microbiological limits. It is concluded that the inclusion of *P. ostreatus* flour cultivated on agro-industrial waste allows for obtaining a dehydrated soup with sensory, bromatological, and microbiological characteristics suitable for human consumption. These results contribute to the sustainable use of agro-industrial waste and the development of value-added functional foods.

Keywords

Agroindustrial use, productive components, food formulation, edible mushrooms, lignocellulosic waste.

1. INTRODUCCIÓN

Pleurotus ostreatus, conocido comúnmente como champiñón ostra, es un macromiceto comestible de alto valor nutricional y funcional. Crece naturalmente en árboles vivos o en residuos forestales y agrícolas, y se cultiva eficientemente en diversos sustratos lignocelulósicos como tusa de maíz, paja de trigo, bagazo de caña, subproductos de madera, residuos de café, entre otros [1], [2]. Este tipo de cultivo es ambientalmente sostenible, ya que permite el aprovechamiento de subproductos agroindustriales frecuentemente desaprovechados, reduciendo la contaminación y mejorando la calidad del medio ambiente.

Las especies del género *Pleurotus* contienen cantidades significativas de proteínas, carbohidratos, fibra dietaria, vitaminas del complejo B, C y D, así como minerales esenciales como potasio, magnesio y hierro [3], [4]. Gracias a esta composición, se consideran una fuente alternativa a la carne, el pescado y los vegetales por su alta calidad nutricional. Además, presentan bajo contenido de grasas y calorías, así como propiedades medicinales que incluyen efectos antioxidantes, antimicrobianos, antidiabéticos, antiinflamatorios, antihipercolesterolémicos, antihipertensivos, hepatoprotectores, antienvejecimiento, inmunomoduladores y antitumorales, comprobados tanto *in vitro* como *in vivo* en ratones y en células humanas de cáncer de mama, cuello uterino, estómago, hígado y colon [5], [6].

El tipo de sustrato influye directamente en el perfil nutricional y bioactivo del hongo cultivado [7], lo que ha motivado investigaciones sobre su incorporación en alimentos procesados como sopas, panes y productos cárnicos. En particular, estudios recientes han demostrado que la adición de harina de *P. ostreatus* a sopas instantáneas aumenta el contenido de β-glucanos, compuestos relacionados con la modulación del sistema inmune y la reducción del colesterol [8]. Sin embargo, su inclusión en formulaciones alimenticias debe optimizarse para evitar alteraciones sensoriales no deseadas, ya que cantidades elevadas pueden afectar negativamente el color, sabor o textura del producto [6].

Gracias a sus cualidades funcionales, los hongos *Pleurotus* resultan atractivos como ingredientes en diversos productos alimenticios, tales como cárnicos, sopas, bebidas, vegetales y productos de panadería [9]. En este contexto, los cambios en los hábitos alimenticios de la población moderna han impulsado la demanda de productos funcionales, seguros, fáciles de preparar, digerir y conservar. Entre estos destacan los alimentos instantáneos, enlatados,

precocinados, comidas rápidas, congelados, deshidratados y especialmente las sopas instantáneas [10].

Los alimentos deshidratados presentan múltiples ventajas: son estables frente al deterioro enzimático y oxidativo, conservan sus características organolépticas durante largos periodos (6 a 12 meses), no requieren refrigeración y mantienen su contenido nutricional. En la actualidad, las sopas instantáneas, ofrecidas comercialmente en diferentes presentaciones (latas, congeladas o deshidratadas), están reemplazando a la sopa tradicional que demanda mayor tiempo de preparación [11]. En Colombia, la producción de sopas o cremas deshidratadas instantáneas está regulada por la Norma Técnica Colombiana NTC 4482, la cual establece los requisitos de calidad e inocuidad para estos productos [12].

Por otra parte, diversos estudios han resaltado la importancia del análisis sensorial en el desarrollo de alimentos instantáneos elaborados con ingredientes deshidratados y funcionales. En sopas instantáneas deshidratadas se han evaluado atributos como color, textura, sabor y aceptabilidad general mediante escalas hedónicas [11]. De igual manera, en sopas enriquecidas con harina de *Pleurotus ostreatus* se han analizado características sensoriales como color, aroma, sabor y aceptabilidad general para determinar la formulación con mayor aceptación [9]. Asimismo, otros alimentos instantáneos elaborados con ingredientes deshidratados han sido estandarizados mediante análisis sensorial utilizando atributos como apariencia, color, sabor, textura y aroma [10]. Estos antecedentes evidencian que el análisis sensorial es fundamental para determinar la aceptación de este tipo de alimentos.

A pesar del creciente interés en alimentos funcionales a base de hongos, existe poca investigación sobre el desarrollo de sopas deshidratadas enriquecidas con harina de *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre residuos de maíz y trigo. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el comportamiento productivo de *P. ostreatus* cultivado en mezclas de residuos agroindustriales lignocelulósicos y desarrollar una sopa deshidratada enriquecida con harina obtenida a partir del tratamiento con mejor desempeño productivo. Asimismo, se evaluaron las propiedades sensoriales, bromatológicas y microbiológicas de dos formulaciones del producto, con el fin de determinar su viabilidad como alimento funcional, inocuo y aceptado por los consumidores.

2. METODOLOGÍA

2.1 Cultivo de champiñón ostra

2.1.1 Preparación del sustrato

Se establecieron cuatro tratamientos experimentales basados en diferentes proporciones de materiales lignocelulósicos utilizados como sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. La selección de tusa de maíz y paja de trigo se realizó considerando su disponibilidad agroindustrial, composición lignocelulósica y antecedentes de uso en el cultivo de hongos comestibles. Estudios previos han demostrado la viabilidad de emplear tusa de maíz y otros residuos agrícolas como sustratos para la producción de *P. ostreatus* [13], así como la influencia de la preparación y composición del sustrato sobre la eficiencia biológica del cultivo [14]. Asimismo, se ha reportado que diferentes proporciones de residuos lignocelulósicos pueden modificar el crecimiento, rendimiento y eficiencia biológica del hongo [15], [16]. Por esta razón, las proporciones evaluadas fueron seleccionadas para comparar el comportamiento de *P. ostreatus* en sustratos simples y en mezclas de tusa de maíz y paja de trigo. El tratamiento T1 incluyó 97 % de tusa de maíz y 0 % de paja de trigo, mientras que T2 consistió en 97 % de paja de trigo y 0 % de tusa de maíz. En T3 se combinaron 37 % de tusa de maíz y 60 % de paja de trigo, y T4 incorporó 60 % de tusa de maíz con 37 % de paja de trigo.

Los materiales fueron seleccionados manualmente para eliminar impurezas visibles, después fueron triturados con un picador marca Penagos TP-8AMG (Santander, Colombia), hasta obtener una partícula homogénea, y luego sumergidos en agua durante 24 horas para facilitar la eliminación de tierra, insectos y residuos orgánicos. Después del lavado, los sustratos fueron escurridos y secados al ambiente.

Posteriormente, los materiales se empacaron en bolsas de polipropileno de 1 kg, a las cuales se les realizaron perforaciones cubiertas con interlon para permitir el intercambio gaseoso durante la incubación. Cada sustrato fue acondicionado con carbonato de calcio (2 % p/p) además de sulfato de amonio (1 % p/p), y se ajustó su humedad al 70 % antes del proceso de esterilización [17].

2.1.2 Inoculación de los sustratos

Las bolsas con sustrato fueron esterilizadas en autoclave de vapor Sterilof Mod. AUT/40/1PGR (Bogotá, Colombia) durante 60 minutos a 121°C. Una vez enfriadas, se realizó la inoculación en condiciones asépticas dentro de una cámara de flujo laminar, utilizando la cepa *P. ostreatus* WC923 UPenn. Se adicionó un 5 % de inóculo en peso con respecto al sustrato húmedo, y las bolsas fueron selladas con una selladora eléctrica modelo CD-200 [18].

2.1.3 Incubación

Tras la inoculación, las bolsas se colocaron en estantes metálicos dentro de un invernadero, cubiertas con un sistema de penumbra (malla negra) para inducir el crecimiento micelial en oscuridad. Las condiciones ambientales se mantuvieron en un rango de temperatura de 25 °C a 33 °C y humedad relativa entre 70 % y 80 %. Una vez completada la invasión micelial, se retiró la cobertura y se perforaron las bolsas para facilitar la entrada de oxígeno y permitir la formación de cuerpos fructíferos.

La etapa de fructificación se llevó a cabo en una zona controlada con temperaturas entre 18 °C y 23 °C y humedad relativa entre 80 % y 90 %, mediante riego periódico y ventilación natural. Se monitoreó la aparición de primordios y el desarrollo de las setas hasta su maduración.

2.1.4 Cosecha y evaluación de componentes productivos

La cosecha se realizó cuando los bordes de los sombreros se curvaron ligeramente hacia arriba, indicando madurez fisiológica. Las setas se extrajeron manualmente cortando la base del estípite, se limpiaron de residuos de sustrato y se pesaron inmediatamente. También se midieron variables morfológicas como el diámetro del sombrero y la longitud del estípite.

Los tratamientos correspondientes al cultivo de *Pleurotus ostreatus* se distribuyeron en un diseño completamente al azar. Como variables de respuesta se evaluaron eficiencia biológica, precocidad, tiempo a cosecha, número de fructificaciones por bolsa, pérdidas del proceso y variables biométricas. Para todas las variables se calcularon la media y la desviación estándar de las repeticiones. Posteriormente, los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Cuando se detectaron diferencias estadísticas, la comparación de medias se realizó mediante la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, empleando el software StatGraphics Centurion XVI y un nivel de significancia del 5 %.

2.2 Elaboración de harina de *P. ostreatus*

Se realizó acondicionamiento de la materia prima, para esto, los hongos sin estípite fueron lavados con agua potable, desinfectados con solución de hipoclorito de sodio (200 ppm),

cortados en cuadros pequeños y deshidratados en un equipo de secado por ventana de refractancia™ marca Centricol, fabricado en Cali, Colombia. Los trozos de las setas se ubicaron sobre la película de Mylar TM de 0,26 mm de espesor por 2 horas, a una temperatura de 70 °C hasta alcanzar una humedad del 10 %, utilizando una balanza de humedad marca SHIMADZU MOC63u, (Kioto, Japón). Este método de secado es rápido, asegura la calidad nutricional y disminuye la carga microbiana de los alimentos frescos [19]. Los hongos deshidratados se molieron y la harina se tamizó en una criba número 80 con abertura de 180 micras.

2.3 Formulaciones de sopas enriquecidas con *P. ostreatus*

Se preparó la sopa control (sin incorporación de harina del hongo) y dos formulaciones (1 y 2) en las que se varió el porcentaje de inclusión de harina del hongo con 5 % y 10 %, respectivamente, como se indica en la Tabla 1. Los ingredientes empleados y su porcentaje en base seca se establecieron según la información nutricional de sopas comerciales, la norma NTC 4482 e investigaciones previas en uso de hongos para elaboración de sopas instantáneas [9], [12], [20]. La incorporación de harina de *P. ostreatus* se realizó mediante sustitución parcial y proporcional de ingredientes secos de la mezcla base, principalmente harina de trigo, almidón de maíz y harina de soya, con el fin de mantener constante el contenido total de sólidos (100 %) y conservar las propiedades tecnológicas requeridas en una sopa instantánea. De esta manera, la principal variable experimental correspondió al nivel de inclusión de harina del hongo (0 %, 5 % y 10 %), mientras que las modificaciones en los demás ingredientes se realizaron únicamente para compensar el incremento de dicha harina y evitar alteraciones en la consistencia, capacidad de rehidratación y estabilidad del producto final. Para la rehidratación de las sopas, se empleó la relación 1:10 (sopa deshidratada: agua), en condiciones de ebullición por 5 minutos, hasta obtener una consistencia cremosa [20].

Tabla 1. Formulaciones para la elaboración de sopa control y sopa deshidratada con inclusión de harina de champiñón ostra. Fuente: elaboración propia.

Ingredientes en base seca	Control (%)	Formulación 1 (%)	Formulación 2 (%)
Leche descremada	10,39	9,86	9,34
Azúcar	0,19	0,18	0,18
Harina de trigo	32,46	30,83	29,20
Almidón de maíz	16,23	15,41	14,60
Sal	1,30	1,23	1,17
Glutamato monosódico	0,65	0,62	0,58
Sabor a pollo	4,93	4,68	4,43
Harina de soya	3,25	3,08	2,92
Harina de *P. ostreatus*	0	5,00	10,00
Comino	0,13	0,12	0,12
Cilantro	0,19	0,18	0,18
Color	0,01	0,01	0,01
Perejil	0,26	0,25	0,23
Apio	3,25	3,08	2,92
Ajo	5,19	4,93	4,67
CMC	0,29	0,28	0,26
Cebolla	20,77	19,73	18,69
Pimienta	0,52	0,49	0,47
Total	100,00	100,00	100,00

2.4 Evaluación sensorial

La sopa control y las formulaciones 1 y 2, fueron evaluadas sensorialmente mediante una prueba de aceptación utilizando una escala hedónica de cinco puntos, con 30 panelistas no entrenados [21]. Se realizó el análisis de varianza con nivel de significancia del 5 % y las diferencias significativas entre medias se determinaron mediante la prueba LSD de Fisher. Posteriormente, se hizo la prueba de preferencia entre la sopa con mejores atributos y una sopa comercial de champiñones, empleando 31 consumidores habituales de sopas deshidratadas, escogidos al azar.

2.5 Análisis bromatológico y microbiológico

El análisis bromatológico de la sopa control y de las formulaciones con inclusión de harina de *Pleurotus ostreatus* se realizó en el Laboratorio Especializado de Bromatología de la Universidad de Nariño con fines descriptivos y comparativos, utilizando una muestra representativa por tratamiento. Por esta razón, no se efectuaron réplicas analíticas ni análisis estadístico para estas variables, y los resultados presentados más adelante corresponden a valores absolutos obtenidos mediante análisis proximal. La determinación de materia seca se efectuó mediante método gravimétrico según la NTC 529:2009 [22]; cenizas por método gravimétrico conforme a la AOAC 923.03 [23]; extracto etéreo mediante extracción Soxhlet siguiendo el método AOAC 920.85 [24]. Este método es ampliamente utilizado para la cuantificación de grasa total en matrices alimentarias de origen vegetal y productos derivados de cereales, por lo que resulta adecuado para la evaluación bromatológica de la sopa deshidratada formulada en este estudio. Proteína cruda por el método Kjeldahl de acuerdo con AOAC 920.87 [25]; energía bruta mediante calorimetría de bomba conforme a la NTC 2128:2011 [26]; fibra cruda mediante digestión ácido-básica utilizando bolsas filtrantes; y extracto no nitrogenado por cálculo matemático. A partir de los resultados obtenidos en el análisis bromatológico se elaboró la tabla nutricional de las formulaciones, siguiendo los lineamientos establecidos en la Resolución 810 de 2021 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, relacionada con el etiquetado y declaración nutricional de alimentos envasados [27].

El análisis microbiológico se realizó en el Laboratorio Especializado de Microbiología de Alimentos de la Universidad de Nariño, para la formulación con 10 % de harina de *P. ostreatus,* por ser la formulación con mejores atributos sensoriales y bromatológicos. Se evaluaron coliformes fecales, mesófilos aerobios, recuento de hongos y levaduras, esporas de *Clostridium* sulfito reductor, *Staphylococcus* coagulasa positiva, *Bacillus cereus* y presencia de *Salmonella sp.* Los análisis microbiológicos se realizaron siguiendo metodologías de la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos (ICMSF) [28], mientras que la detección de *Salmonella sp.* se efectuó conforme a la norma ISO 6579:2002 [29]. Los resultados fueron comparados con los límites microbiológicos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 4482 [12].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Componentes de rendimiento del cultivo

Eficiencia Biológica (EB): Cómo se observa en la Tabla 2 se pudo evidenciar que en todos los casos la EB (g hongos frescos/ g sustrato seco) fue mayor en la primera cosecha y disminuyó durante la segunda cosecha, esto se debe a la disminución progresiva de la cantidad de nutrientes presentes en el sustrato en cada etapa productiva del cultivo tusa de maíz tanto sola como en mezcla.

Los tratamientos que presentaron mejores resultados fueron T3 con EB de un 54,12 % y T4 con un 53,32 % correspondientes a las mezclas de los sustratos y fue menor en T1 y T2 que estaban compuestos en su totalidad por tusa de maíz y paja de trigo respectivamente; estos resultados se pueden comparar con otros estudios donde se han reportado EB del 49,775 % en residuos de tusa de maíz y del 63,375 % en residuos de madera [13]. Sin embargo, el análisis estadístico indicó que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, lo que quiere decir que el tipo de sustrato en este ensayo no afectó la eficiencia biológica del cultivo.

Tabla 2. Variación de eficiencia biológica del cultivo de P. ostreatus. Fuente: elaboración propia.

Tratamiento	EBPC %	EBSC %	EBA %
T1(Tm 97 % - Pt 0 %)	37,02+/-12,16[a]	14,24+/-4,06[a]	51,26
T2(Tm 0 % - Pt 97 %)	38,82+/-11,72[a]	13,55+/-2,20[a]	52,37
T3 (Tm 37 % - Pt 60 %)	40,53+/-11,27[a]	13,59+/-3,58[a]	54,12
T4 (Tm 60 % - Pt 37 %)	40,08+/-10,57[a]	13,24+/-3,33[a]	53,32

Nota: Tm: Tusa de maíz, Pt: Paja de trigo EBPC: Eficiencia biológica primera cosecha. EBSC: Eficiencia biológica segunda cosecha. EBA: Eficiencia biológica media acumulada. Datos expresados como media de 25 repeticiones +/- desviación estándar. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) entre tratamientos.

Las combinaciones de sustratos influyen significativamente en los resultados finales de la EB, debido a que la composición química y las propiedades físicas de los materiales que integran cada formulación varían, lo cual puede incidir directamente en su comportamiento durante el proceso [15]. En general se puede decir que la EB para *Pleurotus ostreatus* en sustratos lignocelulósicos como aserrín y residuos de maíz puede variar desde valores bajos (alrededor del 15-20 %) hasta valores muy altos (más de 100 %) dependiendo de factores como la frescura del sustrato, el tratamiento previo (pasteurización o esterilización), la proporción de inóculo y las condiciones ambientales de cultivo [14], [16].

3.2 Variables fenológicas

Con el fin de evaluar el comportamiento fenológico de *Pleurotus ostreatus* cultivado en los diferentes sustratos lignocelulósicos, se analizaron variables relacionadas con el desarrollo del cultivo y el tiempo requerido para la formación y cosecha de los cuerpos fructíferos. En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos para precocidad y tiempo de cosecha en los tratamientos evaluados.

Tabla 3. Variables fenológicas del hongo comestible P. ostreatus. Fuente: elaboración propia.

Tratamientos	P (días)	TC1 (días)	TC2 (días)
T1 (Tm 97 % - Pt 0 %)	25,32+/-3,01[a]	36,92+/-2,75[a]	67,71+/-4,19[a]
T2 (Tm 0 % - Pt 97 %)	35,04+/-3,32[c]	46,68+/-5,37[c]	76,40+/-6,19[b]
T3 (Tm 37 % - Pt 60 %)	27,48+/-3,08[b]	39,76+/-2,55[b]	70,94+/-5,92[a]
T4 (Tm 60 % - Pt 37 %)	27,48+/-1,85[b]	40,24+/-1,74[b]	71,22+/-6,22[a]

Nota: Tm: Tusa de maíz, Pt: Paja de trigo Datos expresados como media +/- desviación estándar de los tratamientos, P: Precocidad. TC1: Tiempo primera cosecha. TC2: Tiempo segunda cosecha. Datos expresados como media de 25 repeticiones. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) entre tratamientos.

Se pudo observar que la precocidad fue menor para el tratamiento T1 con respecto a los demás tratamientos, en dónde la formación de primordios fue más rápida, mientras que el tratamiento T2 tardó más tiempo en completar su invasión micelial. El análisis de medias para la precocidad indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre T3 y T4, esto indicó que el tiempo desde la siembra hasta la aparición de los primeros primordios fue similar en las mezclas.

El tiempo de cosecha fue menor para los tratamientos T1 y T3 en comparación con los tratamientos T2 Y T4 en la primera cosecha. El tratamiento que más tiempo tardó en cosechar

fue T2, compuesto en su totalidad por paja de trigo con un máximo de 46 días para la primera cosecha y 76 días para la segunda cosecha.

3.3 Variables morfológicas

Con el propósito de determinar el efecto de los diferentes sustratos sobre las características físicas y productivas de *Pleurotus ostreatus*, se evaluaron variables morfológicas relacionadas con el número de fructificaciones y las medidas biométricas de los cuerpos fructíferos. En la Tabla 4 se presentan los resultados correspondientes al número de setas cosechadas, longitud del sombrero y longitud del estípite para los tratamientos evaluados.

Tabla 4. Variables morfológicas del hongo comestible *P. ostreatus*. Fuente: elaboración propia.

Tratamiento	Número de fructificaciones/bolsa	Longitud Sombrero (cm)	Longitud Estípite (mm)
T1(Tm 97 % - Pt 0 %)	6,00+/-1,70[a]	7,78+/-1,38[a]	2,02+/-0,51[a]
T2(Tm 0 % - Pt 97 %)	7,00+/-2,32[a]	7,39+/-0,78[a]	2,11+/-0,37[a]
T3(Tm 37 % - Pt 60 %)	6,00+/-2,24[a]	8,00+/-0,94[a]	2,20+/-0,43[a]
T4(Tm 60 % - Pt 37 %)	6,00+/-1,69[a]	7,99+/-1,73[a]	2,27+/-0,50[a]

Nota: Tm: Tusa de maíz, Pt: Paja de trigo Datos expresados como media +/- desviación estándar de 25 repeticiones. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$) entre tratamientos.

El ANOVA para el número de fructificaciones para las dos cosechas mantuvo un p-valor mayor al nivel de significancia (0,05), esto indica que la fuente de carbono de este ensayo no influyó en el número de setas cosechadas. Esta variable depende directamente de la eficiencia biológica [18], que en este estudio tampoco presentó diferencias significativas por lo que es de esperar que el número de fructificaciones para cada tratamiento sea similar.

En cuanto a las medidas biométricas, se observó que estadísticamente los hongos cosechados presentaron similitud en la longitud del sombrero y longitud del estípite ya que en cada caso el p-valor fue mayor al nivel de significancia (0,05) mientras que los coeficientes de variación fueron 0,16 y 0,21 respectivamente lo que demuestra confiabilidad en los resultados.

Los resultados obtenidos en la evaluación productiva de *Pleurotus ostreatus* permitieron seleccionar el tratamiento con mejor desempeño para la obtención de la materia prima empleada en la elaboración de la harina y posterior formulación de la sopa deshidratada. De esta manera, el estudio integró el aprovechamiento de residuos agroindustriales lignocelulósicos con el desarrollo de un alimento funcional, relacionando la eficiencia del cultivo del hongo con la calidad sensorial, bromatológica y microbiológica del producto final.

3.4 Evaluación sensorial

3.4.1 Prueba de medición del grado de satisfacción

Los resultados de los atributos sensoriales evaluados para las dos formulaciones de sopa deshidratada y la sopa control, se indican en la Tabla 5.

Según el análisis de varianza y la comparación de medias de Fisher obtenidos en la prueba de medición del grado de satisfacción, las sopas preparadas con el 5 % del hongo *Pleurotus ostreatus* (formulación 1), no presentaron diferencias estadísticamente significativas en los atributos de olor y textura en relación con el tipo de sustrato de cultivo y frente a la sopa control. Sin embargo, sí se observaron diferencias estadísticamente significativas en el atributo de sabor, siendo mayor la calificación para las sopas con inclusión del hongo (indistintamente del tratamiento de cultivo), en comparación con la sopa control. Estos resultados son consistentes con los reportados en otras investigaciones, donde se ha encontrado que la adición de polvo

de *P. ostreatus* en sopas vegetales mejora significativamente la percepción del sabor sin afectar negativamente la textura cuando se manejaban concentraciones moderadas [30].

Tabla 5. Resultados de la prueba de medición del grado de satisfacción de la sopa control y dos formulaciones de sopa, preparadas con hongos de cuatro tratamientos de cultivo. Fuente: elaboración propia.

AS	ST1	ST2	ST3	ST4	SC
Formulación 1 (*Pleurotus ostreatus* 5 %)					
Olor	3,30 +/- 0,47^{a}	3,57+/- 0,50^{a}	3,47+/-0,51^{a}	3,53+/-0,51^{a}	3,43+/-0,50^{a}
Color	3,00+/-0,74^{b}	3,27+/-0,78^{ab}	3,57+/-0,73^{a}	3,50+/- 0,73^{a}	3,60+/-0,72^{a}
Sabor	3,80+/-0,66^{b}	3,83+/-0,65^{b}	3,77+/-0,57^{b}	3,97+/-0,56^{b}	3,00+/-0,59^{a}
Textura	3,73+/-0,74^{a}	3,80+/-0,71^{a}	3,73+/-0,64^{a}	3,63+/-0,71^{a}	3,23+/-0,77^{a}
Formulación 2 (*Pleurotus ostreatus* 10 %)					
Olor	3,70+/-0,60^{a}	3,77+/-0,77^{a}	3,33+/-0,71^{a}	3,73+/-0,78^{a}	3,43+/-0,50^{a}
Color	3,73+/-0,69^{a}	3,67+/-0,61^{a}	3,80+/-0,61^{a}	3,50+/-0,57^{a}	3,60+/-0,72^{a}
Sabor	4,03+/-0,56^{b}	4,13+/-0,51^{b}	4,20+/-0,55^{b}	4,00+/-0,53^{b}	3,00+/-0,59^{a}
Textura	3,97+/-0,67^{b}	4,17+/-0,70^{b}	4,03+/-0,56^{b}	4,03+/-0,76^{b}	3,23+/-0,77^{a}

Nota: AS: Atributo sensorial, ST1: sopa con hongos del sustrato de cultivo T1, ST2: sopa con hongos del sustrato de cultivo T2, ST3: sopa con hongos del sustrato de cultivo T3, ST4: sopa con hongos del sustrato de cultivo T4, SC: sopa control sin adición de hongos. Valores promedio con desviación estándar de 4 repeticiones. Letras diferentes por fila, indican diferencias estadísticas de los atributos sensoriales.

De igual manera, se detectaron diferencias significativas en el atributo color, siendo las sopas preparadas con hongos cultivados en sustratos compuestos únicamente por 97 % de tusa de maíz o 97 % de paja de trigo las que obtuvieron las calificaciones más bajas. Por el contrario, los hongos obtenidos de sustratos mixtos (tusa-paja) y la sopa control recibieron mayores puntuaciones. Estudios han documentado que los cambios en la coloración de productos con *P. ostreatus* pueden estar influenciados por la composición del sustrato, lo que a su vez incide en la aceptación sensorial del producto final [31], [32].

El análisis estadístico correspondiente a la formulación con 10 % de inclusión de harina del hongo (formulación 2) mostró que no hubo diferencias estadísticamente significativas en olor y color entre los tratamientos evaluados ni respecto a la sopa control. No obstante, sí se observaron mejoras en los atributos de sabor y textura, lo que indica un efecto positivo de la mayor proporción de hongo en la percepción general del producto, como también se ha reportado en otros estudios, en análogos de filete de pescado elaborados con *P. ostreatus*, donde el hongo contribuyó positivamente a la textura y sabor del alimento [33].

En relación con el color, las formulaciones con mayor proporción de harina de hongo mostraron tonalidades más oscuras, lo cual podría estar asociado al tratamiento de secado a 70 °C. Esta variación cromática se vincula con reacciones de pardeamiento no enzimático, derivadas de la interacción entre azúcares reductores (como la glucosa) y aminoácidos (por ejemplo, lisina), así como de la degradación oxidativa del ácido ascórbico y la transformación de compuestos fenólicos en estructuras policarbonílicas [34]-[36].Este tipo de cambios también ha sido documentado en otros productos alimenticios que utilizan hongos, como hamburguesas de carne enriquecidas con *P. ostreatus*, donde el secado genera compuestos responsables de sabores y colores agradables [37]. En este estudio, dicho oscurecimiento no tuvo un efecto negativo, sino que resultó en una mejor calificación sensorial para las sopas formuladas con 10 % de inclusión.

La evaluación sensorial indicó una diferencia significativa en el sabor entre la sopa con 10 % de hongo (promedio 4,09) y la sopa control (promedio 3,00). Sin embargo, al igual que en la formulación 1, no se observaron diferencias significativas en el atributo de olor, lo que sugiere que la proporción de harina del hongo no afecta esta variable sensorial de forma apreciable.

Este hallazgo coincide con lo reportado en literatura, donde se ha encontrado que el impacto sensorial de *P. ostreatus* es más pronunciado en el sabor y la textura que en el olor [30].

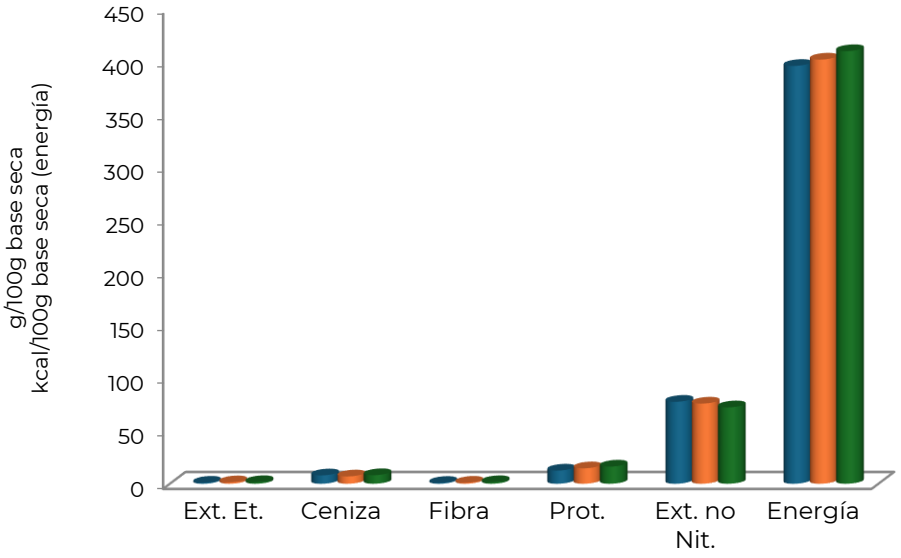
3.4.2 Prueba de preferencia

Se evaluó la sopa deshidratada con inclusión de harina del hongo al 10 % frente a una sopa comercial de champiñones. El 64,5 % de los jueces prefirió el sabor de la sopa comercial, y un 67,7 % mostró preferencia por su olor y textura. Sin embargo, en cuanto al color, la sopa formulada con harina de *P. ostreatus* fue preferida por el 58,06 % de los jueces. Los evaluadores señalaron que el color de esta última era más atractivo que el de la sopa comercial, cuya apariencia fue descrita como más pálida.

El color resultante del proceso de secado posiblemente contribuyó a esta percepción, ya que el pardeamiento inducido por calor es responsable de características sensoriales positivas también observadas en otros alimentos como el café tostado o la corteza del pan [38]. Este efecto ha sido descrito en la literatura como favorable para el desarrollo de productos con atributos sensoriales más intensos y complejos [33].

3.5 Análisis bromatológico

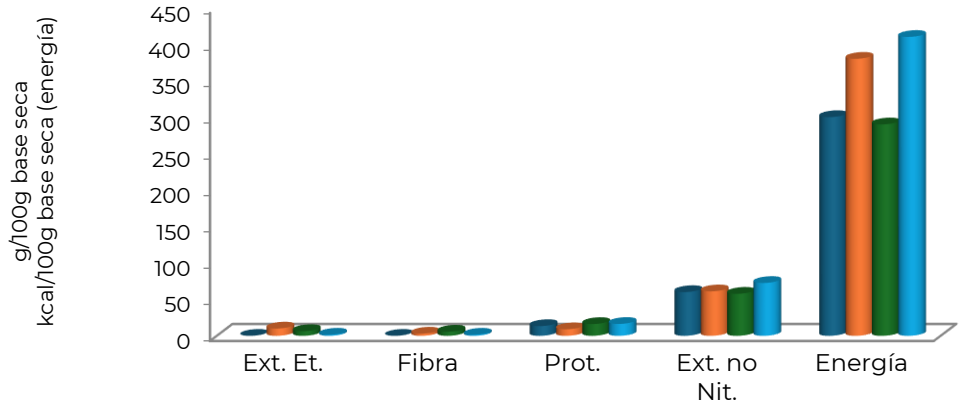
Los resultados del análisis bromatológico evidenciaron diferencias comparativas entre las formulaciones de sopa, observándose que la incorporación de harina de *P. ostreatus* contribuyó a incrementar principalmente el contenido de proteína, fibra, cenizas y valor energético, siendo mayores en la formulación con 10 % de harina de las setas, como se indica en la Figura 1.



	Ext. Et.	Ceniza	Fibra	Prot.	Ext. no Nit.	Energía
Sopa control	0.98	7.93	0.82	12.5	77.78	396
Sopa con 5 % de orellana	1.38	6.94	0.98	14.65	76.05	402
Sopa con 10 % de orellana	1.53	8.15	1.52	16.29	72.51	410

Figura 1. Aporte bromatológico y energético de las sopas formuladas. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 2 se observa la comparación del aporte bromatológico y energético entre la sopa formulada con 10 % de harina de *P. ostreatus,* una sopa con 60 % de sustitución con harina de quinua [39] y dos sopas comerciales ampliamente distribuidas en los mercados locales.



	Ext. Et.	Fibra	Prot.	Ext. no Nit.	Energía
La sopera (sopa de pollo con champiñones)	0	0	13.33	60	300
Knorr (crema de champiñones)	10	3	9	61	380
Sopa de quinua (60%)	6.46	5.69	16.17	57.68	290
Sopa con 10 % de orellana	1.53	1.52	16.29	72.51	410

Figura 2. Comparación del aporte bromatológico y energético de la sopa formulada con sopas comerciales. Fuente: elaboración propia.

Según los resultados del análisis bromatológico, la adición de harina de *Pleurotus ostreatus* a la sopa control incrementó el valor nutricional de las formulaciones, observándose un aumento de 2,77 % con la inclusión del 5 % de harina y de 5,26 % con el 10 %, siendo el mayor aporte el correspondiente al contenido de proteína. Este comportamiento puede atribuirse a la composición bromatológica del hongo, reportado como una fuente importante de proteína, fibra y cenizas, con bajo contenido lipídico [3], [4], [40]. En estudios recientes, la composición proximal de *P. ostreatus* ha mostrado contenidos relevantes de proteína cruda y fibra, mientras que los lípidos se mantienen en proporciones bajas, lo cual coincide con el comportamiento observado en las sopas formuladas [4], [40]. La sopa correspondiente a la formulación 2 presentó una concentración de proteína de 16,29 %, valor similar al reportado para una sopa con inclusión de harina de quinua (16,17 %) [39], y superior al de una crema comercial de champiñones (9 %) y una sopa comercial de pollo con champiñones (13,33 %). De manera similar, la incorporación de harina de *P. ostreatus* en otros productos alimenticios ha generado incrementos en el contenido proteico; por ejemplo, en muffins libres de gluten se ha evaluado su potencial como fuente proteica [31], mientras que en galletas enriquecidas con polvo de *P. ostreatus* se reportó un aumento de proteína de 8,26 % a 16,12 %, acompañado de incrementos en fibra y cenizas [41]. Asimismo, en sopas instantáneas altas en proteína se ha utilizado el champiñón ostra como ingrediente funcional, reforzando su potencial para mejorar la composición bromatológica de productos deshidratados [42].

En cuanto al contenido de grasa, las sopas preparadas presentaron valores bajos de extracto etéreo, registrándose 1,38 % para la formulación 1 % y 1,53 % para la formulación 2. La adición de 5 % y 10 % de harina de orellana generó incrementos de 0,4 % y 0,6 %, respectivamente, en comparación con la sopa control. Este ligero aumento puede explicarse por el bajo, pero presente, contenido lipídico de *P. ostreatus,* permitiendo que el producto final conserve características de bajo contenido graso.

La concentración de cenizas para la sopa control fue de 7,93 g / 100 g en base seca, lo que se puede atribuir al uso de especies condimentarias como la cebolla, ajo, apio, perejil, entre otros aditivos que contribuyeron a incrementar el contenido de minerales. La mayor concentración de cenizas y fibra se presentó en la sopa constituida por el 10 % de harina de orellana, que alcanzó 8,15 g / 100 g y 1,52 g / 100 g en base seca, respectivamente. La concentración del extracto no nitrogenado, resultaron más bajos en las sopas en las que se

incluyó *P. ostreatus*, probablemente por la disminución de la cantidad de harina de trigo, harina de soya, leche descremada, almidón de maíz y azúcar, en sustitución con la harina del hongo; además, que *P. ostreatus* cuenta con una baja concentración de carbohidratos constituidos por almidón, pentosas, hexosas, además de polisacáridos, como los glucanos [40].

El valor energético en la sopa control fue de 396 kcal/100 g, en la sopa con 5 % de harina de orellana fue de 402 kcal/100g y en la sopa con 10 % de harina de *P. ostreatus* fue de 410 kcal/100g. Este incremento se atribuye al aporte de nutrientes energéticos tales como proteína, grasas poliinsaturadas y carbohidratos de *P. ostreatus* deshidratado agregado a la sopa control, lo cual también se evidenció, en el mayor valor energético de la sopa con 10 % de harina de orellana, en comparación con el valor energético de las sopas comerciales que contienen champiñón y la sopa de quinua.

Una vez reconstituida la porción de 15 g en 150 mL de agua, la sopa con 10 % de harina de *P. ostreatus* aporta 60 kcal, 11,00 g de carbohidratos, 2,00 g de proteína, 0,23 g de grasa total y 0,23 g de fibra. Estos resultados indican que el producto presenta bajo contenido de grasa por porción y un aporte moderado de proteína y carbohidratos, componentes que explican principalmente su valor energético. Este comportamiento es consistente con lo reportado en productos alimenticios enriquecidos con *Pleurotus ostreatus*, donde la incorporación del hongo ha permitido incrementar el contenido de proteína, fibra y cenizas, manteniendo bajos niveles de grasa [4], [40],

En sopas instantáneas formuladas con hongos y fuentes vegetales de proteína se ha destacado el potencial del champiñón ostra para mejorar la composición bromatológica y funcional de productos deshidratados [40]. Asimismo, en una sopa instantánea de hongo fortificada con alcachofa de Jerusalén y coliflor se reportaron contenidos elevados de proteína y fibra, junto con buena aceptación sensorial y estabilidad del producto [43]. De igual forma, en formulaciones recientes de sopa vegana instantánea a base de *Pleurotus ostreatus,* moringa y mung bean, se reportaron contenidos de proteína de 16,3 %, grasa de 2,2 % y fibra de 9,8 % en base seca, evidenciando el potencial de este hongo como ingrediente funcional en alimentos deshidratados [44].

En comparación con estos estudios, la formulación desarrollada en esta investigación presenta un menor aporte nutricional por porción debido al tamaño de servicio empleado para la tabla nutricional (15 g/150 mL). Sin embargo, conserva un bajo contenido de grasa y aporta proteína derivada de la harina de *P. ostreatus*, lo cual respalda su potencial como sopa deshidratada funcional de fácil preparación. En la Tabla 6 se presenta la información nutricional de la sopa deshidratada con incorporación del 10 % de harina de orellana, elaborada con base en la Resolución 810 de 2021 del Ministerio de Salud y Protección Social [27], la cual establece los requisitos de etiquetado nutricional y frontal para alimentos envasados o empacados para consumo humano.

Tabla 6. Información nutricional de sopa preparada con *P. ostreatus*. Fuente: elaboración propia.

Información Nutricional	
Tamaño por porción: 15 g / 150 ml agua	
Cantidades por porción	
Calorías	60
	Valor Diario*
Grasa Total 0,23 g	0,35 %
Carbohidratos Totales 11,00 g	4,00 %
Fibra 0,23 g	0,91 %
Proteína 2,00 g	4,00 %

*Porcentajes de Valor Diario basados en una dieta de 2000 calorías. El Valor Diario puede ser mayor o menor dependiendo de la necesidad calórica.

3.6 Análisis microbiológico

Los resultados microbiológicos para la sopa con 10 % de harina de orellana, indican un contenido de coliformes totales < 3 ufc / g, *Escherichia coli* < 10 ufc / g, *Clostridium* sulfito < 10 ufc / g, *Estafilococo* coagulasa < 100 ufc / g y ausencia de *Salmonella sp*.

Los resultados del análisis microbiológico se encuentran dentro de lo establecido en la norma NTC 4482 [12], por lo tanto, la sopa deshidratada formulada es inocua y apta para su consumo después del proceso de cocción.

La inocuidad de alimentos elaborados con *P. ostreatus* ha sido respaldada por diversos estudios recientes. Otros autores, desarrollaron un análogo de filete de pescado utilizando este hongo como ingrediente principal, encontrando que el producto resultante no presentó presencia de patógenos y cumplió con los parámetros microbiológicos establecidos [33], lo que demuestra que *P. ostreatus* puede incorporarse en formulaciones complejas sin comprometer la seguridad alimentaria. Del mismo modo, al evaluar hamburguesas de pescado suplementadas con harina de *P. ostreatus*, se ha observado que los recuentos microbianos se mantuvieron bajos durante el almacenamiento en refrigeración, lo que sugiere que este hongo no promueve el desarrollo microbiano indeseado cuando se aplica en alimentos procesados bajo condiciones controladas [45]. Estos resultados sugieren que el uso de harina de *Pleurotus ostreatus* en sopas deshidratadas no solo es viable desde el punto de vista nutricional y sensorial, sino también desde una perspectiva de seguridad alimentaria. La correcta aplicación de procesos tecnológicos, como la deshidratación y la formulación con ingredientes desinfectados, garantiza un producto final libre de contaminantes microbiológicos y conforme con los estándares internacionales.

4. CONCLUSIONES

El cultivo de *Pleurotus ostreatus* en residuos agroindustriales como tusa de maíz y paja de trigo, solos o en mezcla, presentó eficiencias biológicas (EB) superiores al 50 % en los mejores tratamientos (T3 y T4), siendo más alta en la primera cosecha y disminuyendo en la segunda por el agotamiento de nutrientes. Aunque no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre los sustratos, se observó que las mezclas alcanzaron los valores más altos de EB, mientras que T1 mostró mayor precocidad y T2 los ciclos más largos de producción. Las variables morfológicas (número de fructificaciones, diámetro de sombrero y longitud de estípite) se mantuvieron estables entre tratamientos, lo que confirma la confiabilidad y uniformidad de los resultados.

La inclusión de harina de *P. ostreatus* en la sopa deshidratada mejoró principalmente el sabor y la textura, sin cambios significativos en el olor. Con el 5 % de adición se evidenció una mejor percepción del sabor frente a la sopa control, mientras que con el 10 % se obtuvieron calificaciones más altas tanto en sabor como en textura, incluso cuando el secado generó un oscurecimiento del producto que no afectó su aceptación. En la prueba de preferencia, la sopa comercial de champiñón fue mejor evaluada en sabor, olor y textura; sin embargo, la sopa con *P. ostreatus* fue preferida en el atributo color, lo que evidencia potencial competitivo y oportunidades de mejora sensorial.

La adición de harina de *P. ostreatus* incrementó el valor nutricional de las sopas en un 2,77 % con 5 % de inclusión y en un 5,26 % con 10 %, principalmente por el aporte proteico. La formulación al 10 % alcanzó un 16,29 % de proteína, valor comparable con la sopa con 60 % de quinua y superior a sopas comerciales de champiñón y pollo con champiñón. Además, presentó bajos niveles de grasa, mayor contenido de cenizas y fibra, y un aumento en el valor energético hasta 410 kcal/100 g. Una porción de 15 g/150 mL aporta 60 kcal, 4 % del valor diario recomendado de carbohidratos y 4 % de proteína, lo que la convierte en un alimento con potencial funcional y competitivo en el mercado.

El análisis microbiológico de la sopa con 10 % de harina de *P. ostreatus* cumplió con la normativa NTC 4482, evidenciando ausencia de patógenos y niveles bajos de coliformes, *E. coli* y *Staphylococcus aureus*, garantizando así su inocuidad. En conjunto, los resultados demuestran que el uso de residuos lignocelulósicos como sustrato es viable para la producción de hongos y su transformación en ingredientes deshidratados que mejoran el perfil nutricional de alimentos procesados, aportan atributos sensoriales favorables y cumplen con estándares de seguridad alimentaria, constituyéndose en una alternativa sostenible de valorización de subproductos agrícolas.

5. AGRADECIMIENTO Y FINANCIACIÓN

Los autores agradecen al Sistema de Investigaciones de la Universidad de Nariño, por el financiamiento de esta investigación, la cual hace parte del Proyecto de Investigación Docente, titulado “Efecto del secado por ventana de refractancia sobre la calidad y compuestos volátiles de *Pleurotus ostreatus*”, aprobado según el acuerdo número 159 del 5 de octubre de 2018, con código 1718.

6. REFERENCIAS

[1] E. A. Adebayo, and J. K. Oloke, “Oyster mushroom *(Pleurotus* species); a natural functional food,” *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci*., vol. 7, no. 3, pp. 254-264, Dec. 2017. https://doi.org/10.15414/jmbfs.2017/18.7.3.254-264

[2] H. Gebru, G. Faye, and T. Belete, “Antioxidant capacity of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm influenced by growth substrates,” *AMB Expr.*, vol. 14, p. 73, Jun. 2024. https://doi.org/10.1186/s13568-024-01698-0

[3] J. Raman *et al.*, “Cultivation and Nutritional Value of Prominent *Pleurotus* spp.: An Overview,” *Mycobiol.*, vol. 49, no. 1, pp. 1-14, Nov. 2020. https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1835142

[4] M. Eno Effiong, C. Precious Umeokwochi, I. Sunmola Afolabi, and S. Nwodo Chinedu, “Assessing the nutritional quality of *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom),” *Front. Nutr.*, vol. 11, p. 1279208, Jan. 2024. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1279208

[5] G. Venturella, V. Ferraro, F. Cirlincione, and M. L. Gargano, “Medicinal Mushrooms: Bioactive Compounds, Use and Clinical Trials,“ *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 22, no. 634, pp. 1-30, Jan. 2021. https://doi.org/10.3390/ijms22020634

[6] M. Ritota, and P. Manzi, “Edible mushrooms: Functional foods or functional ingredients? A focus on *Pleurotus spp*,” *AIMS Agric. Food*, vol. 8, no. 2, pp. 391-439, Mar. 2023. https://doi.org/10.3934/agrfood.2023022

[7] R. A. Mihai, E. J. Melo Heras, L. I. Florescu, and R. D. Catana, “The edible gray oyster fungi *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm: A potent waste consumer with antioxidant activity depending on the growth substrate,” *J. Fungi*, vol. 8, no. 3, p. 274, Mar. 2022. https://doi.org/10.3390/jof8030274

[8] S. Bulam, N. Üstün, and A. Pekşen, “Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) as a healthy ingredient for sustainable functional food production,” *Mantar Dergisi*, vol. 13, no. 3, pp. 131-143, Dec. 2022. https://doi.org/10.30708/mantar.1192063

[9] A. Srivastava, B. L. Attri, and S. Verma, “Development and evaluation of instant soup premix using oyster mushroom powder,” *Mush. Res.*, vol. 28, no. 1, pp. 65-69, Aug. 2019. https://doi.org/10.36036/MR.28.1.2019.91960

[10] K. Sowjanya, and K. Manjula, “Standardization and Development of Instant Ragi Dosa Mix with Dehydrated Green Leafy Vegetables,” *IOSR J. Environ. Scie. Toxicol. Food Technol. (IOSR-JESTFT)*, vol. 10, no. 5, pp. 4-8, May. 2016. https://www.iosrjournals.org/iosr-jestft/papers/vol10-issue5/Version-1/B1005010408.pdf

[11] A. K. Dhiman, N. Vidiya, A. Surekha, and R. Preethi, “Studies on development and storage stability of dehydrated pumpkin based instant soup mix,” *J. Appl. Nat. Sci.*, vol. 9, no. 3, pp. 1815-1820, Sep. 2017. https://doi.org/10.31018/jans.v9i3.1444

[12] Sopas y cremas. Requisitos de calidad*,* NTC 4482:2020, ICONTEC, Bogotá, Colombia, 2020.

[13] J. A. Orozco, and A. M. Gómez, "Producción de Orellana (*Pleurotus ostreatus*) empleando tusa de maíz (*Zea may*), residuos de piña (*Ananas comosus*) y taruya (*Eichhornia crassipes*)," *Innocae*, vol. 2, no. 1, pp. 15-21, Nov. 2020. https://revistas.sena.edu.co/index.php/innocae/article/view/3331

[14] F. De Mastro, A. Traversa, F. Matarrese, C. Cocozza, and G. Brunetti, "Influence of Growing Substrate Preparation on the Biological Efficiency of *Pleurotus ostreatus*," *Horticulturae*, vol. 9, no. 4, p. 439, Mar. 2023. https://doi.org/10.3390/horticulturae9040439

[15] D. M. Tavarwisa, C. Govera, M. Mutetwa, and W. Ngezimana, "Evaluating the Suitability of Baobab Fruit Shells as Substrate for Growing Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*)," *Int. J. Agron.*, vol. 2021, p. 6620686, Feb. 2021. https://doi.org/10.1155/2021/6620686

[16] K. M. Mangilog, J. F. M. Mendez, and R. V, Soriano, "Growth and yield response of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different ratios of rice husk and corncob substrates," *Aka Stud. Res. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 9-18, Jun. 2024. https://journal.omsc.edu.ph/aka-journal/article/view/54

[17] A. Misz *et al.*, "A Comparative Study of Calcium Sulfate Alternatives in Compost Production for White Button Mushroom (*Agaricus bisporus*)," *Horticulturae*, vol. 10, no. 4, no. 378, Apr. 2024. https://doi.org/10.3390/horticulturae10040378

[18] O. L. Benavides Calvache *et al.*, "Ácidos grasos del hongo funcional pleurotus ostreatus cultivado en residuos sólidos agroindustriales," *Prod. Limpia*, vol. 10, no. 1, pp. 73–81, Jan.-Jun. 2015. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100007

[19] V. C. Silva Santos, R. Lucena de Souza, R. Tavares Figuereido, and O. L. Sanchez de Alsina, "A review on refractance window drying process of fruits: its integration with renewable energies," *Braz. J. Food Technol.*, vol. 25, p. e2021153, pp. 1-14, May. 2022. https://doi.org/10.1590/1981-6723.15321

[20] J. Singh, S. C. Sindhu, and V. Kumari, "Development and evaluation of Shiitake mushroom (Lentinus edodus) instant soup mixes," *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, vol. 6, no. 5, pp. 1232-1238, May. 2017. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.605.133

[21] H. T. Lawless, and H. Heymann, *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices,* 2nd ed. New York, NY, USA: Springer Science, Business Media, 2010. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5

[22] Cereales y productos cereales, Determinación del contenido de humedad, NTC 529:2009, ICONTEC, Bogotá, Colombia, 2009.

[23] Cereal Foods, Method 923.03: Ash of Flour, In *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 21st ed. Rockville, Maryland, USA: AOAC International, 2019.

[24] Official Method 920.85. Fat (Crude) in Flour, In *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 21st ed. Rockville, Maryland, USA: AOAC International, 2019.

[25] Official Method 920.87. Protein (Total) in Flour. Kjeldahl Method. In*: Official Methods of Analysis of AOAC International*, 21st ed. 21st ed. Rockville, Maryland, USA: AOAC International, 2019.

[26] Determinación de energía bruta por calorimetría de bomba. NTC 2128:2011, ICONTEC, Bogotá, Colombia, 2011.

[27] Reglamento técnico sobre los requisitos de etiquetado nutricional y frontal que deben cumplir los alimentos envasados o empacados para consumo humano, Resolución 810 de 2021, Ministerio de Salud y Protección Social, Bogotá, Colombia, 2021. [Online]. Available: https://normograma.invima.gov.co/compilacion/docs/resolucion_minsaludps_0810_2021.htm

[28] ICMSF, *Microorganisms in Foods 2: Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications*. 2nd ed. Toronto, Canadá: University of Toronto Press, 1986.

[29] Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the detection of Salmonella spp, ISO 6579:-1:2017, International Organization for Standardization, Ginebra, Suiza, 2002.

[30] C. Proserpio, V. Lavelli, M. Laureati, and E. Pagliarini "Effect of *Pleurotus ostreatus* powder addition in vegetable soup on β-glucan content, sensory perception, and acceptability," *Food Sci. Nutr.*, vol. 7, no. 2, pp. 730-737, Feb. 2019. https://doi.org/10.1002/fsn3.917

[31] G. K. Dhillon, A. Kour, and B. M. Salazar, "Potential of *Pleurotus ostreatus* as a novel protein source in rice-millet-based gluten-free muffins," *Cogent Food Agric.*, vol. 9, no. 1, p. 2191888, Mar. 2023. https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2191888

[32] G. Tokarczyk *et al.*, "Effect of Oyster Mushroom Addition on Sensory Properties and Antioxidant Potential of Carp Meat Burgers," *Molecules*, vol. 28, no. 19, p. 6975, Oct. 2023. https://doi.org/10.3390/molecules28196975

[33] N. T. Ferreira Silva *et al.*, "Fish Fillet Analogue Using Formulation Based on *Pleurotus ostreatus*: Texture, Sensory, Aromatic Profile and Physicochemical Characterization," *Foods*, vol. 13, no. 15, p. 2358, Jul. 2024. https://doi.org/10.3390/foods13152358

[34] S. Fayle, and J. A. Gerrard, *The Maillard Reaction,* Cambridge, England: Royal Society of Chemistry, 2002. https://doi.org/10.1039/97818475521O5

[35] H. R. Bolin, and R. J. Steele, "Nonenzymatic Browning in Dried Apples During Storage," *J. Food Sci.*, vol. 52, no. 6, pp. 1654-1657, Nov. 1987. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb05899.x

[36] M. Cortés, A. García, and H. Suárez, "Fortificación de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) con calcio, selenio y vitamina C," *Vitae*, vol. 14, no. 1, pp. 16-24, Jan.-Jun. 2007. http://ref.scielo.org/mh72sc

[37] M. I. Cerón-Guevara *et al.*, "Effect of the addition of edible mushroom flours (Agaricus bisporus and Pleurotus ostreatus) on physicochemical and sensory properties of cold-stored beef patties," *J. Food Process. Preserv.*, vol. 44, no. 3, p. e14351, 2020. https://doi.org/10.1111/jfpp.14351

[38] A. Hernández, *Tratado de nutrición/Nutrition Treatise: Composición y calidad nutritiva de los alimentos*, vol. 2. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana, 2010. https://books.google.es/books?id=hcwBJ0FNvqYC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

[39] A. Z. Flores Ramírez, and A. S. Hinojosa Román, "Formulación, caracterización y evaluación sensorial de una sopa deshidratada a base de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) variedad Hualhuas," Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú, 2016. [Online]. Available: http://hdl.handle.net/20.500.12894/1586

[40] K. N. Lesa *et al.*, "Nutritional value, medicinal importance, and health-promoting effects of dietary mushroom (*Pleurotus ostreatus*)," *J. Food Qual.*, p. 2454180, pp. 1-9, Aug. 2022. https://doi.org/10.1155/2022/2454180

[41] E. Ifunanya Nwaudah, I. E. Mbaeyi-Nwaoha, D. Chinwendu Ofoegbu, and H. Onyeaka, "Oyster Mushroom *(Pleurotus ostreatus)* and Okara Flour as Nutritional Enhancers in Wheat Biscuits: A study on Storage Stability," *Foods*, vol. 14, no. 3, p. 539, Feb. 2025. https://doi.org/10.3390/foods14030539

[42] R. Sukweaw Samakradhamrongthai *et al.*, "Alternative protein sources from selected legumes and mushrooms in the development of high-protein instant soup for the elderly," *Heliyon*, vol. 10, no. 16, p. e35810, Aug. 2024. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35810

[43] B. Saed *et al.*, "Physicochemical and Sensory Characteristics of Instant Mushroom Soup Fortified with Mixed Jerusalem Artichoke and Cauliflower Powders," *Foods*, vol. 11, no. 20, p. 3260, Oct. 2022. https://doi.org/10.3390/foods11203260

[44] C. Pamalka, M. Raymond, N. Gayan, I. A. Brownlee, and G. S. G. Liyanage, "Formulation and nutritional evaluation of instant vegan mushroom (*Pleurotus ostreatus*) soup powder enriched with moringa (*Moringa oleifera*), mung bean (*Vigna radiata*) and pumpkin (*Cucurbita maxima*)," *Foods*, vol. 15, no. 3, p. 445, Jan. 2026. https://doi.org/10.3390/foods15030445

[45] U. Pachekrepapol, M. Thangrattana, and A. Kitikangsadan, "Impact of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on chemical, physical, microbiological and sensory characteristics of fish burger prepared from salmon and striped catfish filleting by-product," *Int. J. Gastron. Food Sci*., vol. 30, p. 100598, Dec. 2022. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100598

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés que pueda haber influido en los resultados presentados ni en la interpretación de los datos en este manuscrito.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Olga L. Benavides Calvache: Conceptualización, diseño experimental, supervisión, análisis de resultados, redacción y revisión final del manuscrito.

Oscar Arango Bedoya: Validación metodológica, revisión crítica del contenido y edición técnica del manuscrito.

Oswaldo Osorio Mora: Apoyo en el diseño experimental, análisis de datos microbiológicos, revisión científica del contenido.

Karen Paredes Arciniegas: Recolección y procesamiento de datos, trabajo experimental, elaboración de figuras y tablas, análisis estadístico y redacción preliminar.

Robinson Timaná Arévalo: Ejecución de ensayos de laboratorio, apoyo en el desarrollo de formulaciones, análisis estadístico y redacción preliminar del artículo.