

Aspectos sensoriales de un néctar de fruta con adición de micelios obtenidos por fermentación sumergida

Carolina Vega-Oliveros¹ , Fabian Rico-Rodríguez²  & Ivonne J. Nieto-Ramírez¹ 

¹ Universidad Nacional de Colombia - Colombia

² Universidad de Cartagena - Colombia

ACCESO  ABIERTO

Para citaciones: Vega Oliveros, C., Rico Rodríguez, F. & Nieto Ramírez, I. (2022). Aspectos sensoriales de un néctar de fruta con adición de micelios obtenidos por fermentación sumergida. *Ing-NOVA*, 1(1), 30-42. <https://doi.org/10.32997/rin-2022-3726>

Recibido: 29 de julio de 2021

Revisado: 06 de octubre 2021

Aprobado: 08 de octubre 2021

Autor de correspondencia:

Carolina Vega-Oliveros

cvegao@unal.edu.co

Editor: Miguel Ángel Mueses. Universidad de Cartagena-Colombia.

Copyright: © 2022. Vega Oliveros, C., Rico Rodríguez, F. & Nieto Ramírez, I. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> la cual permite el uso sin restricciones, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre y cuando que el original, el autor y la fuente sean acreditados.



RESUMEN

Los hongos comestibles o setas poseen compuestos biológicos que han despertado gran interés entre la comunidad científica y agroindustrial debido a que presentan un gran potencial de uso al ser catalogados como nutraceuticos. Es por esto, que en los últimos años ha tomado importancia el desarrollo de estudios que conduzcan al aprovechamiento de setas comestibles a través de procesos biotecnológicos, buscando un incremento conjunto de los compuestos de interés que lo convierten en alimento funcional por excelencia. En esta investigación, se trabajó con una cepa *Pleurotus ostreatus*, la cual fue cultivada con fermentación en estado líquido (FEL) en harina de maíz amarillo burdo, la cual se observó indujo en el hongo la producción de biomasa fúngica con mayor valor nutraceutico. Este micelio fue adicionado de tal manera que aportará cantidad suficiente de compuestos bioactivos en la formulación de un néctar de mango. A este último se le realizó una prueba sensorial para determinar el grado de aceptación por un público objetivo. Se encontró que la adición del micelio no afecta atributos como textura, olor y apariencia general, requiriendo la adición de aditivos enmascarantes de color y sabor para mejorar su aceptabilidad general. El néctar de mango resultó en una estrategia prometedora para la incorporación de micelio de *P. ostreatus* como fuente de compuestos bioactivos.

Palabras clave: actividad hipocolesterolémica; Pleurotus; Fermentación en estado líquido; aceptación sensorial.

Sensory aspects of a fruit nectar with the addition of mycelia obtained by submerged fermentation

ABSTRACT

Edible mushrooms possess biological compounds which have attracted great interest among scientific and agro-industrial communities as they are cataloged as nutraceuticals. In fact, they have recently gained importance in the development of research studies leading to the effective use of edible mushrooms through biotechnological processes, looking for an increase in the content of bio compounds

¹ Laboratorio de Química de Hongos Macromicetos – QHM, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Carrera 30 N° 45-03, Bogotá, Colombia.

² Programa de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia.

which makes edible mushrooms a functional food by excellence. In this research, we worked with *Pleurotus ostreatus* cultured under liquid state fermentation (FEL) in yellow corn flour. The latter was shown to induce the production of fungi biomass with bigger nutraceutical value. Mycelia was added to a mango juice formulation to provide with enough bioactive compounds. Sensory test was developed to determine the acceptance degree by the objective population. It was found that mycelia have no effect on attributes of texture, odor and general appearance, nonetheless, it was necessary to add masking additives to improve color and flavor. Mango juice resulted in a promising strategy for mycelia incorporation of *P. ostreatus* as a source of bioactive compounds.

Keywords: Hyphocolesterolemic activity; Pleurotus; Liquid state fermentation; Sensory acceptance.

1. Introducción

Hoy en día, la población mundial experimenta un acelerado estilo de vida que, en muchos casos va en detrimento de la salud. Esta forma de vivir conduce a cambios en la alimentación, particularmente a la ingesta de alimentos poco saludables, lo que conlleva a la aparición de enfermedades de origen metabólico: malnutrición y obesidad. De acuerdo con la Organización mundial para la salud (OMS), la aparición de este tipo de desórdenes alimenticios genera conflictos entre los diferentes esfuerzos por erradicar la malnutrición y las políticas gubernamentales apropiadas para la prevención de la obesidad [1].

En relación con los problemas de obesidad, esta enfermedad ha sido considerada seriamente como una epidemia del siglo XXI alrededor del mundo. Se sabe que aproximadamente 15 millones de adultos sufren de sobrepeso a nivel mundial, de este, un tercio de la población responde a problemas de obesidad, que se encuentra altamente relacionada con enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo II y cáncer [2].

Con referencia a la obesidad mórbida ésta tiene entre otras soluciones como el empleo de farmacoterapia, tratamiento en el cual se observan daños colaterales por efecto de algunos de los medicamentos empleados, lo que ha motivado a los investigadores a explorar otras alternativas, por ejemplo, el desarrollo de "nutracéuticos" [3]. El término nutracéutico, junto con el de "alimento funcional", se ha usado desde los años 90 y engloba los compuestos que normalmente no son reconocidos como nutrientes (vitaminas o minerales), pero que pueden tener efectos fisiológicos positivos sobre la salud humana [4]. Se sabe que estos alimentos pueden ayudar a reducir el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas y ser coadyuvantes en su tratamiento, es por ello que la ciencia de los alimentos ha volcado su

atención hacia estos “nuevos alimentos” que pueden estar constituidos por productos de origen natural que no son comúnmente usados o que son derivados de aquellos que poseen un efecto fisiológico [2].

Los productos naturales poseen compuestos con efectos bioactivos, tal es el caso de las setas. Setas comestibles y no comestibles juegan un papel importante en diferentes culturas, ya que son conocidas tanto por sus propiedades nutricionales como por sus propiedades medicinales, convirtiéndolos en alimentos funcionales por excelencia [5]. Desde un alcance nutricional, las setas poseen componentes capaces de suplementar la dieta de manera balanceada [6]. Diversos estudios *in vitro* e *in vivo*, así como algunos ensayos clínicos han arrojado evidencia de la relevancia nutricional de polisacáridos, ácidos grasos, terpenoides y esteroides presentes en las setas, lo que motiva a su estudio dentro de la ciencia de los alimentos [7]–[10].

Los hongos macromicetos o setas hacen referencia a organismos que forman un cuerpo fructífero o carpóforo visible [11]. Existen de tipo comestible y no comestible, aún cuando esta característica no es impedimento para la extracción, estudio y aplicación de sus compuestos bioactivos, por lo que las bondades de estos compuestos han sido materia de estudio en los últimos años. Se habla entonces de los efectos puntuales en el hombre de los polisacáridos, triterpenos, glicoproteínas y antibióticos, con mayor número de estudios enfocados en los primeros [12]. Su cultivo de manera tradicional utilizando fuentes de carbono no convencionales se ha empleado para optimizar la producción de biomasa y para estimular la producción de metabolitos ó enzimas específicas [13].

La forma de cultivo y producción de macromicetos más conocida es la producción del cuerpo fructífero o seta, en troncos de madera o en mezclas de aserrín con otros componentes que permiten el crecimiento del hongo. Esta forma tradicional de cultivo tiene algunos requerimientos de espacio, temperatura, luz, humedad y principalmente tiempo, que la hacen una técnica dispendiosa [14]. Debido a la necesidad de aumentar la producción de compuestos de interés para la industria, que involucran desde el escalado de la producción de enzimas hasta el aumento de la producción de metabolitos como ácido cítrico, estatinas, β -glucanos, y otra gran variedad de compuestos provenientes de los hongos, se han desarrollado otras técnicas de cultivo que reducen los tiempos de producción y pueden facilitar la extracción de los compuestos de interés.

Es así como se ha investigado la obtención de micelio fúngico a través de dos estrategias biotecnológicas a saber: la fermentación en estado sólido (FES) y líquido (FEL). En la FES, el crecimiento de los hongos filamentosos se

efectúa en un medio de cultivo sólido, cercano a la ausencia de agua pero con la suficiente presencia de esta para que el hongo se desarrolle [15].

En la producción con FEL, según el objetivo del cultivo, se obtiene una producción de biomasa, bioactivos y proteínas fúngicas en forma rápida y eficiente. Además, la técnica permite un mejor control de diferentes variables del proceso (agitación, pH, oxigenación, temperatura, entre otras) y por ende desarrollar procesos de producción estandarizados y optimizados aplicándose actualmente para la industria biotecnológica [16]. En general, la FEL es más eficiente que la FES en términos de producción de biomasa y producción de moléculas bioactivas, una vez se ha evaluado y se han puesto a punto las diferentes variables que intervienen durante el proceso [17].

Por ejemplo, para el género *Pleurotus* se han empleado fuentes de carbono no tradicionales en busca de incrementar la producción en los dos aspectos previamente mencionados. Una particularidad para resaltar es que la FEL ha mostrado promover la biosíntesis de una gran variedad estructural de estos compuestos como es el caso de esteroides y triterpenoides [18]. Estos metabolitos además, han mostrado poseer actividad hipocolesterolemica [19] gracias a que pueden reducir la absorción del colesterol exógeno en la dieta, debido a su naturaleza lipofílica que desplaza al colesterol para ser absorbido durante la ingesta [20], y también se ha observado que pueden llegar a tener efectos de modulación de los genes involucrados en la ruta biosintética del colesterol ó incluso incidir en la inhibición de la enzima que da lugar a esta ruta metabólica, la 3-hidroxi-3-metil-glutaril-coenzyma A reductasa ó HMGCR [21]–[23]. Así, se continúa investigando cómo mejorar las propiedades nutraceuticas del producto biotecnológico con el empleo de harinas vegetales o residuos agroforestales y promover la bioaumentación de los compuestos de interés.

En Colombia, el consumo per cápita de setas y/o alimentos derivados de ellas es muy bajo (0.11 kg) si se compara con países como Estados Unidos o Países Bajos, 2 kg y 4.5 kg, respectivamente [24]. El mercado de este tipo de alimentos está enfocado al sector gastronómico y cadenas de supermercados, sectores donde son conocidos por su alto contenido de proteína, sin embargo, poco se sabe de los demás compuestos que bajo las condiciones arriba mencionadas pueden poseer los alimentos de origen fúngico.

En relación con los polisacáridos, se ha estudiado principalmente el efecto antitumoral, sin dejar de lado otros efectos fisiológicos [25]. Respecto a los otros metabolitos secundarios, los estudios están focalizados en la búsqueda de su aplicación en fármacos o para su uso como nutraceutico. Los efectos medicinales abarcan desde la acción directa anticancerígena, contra

enfermedades crónicas (hipercolesterolemia, hipertensión, aterogénesis, hiperglicemia, obesidad), antimicrobiana y antiviral [26]. Por otro lado, las proteínas o glicoproteínas de muchos macromicetos nativos y comerciales también han evidenciado beneficios para la salud que van más ligadas hacia la actividad antiproliferativa de algunas líneas de cáncer [27]–[29]. Finalmente, algunos compuestos triterpenoidales han mostrado su efecto para la inducción de la apoptosis en líneas celulares de cáncer [10], [30], [31], o los esteroides como se mencionó atrás por su efecto hipocolesterolémico pero además, por mostrar efectos antivirales contra VIH-I y el Herpes simplex [32].

Al momento de ser tenidos en cuenta como alimentos funcionales, los desarrollos con adición de macromicetos a formulaciones alimentarias han sido pocas. Por ejemplo, se ha hecho la sustitución de harina de trigo con 2% de glucanos de *Lentinula edodes* para preparar un producto horneado, que presenta menos calorías y un mayor contenido de fibra [33]. Otras aplicaciones se basan en la preparación de pan mediante la adición de cuerpo fructífero pulverizado de *Flammulina velutipes* y *L. edodes* para reemplazar la levadura en preparaciones de panadería [34], bebidas alcohólicas con mejores propiedades de fermentación y con características funcionales [35] y la elaboración de una bebida con extracto de polisacáridos de una seta silvestre japonesa conocida como BaChu [36].

Debido a sus condiciones medioambientales y a su ubicación geográfica, Colombia cuenta con gran variedad de frutas que en su mayoría se encuentran disponibles durante todo el año, lo que facilita que dentro de la dieta de la población se incluyan frutas como el mango, la guanábana, maracuyá, la guayaba, por citar algunos ejemplos. Luego de su consumo en fresco, la forma más común de consumo de frutas en Colombia es en forma de jugos y néctares, con un consumo estimado de 320 mL/día [37]. En adición, la gran variedad de frutas trae consigo diversidad de sabores y aromas que en general, son apetecidos por la población.

2. Materiales y Métodos

2.1 Cultivo del hongo

Se trabajó con una cepa de *P. ostreatus* (figura 1-A) proporcionada por el Laboratorio de Ingeniería Química (LIQ) de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. La cepa fue cultivada en medio Papa Dextrosa Agar (PDA) a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ en condiciones de aerobiosis y oscuridad (figura 1-B). Se tuvo almacenada en refrigeración, $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y se conservó como cepa de trabajo. El hongo se cultivó por FEL (figura 1-C) cuyo medio se componía en g/L: NaNO_3 (0,08), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,02), KH_2PO_4 (0,03), KCl (0,01), y harina de maíz amarillo (30), en matraces de 250 mL con 100 mL del medio, cada

matraz fue inoculado con 0,4 g de micelio y se llevó a un shaker a 100 rpm. por 11 días, con luz blanca todo el tiempo. La biomasa de *P. ostreatus* obtenida el día 11 se filtró al vacío para separar el micelio del medio agotado (figura 1-D), y se almacenó en refrigeración (4°C) hasta su empleo en la formulación (figura 1-E).

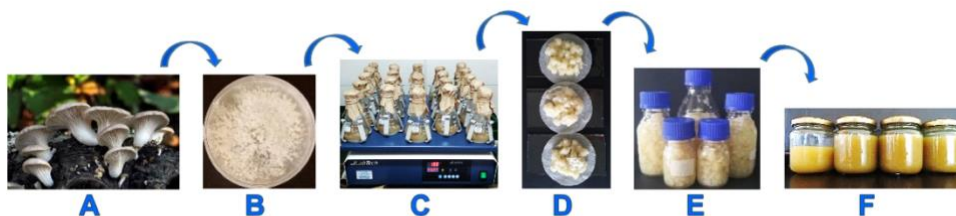


Figura 1: Protocolo de cultivo y obtención de micelio de *P. ostreatus* para las formulaciones de néctar de mango.

2.2 Formulación del alimento

Se escogió como fruta base el mango (nutracéutico conocido por su actividad antioxidante [38]), teniendo en cuenta su abundancia en el país, se consideró su fragancia como elemento familiar para el público que además podía facilitar la aceptación por parte del consumidor regular. Se consideró realizar la adición total del micelio (figura 1-E) y no de un extracto, considerando los beneficios de este, ya que no sólo es aportante de los bioactivos seleccionados (esteroles, polisacáridos totales y β -glucanos) sino de buena cantidad de fibra soluble e insoluble que igualmente incide potencialmente en la reducción del colesterol. Se elaboró el néctar de mango funcional trabajando con 4 tratamientos con las siguientes formulaciones (figura 1-F y Tabla 1). Para el lote de matriz sin micelio se adicionó 0,2% de carboximetilcelulosa (CMC), la mezcla se sometió a un proceso de pasteurización (76°C por 10 min.). Para los tres lotes que contenían micelio, después del tratamiento a 76°C, el néctar se enfrió hasta los 46°C \pm 1°C y se les adicionó la biomasa para posteriormente ser sellados y llevados inmediatamente a 4°C. Los cuatro lotes fueron almacenados en refrigeración por 18 días hasta la prueba de aceptación sensorial, previa liberación del lote por calidad microbiológica.

Tabla 1. Formulación para jugo de mango con y sin adición de micelio de *P. ostreatus* obtenida por LSF

Ingrediente	Sin micelio	Con micelio
Pulpa de mango	30%	30%
Espesante	0.2% (como CMC*)	0
Micelio	0	2.5%, 3.5 y 4.5%
Edulcorante	Entre 7 y 10%	
Regulador de acidez	Hasta 0.15% de acidez total	
Conservante	Según BPM**	

*CMC: Carboximetil celulosa; **BPM: Buenas prácticas de manufactura
Tomado de: [43]

2.3 Evaluación sensorial

Los productos obtenidos de los cuatro tratamientos fueron sometidos a una prueba de aceptación sensorial donde se valoró los parámetros: color, olor, sabor, aroma y apariencia general, calificados a través de una escala hedónica de cinco puntos (donde 5 equivale a "me gusta mucho", 4 a "me gusta", 3 "ni me gusta – ni me disgusta", 2 "me disgusta" y 1 me disgusta mucho. La prueba se realizó con un panel de consumidores, conformado por 30 personas como panel piloto de pruebas orientadas al consumidor [39], entre 18 y 43 años con predominancia de edades entre 18 y 23 años y compuesto por 40% mujeres y 60% hombres, en uno de los laboratorios del departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia. El análisis estadístico fue realizado a través de un ANOVA no paramétrica de una sola vía ($P < 0,05$) con el software estadístico Statgraphics®.

3. Resultados y Discusión

Los jugos y néctares de fruta deben ajustarse a ciertos contenidos mínimos de pulpa que dependerán de la fruta de origen. Estos valores, así como aquellos de los demás aditivos que pueden incluirse se encuentran claramente regulados para Colombia [40]. Con base en las propiedades nutraceuticas del *P. ostreatus* se diseñó un prototipo de nutraceutico con el fin de ofrecer un producto con altas probabilidades de incrementar la ingesta de compuestos funcionales entre la población objetivo (personas con problemas de colesterol alto y normocolesterolémicos), buscando que estos presenten características sensoriales similares a las del producto original o presenten atributos sensoriales que no van en detrimento de las características esperadas de los jugos y néctares de fruta. Un modelo de las preguntas para la evaluación sensorial se muestra en la Figura 2.

A continuación, se presenta una serie de preguntas que deberá responder marcando con una equis (X) en frente de la respuesta que usted considere correcta luego de probar el alimento que se encuentra frente a usted

Sabor	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Me gusta mucho			
Me gusta			
Ni me gusta ni me disgusta			
Me disgusta			
Me disgusta mucho			

Figura 2. Modelo de pregunta para evaluación sensorial por panelistas consumidores en una prueba afectiva con escala hedónica de 5 puntos.

3.1 Respuesta sensorial al néctar de mango

Las pruebas afectivas, en general, son muy importantes al momento de diseñar alimentos, debido a que será el consumidor final el que decida si consume o no este tipo de alimentos y, por tanto, si el alimento cumple con las expectativas del mercado objetivo. Los resultados se compararon contra una muestra que ha sido preparada bajo las mismas condiciones y que no presenta el ingrediente funcional a evaluar, esto para que actúe como un punto de referencia para el evaluador. Los resultados presentan en la Figura 3.

En el caso expuesto en la figura 3 se observa que el micelio no genero cambios significativos en los atributos sensoriales de color y apariencia, lo que indica que el micelio puede ser adicionado hasta en un 4.5% sin afectar estos parámetros. Sin embargo, en aspectos como olor, sabor y aroma, si fueron detectados cambios importantes por parte de los evaluadores cuando el producto era comparado con aquel que no poseía micelio. Estos últimos 3 atributos deben ser solucionados mediante la adición de agentes enmascaradores de sabor atendiendo al origen de los sabores que generan una respuesta negativa en el consumidor. Jugos y néctares elaborados a partir de frutas con sabores fuertes y muy aromáticos podrían ser matrices alimentarias interesantes para enmascarar sabores amargos y/o residuales que poseen las setas y en particular, los micelios y/o extractos de ellos obtenidos a través de FEL.

Se sabe que diversos extractos de origen fúngico contienen compuestos como péptidos, fenoles o terpenos, entre otros, que pueden aportar sabores residuales fuertes y poco agradables, por lo que la correcta selección de la pulpa de fruta con el micelio o su extracto podría conducir a productos de buena aceptación sensorial [42], [43].

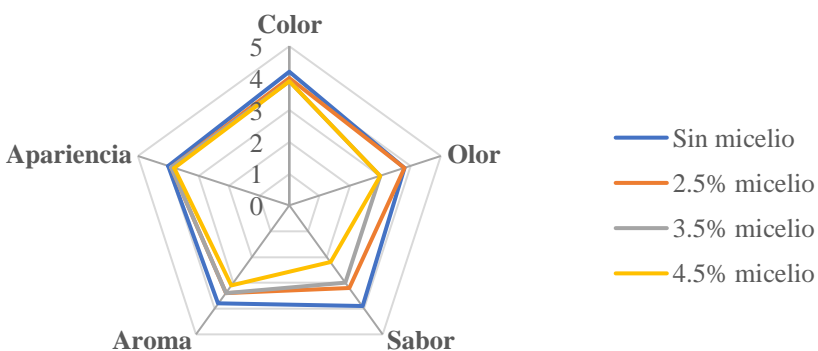


Figura 3. Perfil de una prueba de aceptación para un jugo de frutas con adición de micelio de *P. ostreatus*. Fuente: [41]

4. Conclusiones

Aunque debe ser tomado como rutina en el diseño de alimentos, se debe considerar el grado de afectación que tendrá la adición de un ingrediente sobre las propiedades sensoriales del producto final. Es así que, en el caso de micelio de *P. ostreatus*, al poseer compuestos que pueden afectar la aceptación sensorial del néctar de mango, sus atributos sensoriales de olor, sabor y aroma se vieron afectados a medida que se incrementaba la concentración de micelio en el néctar. Adicionalmente, debido a la generación de sabores residuales no deseados en el producto, se plantea la opción del empleo de agentes enmascarantes que permitan ocultarlos. Se encontró que las técnicas afectivas son recomendadas para determinar el grado de afección del micelio sobre el producto nutracéutico final, por lo que es necesario, además de la formulación usada, la adición de compuestos que ayuden a enmascarar aquellos atributos que no fueron de agrado para los consumidores.

5. Referencias

- [1] World Health Organization and W. H. Organization, *World Health statistics 2019*. 2019.
- [2] K. P. Conroy, I. M. Davidson, and M. Warnock, "Pathogenic obesity and nutraceuticals," *Proc. Nutr. Soc.*, vol. 70, no. 04, pp. 426–438, 2011, doi: 10.1017/S0029665111001662
- [3] K. Gul, A. K. Singh, and R. Jabeen, "Nutraceuticals and Functional Foods: The Foods for the Future World," *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 56, no. 16, pp. 2617–2627, 2016, doi: 10.1080/10408398.2014.903384
- [4] J. P. da Costa, "A current look at nutraceuticals – Key concepts and future prospects," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 62, pp. 68–78, 2017, doi: 10.1016/j.tifs.2017.02.010.
- [5] M. A. Khan and M. Tania, "Nutritional and medicinal importance of Pleurotus mushrooms: an overview," *Food Rev. Int.*, vol. 28, no. 3, pp. 313–329, 2012.
- [6] S. A. Heleno *et al.*, "Nutritional value, bioactive compounds, antimicrobial activity and bioaccessibility studies with wild edible mushrooms," *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 63, no. 2, pp. 799–806, 2015, doi: 10.1016/j.lwt.2015.04.028.
- [7] P. C. K. Cheung, *Mushrooms As Functional Foods*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.
- [8] K. S. P. Devi, B. Roy, P. Patra, B. Sahoo, S. S. Islam, and T. K. Maiti,

- "Characterization and lectin microarray of an immunomodulatory heteroglucan from *Pleurotus ostreatus* mycelia," *Carbohydr. Polym.*, vol. 94, no. 2, pp. 857–865, 2013, doi: 10.1016/j.carbpol.2013.02.017.
- [9] I. Giavasis, "Polysaccharides from Medicinal Mushrooms for Potential Use as Nutraceuticals," in *Polysaccharides: Natural Fibers in Food and Nutrition*, no. September, CRC Press, 2014, p. 171.
- [10] Z. Xue *et al.*, "Antitumor and immunomodulatory activity of *pleurotus eryngii* extract," *J. Food Biochem.*, vol. 39, no. 1, pp. 19–27, 2015, doi: 10.1111/jfbc.12096.
- [11] P. Kalač, *Edible mushrooms - Chemical composition and nutritional value*. Elsevier, Academic Press, 2016.
- [12] G. Ma, W. Yang, L. Zhao, F. Pei, D. Fang, and Q. Hu, "A critical review on the health promoting effects of mushrooms nutraceuticals," *Food Sci. Hum. Wellness*, vol. 7, no. 2, pp. 125–133, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.fshw.2018.05.002.
- [13] G. H. Hansen, M. Lübeck, J. C. Frisvad, P. S. Lübeck, and B. Andersen, "Production of cellulolytic enzymes from ascomycetes: Comparison of solid state and submerged fermentation," *Process Biochem.*, vol. 50, no. 9, pp. 1327–1341, 2015, doi: 10.1016/j.procbio.2015.05.017.
- [14] S. T. Chang, "Overview of Mushroom Cultivation and Utilization as Functional Foods," *Mushrooms as Funct. Foods*, pp. 1–33, 2009, doi: 10.1002/9780470367285.ch1.
- [15] C. S. Arango, I. J. Nieto, C. Suárez Arango, and I. J. Nieto, "Cultivo biotecnológico de macrohongos comestibles: una alternativa en la obtención de nutracéuticos," *Rev. Iberoam. Micol.*, vol. 30, no. 1, pp. 1–8, 2013, doi: 10.1016/j.riam.2012.03.011.
- [16] N. Cohen *et al.*, "Chemical composition and nutritional and medicinal value of fruit bodies and submerged cultured mycelia of culinary-medicinal higher basidiomycetes mushrooms," *Int. J. Med. Mushrooms*, vol. 16, no. 3, pp. 273–291, 2014, doi: 10.1615/IntJMedMushr.v16.i3.80.
- [17] M. L. Fazenda, R. Seviour, B. McNeil, and L. M. Harvey, "Submerged culture fermentation of 'Higher Fungi': the Macrofungi," in *Advances in applied microbiology*, vol. 63, 2008, pp. 33–103.
- [18] C. Chegwin-Angarita, I. Nieto-Ramírez, and S. C., "Inóculo líquido: una alternativa para el cultivo de hongos del género *Pleurotus*," *Rev. Latinoam. Química*, vol. 42, no. 1, pp. 42–49, 2014.
- [19] M. E. Valverde, T. Hernández-Pérez, and O. Paredes-López, "Edible

- mushrooms: improving human health and promoting quality life," *Int. J. Microbiol.*, vol. 2015, 2015.
- [20] G. Chen *et al.*, "Hypocholesterolemic effects of *Auricularia auricula* ethanol extract in ICR mice fed a cholesterol-enriched diet," *J. Food Sci. Technol.*, vol. 48, no. 6, pp. 692–698, 2011, doi: 10.1007/s13197-010-0196-9.
- [21] A. M. de Miranda, J. V. Rossoni Júnior, L. Souza e Silva, R. C. dos Santos, M. E. Silva, and M. L. Pedrosa, "*Agaricus brasiliensis* (sun mushroom) affects the expression of genes related to cholesterol homeostasis," *Eur. J. Nutr.*, vol. 56, no. 4, pp. 1707–1717, 2017, doi: 10.1007/s00394-016-1217-x.
- [22] A. Gil-Ramirez *et al.*, "Water-soluble compounds from *Lentinula edodes* influencing the HMG-CoA reductase activity and the expression of genes involved in the cholesterol metabolism," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 64, no. 9, pp. 1910–1920, 2016, doi: 10.1021/acs.jafc.5b05571.
- [23] A. Gil-Ramírez *et al.*, "Modulation of cholesterol-related gene expression by ergosterol and ergosterol-enriched extracts obtained from *Agaricus bisporus*," *Eur. J. Nutr.*, pp. 1–17, 2015.
- [24] "En negocio del Champiñon, Setas Colombianas domina," *El Tiempo*, Nov. 24, 2005.
- [25] S. Dutta, "Role of mushrooms as nutraceutical an overview," *Int. J. Pharma Bio Sci.*, vol. 4, no. 4, pp. B59–B66, 2013, doi: ISSN 0975-6299.
- [26] S. Prasad, H. Rathore, S. Sharma, and A. S. S. Yadav, "Medicinal Mushrooms as a Source of Novel Functional Food," *Int J Food Sci Nutr Diet*, vol. 4, no. 5, pp. 221–225, 2015, doi: ISSN 2326-3350.
- [27] B. S. Teng *et al.*, "A protein tyrosine phosphatase 1B activity inhibitor from the fruiting bodies of *Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst and its hypoglycemic potency on streptozotocin-induced type 2 diabetic mice," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 59, no. 12, pp. 6492–6500, 2011, doi: 10.1021/jf200527y.
- [28] G. Chandrasekaran, Y.-C. Lee, H. Park, Y. Wu, and H.-J. Shin, "Antibacterial and antifungal activities of lectin extracted from fruiting bodies of the Korean cauliflower medicinal mushroom, *Sparassis latifolia* (Agaricomycetes)," *Int. J. Med. Mushrooms*, vol. 18, no. 4, pp. 291–299, 2016, doi: 10.1615/IntJMedMushrooms.v18.i4.20.
- [29] R. Soares *et al.*, "Maitake (D fraction) mushroom extract induces apoptosis in breast cancer cells by BAK-1 gene activation.," *J. Med. Food*, vol. 14, no. 6, pp. 563–572, 2011, doi: 10.1089/jmf.2010.0095.
- [30] X. Liu *et al.*, "Glucosidase inhibitory activity and antioxidant activity of flavonoid compound and triterpenoid compound from *Agrimonia Pilosa*

- Ledeb," *BMC Complement. Altern. Med.*, vol. 14, no. 174, 2014, doi: 10.1186/1472-6882-14-12.
- [31] J. Wang, C. Wu, Y. Chen, C. Chen, S. Hu, and S. Chang, "Antihyperglycemic Activity of Exopolysaccharide Produced by Mushroom *Pleurotus ferulae* with Submerged Liquid Culture on Streptozotocin-induced Diabetic Rats," *J. Food Nutr. Res.*, vol. 2, no. 7, pp. 419–424, 2014, doi: 10.12691/jfnr-2-7-15.
- [32] B. Chatterjee and T. Patel, "Edible mushroom - A nutritious food improving human health," *Int. J. Clin. Biomed. Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 34–37, 2016, doi: 10.1080/0141987042000290328.
- [33] J. Kim, S. M. Lee, I. Y. Bae, H. Park, H. Gyu Lee, and S. Lee, "(1–3)(1–6)- β -Glucan-enriched materials from *Lentinus edodes* mushroom as a high-fibre and low-calorie flour substitute for baked foods," *J. Sci. Food Agric.*, vol. 91, no. 10, pp. 1915–1919, 2011.
- [34] T. Okamura, Y. Nishikawa, N. Okuda, and M. Ohsugi, "Effects of adding mushrooms to dough on gas production and loaf volume, J," *Cook. Sci. Jpn.*, vol. 31, no. 865, pp. 30–36, 1998.
- [35] T. Okamura-Matsui, T. Tomoda, S. Fukuda, and M. Ohsugi, "Discovery of alcohol dehydrogenase from mushrooms and application to alcoholic beverages," *J. Mol. Catal. B Enzym.*, vol. 23, no. 2–6, pp. 133–144, 2003, doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1381-1177\(03\)00079-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1381-1177(03)00079-1)
- [36] H. XuJie, Z. Na, X. SuYing, L. ShuGang, and Y. BaoQiu, "Extraction of BaChu mushroom polysaccharides and preparation of a compound beverage," *Carbohydr. Polym.*, vol. 73, no. 2, pp. 289–294, 2008, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.11.033>
- [37] R. Tafur, J. Toro, J. Perfetti, D. Ruiz, and J. Morales, *Plan Nacional frutícola 2006*. Cali - Colombia: Asociación hortifrutícola de Colombia, 2006.
- [38] A. Asif *et al.*, "Therapeutic potentials of bioactive compounds from mango fruit wastes," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 53, pp. 102–112, 2016, doi: 10.1016/j.tifs.2016.05.004
- [39] B. M. Watts, G. L. Ylimaki, and L. E. Jeffery, *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*, 3°. Otawwa: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, 1992.
- [40] Ministerio de Salud y Protección Social, *RESOLUCION 3929 de 2013*.
- [41] C. Vega-Oliveros, "Comparación de la producción de metabolitos secundarios bioactivos con dos fuentes de carbono en la fermentación líquida de una especie de *Pleurotus* y su uso potencial en un alimento de tipo funcional," Universidad Nacional de Colombia, 2016.

- [42] F. M. Clydesdale, "Critical Reviews in Food Science and Nutrition Color as a factor in food choice Color as a Factor in Food Choice," *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 33, no. 1, pp. 83–101, 1993, [Online]. Available: file:///Users/carolinavegaoliveros/Library/Application Support/Mendeley Desktop/Downloaded/Clydesdale - 1993 - Critical Reviews in Food Science and Nutrition Color as a factor in food choice Color as a Factor in Food Choice.pdf.
- [43] J. Politowicz *et al.*, "Volatile composition and sensory profile of oyster mushroom as affected by drying method," *Dry. Technol.*, vol. 36, no. 6, pp. 685–696, 2018, doi: 10.1080/07373937.2016.1274903