

Pleurotus: Un hongo comestible con propiedades Nutricionales, Medicinales e Importancia Ambiental

Niño Ávila Daniel^{1,3}, *Villalba Orozco Marta*^{1,3},
Barraza Amador Beatriz^{1,3}, *Medina Buelvas Ana Mercedes*^{2,3}.

RESUMEN

Introducción: Actualmente *Pleurotus spp.* es uno de los hongos más cultivados y consumidos a nivel mundial. La importancia del consumo de setas se hace cada vez más necesaria frente a la ola de productos procesados con escasos valores nutricionales y/o efectos benéficos para la salud. *Pleurotus* es considerado un alimento funcional, que exhibe propiedades nutritivas y farmacéuticas y potencia el sistema inmune. Por otra parte, en el campo de la medicina existe una amplia aplicación ya que cuenta con diversos componentes que pueden ser utilizados con fines terapéuticos, antivirales, antiinflamatorios, antitumorales, hepáticos e hipocolesterolémico. En el campo ambiental, es utilizado para procesos de biorremediación dada su gran capacidad de degradar xenobióticos. **Metodología:** Para la búsqueda de información se utilizaron cuatro bases de datos, seleccionando artículos de los últimos cinco años y diferentes palabras clave. **Conclusiones:** *Pleurotus* presenta una variedad de propiedades nutricionales, medicinales y ambientales que lo hacen ser una seta con potencial para fines biotecnológicos. La mayoría de estudios son a nivel de ensayos *in vitro* y en animales, lo que refleja que deben fortalecerse a nivel clínico para que se puedan garantizar las propiedades nutraceuticas. Los estudios ambientales requieren pasar a mayor escala y demostrar sostenibilidad ya que aún existen interrogantes sobre los mecanismos de acción del sistema enzimático para poder determinar su potencial aprovechamiento para biorremediación y en los procesos de biodegradación de plásticos y sus derivados. Los resultados de las diferentes investigaciones demuestran que la producción y consumo de este hongo, ofrece múltiples beneficios para la población.

Palabras clave: Hongos, *Pleurotus*, alimentos, nutrición, setas comestibles biodegradación

1 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

2 Facultad de Ciencias de la Salud.

3 Grupo de Investigación en Medicina y Biotecnología - Universidad Libre Barranquilla-Colombia

INTRODUCCIÓN

Se estima que *Pleurotus* spp. ocupa el tercer lugar entre los hongos con mayor producción y consumo a nivel mundial, luego del hongo de Botón Blanco y el Shiitake(1)(2). El género *Pleurotus* cuenta con numerosas especies distribuidas por todo el planeta en diferentes altitudes que van desde el nivel del mar hasta superior a 3000 metros. Las especies del género se caracterizan por poseer un alto valor nutrimental, potencial nutracéutico y variadas aplicaciones biotecnológicas y ambientales.(3). Las especies de *Pleurotus* son prometedoras como hongos medicinales, exhibiendo actividades, antitumorales, antibióticas, hipocolesterólicas e inmunomoduladoras; siendo la mayoría de las moléculas bioactivas aisladas polisacáridos(4) (5).

Este género ha sido relacionado en la literatura con la presencia de mevinolina, ácido nicotínico y en un nivel más alto, compuestos de b-glucanos en especies de *Pleurotus*, lo cual lo convierte en un complemento alimenticio interesante para pacientes cardiovasculares en búsqueda de reducir el nivel de colesterol en sangre. (6) (7).

Las investigaciones sobre este género se han acelerado enormemente durante los últimos diez años, siendo *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius* las especies de *Pleurotus* más importantes y cultivadas a gran escala. Sin embargo, más de 200 especies ya han sido reportadas en varias investigaciones. El estudio de este hongo y sus múltiples beneficios serán abordados en el siguiente texto desde una perspectiva

general hacia aspectos relacionados con la salud, nutrición, e importancia ambiental.

En este artículo se busca abordar aspectos importantes del consumo y cultivo de los hongos que hacen parte del género *Pleurotus*, abordando así desde sus propiedades nutricionales hasta como estas especies son biodegradadoras de lignina de la madera y compuestos tóxicos contaminantes en la naturaleza. (8) (9) (10).

METODOLOGÍA

Se planteó la pregunta problema ¿Cuáles son las principales propiedades nutricionales, medicinales y la importancia ambiental de los hongos del género *Pleurotus*? Planteada la pregunta se procedió a hacer una búsqueda de información para lo cual se utilizaron cuatro bases de datos, Scimedirect, Scielo, Pubmed y Google académico, con la ayuda de las siguientes palabras clave: *Pleurotus*, actividad medicinal, actividad nutricional, biodegradación. La búsqueda se filtró por años de publicación restringiéndose en lo posible a los últimos 5 años.

GENERALIDADES DEL GÉNERO *Pleurotus*

La producción a nivel mundial de setas comestibles cultivadas ha crecido desde el año 1978, China, es considerado el principal productor de hongos cultivados en el mundo; En Estados Unidos la producción para el 2015 aumentó aproximadamente en un 11.7%. Ahora bien, si hablamos de América Latina, se

tiene que México es el mayor productor, seguido por Brasil y Colombia (11). Por otra parte, el género *Pleurotus* es la segunda seta más cultivada; constituye aproximadamente 19% de la producción mundial. (12) (13).

En la naturaleza, son varios los factores que pueden incidir en la multiplicación y supervivencia de los hongos, los cuales pueden que pueden ejercer influencia de manera individual o multifactorial. La composición química, la actividad del agua, la relación de carbono a nitrógeno, los minerales, el surfactante, el pH, la humedad, las fuentes de nitrógeno, el tamaño de partícula y la cantidad de inóculo, los agentes antimicrobianos y la presencia de interacciones entre microorganismos se consideran factores químicos, físicos y biológicos que están vinculados a la producción de hongos (14).

Este género es considerado complejo debido a su estructura y su amplia distribución geográfica; estos hongos

son aclamados por su notable sabor, alto valor nutricional (15) (16) y sus características medicinales. Las especies de *Pleurotus* requieren un tiempo de crecimiento corto en comparación con otros hongos. Su cuerpo fructífero no suele ser atacado por enfermedades o plagas y se puede cultivar de una manera simple y económica en ambientes cerrados que demuestran alto rendimiento, mayor utilización de sustrato, ausencia de esporas, amplia tolerancia a la temperatura y a los (11) (14) .

Las especies de *Pleurotus* se reconocen fácilmente por la forma en que crecen, algunos como *Pleurotus ostreatus* lo hacen en la madera en forma de racimos, uno encima del otro; su tamaño es relativamente grande; sus branquias blanquecinas recorren un tallo que es casi ausente y su estampado de esporas blanquecino a lila, así como se observa en la Figura (1A) y la Figura (1B) (17) (18) .



Imagen tomada de: Kuo, M. (2017, December). *Pleurotus ostreatus*. Retrieved January 17, 2022, from the MushroomExpert.Com Web site: http://www.mushroomexpert.com/pleurotus_ostreatus.html

Figuras 1A-1B. Crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* en el tronco de árboles.

Del metabolismo de estos hongos se conoce que son una excelente fuente renovable y un tipo fácilmente accesible de alimentos funcionales nutraceuticos y productos farmacéuticos con efectos antioxidantes, antimicrobianos y antiinflamatorios, el cambio en los hábitos nutricionales de la humanidad ha sido de alto impacto, sin importar que alimentos se consuman en su mayoría, ha sido notorio que estos cambios están soportados por la premisa directa de cuidar la salud. (19).

El cultivo de *Pleurotus* spp en la industria alimentaria es económicamente importante en todo el mundo, siendo este un tipo de cultivo que se ha expandido en los últimos años. *P. ostreatus* es el tercer hongo cultivado más importante para fines alimenticios. (20) (21). Nutricionalmente, tiene un sabor único y propiedades aromáticas; su cultivo en escenarios cerrados beneficia su utilización como se puede ver en la Figura 2



Figura 2. Crecimiento controlado de *Pleurotus* en Invernadero-Grupo de Investigación en Medicina y Biotecnología.

PROPIEDADES NUTRICIONALES

La seta *Pleurotus* es considerada rica en proteínas, fibra, carbohidratos,

vitaminas y minerales(22) (23). En la tabla 1 se observan los porcentajes de proteínas, carbohidratos y grasa en algunas especies de *Pleurotus*.

Tabla 1. Especies de *Pleurotus* y su contenido de Macronutrientes. De acuerdo con Carrasco-González y colaboradores (24) estos son los contenidos más importantes a la hora de clasificar a las especies de *Pleurotus*; estos organismos son igualmente comparados con proteínas vegetales que se han venido incorporando con mayor frecuencia en la dieta del adulto promedio (24).

PROTEÍNAS	CARBOHIDRATOS	GRASAS
Los hongos con mayor contenido proteico son <i>P. sapidus</i> (38,5%), <i>P. geesteranus</i> (30,3%), <i>P. citrinopileatus</i> (29,4 %), <i>P. sajor-caju</i> (26,0 %), <i>P. ostreatus</i> (23,0 %) y <i>P. pulmonarius</i> (22,9%) los contenidos proteicos fueron comparables a proteína de guisante (20-30%) o garbanzo (20-25%). El más bajo el contenido de proteína se observó en <i>P. tuber-regium</i> (10,8%).	Las especies con mayor contenido de carbohidratos fueron <i>P. eryngii</i> (75,4%), <i>P. giganteum</i> (65,9%), similares a los granos de trigo (73%). Por otro lado, la especie con menor contenido de carbohidratos es <i>P. pulmonarius</i> (9,4%).	Las especies <i>Pleurotus</i> tienen bajo contenido de grasa (2,7%), en particular, <i>P. tuber-regium</i> (0,9%) y <i>P. nebrodensis</i> (1,6%). Las especies con contenido de grasa relativamente alto son <i>P. eryngii</i> (3,5%) y <i>P. geesteranus</i> (3,5%) pero estas no superan el límite del 6% indicado por la FDA para cumplir como alimento bajo en grasa.

Nutricionalmente hablando, la calidad proteica de *P. ostreatus* es uno de sus principales puntos fuertes porque tiene un alto contenido de todos los esenciales aminoácidos y excelente digestibilidad de proteínas (24)(25).

FUENTE DE FIBRA

En diferentes países el uso de *Pleurotus* como fibra dietaria se encuentra limitado debido a la vida media del producto, es importante entonces que se desarrollen

estrategias de secado y almacenamiento del hongo para que sea comestible en un número prolongado de días (26). En relación con la cantidad de fibra obtenida del hongo, es necesaria mayor verificación de estos niveles, saber además si la fibra de estas setas varía entre una especie y otra. Los hongos comestibles son una excelente fuente de fibra, particularmente b-glucanos que se han asociado ampliamente con efectos prebióticos y positivos para la salud, siendo *P. citrinopileatus* y *P. ostreatus* las que contienen mayor cantidad de fibra bruta así como lo mencionan Carrasco y colaboradores, 2017; El género *Pleurotus* es reconocido como uno de los más importantes fuentes de b-glucanos, particularmente pleurano, porque tiene bioactividad demostrada en humanos y actualmente se comercializa como inmunoestimulante natural (24) (27).

PROPIEDADES MEDICINALES

Regulación de la Microbiota Intestinal

La incorporación de Setas a la Dieta ha demostrado que puede mantener estable la microbiota Intestinal. Se ha demostrado con estudios en animales que los hongos del género *Pleurotus*, pueden reducir la obesidad al modular la composición de la microbiota intestinal. También se ha demostrado que en ratones alimentados con un alto contenido de grasas, reduce el peso corporal, la inflamación y la resistencia a la insulina pero se advierte que para

obtener estos beneficios, el consumo del hongo debe ser regular(28).

Actividad inmunomoduladora

Varios estudios indican que la ingesta oral de beta-glucanos insolubles tiene un efecto de refuerzo inmunológico(29); Esta actividad se encuentra asociada a las diversas interacciones con receptores de membranas tipo lectinas de las células inmunitarias (30)(31)(32).

Los glucanos de *Pleurotus ostreatus* están en su mayoría compuestos por cadenas de (1,3) -(1,6)-glucanos (pleuran) y (1,3)-glucanos lineales, que pueden estar unidos a proteínas, lípidos y otros oligosacáridos. El amplio cultivo de estos hongos está relacionado en gran medida por los efectos inmunomodulatorios antioxidantes, antiinflamatorios y analgésicos que sus B-glucanos poseen(33)(34).

Tanaka et al 2016, describió como *Pleurotus cornucopiae* (hongo ostra, Tamogitake) se ha consumido durante mucho tiempo como alimento funcional para la mejora del sistema inmunológico, pero su eficacia no ha sido bien confirmada en humanos.

El glucano carboximetilados de *P. ostreatus* mostró efectos inmunomoduladores, especialmente una mayor actividad fagocítica (35) y colaboradores plantearon a extracción de compuestos bioactivos de *Pleurotus ostreatus* por maceración dinámica, los

investigadores obtuvieron hallazgos de Azúcares reductores, polisacáridos, polifenoles, proteínas y Beta-glucanos; concluyendo que el método que usaron era altamente efectiva para la extracción de sustancias importantes que podrían permitir el mayor aprovechamiento de este Hongo a nivel industrial (35).

Actividad Antitumoral

Faten Hereher et al. 2018 demostró que polisacáridos extraídos del hongo disminuyen significativamente el volumen de los tumores, lo que se acompaña de una reducción significativa tanto del ADN como del ARN del hígado, además de un aumento de los lípidos y proteínas totales (36).

Las moléculas de B-glucanos altamente ramificados, aislados a partir de esclerocios de *Pleurotus tuberegium* y sus derivados sulfatados mostraron potentes actividades antitumorales in vivo e In vitro. Alfa-glucanos de bajo peso molecular aislados a partir de micelio de *Pleurotus ostreatus* cultivado en medio líquido, inhiben la proliferación de células cancerígenas del colon mediante la inducción de apoptosis. Por otro lado, factores químicos como la solubilidad en agua también pueden ser responsables de mejorar la actividad biológica, que puede ser lograda mediante la adición de grupos cargados.(33). Enviarnos este artículo.

Actividad Antiviral

Una molécula de b-glucano sulfatado presentó una fuerte actividad antiviral contra el virus herpes Simple, mientras que el polisacárido nativo correspondiente no fue efectivo.(33). También la glicoproteína obtenida a partir del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* inhiben la transcriptasa inversa en el HIV. (37).

A pesar de que *Pleurotus ostreatus* es sin dudas el hongo con mayor provecho, al hablar de actividad antiviral es importante mencionar que *Pleurotus sajor caju* es una especie de este género que producen cuerpos fructíferos cuyo extracto acuoso se usó probar la inhibición contra el virus del mosaico del tabaco; Verma et al, 2001, determinaron que este hongo era digno de ser aprovechado en cultivos artificiales debido a su amplia adaptabilidad con fines de extracción. Se probó la actividad antiviral del extracto por su propiedad inhibidora contra el virus del mosaico del tabaco demostrando que las lesiones disminuían después de que se usara *Pleurotus sajor caju* como agente antiviral (38)(39).

Importancia Ambiental

Uno de los aprovechamientos más grandes que tienen las especies del género *Pleurotus*, es el ambiental. Dentro de los problemas ambientales

de mayor impacto está la acumulación de residuos; los rellenos sanitarios del mundo se encuentran en crisis y la acumulación de desechos hace que el medio ambiente, la calidad del aire que respiramos y el agua que consumimos decrezca.

La creciente preocupación por el impacto de la acumulación de residuos plásticos durante varias décadas en el medio ambiente ha llevado al desarrollo de plástico biodegradable. Estos plásticos pueden ser degradados por microorganismos y absorbidos por el medio ambiente y, por lo tanto, están ganando apoyo público como una posible alternativa a los plásticos derivados del petróleo.

P. ostreatus degrada plásticos oxo-biodegradables y produce hongos a partir de este plástico como sustrato es decir que la exposición de este plástico de desecho a la luz ultravioleta (UV) o al calor puede provocar la rotura de las cadenas poliméricas del plástico, y los microorganismos degradan fácilmente los compuestos resultantes, beneficiando así la degradación de estos elementos en cultivos de interior.

También se ha comprobado el uso del hongo para contaminación con triclosán, un compuesto químico con un ligero olor a fenol que causa enfermedades graves al ser ingerido. *P. ostreatus* tiene el potencial de desempeñar un papel importante como un hongo más eficiente en la biodegradación

de grandes cantidades de TCS (triclosán) en matrices ambientales. Estos resultados proporcionarán ideas para futuras investigaciones sobre la capacidad de los hongos con utilidad potencial en estrategias basadas en la bioaumentación para eliminar el TCS de las aguas residuales y los lodos activados.(40).

Los derrames de petróleo ocasionan efectos adversos en los ecosistemas. La adaptación de *P. ostreatus* para su uso en la limpieza de suelos contaminados con petróleo ha sido problemática. Se han reportado estudios con un sustrato a bases de residuos de palmeras, para los suelos contaminados con petróleo(41).

Otra importancia desde el punto de vista ambiental de este género es su capacidad para degradar residuos agroindustriales. *Pleurotus spp* tiene un período de incubación prolongado que va de 22 a 30 días a una temperatura óptima de 24° Celsius, además deben ponerse a incubar en lugares frescos, oscuros y cerrados. El aprovechamiento agroindustrial de este hongo es amplio, después de procesado y manipulado. El mejor sustrato para la producción de *Pleurotus spp* es la paja de trigo por su disponibilidad y economía, sin embargo, amplios estudios determinan la utilidad de otros sustratos como la pulpa de café(42) los rastrojos de quinua, (43) de tomate y pajas de trigo y cebada (12). La eficacia de cada uno de estos sustratos en variable, la cual se mide según parámetros de eficacia biológica, que a

su vez también varían según la especie de *Pleurotus*. Este género escinde la celulosa, la hemicelulosa y la lignina de la madera, mientras que los hongos de la pudrición parda solo escinden la celulosa y la hemicelulosa (44)(45)(46).

El cultivo de hongos comestibles utilizando residuos agroindustriales y agrícolas permite hoy día obtener grandes producciones en relativamente poco espacio, lo que representa un gran beneficio socioeconómico para la agroindustria (12)(47).

CONCLUSIONES

El hongo *Pleurotus* presenta una amplia variedad de propiedades Nutricionales, Medicinales y Ambientales que lo hacen ser una seta de alto potencial para fines biotecnológicos, la gran mayoría de estudios están relacionadas a nivel de ensayos *in vitro* y en animales lo que refleja que debe fortalecerse estudios a

nivel clínico que puedan garantizar las propiedades nutraceuticas. Igualmente los estudios ambientales requieren pasar a una mayor escala y demostrar sostenibilidad ya que aún existen interrogantes sobre los mecanismos de acción del sistema enzimático de las diferentes especies de este género para así poder determinar su potencial aprovechamiento para la biorremediación de suelos agua, y en los procesos de biodegradación de plásticos y sus derivados. Por otra parte cabe resaltar que se está presentando un creciente interés hacia el consumo de alimentos funcionales y los hongos de este género son buenos candidatos para la elaboración de nuevos productos gracias a la cantidad de sustancias bioactivas que estos sintetizan. Los resultados de las diferentes investigaciones demuestran que la producción y consumo de este hongo, ofrece múltiples beneficios para la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sulistiany, H., Sudirman, L. I., & Dharmaputra, O. S. (2017). Production of Fruiting Body and Antioxidant Activity of Wild *Pleurotus*. *Journal of Biosciences*, (March), 3–7. <http://doi.org/10.1016/j.hjb.2016.07.003>
2. Chaurasia, P. (2020). Recent Studies on Biotechnological Roles of *Pleurotus* spp. *Biotechnology and Bioprocessing*, 1(3), 01–03. <https://doi.org/10.31579/2766-2314/018>
3. Salmenes, Dulce. (2017). *Pleurotus djamor*, un hongo con potencial aplicación biotecnológica para el neotrópico. *Revista mexicana de micología*, 46, 73-85. [online] Recuperado en 12 de enero de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802017000200073&lng=es&tlng=es.
4. Beltran-Delgado, Y., Morris-Quevedo, H., Llauradó-Maury, G., Bermúdez-Savón, R. and García-Oduardo, N., 2022. Procedimientos para la producción de setas del género *Pleurotus* con potencial aplicación farmacológica. [online] *Redalyc.org*. Available at: <https://www.redalyc.org/journal/4435/443564573005/html/>
5. Rodrigues Barbosa, J., dos Santos Freitas, M. M., da Silva Martins, L. H., & de Carvalho, R. N. (2020, February 1). Polysaccharides of mushroom *Pleurotus* spp.: New extraction techniques, biological activities and development of new technologies. *Carbohydrate Polymers*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115550>
6. Raman, J., Jang, K. Y., Oh, Y. L., Oh, M., Im, J. H., Lakshmanan, H., & Sabaratnam, V. (2021). Cultivation and Nutritional Value of Prominent *Pleurotus* Spp.: An Overview. *Mycobiology*. Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1835142>
7. Sharma, A., Sharma, A., & Tripathi, A. (2021, June 1). Biological activities of *Pleurotus* spp. polysaccharides: A review. *Journal of Food Biochemistry*. Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13748>
8. Nakazawa, T., Izuno, A., Kodera, R., Miyazaki, Y., Sakamoto, M., Isagi, Y., & Honda, Y. (2017). Identification of two mutations that cause defects in the ligninolytic system through an efficient forward genetics in the white-rot agaricomycete *Pleurotus ostreatus*. *Environmental Microbiology*, 19(1), 261–272. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.13595>

9. Ritota, M., & Manzi, P. (2019, September 1). Pleurotus spp. cultivation on different agri-food by-products: Example of biotechnological application. Sustainability (Switzerland). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su11185049>
10. Araújo, N. L., Avelino, K. V., Halabura, M. I. W., Marim, R. A., Kassem, A. S. S., Linde, G. A., ... do Valle, J. S. (2021). Use of green light to improve the production of lignocellulose-decay enzymes by Pleurotus spp. in liquid cultivation. Enzyme and Microbial Technology, 149. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2021.109860>
11. Akter, F., Ahmed, K. U., & Miah, N. (2019). Effect of different spawn seed on growth and varieties of the oyster mushrooms (Pleurotus spp.). Research in Agriculture Livestock and Fisheries, 6(2), 181–192. <https://doi.org/10.3329/ralf.v6i2.42964>
12. Romero-Arenas, O., Ita, V. D., Ángeles, M., Rivera-Tapia, J. A., Tello-Salgado, I., Villarreal Espino-Barros, O. A., & Damián-Huato, M. Á. (2018). Capacidad productiva de Pleurotus ostreatus utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas. Agricultura, sociedad y desarrollo, 15(2), 145-160.
13. Llarena-Hernández, R. C., Alonso-López, A., Hernández-Rosas, F., López, C. J., González, J. M., Savoie, J. M., & Mata, G. (2019). Aerobic fermentation prior to pasteurization produces a selective substrate for cultivation of the mushroom Pleurotus pulmonarius. Biotechnology, Agronomy and Society and Environment, 23(3), 165–173. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.18106>
14. Bellettini, M. B., Fiorda, F. A., Maieves, H. A., Teixeira, G. L., Ávila, S., Hornung, P. S., ... Ribani, R. H. (2019, May 1). Factors affecting mushroom Pleurotus spp. Saudi Journal of Biological Sciences. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005>
15. Wang, Y., Luo, Y., Luo, L., Zhang, H., Liao, Y., & Gou, C. (2021). Enhancement of the nutritional value of fermented corn stover as ruminant feed using the fungi Pleurotus spp. Scientific Reports, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90236-0>
16. Lavelli, V., Proserpio, C., Gallotti, F., Laureati, M., & Pagliarini, E. (2018, March 1). Circular reuse of bio-resources: The role of Pleurotus spp. in the development of functional foods. Food and Function. Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/c7fo01747b>

17. Kuo, M. (2017, December). *Pleurotus ostreatus*. Retrieved January 17, 2022, from the MushroomExpert.Com Web site: http://www.mushroomexpert.com/pleurotus_ostreatus.html
18. Anderson, V. M., Sward, G. F. H., Ranger, C. M., Reding, M. E., & Canas, L. (2021). Microbial control agents for fungus gnats (Diptera: Sciaridae: Lycoriella) affecting the production of oyster mushrooms, *pleurotus* spp. *Insects*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/insects12090786>
19. Piska, K., Sułkowska-Ziaja, K., & Muszyńska, B. (2017). Edible mushroom *pleurotus ostreatus* (Oyster mushroom) – Its dietary significance and biological activity. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 16(1), 151–161. <https://doi.org/10.24326/asphc.2017.1.0>
20. Girmay, Z., Gorems, W., Birhanu, G., & Zewdie, S. (2016). Growth and yield performance of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm (oyster mushroom) on different substrates. *AMB Express*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s13568-016-0265-1>
21. Valenzuela-Cobos, J. D., Grijalva-Endara, A., Marcillo-Vallejo, R., & Garcés-Moncayo, M. F. (2020). Production and characterization of reconstituted strains of *pleurotus* spp. Cultivated on different agricultural wastes. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 19(3), 1493–1504. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Bio1126>
22. Cano-Estrada, A., & Romero-Bautista, L. (2016). Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres. *Revista chilena de nutrición*, 43(1), 75-80
23. Saidu, M., Salim, M. R., & Yuzir, M. A. M. (2011). Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus* spp.) on palm oil mesocarp fibre. *African Journal of Biotechnology*, 10(71), 15973–15976. <https://doi.org/10.5897/AJB11.1942>
24. Carrasco, J; González, S; Serna S, Gutiérrez, U. 2017. Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: potential use as food ingredient. *Journal of food composition and analysis*.
25. Fernández-Fueyo, E., Ruiz-Dueñas, F. J., López-Lucendo, M. F., Pérez-Boada, M., Rencoret, J., Gutiérrez, A., ... Martínez, A. T. (2016). A secretomic view of woody and nonwoody lignocellulose degradation by *Pleurotus ostreatus*. *Biotechnology for Biofuels*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s13068-016-0462-9>

26. Tolera, K. D., & Abera, S. (2017). Nutritional quality of Oyster Mushroom (*Pleurotus Ostreatus*) as affected by osmotic pretreatments and drying methods. *Food science & nutrition*, 5(5), 989–996. <https://doi.org/10.1002/fsn3.484>
27. Laforteza, J. C., Reyes, R. G., & Trinidad, T. P. (2020). Dietary fiber contents and its fermentability in vitro of *pleurotus ostreatus* cv. Florida mycelia (agaricomycetes). *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 22(7), 651–657. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2020035449>
28. Rodríguez, José, Mateus Dias, Sirlaine Albino, Denise Pereira, Marliane de Cássia, y Maria Megumi. 2012. «Lignocellulolytic enzymes production of *Pleurotus ostreatus* growth in agroindustrial waste.» *Brazilian Journal of Microbiology*, pág: 1508-1515
29. Deepalakshmi, K. and Mirunalini, S. (2014) *Pleurotus ostreatus*: An Oyster Mushroom with Nutritional and Medicinal Properties. *Journal of Biochemical Technology*, 5, 718-726
30. Brown, G. D., Herre, J., Williams, D. L., Willment, J. A., Marshall, A. S., & Gordon, S. (2003). Dectin-1 mediates the biological effects of beta-glucans. *The Journal of experimental medicine*, 197(9), 1119–1124. <https://doi.org/10.1084/jem.20021890>
31. Batbayar, S., Lee, D. H., & Kim, H. W. (2012). Immunomodulation of Fungal β -Glucan in Host Defense Signaling by Dectin-1. *Biomolecules & therapeutics*, 20(5), 433–445. <https://doi.org/10.4062/biomolther.2012.20.5.433>
32. Ozcirak Ergun, S., & Ozturk Urek, R. (2017). Production of ligninolytic enzymes by solid state fermentation using *Pleurotus ostreatus*. *Annals of Agrarian Science*, 15(2), 273–277. <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2017.04.003>
33. Synytsya, A., Míčková, K., Synytsya, A., Jablonský, I., Spěvácěk, J., Erban, V., ... Čopíková, J. (2009). Glucans from fruit bodies of cultivated mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*: Structure and potential prebiotic activity. *Carbohydrate Polymers*, 76(4), 548–556. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.11.021>
34. Acosta-Urdapilleta, M. L., Villegas, E., Estrada-Torres, A., Téllez-Téllez, M., & Díaz-Godínez, G. (2020). Antioxidant activity and proximal chemical composition of fruiting bodies of mushroom, *Pleurotus* spp. produced on wheat straw y. *Journal*

of Environmental Biology, 41(5), 1075–1081. <https://doi.org/10.22438/JEB/41/5/MRN-1307>

35. Duarte-Trujillo, Astrid Stefania, Jiménez-Forero, Javier Alexander, Pineda-Insuasti, Julio, González-Trujillo, Camila Alejandra, & García-Juárez, Magdiel. (2020). Extracción De Sustancias Bioactivas De Pleurotos *Ostreatus* (Pleurotaceae) Por Maceración Dinámica. *Acta Biológica Colombiana*, 25(1), 61-74. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n1.72409>
36. Hereher, F., ElFallal, A., Toson, E., Abou-Dobara, M., & Abdelaziz, M. (2018). Pilot study: Tumor suppressive effect of crude polysaccharide substances extracted from some selected mushroom. *Beni-Suef University journal of basic and applied sciences*, 7(4), 767-775. <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2018.11.003>
37. Santoyo, S., Ramírez-Anguiano, A. C., Reglero, G., & Soler-Rivas, C. (2009). Improvement of the antimicrobial activity of edible mushroom extracts by inhibition of oxidative enzymes. *International journal of food science & technology*, 44(5), 1057-1064. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01896.x>
38. Verma, S. M., Prasad, R., & Kudada, N. (2001). Investigations of anti-viral properties on extract of pleurotus sajor caju. *Ancient Science of Life*, 21(1), 34–347.
39. Thi, N. G. N., & Nguyen, M. T. (2020). Effects of drying methods on the characteristics of pleurotus sajor-caju mushroom. *Malaysian Applied Biology*, 49(3), 31–36.
40. Mallak, AM, Lakzian, A., Khodaverdi, E., Haghnia, GH y Mahmoudi, S. (2020). Effect of *Pleurotus ostreatus* and *Trametes versicolor* on triclosan biodegradation and activity of laccase and manganese peroxidase enzymes. *Microbial Pathogenesis*. 104473. <https://doi: 10.1016/j.micpath.2020.104473>
41. Dickson, UJ, Coffey, M., George Mortimer, RJ, Smith, B., Ray, N. y Di Bonito, M. (2020). Investigating the potential of sunflower species, fermented palm wine and *Pleurotus ostreatus* for treatment of petroleum-contaminated soil. *Chemosphere*, 240, 124881. <https://doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.124881>
42. Salmenes, D, Gaitán, R.,, Pérez, R., & Mata, G. (2006). MANUAL PRÁCTICO DEL CULTIVO DE SETAS. Aislamiento, siembra y producción (Primera ed). México.

43. Toledo M. (2008). Residuos de maíz y quinua como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*. Tesis de Ingeniería. Facultad de Ciencias. Escuela de Ciencias Químicas. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Chimborazo, Ecuador, 96 pp.
44. Machado, A. R. G., Teixeira, M. F. S., de Souza Kirsch, L., Campelo, M. da C. L., & de Aguiar Oliveira, I. M. (2016). Nutritional value and proteases of *Lentinus citrinus* produced by solid state fermentation of lignocellulosic waste from tropical region. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(5), 621–627. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.07.002>
45. Díaz Muñoz, K., Casanova Guajardo, M., León Torres, C. A., Gil Ramírez, L. A., Bardales Vásquez, C. B., & Cabos Sánchez, J. (2019). Producción de *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) ICFC 153/99 cultivado sobre diferentes residuos lignocelulósicos. *Arnaldoa*, 26(3), 1177–1184. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26322>
46. Song, Q., Deng, X., & Song, R. Q. (2020). Expression of *pleurotus ostreatus* laccase gene in *pichia pastoris* and its degradation of corn stover lignin. *Microorganisms*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/microorganisms8040601>
47. De Freitas, E. N., Bubna, G. A., Brugnari, T., Kato, C. G., Nolli, M., Rauen, T. G., ... Peralta, R. M. (2017). Removal of bisphenol A by laccases from *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* and evaluation of ecotoxicity of degradation products. *Chemical Engineering Journal*, 330, 1361–1369. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.08.051>