

Producción del *Pleurotus ostreatus* utilizando cáscaras de maíz y leguminosas

Production of *Pleurotus ostreatus* using corn husks and legumes

Jorge Gustavo Quintana Zamora^{1,2}, Fred Eduardo Taranto Moreira^{1,3}, Mercedes Cleotapra Moreria Menéndez^{1,4}, María Aurora Parrales Gallo^{1,5}.

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos - Ecuador. ²Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Carrera de Ingeniería en Alimentos, jquintana@uteq.edu.ec. ³Facultad de Ciencias Ambientales, Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental, fred.taranto@uteq.edu.ec. ⁴Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Carrera de Ingeniería Industrial, mmoreira@uteq.edu.ec. ⁵Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Carrera de Ingeniería en Agroindustrias, maria.parrales2016@uteq.edu.ec.

Correspondencia para autor: jquintana@uteq.edu.ec

Recibido: 7/4/2022. Aceptado: 20/10/2022
Publicado el 27 de diciembre de 2022

Resumen

Pleurotus ostreatus, es un hongo comestible que se produce en una gran variedad de residuos agrícolas y agroindustriales, debido a su gran capacidad de colonizar y degradar sustratos lignocelulósicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la cinética de crecimiento radial, para la obtención de micelio y la producción de *Pleurotus ostreatus* en estado fresco, utilizando para su crecimiento cáscara de mazorca de maíz tierno, cáscara de leguminosas (arveja, frejol y haba). En la cinética de crecimiento radial, que fue la obtención de micelio el que mejor comportamiento demostró en el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* fue el medio de cultivo Papa dextrosa agar más la inclusión de cáscara de arveja (*Pisum sativum*) 74 mm a las 168 horas de crecimiento, mientras que el mejor rendimiento de cosecha de *Pleurotus ostreatus* fue la cáscara de haba (*Vicia faba*) 151.40 g de *Pleurotus ostreatus*, por kilogramo de sustrato en la primera cosecha. Con estos resultados se tiene una alternativa de utilizar los residuos de hortalizas que se generan en el mercado central del cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos, Ecuador, en la obtención de un alimento y disminuir la contaminación que los residuos generan en el medio ambiente.

Palabras clave: *Pleurotus*, cáscaras, producción, micelio.

Abstract

Pleurotus ostreatus, is an edible fungus that is produced in a wide variety of agricultural and agro-industrial residues, due to its great ability to colonize and degrade lignocellulosic substrates. The objective of this work was to evaluate the kinetics of radial growth, to obtain mycelium and the production of *Pleurotus ostreatus* in fresh state, using for its growth husks of fresh corn cob, husks of legumes (peas, beans and broad beans). In the kinetics of radial growth, which was the obtaining of mycelium, the one that showed the best behavior in the growth of *Pleurotus ostreatus* was the culture medium Potato dextrose agar plus the inclusion of pea husk (*Pisum sativum*) 74 mm at 168 hours of growth. growth, while the best *Pleurotus ostreatus* harvest yield was the bean husk (*Vicia faba*) 151.40 g of *Pleurotus ostreatus*, per kilogram of substrate in the first harvest. With these results, there is an alternative to use the vegetable waste generated in the central market of the Quevedo canton, Los Ríos Province, Ecuador, to obtain food and reduce the pollution that the waste generates in the environment.

Key words: *Pleurotus*, shells, production, mycelium

Introducción

Los hongos son las estructuras fructíferas de especies especializadas hongos que tienen cualidades únicas para degradar las sustancias orgánicas y reciclar los nutrientes en el suelo. Estos son hongos maravillosos que pueden convertir los desechos agrícolas en ricos en materiales lignocelulósicos en valiosa biomasa rica en proteínas tener todos los nutrientes esenciales (Thakur, 2020). La producción de hongos está emergiendo como una dimensión adicional en agricultura diversidad; su cultivo radica en la utilización de residuos agrícolas ricos en materiales lignocelulósicos (Kumar *et al.*, 2020).

El nivel de desarrollo del crecimiento de los hongos depende en gran medida de los factores ambientales, así como del tipo de sustrato. Casi todos los desechos agrícolas están disponibles para el cultivo de hongos, ya que contienen sustancias lignocelulósicas. La capacidad del hongo para convertir un alto porcentaje de sustratos lignocelulósicos en cuerpos fructíferos aumenta la rentabilidad (Agba *et al.*, 2021). Los desechos agrícolas incluyen principalmente celulosa, lignina y hemicelulosa. El contenido de estos componentes químicos en varios tipos de cultivos es diferente. Por ejemplo, el contenido de celulosa, lignina y hemicelulosa de los residuos de cultivos son 35-50%, 20-30% y 15-30%, respectivamente (Mo *et al.*, 2018).

Uno de los principales problemas que se enfrentan en todo el mundo es la disposición tanto de la gran cantidad de desechos agroindustriales y los residuos derivados de las actividades ganaderas. De acuerdo con la Índice de Sostenibilidad Alimentaria: un estudio global sobre nutrición, agricultura sostenible y desperdicio de alimentos, que recopila datos de 67 países de todo el mundo: cada año, la población mundial en promedio desecha 37 kg de comida por persona. En general, los países de ingresos altos producen una mayor cantidad de desperdicio de alimentos en comparación con los países de bajos ingresos (Ritota & Manzi, 2019).

Si estos residuos se liberan a el medio ambiente sin un procedimiento adecuado de eliminación que puede causar contaminación ambiental y efectos nocivos sobre la salud humana y animal. La mayor parte de la agroindustria los desechos no se tratan y se subutilizan, por lo tanto, en el máximo informa que eliminó ya sea quemándolos, vertiéndolos o vertidos no planificados. Estos desechos sin tratar crean diferentes problemas con el cambio climático aumentando un número de gases de efecto invernadero (Sadh *et al.*, 2018).

Los hongos *Pleurotus* se consideran saludables por su riqueza en proteínas, fibra, vitaminas y minerales. Los hongos *Pleurotus* se consumen como un alimento funcional ya que atraen el sabor y el aroma, valor nutritivo y medicinal. Especies de *Pleurotus* (hongos ostra) son comercialmente importantes hongos comestibles y cultivados a nivel mundial (Raman *et al.*, 2020). Este nutritivo hongo comestible ocupa

el segundo lugar entre hongos cultivados comercialmente (Adebayo *et al.*, 2021). El cultivo de setas comestibles ha ido creciendo con técnicas caseras hasta convertirse en una industria altamente tecnificada (Guevara-Viejó *et al.*, 2021). El consumo de hongos en todo el mundo está en constante aumento el aumento a medida que más personas reconocen estos como una valiosa fuente de alimentos saludables; es rico en hidratos de carbono, proteínas, minerales y vitaminas, pero bajo en calorías y grasas (Sifat *et al.*, 2020).

El objetivo de este trabajo es la producción y la obtención de micelio de *Pleurotus ostreatus*, teniendo una alternativa en disminuir la contaminación ambiental, que generan los residuos de hortalizas en el mercado central del cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos, Ecuador.

Materiales y métodos

Área de estudio y materiales experimentales

El estudio se realizó en la finca experimental la María perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en junio del 2017. Se utilizaron cáscaras de arveja (*Pisum sativum*); frejol (*Phaseolus vulgaris*); haba (*Vicia faba*) y cáscara de mazorca de maíz tierno (*Zea mays*), los mismos que se recopilaron del mercado central del cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos, Ecuador. El cultivo puro de hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*) se obtuvo del área de microbiología del laboratorio de Rumiología, perteneciente a la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Obtención de micelio de hongos *Pleurotus*

Para la obtención del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*, se utilizó medio de cultivo PDA (Papa Dextrose Agar) en dosis de 39 g por litro de agua destilada y desmineralizada, se esterilizó en autoclave a 121°C por 30 minutos a 15 psi (libras de presión), se utilizaron cajas petris de vidrio esterilizadas de 80 mm llenas con 15 ml de medio de cultivo PDA, donde se tomó con un saca bocado de acero inoxidable 4 mm de micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*, se lo depositó en el centro de las cajas petris con medio de cultivo para su posterior crecimiento se depositaron las cajas petris en una incubadora (Mettler Schwabach, Alemania) a 30°C por el lapso de 10 días hasta que el micelio del hongo abarque todo el diámetro de la caja Petri. Se utilizó recipientes de vidrio de 400 ml desinfectados con agua clorada y se llenaron con semilla de trigo (*Triticum*) en una cantidad de 400 g para luego esterilizarlos en autoclave a 121°C por 30 minutos a 15 psi (libras de presión), se dejaron enfriar a temperatura ambiente y después a cada recipiente con la semilla se trigo de inóculo 40 mm de micelio del hongo *Pleurotus* y se dejó en la estufa (Mettler Schwabach, Alemania) a 30°C por el lapso de 10 días, hasta obtener su colonización total. Los residuos agrícolas triturados se pesaron en una cantidad de 1 kilogramo en bolsas plásticas, para luego ser lavados en agua corriente.

y su posterior pasteurización a 100°C por 45 minutos, los residuos se dejaron enfriar a temperatura ambiente 25°C, y sembrar semilla 100 g de trigo con micelio de hongos *Pleurotus ostreatus* por cada 1,000 g de cáscaras de arveja, frejol, haba y maíz tierno

Las cáscaras inoculadas con los hongos *Pleurotus*, se colocaron dentro de cámaras de incubación cubiertas en su totalidad de plástico color negro, por el lapso de 21 días, obteniendo una colonización total de las cáscaras, se realizaron agujeros circulares en las bolsas que contenían las cáscaras con micelio, se les proporciono luz artificial para inducir la fructificación de las setas, las cuales con la ayuda de una navaja esterilizada con alcohol al 98% de procedió a cortar las setas para posteriormente pesar la producción y realizar los análisis físicos y químicos inmediatamente.

Preparación de los medios de cultivo

Se pesó, 100 g de cáscara de arveja; 100 g de cáscara de frejol; 100 g de cáscara de frejol y 100g de cáscara de maíz tierno; para los cuatro medios de cultivo. Se colocó en cada recipiente de aluminio los 100 g de cada una de las muestras (cáscaras de arveja, frejol, haba y maíz tierno) picada y lavada, posteriormente se agregó 1 L de agua destilada para cada muestra.

Se llevó al fuego y se dejó hervir por 30 minutos, se tapó para evitar pérdidas excesivas por evaporación. Se filtró con la ayuda de gasa y algodón para evitar el paso de cualquier impureza, se colocó en los matraces que contenían 20 g de agar y 20 g dextrosa, luego estas soluciones de las distintas cáscaras se disolvieron con la ayuda de agitadores magnéticos y calentadores. Para preparar el PDA (Papa, dextrosa, agar) se utilizó 200 g de papa (*Solanum tuberosum*) (pelada en cuadros, estos pedazos de papa se hirvieron para obtener una solución al cual se pasó a un matraz donde contenían 20 g de agar y 20 g de dextrosa, luego se disolvieron con la ayuda de agitadores magnéticos y calentadores.

Las cinco soluciones preparadas fueron sometidas a calor para que se diluyan uniformemente el agar y dextrosa dejándolo hervir por el lapso de 30 minutos. Se esterilizaron en autoclave a 121°C y 15 psi durante 30 minutos. En total se obtuvieron cinco medios de cultivo: PDA (papa dextrosa agar); PDACA (papa dextrosa agar + cáscara de arveja); PDACF (papa dextrosa agar + cáscara de frejol); PDACH (papa dextrosa agar + cáscara de haba); PDACMT (papa dextrosa agar + cáscara de maíz tierno), en la cabina de bioseguridad se depositaron 15 mL de cada medio en las cajas petri y se dejaron solidificar

Cosechas y determinación de la producción de *Pleurotus*

Se realizó una cosecha de setas, con la ayuda de una navaja desinfectada con alcohol al 96% de procedió a cortar las setas, se pesaron en una balanza digital Sartorius.

Determinación de curva de crecimiento micelial de *Pleurotus*

Se cortó con el sacabocado 4 mm de diámetro de PDA invadido por el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* en estudio, y se sembró en el centro de una caja petri de 80 mm, la que contenía 15 mL del medio de cultivo y se incubó en una incubadora Memmert Schwabach, Alemania a 29°C, con la ayuda de un calibrador se realizó mediciones cada 24 horas, del diámetro de crecimiento del micelio de la cepa de *Pleurotus ostreatus*. Se tomó dos medidas en diferente dirección a partir del segundo hasta el séptimo día de incubación, que fue la invasión total de la caja petri.

Análisis estadístico

En la primera fase se determinó el crecimiento micelial y en la segunda fase producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. Para el crecimiento radial o crecimiento de micelio se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cinco tratamientos y 5 repeticiones. Para el rendimiento de la cosecha del hongo *Pleurotus*, se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y 5 repeticiones, se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se muestran los resultados del crecimiento radial del micelio de *Pleurotus ostreatus*, en varios medios de cultivos, se puede apreciar que existe diferencias estadísticas entre los tratamientos, teniendo un mejor crecimiento el PDACA, en comparación con el tratamiento de control PDA y a los otros medios de cultivos preparados con las cáscaras de maíz y leguminosas. Estos resultados pueden deberse a la composición química de la cáscara de alverja en su bajo contenido de humedad higroscópica (3.44%) y también al contenido de fibra detergente neutra (58.25%). Los residuos agrícolas, agroindustriales y urbanos, de origen vegetal, presentan un alto contenido de celulosa; un polímero de glucosa; que es el principal componente de la pared celular de las plantas (Díaz Muñoz *et al.*, 2019). *Pleurotus ostreatus* es un saprofito, con alta flexibilidad para crecer por bioconversión en un amplio rango de materiales lignocelulósicos (Fayssal *et al.*, 2021).

(Mahadevan & Shanmugasundaram, 2018), reporto valores similares, en el Efecto comparativo de diferentes medios de cultivo sobre el rendimiento del crecimiento micelial de *Pleurotus sapidus*, 7.72 cm, en un medio Yeast Malt Agar, a los 8 días de cinética de crecimiento radial. Así mismo (Hoa & Wang, 2015), publico crecimientos radiales superiores de 9.00 cm en *Pleurotus ostreatus*, a los 8 días de crecimiento, en diferentes medios de cultivo, estos resultados pueden deberse a la utilización de medios de cultivos fúngicos puros. (Phadke Monika *et al.*, 2020), obtuvieron menores crecimientos de micelio de *Pleurotus* entre 36.11 mm a

45.28 mm a los 8 días de inoculación, en diferentes medios de cultivos. Mientras que, (Bankole & Salami, 2017), reportaron crecimientos de 8.50 cm en medios de cultivos Papa dextrosa agar y Agar de mazorcas de maíz al 5% de sacarosa, a los 5 días de inoculación. (Maftoun *et al.*, 2017), utilizaron aditivos en medio PDA, para incrementar el crecimiento de micelio de *Pleurotus*, obteniendo 10 cm de micelio en un medio de cultivo compuesto por PDA + Extracto de levadura + Extracto de malta + Nitrato de sodio, a los 12 día de inoculación

En el Cuadro 2, se puede apreciar el rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*, cosechado en cáscaras de maíz y leguminosas, existiendo diferencias estadísticas entre los tratamientos, presentado un mejor rendimiento de hongos frescos la cáscara de haba con 151.40 gramos por kilogramo de cáscara de haba. Estos resultados son similares a los reportados por (Roblero Mejía *et al.*, 2021), teniendo rendimientos 152.80 gramos de hongos *Pleurotus ostreatus* en una mezcla de pasto

pangola, pulpa de café y olote de maíz. (Pokhrel *et al.*, 2013), obtuvieron menores rendimientos en residuos de guisantes 137.51 gramos y en tallos de maíz, rendimientos similares de 158.96 gramos en la primera cosecha de hongos *Pleurotus*. Además (Chukwurah *et al.*, 2012) reportaron rendimientos superiores de hongos *Pleurotus ostreatus* en un sustrato compuesto por paja de maíz, aserrín, cal y agua, obteniendo una producción de 220 gramos en la primera cosecha y 270.50 gramos en la sexta cosecha de *Pleurotus*. No obstante (Fufa *et al.*, 2021), cosecharon menores rendimientos de 144.18 gramos de *Pleurotus* en residuos de mazorcas de maíz. También (Nasir *et al.*, 2021) obtuvieron, el rendimiento más bajo se registró para la primera descarga (95 g), la segunda descarga (88 g), la tercera descarga (80 g) y el rendimiento total (263 g) en el caso del Tratamiento-T5 (residuos de maíz 100%)

Cuadro1. Crecimiento radial del micelio de *Pleurotus ostreatus* inoculado en diferentes medios de cultivos preparados con cáscara de maíz y leguminosas

Horas de crecimiento	Crecimiento en (mm)					
	PDA	PDACA	PDACF	PDACH	PDACMT	P<
24	1.00 c ^{1/}	3.80 a	2.60 b	2.60 b	2.00 b	<.0001
48	2.00 c	7.80 a	4.60 b	4.20 b	4.20 b	<.0001
72	3.40 d	11.00 a	6.80 b	7.60 b	7.60 bc	<.0001
96	6.00 c	13.20 a	8.60 c	11.60 c	11.60 a	<.0001
120	10.80 c	21.40 a	11.00 c	15.00 b	15.00 b	<.0001
144	34.00 b	47.00 a	43.00 ab	34.00 b	34.00 b	<.0001
168	58.00 b	74.00 a	59.00 b	59.00 b	47.00 c	<.0001

PDA = papa dextrosa agar

PDACA = papa dextrosa agar + cáscara de arveja (*Pisum sativum*)

PDACF = papa dextrosa agar + cáscara de frejol (*Phaseolus vulgaris*)

PDACH = papa dextrosa agar + cáscara de haba (*Vicia faba*)

PDACMT = papa dextrosa agar + cáscara de maíz tierno (*Zea mays*)

^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p<0.05)

Cuadro 2. Rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*, cosechado en cáscaras de maíz y leguminosas

	Cáscara de arveja	Cáscara de frejol	Cáscara de haba	Cáscara de maíz tierno	P<
Rendimiento	72.00 b ^{1/}	80.00 b	151.40 a	72.00 b	0.0001

^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p<0.05).

Rendimiento de hongos frescos por cada 1000 g de cáscaras de maíz tierno y leguminosas, en una sola cosecha.

Conclusiones

En la producción de *Pleurotus ostreatus*, la cáscara de haba mostró el mejor rendimiento en cosecha del hongo comestible, mientras que en la producción de micelio el que mejor comportamiento tuvo en la cinética de crecimiento radial fue el medio Papa dextrosa agar más la inclusión de cáscara de alverja, demostrando que estos residuos de leguminosas se

pueden emplear en la producción de *Pleurotus ostreatus*.

Agradecimientos

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, al Fondo Competitivo de Investigación Ciencia y Tecnología (FOCICYT), cuarta convocatoria en el proyecto “Fuentes de Proteína en el incremento de la Digestibilidad del Pasto

Saboya (*Panicum maximum*)”

Literatura citada

- Adebayo, E., Elkanah, F., Afolabi, F., Ogundun, O., Alabi, T., & Oduoye, O. (2021). Molecular characterization of most cultivated *Pleurotus* species in sub-western region Nigeria with development of cost effective cultivation protocol on palm oil waste. *Heliyon*, 7, 8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06215>
- Agba, M.-I. O., Markson, A.-A. A., Oni, J. O., & Bassey, G. A. (2021). Growth and yield impact of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq P. Kumm) cultivated on different agricultural wastes. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, 27 (01), 2225–2233. <https://doi.org/https://doi.org/10.18801/jbar.270121.272>
- Bankole, F., & Salami, A. (2017). Use of Agro-Wastes for Tissue Culture Process and Spawn Production of Oyster Mushroom (*Pleurotus florida*). *Journal of Applied Life Sciences International*, 14 (1), 9. doi: 10.9734/JALSI/2017/35858
- Chukwurah, N., Eze, S., Chiejina, N., Onyeonagu, C., Ugwuoke, K., Ugwu, F., Nkwonta, C., Akobueze, E., Aruah, C., & Onwuelughasi, C. (2012). Performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in different local agricultural waste materials. *African Journal of Biotechnology*, 11 (37), 8979–8985. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2525>
- Díaz Muñoz, K., Casanova Guarjado, M., León Torres, C. A., & Arturo, G. R. L. (2019). Producción de *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) ICFC 153/99 cultivado sobre diferentes residuos lignocelulósicos. *Arnaldoa* 26, 3, 1177–1184. <https://doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26322>
- Fayssal, S. A., Sebaaly El, Z., Alsanad, M., Najjar, R., Bo`hme, M., Yordanova, M., & Sassine, Y. (2021). Combined effect of olive pruning residues and spent coffee grounds on *Pleurotus ostreatus* production, composition, and nutritional value. *PLOS ONE*, 16 (9). <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255794>
- Fufa, B. K., Tadesse, B. A., & Tulu, M. M. (2021). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on Agricultural Wastes and Their Combination. *International Journal of Agronomy*, 2021, 6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2021/1465597>
- Guevara-Viejó, F., Valenzuela-Cobos, J. D., Vicente-Galindo, P., & Galindo-Villardón, P. (2021). Application of K-Means Clustering Algorithm to Commercial Parameters of *Pleurotus* spp. Cultivated on Representative Agricultural Wastes from Province of Guayas. *Journal of Fungi*, 7, 537. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/jof7070537>
- Hoa, H. T., & Wang, H.-L. (2015). The Effects of Temperature and Nutritional Conditions on Mycelium Growth of Two Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology*, 43 (1), 14–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.1.14>
- Kumar, S., Chand, G., & Kumar Patel, D. (2020). Evaluation of different substrate supplements on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus florida*). *Indian Phytopathology*, 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s42360-020-00252-9>
- Maftoun, P., Abd Malek, R., Masry, H. J., Agouillal, F., Pareek, A., Hanapi, S. Z., & Enshasy, H. (2017). Effect of additives on *Pleurotus ostreatus* Growth on Agar medium. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 12(Issue 3 Ver), 106–110. <https://doi.org/DOI:10.9790/3008-120304106110>
- Mahadevan, K., & Shanmugasundaram, K. (2018). Comparative effect of different culture media on mycelial growth performance of *Pleurotus sapidus*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7 (4), 874–878. <https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue4/PartO/7-3-733-395.pdf>
- Mo, J., Yang, Q., Zhang, N., Zhang, W., Zheng, Y., & Zhang, Z. (2018). A review on agro-industrial waste (AIW) derived adsorbents for water and wastewater treatment. *Journal of Environmental Management*, 227, 395–405. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.069>
- Nasir, A., Urwa, T., Ayesha, A., Awais, A., Asma, A., Babar, K., & Shahzad, M. (2021). Effect of maize residues and sawdust substrates on the growth and yield of oyster mushroom *Pleurotus sapidus*. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (2), 1–7. https://doi.org/doi:10.15421/2021_68
- Phadke Monika, V., Jadhav, D., Hasabnis, G., Jadhav, P., & Patil, S. (2020). Effect of cultural variability on mycelial growth of eleven mushroom isolates of *Pleurotus* spp. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9 (6), 881–888. www.phytojournal.com
- Pokhrel, C., Kalyan, N., Budathoki, U., & Yadav, R. K. (2013). Cultivation of *Pleurotus sajor-caju* using different agricultural residues. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 1 (2), 019–023. <https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/281307219>
- Raman, J., Jang, K.-Y., Oh, Y.-L., Oh, M., Im, J.-H., Lakshmanan, H., & Sabaratnam, V. (2020). Cultivation and Nutritional Value of Prominent *Pleurotus* Spp.: An Overview. *Mycobiology*, 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1835142>
- Ritota, M., & Manzi, P. (2019). *Pleurotus* spp. Cultivation on Different Agri-Food By-Products: Example of Biotechnological Application. *Sustainability*, 11, 5049. <https://doi.org/doi:10.3390/su11185049>
- Roblero Mejía, D. O., Aguilar Marcelino, L., & Sánchez, J. (2021). Effect of substrate variation on the productivity of two strains of *Pleurotus* spp. *Scientia Fungorum*, 52, 1–11. <https://doi.org/10.33885/sf.2021.52.1377>
- Sadh, P. K., Duhan, S., & Duhan, J. S. (2018). Agro-industrial

- wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresour. Bioprocess*, 5 (1), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40643-017-0187-z>
- Sifat, N., Lovely, F., Zihad, S. M. N. K., Hossain, M. G., Shilpi, J. A., Grice, D., Mubarak, M. S., & Uddin, S. J. (2020). Investigation of the nutritional value and antioxidant activities of common Bangladeshi edible mushrooms. *Clinical Phytoscience*, 6, 88. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40816-020-00235-3>
- Thakur. (2020). Advances in mushroom production: key to food, nutritional and employment security: A review. *Indian PhytopathoMiranda. Entreciencias* (1): 73-96.
- McBratney, A., Field, D., Koch, A. (2014). The dimensions of soil security. *Geoderma*, 213: 203-213.