

**Polibotánica**

ISSN electrónico: 2395-9525

[polibotanica@gmail.com](mailto:polibotanica@gmail.com)Instituto Politécnico Nacional  
México<http://www.polibotanica.mx>

# EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus*

## EVALUATION OF TWO SUBSTRATE DISINFECTION METHODS FOR THE PRODUCTION OF *Pleurotus ostreatus*

**Hernández Hernández, R.E., V. Rosales Martínez, C. Flota Bañuelos, M.L. Osnaya González, P. Morales Almora**

EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus*

EVALUATION OF TWO SUBSTRATE DISINFECTION METHODS FOR THE PRODUCTION OF *Pleurotus ostreatus*

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 60: 355-366 México. Julio 2025

DOI: 10.18387/polibotanica.60.21



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0  
Atribución-No Comercial ([CC BY-NC 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).

Evaluación de dos métodos de desinfección de sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus*Evaluation of two substrate disinfection methods for the production of *Pleurotus ostreatus*

Hernández Hernández, R.E.,  
V. Rosales Martínez,  
C. Flota Bañuelos,  
M.L. Osnaya González,  
P. Morales Almora

EVALUACIÓN DE DOS  
MÉTODOS DE  
DESINFECCIÓN DE  
SUSTRATOS PARA LA  
PRODUCCIÓN DE  
*Pleurotus ostreatus*

EVALUATION OF TWO  
SUBSTRATE  
DISINFECTION METHODS  
FOR THE PRODUCTION OF  
*Pleurotus ostreatus*

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 60: 355-366. Julio 2025

DOI:  
10.18387/polibotanica.60.21

Rosa Elena Hernández Hernández <https://orcid.org/0009-0001-3414-4753>

Verónica Rosales Martínez / [vrosales@colpos.mx](mailto:vrosales@colpos.mx) 

<https://orcid.org/0000-0002-5895-1250>

Carolina Flota Bañuelos <https://orcid.org/0000-0001-5533-6722>

Mónica Leticia Osnaya González <https://orcid.org/0000-0003-0836-4936>

Porfirio Morales Almora <https://orcid.org/0000-0002-4407-2335>

SECIHTI-Colegio de Colegio de Postgraduados Campus Campeche

Dirección postal: Carretera Federal Haltunchén-Edzna Km. 17.5 Sihochac,  
Champotón, Campeche. CP 24450 Teléfono: 01 (55) 58 045 991 Ext. 64706 y 54722

**RESUMEN:** El objetivo de este trabajo fue evaluar dos métodos de desinfección de sustratos de rastrojo de maíz (M) y paja de sorgo (S) utilizados como sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus*, de manera rústica. Se probaron dos métodos de desinfección de los sustratos: a) agua con óxido de calcio (CaO) (400 g) y sulfato cálcico hidratado (CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O) (400 g) más aplicación térmica (T1M y T5S), b) agua con CaO (400 g) y CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) sin aplicación térmica (T2M y T6S), c) agua con hipoclorito de sodio comercial (NaClO) (400 ml) más aplicación térmica (T3M y T7S) y d) agua con NaClO (400 ml) sin aplicación térmica (T4M y T8S), tanto para el rastrojo de maíz como para el rastrojo de sorgo. Se obtuvieron ocho tratamientos, cada uno con cinco repeticiones. La aplicación térmica fue un factor muy importante en la desinfección, debido a que, los tratamientos con este método presentaron menor porcentaje de contaminación (T1M, T3M, T5S y T7S), contario a aquellos que no tenían aplicación térmica, los cuales se contaminaron al 100%; a excepción de T2M con 43%, respecto al total de bolsas sembradas. De los no contaminados se pudo obtener cosechas de carpóforos; se obtuvo mayor cantidad de primordios en T3M (65) y T1M (48), mayor producción de carpóforos en T7S y T3M con un peso total de 87.33 g y 85.25 g en promedio, respectivamente. La longitud del estípite de los carpóforos fue mayor en T7S con 3.94 cm. El diámetro del estípite de los carpóforos fue mayor en T7S con 1 cm. Se recomienda que para la producción de *P. ostreatus* de manera rústica y a pequeña escala, se utilicen residuos agrícolas disponibles en la región, además, que la desinfección del sustrato sea a través del tratamiento térmico, con adición de NaClO o bien con CaO y CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O al agua.

**Palabras claves:** Desinfección, Hongos comestibles, Micelio, Producción, Residuos agrícolas.

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate two disinfection methods for corn stover (M) and sorghum straw (S) substrates used as substrates for the production of *Pleurotus ostreatus*, in a rustic manner. Two substrate disinfection methods were tested: a) water with calcium oxide (CaO) (400 g) and hydrated calcium sulfate (CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O) (400 g) plus thermal application (T1M and T5S), b) water with CaO (400 g) and CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) without thermal application (T2M and T6S), c) water with commercial sodium hypochlorite (NaClO) (400 ml) plus thermal application (T3M and T7S) and d) water with NaClO (400 ml) without thermal application (T4M and T8S), both for corn stover and sorghum stover. Eight treatments were obtained, each with five replicates. Thermal application was a very important factor in disinfection, because treatments with this method presented a lower percentage of contamination (T1M, T3M,

T5S and T7S), contrary to those that did not have thermal application, which were 100% contaminated; except for T2M with 43%, with respect to the total number of bags planted. From the uncontaminated ones, carpophore harvests could be obtained; a greater quantity of primordia was obtained in T3M (65) and T1M (48), greater carpophore production in T7S and T3M with a total weight of 87.33 g and 85.25 g on average, respectively. The length of the carpophore stipe was greater in T7S with 3.94 cm. The diameter of the carpophore stipe was greater in T7S with 1 cm. It is recommended that for the production of *P. ostreatus* in a rustic and small-scale manner, agricultural residues available in the region be used, in addition to the disinfection of the substrate through thermal treatment, with the addition of NaClO or with CaO and CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O to the water.

**Key words:** Disinfection, Edible mushrooms, Mycelium, Production, Agricultural waste.

## INTRODUCCIÓN

La producción mundial de hongos comestibles ha aumentado significativamente de 1978 al 2022, se registró poco más de 48 millones de toneladas en este último año, el principal productor fue China con 45 millones de toneladas, seguido de Japón con 469, 491 t, y en tercer lugar Estados Unidos con 318,600 t (FAOSTAT, 2023). De las especies más comercializadas, se encuentran *Agaricus bisporus* (Champiñón de París), *Lentinula edodes* (Shiitake), *Pleurotus ostreatus* (hongo ostra), *Auricularia* (oreja de judas) y *Flammulina* (seta de aguja de oro) (Briceño y Morales, 2019). El cultivo de hongos comestibles es una alternativa para aprovechar los residuos lignocelulósicos que se encuentran disponibles por ser una abundante materia prima existente (Díaz- Muñoz *et al.*, 2019). Para la producción del género *Pleurotus*, se utilizan diversos residuos agrícolas y agroindustriales, como las pajas, entre las cuales se pueden encontrar las de trigo, de arroz, de cebada, de soya, de frijol, de sésamo; rastrojos maíz, de tomate, sorgo, de jamaica, de quinua, pulpa de café, de limón, de cardamomo; bagazos de caña, de cebada, yuca, y remolacha azucarera, así mismo, de árboles forestales como el aserrín, viruta de cedro, viruta de pino, astillas de eucalipto, otros como la hierba de india, malezas y especies arbustivas del bosque (Piña-Guzmán *et al.*, 2016). No obstante, la elección del sustrato está ligada a la disponibilidad de residuos agrícolas presentes en una región.

Sin embargo, para utilizar los sustratos en el cultivo del hongo, es necesario proporcionarles un tratamiento previo, se puede aplicar calor para disminuir la flora microbiana nociva que se encuentra presente en ellos y así evitar que los microorganismos compitan por espacio y nutrientes con el micelio a cultivar. De esta manera, la pasteurización es un método cuyo propósito es preparar el sustrato para un eficaz desarrollo del hongo al eliminar microorganismos patógenos y se puede aplicar de dos formas: pasteurización con vapor y pasteurización por inmersión en agua caliente (Chen *et al.*, 2021; Gaitán-Hernández *et al.*, 2006; Grassi & Restelli, 2019).

La pasteurización con vapor consiste en colocar el sustrato en un área cerrada, puede ser un cuarto pequeño o un recipiente metálico, se aplica vapor generado por una caldera eléctrica, ya sea de diesel o gasolina, por medio de tubos de cobre o mangueras resistentes al calor. La temperatura debe alcanzar entre 70-80 °C, además, el sustrato debe mantenerse de 2 a 4 h a esta temperatura. Esta técnica ha sido utilizada por diversos autores como Fernández *et al.* (2020), Filippi *et al.* (2019), Garzón-Gómez & Cuervo-Andrade (2008), entre otros.

Por otro lado, Chanchao *et al.* (2023) desinfectaron a una temperatura de 121 °C durante 30 min el aserrín y harina de arroz utilizados como sustrato para el cultivo de *Volvariella volvacea*. Así mismo, Ye *et al.* (2023), para las bolsas con carrizo (*Phragmites australis*) utilizaron la misma temperatura (121 °C), no obstante, el tiempo fue de 2 h en la autoclave, para el cultivo de *P. ostreatus* y *P. eryngii* (Yin *et al.*, 2025), utilizaron la misma temperatura al pasteurizar, sin embargo, el tiempo fue de 3 h con los sustratos de aserrín, paja de trigo y salvado de trigo para el cultivo de Shiitake, ostra y reishi.

La desinfección por inmersión en agua caliente consiste en sumergir el sustrato en agua (75-80 °C) durante 1 h. Autores como Cruz-Moreno (2019), Díaz Muñoz *et al.* (2019), Fernández-Urbe

(2014) y Romero-Arenas *et al.* (2018) por mencionar algunos, han utilizado esta técnica, la cual ha sido efectiva para la producción.

Otro método para desinfectar los sustratos fue el utilizado por Cruz *et al.* (2010) quienes sumergieron el sustrato en agua a temperatura ambiente durante un periodo de tiempo 24-30 h, en una solución de agua y CaO, para posteriormente escurrirlo durante 12 horas en época de verano y 24 horas en época de invierno. Lograron cosechas de entre 0.270 g a 1.59 kg de hongo fresco en sustratos de olote de maíz y pulpa de café, solos y combinados a distintas proporciones. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar dos métodos de desinfección de rastrojo de maíz y de paja de sorgo utilizados como sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* de manera rústica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este experimento se realizó dentro de las instalaciones del Colegio de Postgraduados Campus Campeche ubicado en la Carretera Haltunchén – Edzná, km. 17.5 Sihochac, Champotón, Campeche, el cual se ubica entre los paralelos 17°49' y 20°51' N, 89°06' y 92° 27' O, en el municipio de Champotón en el Estado de Campeche. La fase de pasteurización de los sustratos se realizó en el campo experimental, la fase de siembra y producción se realizó en el laboratorio de Fitopatología del campus con una temperatura controlada de 23 °C.

El rastrojo de maíz y la paja de sorgo se obtuvieron mediante donación de algunos productores que se dedican a la producción de estos cultivos en la región, en cuanto al micelio con la cepa de *P. ostreatus* utilizado para la siembra fue adquirido de manera comercial.

### Desinfección del sustrato

Se utilizaron dos tipos de residuos agrícolas: rastrojo de maíz (M) y paja de sorgo (S), los cuales se picaron con una picadora de forraje con criba de 5 cm, para posteriormente colocarlos en una arpillera para su desinfección, esto se realizó de manera rústica como se menciona a continuación. Se utilizaron dos métodos de desinfección de los sustratos: 1) inmersión en agua caliente e 2) inmersión en agua a temperatura ambiente. En los tratamientos con aplicación térmica, se utilizaron dos recipientes de aluminio con una capacidad de 200 litros aproximadamente; los cuales se llenaron con agua potable hasta aproximadamente  $\frac{3}{4}$  del recipiente y se colocaron en una fogata encendida con leña. Una vez que el agua alcanzó los 90 °C (cuya temperatura fue medida con un termómetro de mercurio) a uno de los recipientes se le vertió 400 g de óxido de calcio (CaO) (evita que se modifique el pH) y 400 g de sulfato cálcico hidratado (CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O) (evita que se pierdan los nutrientes), posteriormente el agua se agitó hasta homogeneizar los ingredientes añadidos; al segundo contenedor solo se añadió 400 ml de hipoclorito de sodio comercial (NaClO) al 10%, de igual manera se homogeneizó la mezcla (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006; Pineda-Insuati *et al.*, 2016).

Para los tratamientos en inmersión en agua a temperatura ambiente, se utilizaron dos recipientes de plástico con capacidad de 200 litros aproximadamente, los cuales se llenaron con agua potable hasta  $\frac{3}{4}$ , a uno de los recipientes se le añadió la misma cantidad de NaClO y de CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O antes mencionado (400 g) y al segundo recipiente la misma cantidad de NaClO (400 ml). El agua de los recipientes fue agitada de manera manual para mezclar completamente los ingredientes añadidos, una vez mezclados todos los ingredientes dentro del recipiente, las arpilleras se sumergieron y se dejaron reposar a temperatura ambiente durante 24 h siguiendo la metodología realizada por Cruz *et al.* (2010).

### Inoculación del sustrato

Una vez que los sustratos fueron desinfectados, para el caso de los tratamientos con aplicación térmica, se dejaron enfriar hasta alcanzar una temperatura de 30 ° C aproximadamente, según Gaitán-Hernández *et al.* (2006), y en el caso de los tratamientos de inmersión a temperatura ambiente, el sustrato solo se escurrió, para que ambos sustratos alcanzaran un porcentaje de humedad aproximada del 30%. Posteriormente se procedió a la siembra, para ello se colocaron 4 kg de sustrato en peso húmedo en bolsas de polietileno y se inoculó con 150 g de micelio de *P.*

*ostreatus*, se colocó una capa alterna al sustrato y el micelio hasta llegar a tres cuartas partes de la bolsa, con el propósito de una mejor invasión micelial (Flores-Montes de Oca, 2012; Gaitán-Hernández *et al.*, 2006; Pineda-Insuati *et al.*, 2016), al final, se selló con un amarre de la misma bolsa. Los tratamientos evaluados se enlistan en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Tratamientos evaluados en la desinfección de los sustratos para la producción de *P. ostreatus*.  
**Table 1.** Treatments evaluated in the disinfection of substrates for the production of *P. ostreatus*.

Clave	Descripción
T1M	Rastrojo de maíz + agua + CaO (400 g) + CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O (400 g) + aplicación térmica
T2M	Rastrojo de maíz+ agua + CaO (400 g) + CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O (400 g) +sin aplicación térmica
T3M	Rastrojo de maíz + inmersión en agua con NaClO (400 ml) + aplicación térmica
T4M	Rastrojo de maíz + inmersión en agua con NaClO (400 ml) +sin aplicación térmica
T5S	Paja de sorgo + agua + CaO (400 g) + CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O (400 g) + aplicación térmica
T6S	Paja de sorgo +agua + CaO (400 g) + CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O (400 g) + sin aplicación térmica
T7S	Paja de sorgo + inmersión en agua con NaClO (400 ml) + aplicación térmica
T8S	Paja de sorgo + inmersión en agua con NaClO (400 ml) + sin aplicación térmica

Por cada tratamiento se hicieron cinco repeticiones, con un total de 40 unidades para todo el diseño experimental.

### Fase de incubación

Las bolsas inoculadas fueron colocadas en un estante de metal, el cual se cubrió con una tela color negra para proporcionar oscuridad. Se mantuvo una temperatura ambiente de 26 °C en el área durante toda la fase de incubación y producción mediante un aire acondicionado. Una vez que las bolsas fueron invadidas completamente por el micelio, se les proporcionó iluminación, por lo que se retiró la tela negra que cubría el estante donde se depositaron las bolsas (Flores-Montes de Oca, 2012; Gaitán-Hernández *et al.*, 2006; Pineda-Insuati *et al.*, 2016).

### Fase de fructificación

Durante esta fase se brindó iluminación y aireación a las bolsas para inducir a la emergencia de los primordios, para este caso se abrieron las ventanas del área. Una vez que los primordios emergieron, se realizó un corte a la bolsa en forma triangular para cada uno de ellos y así proporcionarles mejor aireación, se procuró no levantar el corte de la bolsa completamente; en casos donde los primordios estuvieron muy cerca uno del otro, se eligió sólo uno, de esta manera, para no competir por el espacio y nutrientes, lo que les ayudó a tener un mejor desarrollo (Flores-Montes de Oca, 2012; Gaitán-Hernández *et al.*, 2006; Pineda-Insuati *et al.*, 2016).

### Cosecha

Una vez que los carpóforos alcanzaron su madurez, se procedió a la cosecha, esto ocurrió aproximadamente entre los cinco a los siete días a partir de la aparición de cada primordio. La cosecha se realizó cuidadosamente con la ayuda de una navaja para realizar el corte; realizar la cosecha de esta manera, ayuda a que broten primordios nuevamente en el mismo sitio, a diferencia de cuando se hace de forma manual (girando el pie del hongo con la mano), esto se comprobó al realizar el corte con una navaja y también de forma manual durante experimentos previos. Las variables evaluadas fueron: % de contaminación de las bolsas por tratamiento (manejándose como el 100% = 5 repeticiones o bolsas), número de primordios (mediante el conteo de cada carpóforo), peso de los carpóforos (g) (con una báscula digital), diámetro del píleo (cm), la longitud y diámetro del estípite (cm) fueron medidos con un vernier digital, los datos fueron recopilados durante dos cosechas realizadas (Flores-Montes de Oca, 2012; Gaitán-Hernández *et al.*, 2006; Pineda-Insuati *et al.*, 2016).

### Análisis de datos

Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico InfoStat/E. Se realizó análisis de varianza (ANOVA), posteriormente se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey

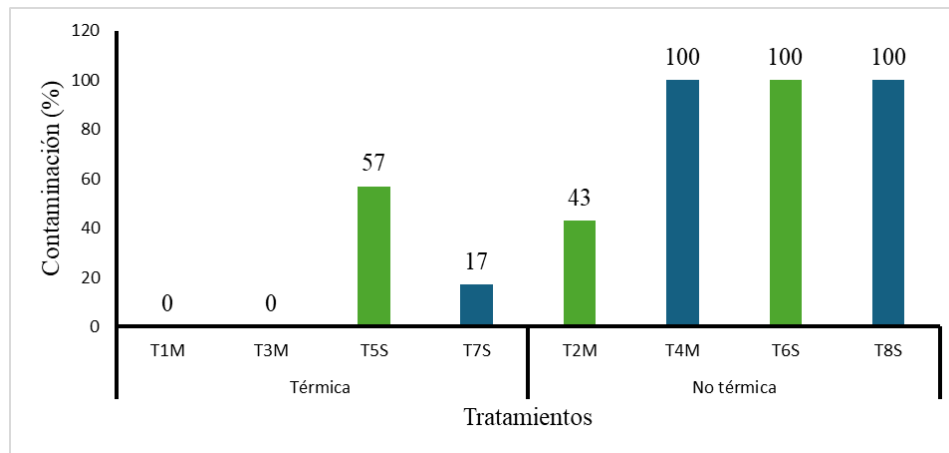
( $P \leq 0.05$ ) para determinar las diferencias entre los tratamientos evaluados, además se realizó la correlación de Spearman con el paquete estadístico Statística V. 7.0.

## RESULTADOS

### Eficiencia del tipo de esterilización de los sustratos

Se detectó que no existe correlación entre los métodos de desinfección del sustrato utilizado para cada tratamiento y las variables evaluadas, derivado de los resultados obtenidos con la prueba de Spearman ( $P \leq 0.05$ ), no obstante, se encontró que los hongos con el mayor diámetro del píleo están correlacionados con la variable peso ( $r_s = 0.53$ ), es decir, a mayor tamaño de los carpóforos, mayor es el peso de ellos. Así mismo, el peso se correlaciona con el número total de carpóforos cosechados ( $r_s = 0.58$ ), la longitud y diámetro del estípote también poseen buena correlación con el tamaño del píleo ( $r_s = 0.59$ ;  $r_s = 0.67$ ). Por ende, a mayor diámetro y longitud del estípote, diámetro del sombrero y número total de carpóforos, mayor es el peso de éstos.

Así mismo, el mejor método para desinfectar los sustratos utilizados en este trabajo fue el de inmersión en agua caliente + CaO + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O, esto debido a que los tratamientos que incluían esta forma de desinfección no presentaron contaminación (T1M y T3M) y en algunos casos (T5S y T7S) presentaron menor porcentaje de contaminación del total de las bolsas por tratamiento. Por el contrario, todas las bolsas de los tratamientos T4M, T6S y T8S se contaminaron por otro tipo de hongos no comestibles, del género *Trichoderma* spp; a estos tratamientos no se les proporcionó aplicación térmica, por lo que las bolsas dañadas se desecharon completamente para evitar contaminación al resto de ellas. Sin embargo, de los tratamientos sin aplicación térmica, se encontró que el tratamiento T2M fue una excepción, debido a que el 57% de sus repeticiones no se contaminó y se lograron cosechar los cuerpos fructíferos (Figura 1).



**Figura 1.** Bolsas de *P. ostreatus* contaminadas (%) en los diferentes tratamientos realizados. T1M: Rastrojo de maíz + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + aplicación térmica. T2M: Rastrojo de maíz + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + sin aplicación térmica. T3M: Rastrojo de maíz + NaClO (400 ml) + aplicación térmica. T4M: Rastrojo de maíz + NaClO (400 ml) + sin aplicación térmica. T5S: Paja de sorgo + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + aplicación térmica. T6S: Paja de sorgo + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + sin aplicación térmica. T7S: Paja de sorgo + NaClO (400 ml) + aplicación térmica. T8S: Paja de sorgo + NaClO (400 ml) + sin aplicación térmica.

**Figure 1.** Bags of contaminated *P. ostreatus* (%) in the different treatments carried out. T1M: Corn stover + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + thermal application. T2M: Corn stover + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + without thermal application. T3M: Corn stover + NaClO (400 ml) + thermal application. T4M: Corn stover + NaClO (400 ml) + without thermal application. T5S: Sorghum straw + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + thermal application. T6S: Sorghum straw + CaO (400 g) + CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (400 g) + without thermal application. T7S: Sorghum straw + NaClO (400 ml) + thermal application. T8S: Sorghum straw + NaClO (400 ml) + no thermal application.

### Primordios obtenidos por tratamiento

Debido a la presencia de tratamientos completamente contaminados, los cuales se desecharon, sólo se logró la producción de carpóforos en los tratamientos T1M, T2M, T3M, T5S y T7S. Es importante destacar que los tratamientos con mayor cantidad de primordios fueron T3M y T1M, con 65 y 48 unidades, respectivamente, lo que resultó en un promedio de 8.13 y 6.7 primordios por tratamiento (Tabla 2). No obstante, no todos los primordios llegaron a desarrollarse, debido a que aquellos que se encontraban muy próximos entre sí fueron reducidos, eligiéndose sólo uno de ellos.

### Peso (g) de los carpóforos

De acuerdo con los resultados de la comparación de medias de Tukey sobre la variable peso (g) de los carpóforos cosechados, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P=0.22$ ), no obstante, se obtuvo mayor peso en T7S y T3M con 87.33 y 85.25 g en promedio, respectivamente, a diferencia del tratamiento 5S con menor peso (35.17 g en promedio), es decir, en T7S y T3M se obtuvo más del doble que en el tratamiento 5S (Tabla 2).

### Longitud de estípite de los carpóforos

Respecto a la variable longitud de estípite, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ( $P=0.43$ ). Sin embargo, el tratamiento T7S presentó el valor más alto, con un promedio de 3.94 cm, seguido de T2M, T5S, T3M y T1M, con 3.82, 3.37, 3.36 y 3.19 cm, respectivamente (Tabla 2).

### Diámetro del pileo de los carpóforos

Por otro lado, no se observaron diferencias significativas en el diámetro del pileo entre los tratamientos ( $P>0.52$ ) (Tabla 2). El diámetro mínimo registrado fue de 2.4 cm y el máximo de 14.19 cm, con promedios de 10.61 cm en T3M, 7.83 cm en T2M, 6.94 cm en T5S, 6.84 cm en T7S y 6.43 cm en T1M.

### Diámetro del estípite

En cuanto al diámetro del estípite de los carpóforos, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P>0.97$ ). Sin embargo, el tratamiento T7S presentó el mayor diámetro del estípite, con un promedio de 1 cm, mientras que el tratamiento T2M tuvo el diámetro más pequeño, con un promedio de 0.81 cm (Tabla 2).

### Total de carpóforos obtenidos de las dos cosechas realizadas

Respecto al número de carpóforos obtenidos por tratamiento, la comparación de medias de Tukey no reveló diferencias significativas entre ellos ( $P=0.15$ ). No obstante, el mayor número de carpóforos se observó en T7S, con un promedio de 23.4, seguido de T3M y T1M en segundo y tercer lugar, con 18.64 y 15.09, respectivamente. En cuarto y quinto lugar se ubicaron T2M, con un promedio de 14.39, y T5S, con 13.37 carpóforos (Tabla 2).

**Tabla 2.** Comparación de medias de Tukey sobre las variables evaluadas.

**Table 2.** Comparison of Tukey means on the variables evaluated.

Tratamientos	Diámetro del estípite (cm)	Peso de las setas (g)	Longitud del estípite (cm)	Diámetro del sombrero (cm)	Número de primordios emergidos	Número total de hongos
T1M	0.94±0.90 <sup>a</sup>	51.62±84.94 <sup>a</sup>	3.19±1.50 <sup>a</sup>	6.14±1.50 <sup>a</sup>	6.67±11.40 <sup>a</sup>	15.09±13.60 <sup>a</sup>
T2M	0.81±0.90 <sup>a</sup>	41.9±84.94 <sup>a</sup>	3.82±1.50 <sup>a</sup>	3.82±1.50 <sup>a</sup>	3.40±11.40 <sup>a</sup>	14.39±13.60 <sup>a</sup>
T3M	0.88±0.90 <sup>a</sup>	85.25±84.94 <sup>a</sup>	3.36±1.50 <sup>a</sup>	3.36±1.50 <sup>a</sup>	8.13±11.40 <sup>a</sup>	18.64±13.60 <sup>a</sup>
T5S	0.94±0.90 <sup>a</sup>	35.17±84.94 <sup>a</sup>	3.37±1.50 <sup>a</sup>	3.37±1.50 <sup>a</sup>	2±11.40 <sup>a</sup>	12.37±13.60 <sup>a</sup>
T7S	1±0.90 <sup>a</sup>	87.33±84.94 <sup>a</sup>	3.94±1.50 <sup>a</sup>	3.94±1.50 <sup>a</sup>	2.83±11.40 <sup>a</sup>	23.4±13.60 <sup>a</sup>

## DISCUSIÓN

Respecto a la desinfección de los sustratos, se observó que el método por inmersión en agua caliente es el más viable para evitar la contaminación en la producción de *P. ostreatus* (Cruz-Moreno, 2019; Díaz-Muñoz *et al.*, 2019; Fernández-Uribe, 2014; Guzmán-Mejía *et al.*, 2019 y Romero-Arenas *et al.*, 2018).

Con este método se reduce la producción de hasta un 20% comparado con otros métodos como la utilización de vapor, uso de químicos e incluso cuando no se proporciona ningún tratamiento al sustrato (Jaramillo y Albertó, 2013).

La importancia de realizar una buena desinfección de los sustratos radica también en la presencia de azúcares solubles que no se eliminan por lixiviación en ellos, lo que provoca un incremento importante en la temperatura dentro de él durante la fase de incubación, factor que contribuye a un rápido desarrollo de hongos y mohos antagonistas para *Pleurotus* spp, principalmente *Mucor*, *Trichoderma* y *Trichurus*. Para ello, es necesario remojar la paja por periodos de 60 h, para inducir a un lixiviado de la mayoría de los componentes solubles, azúcares entre ellos (Sánchez-Vázquez *et al.*, 2007).

El número de primordios obtenidos en el presente trabajo es menor al obtenido por Michel-Aceves *et al.* (2015) con un promedio de 17.2 primordios, también con paja de sorgo como sustrato; aunque estos autores añadieron algunos compuestos químicos y biológicos (Agromil plus, sulfato de cobre, extracto de primordios de las variedades BCL, BGAT y BSMA, metabolitos de *Trichoderma* y pasta de sorgo, ajenos a la presente investigación) para favorecer el desarrollo de *P. ostreatus*. Así mismo, Acevedo-Cárdenas (2017) obtuvieron 94.80 primordios en promedio, sólo en la primera cosecha. Sin embargo, ellos utilizaron mezclas de diversos sustratos entre ellos 57% rastrojo de maíz, 30% de aserrín, 10% de residuos de pan, 1% de calcio y 2% de azúcar; colocaron 3 kg de sustrato por cada bolsa y realizaron 10 réplicas por cada tratamiento evaluado. Los resultados de estas investigaciones proporcionan información importante sobre usar aditivos nutrimentales que pueden ayudar al crecimiento y desarrollo de carpóforos en la producción *P. ostreatus*.

Respecto al peso de los carpóforos obtenido en esta investigación, es bajo comparado con lo reportado por Caicedo Ruiz *et al.* (2024), quienes obtuvieron 154 y 153.4 g en la primera y segunda cosecha en cultivo de *P. pulmonarius* sobre cáscara de cacahuate como sustrato. Por su parte, Acevedo-Cárdenas (2017) cosecharon 269.50 gramos en promedio, utilizando mezclas de sustratos y otros aditivos nutrimentales, los cuales no fueron considerados en esta investigación. Cuando se compara la producción de carpóforos en esta investigación, con otras donde utilizan otros sustratos, la cantidad obtenida en este trabajo es menor, ejemplo de ello es lo que reportan Morán-Arellanos *et al.* (2020) al haber obtenido 187.37 g en promedio en rastrojo de frijol, 93.75 g en cascarilla de Huaxin y 178 g en paja de trigo, no obstante, se observó que el rastrojo de maíz y el rastrojo de sorgo es más productivo que el rastrojo de pulpa de calabaza con 35 g y en fruto de pixoi sólo con 10 g, sólo con cuatro repeticiones por tratamiento, además de haber colocado 200 g de sustrato en peso seco por cada bolsa.

Por otro lado, Roblero-Mejía *et al.* (2021) señalaron haber obtenido un mínimo de 64.9 g y un máximo de 147.8 g de peso promedio de hongos cosechados por bolsa, en cuyos tratamientos utilizaron como sustratos al olote de maíz, pasto pangola y pulpa de café, todos ellos mezclados en diferentes proporciones y de manera individual. Asimismo, el peso promedio obtenido por Fufa *et al.* (2021) fue de los 101.11 a 253.07 g con rastrojo de olote de maíz, paja de mijo africano (*Eleusina coracana*) y residuos de bambú, solos y en combinación, en bolsas con 500 g de sustrato. La explicación puede deberse a que el rastrojo de maíz contiene alto contenido de celulosa y hemicelulosa (40-25 y 17%, respectivamente) (Fuentes *et al.*, 2001).

La longitud del estípite de los carpóforos obtenida es similar a los valores reportados por Dedousi *et al.* (2024), los cuales se encontraron entre un rango de 3.18 a 3.91 cm en promedio, al utilizar paja de trigo, paja de cebada y avena, combinados con sustrato reutilizado del cultivo de *P. ostreatus* junto con residuos de setas (estípites/setas deformes), en bolsas con 1 kg de sustrato y cinco repeticiones por tratamiento. Por su parte, Melanouri *et al.* (2022) obtuvieron entre 2.1 a 3.7 cm en promedio de longitud para la cepa 144 de *P. ostreatus* y entre 2.7 a 3.3 cm para la cepa 150, con los mismos sustratos que evaluaron Dedousi *et al.* (2024) pero en esta ocasión cada

sustrato por separado. A su vez, Subedi *et al.* (2023) señalaron entre 3.05 a 3.44 cm de la longitud de estípites en producción de *P. ostreatus* utilizando paja de arroz, y jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) como sustratos, combinados y en distintas proporciones. Caicedo Ruiz *et al.* (2024) mencionan que la longitud del estípites se encuentra relacionada con la concentración de nitrógeno y proteínas contenidas en el sustrato.

Los datos sobre el diámetro del píleo de los carpóforos obtenidos en el presente trabajo son más elevados de acuerdo con López-Rodríguez *et al.* (2008), al obtener promedios para el diámetro del píleo de 5.77 cm en sustrato de aserrín; 5.53 cm con olote de maíz; 5.47 cm con cáscara de arveja y 5.81 cm con capacho de uchuva (*Physalis peruviana*). Por su parte, Fufa *et al.* (2021) obtuvieron entre 2.95 a 4.58 cm en promedio del diámetro de píleo de los cuerpos fructíferos, al utilizar el olote de maíz, paja de mijo africano (*Eleusine coracana*) y residuos de bambú, solos y combinados como sustratos.

Así mismo, Romero *et al.* (2010) registraron de entre 4.7 a 8.5 cm para el diámetro del píleo de setas crecidas con residuos de plátano y de 5.1 a 10.2 cm en paja de trigo. Por su parte, Dedousi *et al.* (2024) reportaron de entre 3.55 a 5.89 cm de diámetro en sustrato de paja de trigo, paja de cebada y avena, combinados con sustrato gastado del cultivo de *P. ostreatus* junto con residuos de setas (estípites/setas deformes). No obstante, se han reportado resultados más bajos, siendo de entre 4.63 a 5.21 cm de diámetro al utilizar como sustratos a la paja de arroz y jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) (Subedi *et al.*, 2023).

El diámetro del estípites es similar al obtenido por Dedousi *et al.* (2024) entre 0.80 a 1.16 cm en promedio, producidos con sustratos de paja de trigo, paja de cebada y avena, residuo de café, combinados con sustrato reciclado del cultivo de *P. ostreatus* junto con residuos de setas (estípites/setas deformes). Esta medida está relacionada con la concentración de nitrógeno que contenga el sustrato (Caicedo Ruiz *et al.*, 2024). Por lo que se infiere que los sustratos utilizados pudieran tener una baja concentración de nitrógeno.

Finalmente, el valor total de carpóforos cosechados es similar al valor obtenido por Dedousi *et al.* (2024) de 17-32 carpóforos en promedio con los sustratos evaluados en *P. ostreatus*. Así mismo, Subedi *et al.* (2023) obtuvieron entre 16.50-34.50 carpóforos en promedio, en sustratos de paja de arroz y jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en distintas combinaciones. El rastrojo de maíz es ampliamente recomendable para la producción de *P. ostreatus* debido a que contiene grandes cantidades de celulosa, proteína en un 4.90%, Fibra en un 72.45%, entre otros (Fuentes *et al.*, 2001).

## CONCLUSIÓN

Se demostró que el mejor método para desinfectar el sustrato para la producción de *P. ostreatus* es el de inmersión en agua proporcionando aplicación térmica, además de la adición de CaO y CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O para evitar la modificación del pH y la pérdida de los nutrientes del sustrato. De esta manera se asegura mayor inocuidad y menos probabilidad de contaminación.

Se recomienda utilizar tanto a la paja de sorgo como al rastrojo de maíz para la producción de *P. ostreatus*, debido a que con el primero se obtuvo mayor producción de carpóforos (23.4), mayor peso en promedio (87.33 g) y mayor longitud del estípites (3.94 cm). Así mismo, el mayor diámetro de los carpóforos se obtuvo con el sustrato rastrojo de maíz (6.14 cm) a diferencia de T7S con 3.94 cm en promedio.

Así mismo, al producir *P. ostreatus* de manera rústica y a pequeña escala, se pueden utilizar como sustratos residuos agrícolas disponibles y desinfectarse a través de inmersión con agua y NaClO (opción 1) o bien añadir CaO y CaSO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O (opción 2) más aplicación térmica.

## AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca otorgada a la primera autora durante el postgrado. Al proyecto 7108 Rescate de saberes agrícolas en los agroecosistemas para el diseño de estrategias sostenibles y contribuir a la soberanía alimentaria, en Campeche. Al Colegio de Postgraduados Campus Campeche.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo-Cárdenas, C. (2017). Valoración y crecimiento del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en cuatro sustratos generados a partir de procesos productivos agropecuarios, en el municipio de Málaga Santander. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 4. <https://doi.org/10.23850/24220582.857>
- Briceño-P. Erika., y Morales R. (2019). Producción de hongos comestibles: una alternativa novedosa de negocio para el agro en el sur de Chile. Universidad Austral de Chile. *Campo y tecnología*, 14, 14-16. En <https://hdl.handle.net/20.500.14001/38922>
- Caicedo Ruiz, W., Cuadrado Cano, B., & Infante Jiménez, C. (2024). Apreciación de residuos orgánicos agrícolas como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus pulmonarius*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 26(1), 81–90. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v26n1.111029>
- Chancho, C., Phoura, Y., Sreyneang, N., Lita, C., Eneang, O., Norong, U. O., & Chansorphea, S. (2023). Recycling of spent Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) sawdust waste for the production of Straw mushroom (*Volvariella volvacea*). *Insight: Cambodia Journal of Basic and Applied Research*, 5(01), 8–16. <https://doi.org/10.61945/cjbar.2023.5.1.1>
- Chen, F., Grimm, A., Eilertsen, L., Martín, C., Arshadi, M., & Xiong, S. (2021). Integrated production of edible mushroom (*Auricularia auricular-judae*), fermentable sugar and solid biofuel. *Renewable Energy*, 170, 172–180. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.01.124>
- Cruz, D., López De León, E., Pascual, L. F., & Battaglia, M. (2010). Guía técnica de producción de hongos comestibles de la especie *Pleurotus ostreatus*. In *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 104(4). <https://doi.org/10.12895/jaeid.20103/4.16>
- Cruz-Moreno, B. A. (2019). *Cultivo de hongos comestibles Pleurotus djamor y Pleurotus ostreatus utilizando residuos de Agave tequilana*. Universidad Autónoma de Querétaro. 100 p.
- Dedousi, M., Melanouri, E. M., Karayannis, D., Kaminarides, E. I., & Diamantopoulou, P. (2024). Utilization of spent substrates and waste products of mushroom cultivation to produce new crops of *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus eryngii* and *Agaricus bisporus*. *Carbon Resources Conversion*, 7(2). <https://doi.org/10.1016/j.crcon.2023.08.001>
- Díaz Muñoz, K., Guajardo, M. C., Alberto, C., Torres, L., Luis, & Gil Ramírez, A., Betzabet, C., Vásquez, B., & Cabos Sánchez, J. (2019). Production of *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) ICFC 153/99 grown on different waste lignocellulosic. *Arnaldoa*, 26(3), 1177–1184. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26322>
- FAOSTAT (Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2023). *Cultivos y productos de ganadería*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Fernández, N., Gaggino, R., Positieri, M. J., & Kreiker, J. (2020). Materiales biopoliméricos desarrollados a partir de micelio y residuos lignocelulósicos. Estado de la técnica actual y perspectivas de aplicación en el campo del hábitat. *AJEA*, 5. <https://doi.org/10.33414/ajea.5.774.2020>
- Fernández-Uribe, Y. del S. (2014). *Cultivo de orellanas (Pleurotus ostreatus) en cinco sustratos generados en los procesos productivos agropecuarios, en dos épocas de siembra, en el municipio de Ituango*. 92 p.
- Filippi, M. V., Cayolo, F., Maldonado, J. F., Martínez, D. A., & Belén Buglione, M. (2019). *Control de contaminantes durante el proceso de producción de hongos comestibles*. 9 p.
- Flores-Montes de Oca, A. (2012). *Índice manual de cultivo de hongo seta Pleurotus ostreatus de forma artesanal*. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. 36 p.
- Fuentes, J., Magaña, C., Suárez, L., Peña, R., Rodríguez, S., Ortíz de la Rosa, B. (2001). Análisis químico y digestibilidad *in vitro* de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) *Agronomía Mesoamericana*, 12 (2), 189-192.

- 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. <https://doi.org/10.1155/2021/1465597>
- Gaitán-Hernández, R., Salmones, R., Perez-Merlo, R., & Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas: Aislamiento, siembra y producción*.
- Garzón-Gómez, J. P., & Cuervo-Andrade, J. L. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. In *Julio-Diciembre*, 6 (10).
- Grassi, E., & Restelli, M. F. (2019). *Guía para la producción de hongos comestibles*. <https://www.researchgate.net/publication/338655295>
- Guzmán-Mejía, D. M., Herrera-Ardón, J. A., Fuentes-Paz, E. S., & Hernández-Archila, A. V. C. (2019). Evaluación del crecimiento y producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales utilizando restos de cosecha en el municipio de Camotán, Chiquimula, Guatemala. 24–40. <https://www.researchgate.net/publication/335833822>
- Jaramillo, M., S., & Albertó, E. (2013). Heat treatment of wheat Straw by immersion in hot water decreases mushroom yield in *Pleurotus ostreatus*. *Revista Iberoamericana de Micología*, 30(2), 125-129. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2012.11.004>
- López-Rodríguez, C., Hernández-Corredor, R., Suárez-Franco, C., & Borrero, M. (2008). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. In *Universitas Scientiarum* (Vol. 13). [www.javeriana.edu.co/universitas\\_scientiarum](http://www.javeriana.edu.co/universitas_scientiarum)
- Melanouri, E. M., Dedousi, M., & Diamantopoulou, P. (2022). Cultivating *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* mushroom strains on agro-industrial residues in solid-state fermentation. Part II: Effect on productivity and quality of carposomes. *Carbon Resources Conversion*, 5(1), 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.crcon.2021.12.005>
- Michel-Aceves, A. C., Ariza-Flores, R., Otero-Sánchez, A., & Barrios-Ayala, A. (2015). Chemical and biological products as supplements that increase the production of Mushroom oyster *Pleurotus ostreatus*. *Interciencia*, 40(8), 542-548.
- Morán-Arellanos, T., Bautista-Ortega, J., Sobal-Cruz, M., Rosales-Martínez, V., Candelaria-Martínez, B., & Huicab-Pech, Z. G. (2020). Potencial biotecnológico de residuos vegetales para producir *Pleurotus ostreatus* en zonas rurales de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(3), 685–693.
- Piña-Guzmán, A. B., Nieto-Monteros, D. A., & Robles-Martínez, F. (2016). Utilization of agricultural and agroindustrial residues in the cultivation and production of edible mushrooms (*Pleurotus* spp.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32 (Especial Residuos Sólidos), 141–151. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.10>
- Pineda-Insuati, J., Duarte-Trujillo, A., & Ponce-Vásquez, C. (2016). *Champiñón ostra: guía de producción artesanal / Pleurotus ostreatus: guide for homemade production*. <https://www.researchgate.net/publication/307858229>
- Roblero-Mejía, D. O., Aguilar-Marcelino, L., & Sánchez, J. E. (2021). Efecto de la variación del sustrato en la productividad de dos cepas de *Pleurotus* spp. *Scientia Fungorum*, 52, e1377. <https://doi.org/10.33885/sf.2021.52.1377>
- Romero, O., Huerta, M., Damián, M. A., Macías, A., Tapia, A. M., Parraguirre, J. F. C., & Juárez, J. (2010). Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando hoja de plátano deshidratada (*Musa paradisiaca* L.), en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 53–63. [www.cia.ucr.ac.cr](http://www.cia.ucr.ac.cr)
- Romero-Arenas, O., Ángeles Valencia-De Ita, M., Rivera-Tapia, J. A., Tello-Salgado, I., Villarreal Espino-Barros, O. A., & Ángel Damián-Huato, M. (2018). Capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15 (2), 145-160.
- Sánchez-Vázquez, J. E., Martínez-Carrera, D., Mata, G., & Leal-Lara, H. (2007). *El cultivo de setas Pleurotus spp en México* (1a. Edición, Vol. 1).
- Subedi, S., Kunwar, N., Ray-Pandey, K., & Raj-Jhosi, Y. (2023). Performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on paddy straw, water hyacinth and their combinations. *Heliyon*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19051>

**Recibido:**

10/septiembre/2024

**Aceptado:**

4/junio/2025

- Ye, D., Hu, Q., Bai, X., Zhang, W., & Guo, H. (2023). Increasing the value of Phragmites australis straw in a sustainable integrated agriculture model (SIAM) comprising edible mushroom cultivation and spent mushroom substrate compost. *Science of the Total Environment*, 869. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161807>
- Yin, Y., Chen, B., Xu, S., Zuo, J., Xu, Y., Xiong, S., & Chen, F. (2025). Investigation of crop straw for edible and medicinal fungi cultivation: Assessment of lignocellulose preprocessing and spent substrate biofuel properties. *Industrial Crops and Products*, 223. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.120004>