

## **Procedimientos para la producción de setas del género *pleurotus* con potencial aplicación farmacológica**

Procedures for the production of *pleurotus* genus mushrooms with pharmacological potential application

MSc. Yaixa Beltrán-Delgado<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7149-5069>

Dr.C. Humberto Morris-Quevedo<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3916-8594>

Dr.C. Gabriel Llauradó-Maury<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5961-9375>

Dr.C. Rosa Catalina Bermúdez-Savón<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8901-8826>

Dr.C. Nora García-Oduardo<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9120-038X>

<sup>1</sup>Centro de Estudios de Biotecnología Industrial. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

\*Autor para la correspondencia. correo electrónico: yaixa@uo.edu.cu

### **RESUMEN**

Diversos procedimientos han sido utilizados para la producción de setas comestibles, basados no solamente en las fermentaciones en estado sólido y sumergida, sino que incorporan otros elementos como los de control de parámetros de crecimiento y requerimientos nutricionales. En la actualidad, la biotecnología se ha convertido en una disciplina prometedora para este propósito, debido a la facilidad con que estos pueden ser cultivados y a las múltiples aplicaciones que poseen. En general, se asocian las características de los sustratos empleados en el cultivo de setas comestibles del género *Pleurotus*, con sus efectos funcionales, características organolépticas y químicas. En el presente trabajo se realiza una compilación sobre los procedimientos para la producción de las setas comestibles del género *Pleurotus*, con aplicaciones potenciales desde el punto de vista farmacológico.

**Palabras clave:** *Pleurotus* sp; producción de setas; fermentación sumergida, fermentación sólida.

## ABSTRACT

Various procedures have been used for the production of edible mushrooms, based not only on solid and submerged fermentation, but also incorporate other elements such as control of growth parameters and nutritional requirements. Today, biotechnology has become a promising discipline for this purpose, due to the ease with which they can be cultivated and the multiple applications they possess. In general, the characteristics of the substrates used in the cultivation of edible mushrooms of the *Pleurotus* genus are associated with their functional effects, organoleptic and chemical characteristics. In the present work, a compilation on the procedures for the production of edible mushrooms of the *Pleurotus* genus was made, with potential pharmacological applications.

**Keywords:** *Pleurotus* sp; mushrooms production; submerged fermentation; solid fermentation.

Recibido: 4/12/2019

Aprobado: 30/4/2020

## Introducción

Desde hace milenios el hombre ha utilizado las setas comestibles como alimentos y para el tratamiento de diferentes enfermedades.<sup>(1)</sup> De ahí que, en la actualidad se consideren una fuente promisoría de metabolitos bioactivos con aplicaciones terapéuticas potenciales, útiles para la industria alimenticia y médico-farmacéutica.

Las moléculas bioactivas de estas setas comprenden compuestos tales como polisacáridos, terpenos, fenoles, etc, los cuales muestran varias actividades biológicas<sup>(2)</sup> en el tratamiento de varias enfermedades degenerativas.<sup>(3)</sup> Es por ello, que las setas son consideradas la próxima generación de alimentos.<sup>(4)</sup>

Dichos compuestos se pueden aislar tanto del micelio como de los cuerpos fructíferos y el medio de cultivo filtrado.<sup>(5)</sup> Al respecto, diferentes investigaciones sobre basidiomicetos, han evidenciado que la proporción de estos compuestos varía según la etapa de crecimiento del hongo y el medio de cultivo donde es cultivado.<sup>(6)</sup> A su vez, los diferentes sustratos empleados en el cultivo de setas comestibles, sobre todo basidiomicetos, influyen en sus efectos funcionales, características organolépticas y químicas.<sup>(7)</sup>

En la actualidad, la biotecnología se ha convertido en una disciplina prometedora para la producción de Hongos Comestibles Medicinales debido a la facilidad con que estos pueden ser cultivados y a sus múltiples aplicaciones.

Dentro del grupo de basidiomicetos figuran las especies del género *Pleurotus*. El cultivo de estas especies ofrece múltiples ventajas, como el poder realizarse en climas tropicales, son fáciles de producir y compatibles con sustratos ricos en celulosa y lignina, <sup>(8)</sup> tales como agrícolas y agroindustriales: cañeros, cafetaleros, paja de arroz, etc. <sup>(9-10)</sup>, además de su significativa tolerancia a la variedad de condiciones agroclimáticas. <sup>(11)</sup> De ahí que los sustratos utilizados en cada región dependen de la disponibilidad de subproductos de la agricultura. <sup>(12)</sup>

Debido a sus características nutricionales y medicinales, en Cuba se ha trabajado en la introducción, producción y consumo de setas del género *Pleurotus*, en varias provincias dentro del programa de Agricultura Urbana. <sup>(13-14)</sup>

Tomando en consideración estos elementos, el objetivo del presente trabajo es realizar una compilación sobre los procedimientos para la producción del género *Pleurotus*, con aplicaciones potenciales desde el punto de vista farmacológico, utilizando la fermentación sumergida y en estado sólido.

## Desarrollo del tema

### Fermentación sumergida y sólida para la obtención de setas comestibles: el caso del género *Pleurotus*

Diversos procedimientos han sido utilizados para la producción de biomasa de setas comestibles, basados en la fermentación en estado sólido y sumergida. <sup>(15)</sup> El proceso fermentativo permite que los microorganismos produzcan biomasa y sustancias orgánicas en ausencia o presencia de oxígeno. <sup>(5)</sup>

En el caso de las fermentaciones en estado líquido, estas constituyen una de las herramientas de preferencia de los biotecnólogos, debido a la facilidad de controlar variables como la temperatura, relación C/N del sustrato, contenido de oxígeno, velocidad de agitación, el pH, etc. <sup>(15-16)</sup>

La fermentación sumergida ha sido desarrollada para una variedad de hongos comestibles, utilizando la propagación del micelio para diferentes aplicaciones como, por ejemplo, la producción de cuerpos fructíferos en sustratos sólidos, la producción de biomasa para la obtención de alimento, suplementos dietéticos, enzimas, entre otras. <sup>(15-17)</sup>

Este tipo de procedimiento ofrece un gran potencial puesto que es mucho más rápido y las condiciones de cultivo son fácilmente reproducibles e independientes de las variaciones climáticas. Además, los productos pueden ser recuperados con facilidad. Por otro lado, la fermentación sumergida puede proveer una biomasa más uniforme y reproducible, en un corto tiempo y con menores probabilidades de contaminación, <sup>(18)</sup> lo que resulta de interés para la obtención de productos con valor medicinal. <sup>(19)</sup>

El cultivo sumergido es una alternativa promisoriosa y poco explorada para la obtención de micelio de hongos comestibles, <sup>(20)</sup> con el que se puede realizar estudios bioquímicos y

fisiológicos.<sup>(21)</sup> Este tipo de cultivo, proporciona rendimientos de biomasa superiores comparados con cualquier otro tipo de técnica.<sup>(22)</sup>

Con respecto a la fermentación sumergida de especies de *Pleurotus*, estudios recientes reportan el uso de caldo dextrosa papa, aminoácidos, licor de maíz, azúcares reductores (principalmente glucosa y xilosa), hidrolizado de caseína, extracto de levadura y peptona, como principales fuentes de carbono y nitrógeno.<sup>(23)</sup> Las condiciones de cultivo reportadas se refieren a temperaturas de 25 a 30 °C y pH de 4 a 6, además del uso de cultivos estáticos o agitados, estos últimos en un rango de 100-160 rpm.<sup>(5)</sup>

*Pleurotus* spp puede también ser cultivada en fermentación sumergida para la producción de proteína fúngica, micelio o como agentes aromatizantes.<sup>(24)</sup>

En algunos estudios se ha utilizado la fermentación sumergida de *P. ostreatus* para la degradación de compuestos orgánicos como los hidrocarburos policíclicos aromáticos,<sup>(25)</sup> mientras que, en otras especies del género, como *Pleurotus pulmonarius*, ha servido para la producción de aromas.<sup>(26)</sup>

En algunos casos se plantea que, la morfología, fisiología y productividad de los hongos filamentosos están influidos por parámetros de proceso en diferentes niveles.<sup>(27)</sup> Los estudios más detallados del crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en fermentación sumergida los refieren.<sup>(28)</sup> Estos autores demostraron que varios factores, como la geometría del impelente, la velocidad y la intensidad de aeración, afectaban el rendimiento de crecimiento y tamaños de los pellets de esta especie de seta.

A través de procesos de optimización de diferentes variables durante el cultivo de este género, se ha podido maximizar el crecimiento y producción de biomasa y metabolitos de interés.

Los estudios cinéticos encontrados sobre *Pleurotus* spp están dedicados, casi exclusivamente al cultivo sumergido.<sup>(29-30)</sup> En este sentido, estudiaron la cinética del crecimiento de *Pleurotus ostreatus* durante la fermentación sumergida para establecer los indicadores de rendimiento y productividad en la producción de biomasa y fenoles totales.<sup>(31)</sup> Los resultados mostraron que la obtención de fenoles totales se maximiza cuando la concentración de glucosa decrece a lo largo del tiempo, característica relacionada con el metabolismo secundario.

Algunos investigadores establecieron una patente de invención y el registro de la marca NUTRISETAS, referidos a los procedimientos para la obtención de preparados inmunocéuticos a partir de *Pleurotus ostreatus*, utilizando fermentación sumergida y sólida. Todo ello, desarrollado en condiciones controladas, escalables y factibles técnicamente.<sup>(32)</sup>

Se ha observado, por ejemplo, que la producción de la biomasa micelial y los contenidos de polisacáridos de *Pleurotus ostreatus* en fermentación sumergida dependen de la especie utilizada, los parámetros de crecimiento y sus requerimientos nutricionales.<sup>(33)</sup>

Algunos autores observaron que uno de los parámetros que influía en el crecimiento y producción de polisacáridos de *Pleurotus ostreatus* era el coeficiente de transferencia de

oxígeno inicial ( $K_La$ ), con mejores rendimientos de estos compuestos a una  $K_La$  inicial baja.<sup>(34)</sup>

Otras investigaciones, optimizaron el medio de cultivo para la obtención de micelio durante la fermentación sumergida de *Pleurotus ostreatus*. Las evidencias apuntaron a que las concentraciones de las fuentes de nitrógeno tuvieron una influencia significativa en la producción de biomasa, en comparación con la fuente de carbono.<sup>(35)</sup>

Por otro lado, también se ha optimizado la concentración del sustrato para la producción de enzimas extracelulares ligninolíticas oxidativas e hidrolíticas.<sup>(17,22)</sup>

Otro de los procedimientos muy utilizados en la industria biotecnológica, es la fermentación en fase sólida (FES), la cual se efectúa en un sustrato sólido con poca agua, de manera que permita el crecimiento y metabolismo de los microorganismos que en ella se desarrollan.<sup>(36)</sup> Al respecto, la fermentación en fase sólida de los residuos lignocelulósicos se valora como uno de los métodos más prometedores para la producción de proteína no convencional.

La FES, brinda la posibilidad de mejorar los rendimientos de la producción de setas con adecuada composición nutricional, utilizándose subproductos agroindustriales disponibles y fáciles de manipular.<sup>(37)</sup> Existen diferentes metodologías de obtención de setas comestibles por FES, tales como, bolsa, pared, botella, parrilla, bandeja y otras.<sup>(6)</sup>

A pesar de que se describe a la FES para la producción de macromicetos como un proceso lento, difícil de monitorizar, controlar y escalar,<sup>(5)</sup> los cuerpos fructíferos obtenidos bajo buenas prácticas de manufactura pueden ser utilizados en la formulación de bioproductos consistentes y seguros, como alimentos funcionales, nutraceuticos y compuestos activos biológicamente.

Entre el 80 % y 85 % de los productos de Hongos Comestibles Medicinales son a partir de cuerpos fructíferos, los cuales resultan ser considerablemente diversos. Solo el 15 % de todos los productos están basados en extractos del micelio y un pequeño porcentaje del cultivo filtrado.<sup>(38)</sup>

Existen pocas investigaciones que utilizan como variable, el crecimiento radial del hongo para referirse a la modelación cinética del crecimiento en fase sólida de especies del género *Pleurotus*.<sup>(39)</sup> En el caso del estudio informado por Pineda, se efectuó una modelación matemática de la cinética del crecimiento del cuerpo fructífero de la cepa *Pleurotus ostreatus* CEBA gliie-010606, sobre residuos de frijol (*Phaseolus vulgaris*), en el rango de 10 a 30 °C. El modelo logístico utilizado permitió establecer una dependencia entre la temperatura y los parámetros de crecimiento del hongo (máxima concentración de biomasa,  $X_{max}$  y velocidad específica de crecimiento máxima,  $\mu_{max}$ ).<sup>(40)</sup>

### **Producción de *Pleurotus* sp en pulpa de café**

Las especies del género *Pleurotus* son lignícolas, saprotróficas o parásitas, pertenecientes al grupo de hongos de la pudrición blanca.<sup>(41)</sup> Muchos son los sustratos que se utilizan para su cultivo, provenientes fundamentalmente de actividades agrícolas, agroindustriales

y forestales. Estos sustratos, deben cumplir algunas condiciones: disponibilidad, características físico-químicas, precio, facilidad de manejo y transporte.<sup>(42)</sup>

El contenido de material orgánico de los subproductos agroindustriales, está constituido por diferentes porcentajes de celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina.<sup>(43)</sup> Dentro de los subproductos lignocelulósicos de origen agroindustrial, susceptibles de ser utilizados como sustratos para la producción de setas comestibles del género *Pleurotus*, se destaca la pulpa de café, específicamente en el cultivo de especies de *Pleurotus ostreatus*.<sup>(44)</sup>

La industria del café utiliza el 9,5% del peso seco del fruto, el 90,5% restante es un residuo. El primer subproducto que se obtiene en el procesamiento del fruto del café es la pulpa, la cual representa, en base húmeda, alrededor del 43,58 % del peso fresco del fruto.

En Cuba, por ejemplo, en la zona montañosa de la región suroriental, abundan grandes volúmenes de subproductos lignocelulósicos. Específicamente, en dicha zona se cultiva el 85% del café que se produce en el país, cuyo procesamiento húmedo genera varios subproductos como pulpa de café, mucílago y aguas de desecho y la cascarilla. Al respecto,<sup>(37)</sup> informaron del no aprovechamiento eficiente de estos subproductos, pudiendo ser vertidos al medio, con la consiguiente contaminación de agua y suelos.

Otros trabajos ofrecen la experiencia de cultivo de siete cepas de *Pleurotus* sp, utilizando como sustrato la pulpa de café (*Coffea arábica* L.). Este estudio informó que las diferentes cepas colonizaron la totalidad del sustrato a los 18 días y casi todas fructificaron, aproximadamente a los 43 días. Los mejores valores de eficiencia biológica estuvieron en 225,3 %, 204 % y 168, 5%.<sup>(45)</sup>

Esta forma de cultivo, resulta interesante, pues, por un lado, permite el crecimiento de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* para ser utilizados como alimento funcional, nutracéuticos y nutricéuticos y, por otro, implica la eliminación de los problemas de contaminación ambiental que provocan los subproductos agroindustriales de naturaleza lignocelulósica.

Algunos investigadores han observado como la especie *Pleurotus ostreatus* cultivada en pulpa de café es capaz de degradar la cafeína contenida en el sustrato y luego aumentar el contenido de este alcaloide en los cuerpos fructíferos de la especie, a medida que la seta crece.<sup>(46)</sup>

Por el contrario Job reportó que esta misma especie, *Pleurotus ostreatus*, cultivada en borra de café, degradaba completamente la cafeína y no incorporaba esta a los cuerpos fructíferos. Este autor, plantea que este elemento resultaría de interés si estos hongos tuvieran la misma particularidad con otros tipos de sustratos donde son cultivados, lo cual constituiría una herramienta para la incorporación de algún componente de especial interés que pudiera aportar un valor agregado a las especies de este género.<sup>(47)</sup>

La abundancia y variedad de los metabolitos bioactivos obtenidos en los diferentes tipos de productos derivados de esta seta comestible, están en correspondencia con los sustratos y medios de cultivo donde esta crece y de las condiciones climatológicas y de extracción que se establezcan.

Estos metabolitos bioactivos ejercen potenciales efectos terapéuticos y farmacológicos en enfermedades que, en la actualidad, constituyen un serio problema de salud para la humanidad.

### Algunos metabolitos bioactivos del género *Pleurotus* con potencial terapéutico

Numerosos compuestos bioactivos del género *Pleurotus* han sido extraídos de extractos crudos, micelios y basidioma, para propósitos investigativos,<sup>(23)</sup> sobre todo con perspectivas de que los bioproductos de estas setas puedan ser utilizados como agentes terapéuticos en el tratamiento de enfermedades tales como el cáncer, diabetes, obesidad, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas, entre otras.

Algunos de estos compuestos son polisacáridos, péptidos, glicoproteínas, fenoles, lípidos y enzimas oxidativas e hidrolíticas (Tabla 1). En el presente trabajo haremos referencia a algunos de ellos.

**Tabla 1** - Algunos compuestos bioactivos y actividades farmacológicas de *Pleurotus* sp

COMPUESTOS BIOACTIVOS	ACTIVIDAD REPORTADA	FARMACOLÓGICA	ESPECIES DEL GÉNERO <i>PLEUROTUS</i>	REFERENCIAS
Ubiquitina	Antiviral		<i>Pleurotus ostreatus</i>	(15)
β-glucano	Antiviral		<i>Pleurotus tuber-regium</i>	(49)
Ribonucleasa	Antiviral(VIH)		<i>Pleurotus ostreatus</i>	(50)
Lectina	Inhibe la reverso transcriptasa		<i>P. citrinopileatus</i>	(51)
Polisacárido	Antineoplásico		<i>Pleurotus ostreatus, P sajor –caju, P.citrinopileatus.</i>	(52)
Pleurano(β-glucano)	Antioxidante		<i>P.ostreatus</i>	(53)
Flavonoide (quercetina, catequina)	Antioxidante		<i>P.ostreatus, P eous.</i>	(54)
Mevinolina	Antilipidémico		<i>P.ostreatus</i>	(55)
Pleurano	Antinflamatorio		<i>P. ostreatus</i>	(56)
β- glucano, fenoles, vitamina C	Hepatoprotector		<i>Pleurotus</i> sp	(57)
Polisacárido	Antitumoral		<i>P. pulmonarius</i>	(58)
Compuestos fenólicos, melatonina, seratonina, ergotionina	Antioxidante, envejecimiento	contra el	<i>P. ostreatus</i>	(59)
Glucano	Inmunomodulador		<i>P.ostreatus</i>	(60)
Eringiolide A	Efectos citotóxicos contra células HeLa y línea tumoral HepG2		<i>Pleurotus</i> sp	(15)

## Polisacáridos

Los polisacáridos derivados de hongos comestibles, son las sustancias más potentes con propiedades antitumorales e inmunomoduladoras.<sup>(61)</sup> Dentro de los principales exponentes de este grupo se encuentran la quitina, celulosa,  $\alpha$  y  $\beta$ -glucanos, hemicelulosas (mananos, xilanos y galactanos), así como complejos polisacáridos-proteína.<sup>(62)</sup> Estos polisacáridos biológicamente activos se pueden encontrar en los cuerpos fructíferos, en el micelio cultivado e incluso ser extraídos del medio donde se cultivan.

Otros investigadores reportaron que una fracción de polisacáridos obtenido del micelio de *Pleurotus ostreatus*, mediante extracción con oxalato de amonio a 100 °C, inhibió el desarrollo del tumor de Ehrlich y Sarcoma 180.<sup>(63)</sup> También evaluaron la actividad antimicrobiana y el efecto estimulador del complemento/macrófagos en un extracto de micelio de *Pleurotus* sp obtenido por decocción. El extracto estimuló el sistema autolítico de cepas de bacterias y levaduras, actuando además sobre la inmunidad innata por activación de la vía alternativa del sistema complemento e incrementando las funciones de macrófagos.<sup>(64)</sup>

Otros investigadores observaron que un extracto de micelial de *Pleurotus* sp, obtenido por decocción (76,8% de polisacáridos), ejerció actividad antiproliferativa *in vitro* contra las células de leucemia NB4 humanas, a través de la inducción de la apoptosis y la detención del ciclo celular en la fase G/M. Este extracto podría considerarse un candidato para la radio y quimio terapias, sustentado en sus efectos sobre la fagocitosis de macrófagos y la respuesta de hematopoyesis de ratones expuestos a estos tratamientos.<sup>(65)</sup>

Otros bioproductos obtenidos de esta seta, tales como el pulverizado de cuerpos fructíferos (55% polisacáridos),<sup>(66)</sup> se han utilizado como inmunocéuticos, al ser administrados por vía oral durante 7 días (1000 mg / kg) a ratones tratados con ciclofosfamida, potenciando la respuesta inmunitaria celular y el índice de estimulación linfoproliferativa.

Los polisacáridos, mevalonatos y otros derivados de basidiomicetos, poseen compuestos bioactivos con actividades hipocolesterolémicas. Recientemente se ha reportado que extractos de cuerpos fructíferos de *P. citrinopileatus*, incrementan los efectos antihiperlipidémicos. Se observó la disminución de los niveles de colesterol total y triglicéridos en ratas hiperlipidémicas, a las que se les administró dichos extractos, mientras que los niveles de lipoproteínas de alta densidad fueron significativamente incrementados.<sup>(67)</sup>

Polisacáridos escleróticos aislados de extractos hidrosolubles calientes de *P. tuber-regium* y *P. rhinocerus*, con estructuras químicas complejas (complejos polisacárido-proteína y  $\beta$ -glucanos puros), demostraron efecto inmunomodulador, observándose un significativo aumento en el peso del bazo de ratones Balb/C sanos. El estudio *in vivo* demostró que células de la inmunidad innata y células T-helper son activadas por estos polisacáridos escleróticos.<sup>(68)</sup>

## **β-glucanos**

Los polisacáridos de hongos se producen principalmente como glucanos, algunos de los cuales están unidos por enlaces glicosídicos β (1-3), β (1-6) y enlaces glucosídicos α- (1-3), pero muchos son heteroglicanos.

Los β-glucanos son aislados principalmente de la pared celular de las células fúngicas (aproximadamente la mitad de la biomasa de la pared celular está constituida de β-glucanos), aunque también pueden ser excretados al medio. Poseen actividades inmunoestimuladoras, anticancerígenas, antiinfecciosas, hipocolesterolémicas, hipoglucémicas, antiinflamatorias y analgésicas.<sup>(69)</sup>

El género *Pleurotus* es reconocido como la más importante fuente de β-glucanos, particularmente pleurano, debido que se le ha demostrado su bioactividad en humanos y este actualmente se comercializa en el mercado como un inmunoestimulante natural, denominado Inmunoglucano P4H.<sup>(70)</sup> Este polisacárido tiene una significativa actividad anticarcinogénica y estimulante de la inmunidad.

Otros investigadores, como,<sup>(71)</sup> reportaron un (1-3)-β-D glucano, aislado de los cuerpos fructíferos de *P. sajor-caju* con actividad *in vitro* frente a macrófagos THP 1 e *in vivo* en ensayos de peritonitis en ratones.

## **Polifenoles**

Los compuestos fenólicos, también conocidos como polifenoles, se consideran antioxidantes naturales y representan un importante grupo de compuestos bioactivos en los alimentos.<sup>(72)</sup>

Estudios realizados en extractos de cuerpos fructíferos de *Pleurotus florida* con diferentes solventes (acetona, metanol y agua a altas temperaturas), detectaron trece compuestos fenólicos: ácido gálico, ácido homogentísico, ácido protocatecuico, ácido clorogénico, ácido cafeico, vanillina, ácido ferúlico, naringina, resveratrol, naringenina, hesperetina, formononetina y biochanina-A.<sup>(73)</sup>

Se ha reportado que el contenido fenólico total de *P. ostreatus*, es más alto, en comparación con los valores reportados en otros hongos como, *Coriolus versicolor*, *Ganoderma lucidum*, *Ganoderma tsugae*.<sup>(74)</sup>

Los flavonoides también están representados en los extractos de cuerpos fructíferos de las especies de *Pleurotus* y son poseedores de la actividad antioxidante. En este sentido, han constatado una alta concentración de flavonoides como la rutina y crisina en *Pleurotus ostreatus*.<sup>(75)</sup>

Algunos compuestos fenólicos y flavonoides han sido identificados y determinados en la especie *P. eryngii*, comprobándose su actividad secuestradora del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH) y su capacidad de incrementar la actividad *in vitro* de la enzima superóxido dismutasa (SOD).<sup>(76)</sup>

## Terpenos

La bioactividad, identificación y aislamiento de monoterpenoides, y sesquiterpenoides obtenidos del micelio de *P. cornucopiae* fueron reportados.<sup>(60)</sup> Cuatro monoterpenoides y un sesquiterpenoide, fueron obtenidos del cultivo sólido de esta especie, fermentada en arroz. Algunos de los compuestos mostraron moderada actividad inhibitoria frente a la producción de óxido nítrico en macrófagos activadores de lipopolisacáridos. Otros exhibieron ligeramente citotoxicidad contra las células cancerígenas HeLay HepG2.

Dentro de los diterpenos, se ha aislado la pleuromutilina de *Pleurotus mutilis* y *Clitopilus passeckerianus* (antes llamado *Pleurotus passeckerianus*), metabolito con marcada acción antibiótica contra infecciones micoplasmáticas en animales, que ha permitido el desarrollo y la producción de este tipo de medicamento a nivel comercial.<sup>(77)</sup>

Algunos investigadores, aislaron doce sesquiterpenoides del cultivo sólido de la seta comestible *Pleurotus cystidiosus*.<sup>(78)</sup>

Investigadores plantean que el hynophilin, el pleurotelol y el ácido pleurotólico son compuestos aislados de fermentaciones de *Pleurotellus hypnophilus*. Mientras que el pleurotelol y el ácido pleurotólico pertenecen al grupo de los sesquiterpenoides.<sup>(79)</sup>

El metabolismo secundario de los basidiomicetos es rico en terpenoides, especialmente sesquiterpenoides, muchos de los cuales poseen estructuras que hasta ahora, sólo han sido detectadas en esta clase de microorganismos.

Los triterpenoides (esteroles y esteroides) tienen actividades bioactivas incluyendo anticancerígena, antimicrobina, antioxidante, antiinflamatoria, inmunomoduladora, antifúngica, antitumoral, insecticida, entre otras.<sup>(80)</sup>

## Conclusiones

El empleo de procedimientos de base biotecnológica para el cultivo de setas comestibles, no solo tiene en cuenta el uso de la fermentación sumergida y sólida, sino que aprovecha otros elementos como los referidos al tipo de sustrato o medio de cultivo, así como el control de parámetros de crecimiento y requerimientos nutricionales, dependiendo de la especie de seta comestible que se utilice. En particular las especies del género *Pleurotus*, pueden ser obtenidas en una variedad de sustratos y bajo condiciones climáticas diferentes, lo cual permite en ocasiones optimizar parámetros para la producción de biomasa y metabolitos de interés. Actualmente, los estudios realizados con setas del género *Pleurotus* muestran su variedad micoquímica, por lo que esto podría ser utilizado para la obtención de bioproductos con gran aplicación en la industria médico-farmacéutica.

## Referencias bibliográficas

1. PETROVIC, J.; GLAMOCLIIJA, J.; STOJKOVIC, D.; CIRIC, A.; *et al.* Nutritional value, chemical composition, antioxidant activity and enrichment of cream cheese with chestnut mushroom *Agrocybe aegerita* (Brig.) Sing. *Journal of Food Science and Technology*. 2015, **52**(10), 6711-6718. ISSN: 0975-8402.
2. SHANG, H.M.; SONG, H.; XING, Y.L.; NIU, S.L.; *et al.* Effects of dietary fermentation concentrate of *Hericium caput-medusae* (Bull.:Fr.) Pers. on growth performance, digestibility, and intestinal microbiology and morphology in broiler chickens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2016, **96**(1), 215-222. ISSN: 1097-0010.
3. MAA, G.; YANG, W.; ZHAOA, J.; PEI, F.; *et al.* A critical review on the health promoting effects of mushrooms nutraceuticals. *Food Science and Human Wellness*. 2018, **7**(2), 125–133. ISSN: 2213-4530.
4. URBAIN, P.; SINGLER, F.; IHORST, G.; BIESALSKI, H. K.; *et al.* Bioavailability of vitamin D2 from UV-B-irradiated button mushrooms in healthy adults deficient in serum 25-hydroxyvitamin D: A randomized controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2011, **65**, 965–971. ISSN: 1476-5640.
5. SUÁREZ, C.; NIETO, IJ. Cultivo biotecnológico de macrohongos comestibles: una alternativa en la obtención de nutraceuticos. *Revista Iberoamericana de Micología*. 2012, **30**(1), 1-8doi:10.1016/j.riam.2012.03.011. ISSN: 1130-1406.
6. CHANG, S.T.; MILES, P.G. Mushrooms cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. 2. ed. Boca Raton, Florida: CRC Press Inc.; 2004. ISBN: 0-8493-1043-1.
7. TEWTRAKUL, S.; TANSAKUL, P.; DAENGROT, C.; PONGLIMANONT, C.; *et al.* Antiinflammatory principles from *Heritiera littoralis* bark. *Phytomedicine*. 2010, **17** (11), 851-855. ISSN: 0944-7113.
8. NIETO, I. J.; CHEGWIN, A.C. Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 2010, **12**(1), 169-178. ISSN: 0123-3475.
9. BERMÚDEZ, R. C.; GARCÍA, N.; MOURLOT A. Fermentación sólida para la producción de *Pleurotus* sp. sobre mezclas de pulpa de café y viruta de cedro. *Tecnología Química*. 2007, **XXVII** (2), 55-62. ISSN: 2224-6185.
10. SANCHES, C. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied Microbial Biotechnology*. 2010, **85**, 1321-13377. ISSN: 1432-0614.
11. KHOLOUD, M.A.; NAHLA, A.B.; NADIA, S.; *et al.* K. Cultivation of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* on date-palm leaves mixed with other agro-wastes in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2014, **21**, 616–625. ISSN: 1319-562X.
12. BERMÚDEZ, R.C.; GARCÍA, N.; SERRANO, M.; RODRÍGUEZ, M.I.; *et al.* Conversión de residuales agroindustriales en productos de valor agregado por fermentación en estado sólido. *Tecnología Química*. 2014, **XXXIV** (3), 217-225. ISSN: 2224-6185.
13. BERMÚDEZ R.C.; GARCÍA N.; GROSS P.; SERRANO, M. Cultivation of *Pleurotus* on agricultural substrates in Cuba. *Micología Aplicada Internacional*. 2001, **13**(1), 2529. ISSN: 1534-2581.

14. MORRIS, H.J.; LLAURADÓ, G.; BELTRÁN, Y.; LEBEQUE, Y.; *et. al.* Immunomodulating and antitumor properties of *Pleurotus* sp. in Cuba. En J. E. Sánchez, G. Mata y D. J. Royse (Eds.). *Updates on Tropical Mushrooms. Basic and Applied Research*. El Colegio de la Frontera Sur: San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. 2018, 159-180. ISBN: 978-607-8429-60-8.
15. GREGORI, A.; SVAGELJ, M.; POHLEVEN, J. Cultivation techniques and medicinal properties of *Pleurotus* spp. *Food Technology and Biotechnology*. 2007, 45, 238-249. ISSN: 1330-9862.
16. INACIO, F.D.; FERREIRA, R.O.; ARAUJO, C.A.V.; PERALTA, R.M.; DE SOUZA, C.G.M. Production of enzymes and biotransformation of orange waste by oyster mushroom, *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) quel. *Advances in Microbiology*. 2015, 5, 1-8. ISSN: 2165-3410.
17. RODRÍGUEZ, S.; FERNÁNDEZ, M.; BERMÚDEZ, R.C.; MORRIS, H. Tratamiento de efluentes industriales coloreados con *Pleurotus* spp. *Revista Iberoamericana Micología*. 2003; 20, 164-168. ISSN: 1130-1406.
18. DAS, AR.; BORTHAKUR, M.; SAHA, AK.; JOSHI, SR.; DAS, P. Growth of mycelial biomass and fruit body cultivation of *Lentinus squarrosulus* collected from home garden of Tripura in Northeast India. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*. 2015, 3, 17-19. ISSN: 2347-212X.
19. RATHORE, H.; PRASAD, S.; SHARMA, S. Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: A review. *PharmaNutrition*, 2017, 5, 35–46. ISSN: 2213-4344.
20. MAU, JL.; CHANG, C.N.; HUANG, S.J.; CHEN, C.C. Antioxidant properties of methanolic extracts from *Grifola frondosa*, *Morchella esculenta* and *Termitomyces albuminosus* mycelia. *Food Chemistry*. 2004, 87, 111–118. ISSN:0308-8146.
21. WAN, W. A. A. Q. I.; AB KADIR, S.; SAARI, N. The morphology of *Ganoderma lucidum* mycelium in a repeated-batch fermentation for exopolysaccharide production. *Biotechnology Reports*. 2016, 2–11. ISSN: 2215-017X.
22. RATHORE, H.; PRASAD, S.; KAPRI, M.; TIWARI, A.; SHARMA, S. Medicinal importance of mushroom mycelium: Mechanisms and Applications. *Journal of Functional Foods*. 2019, 56, 182–193. ISSN: 1756-4646.
23. GOMES-CORREA, R.C.; BRUGNARI, T.; BRACHT, A.; PERALTA, RM.; FERREIRA, I.C.F.R. Biotechnological, nutritional and therapeutic uses of *Pleurotus* spp. (Oyster mushroom) related with its chemical composition: A review on the past decade findings. *Trends in Food Science & Technology*. 2016, 50, 103-117. ISSN: 0924-2244.
24. COHEN, R.; PERSKY, L.; HADAR, Y. Biotechnological applications and potential of wood-degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. *Applied Microbial Biotechnology*. 2002, 58, 582-594. ISSN: 1432-0614.
25. BEZALEL, L.; HADAR, Y.; CERNIGLIA, C.E. Mineralization of polycyclic aromatic hydrocarbons by the white rot fungus *Pleurotus ostreatus*. *Applied Environmental Microbiology*. 1996, **62**(1), 292-295. ISSN: 1098-5336.
26. BELINKY, P.A.; MASAPHY, S.; LEVANON, D.; HADAR, Y.; DOSORETZ, C.G. Effect of medium composition on 1-octen-3-ol formation in submerged cultures of *Pleurotus pulmonarius*. *Applied Microbial Biotechnology*. 1994, 40, 629-633. ISSN: 1098-5336.
27. EHGARTNER, D.; HERWIG, C.; FRICKE, J. Morphological analysis of the filamentous fungus *Penicillium chrysogenum* using flow cytometry—the fast alternative to microscopic

- image analysis. *Applied Microbial Biotechnology*. 2017, **101**(20), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8475-2>. ISSN: 1098-5336.
28. MARQUEZ-ROCHA, F.; GUILLEN, N.G.K.; SANCHEZ, V.J.E.; VAZQUEZ-DUHALT, R. Growth characteristics of *Pleurotus ostreatus* in bioreactor. *Biotechnology Techniques*. 1999, **132**, 29–32. ISSN: 1573-6784.
29. BENKORTBI, O.; HANINI, S.; BENTAHAR, F. Batch kinetics and modelling of Pleuromutilin production by *Pleurotus mutilis*. *Biochemical Engineering Journal*. 2007, **36**, 14-8. ISSN: 1369-703X.
30. BETTIN, F.; ROSA, L.O.; MONTANARI, Q.; CALLONI, R.; GAIO, T.A.; MALVESSI, E.; *et. al.* Growth kinetics, production, and characterization of extracellular laccases from *Pleurotus sajor-caju* PS-2001. *Process Biochemistry*. 2011, **46**, 758-764. ISSN: 1359-5113.
31. FERRER, J.C.; BELTRÁN, Y.; MAS-DIEGO, S.M.; MORRIS HJ.; DÍAZ U. Estudio cinético de la producción de biomasa y compuestos fenólicos por *Pleurotus ostreatus* en fase sumergida. *Rev. Cubana Química*. 2019, **31**(1), 16-30. ISSN: 2224-5421.
32. MORRIS, H.J.; LLAURADÓ, G.; BELTRAN, Y.; LEBEQUE, Y.; FONTAINE, R.; BERMUDEZ, R.C.; *et. al.* Procedure for the obtainment of an immunocetrical preparation from *Pleurotus* spp. Cuban Patent 23717 (1754/2011) Ref: 2011/1337. (In Spanish), 2011.
33. ROSADO F.R.; GERMANO, S.; CARBONERO, E.R.; DA COSTA S.M.G.; *et. al.* Biomass and exopolysaccharide production in submerged cultures of *Pleurotus ostreatus* Sing. and *Pleurotus ostreatus*'florida' (Jack.: Fr.) Kummer. *Journal of Basic Microbiology*. 2003, **43**, 230–237. ISSN: 1521-4028.
34. GERN, R.M.M.; WISBECK, E.; RAMPINELLI, J.R.; NINOW, J.L.; *et. al.* Alternative medium for production of *Pleurotus ostreatus* biomass and potential antitumor polysaccharides. *Bioresource Technology*. 2008, **99**(1), 76-82. ISSN: 1873-2976.
35. FERRER, J.C.; MAS-DIEGO, S.M.; BELTRÁN, Y.; RODRÍGUEZ, Y.; *et. al.* Optimización del medio de cultivo para la producción de biomasa y compuestos fenólicos por *Pleurotus ostreatus* en fase sumergida utilizando la metodología de superficie de respuesta. *Revista Tecnología Química*. 2019(a), **39**(1), 5-21. ISSN: 2224-6185.
36. FAZENDA, M.; SEVIOUR, R.; MCNEIL, B.; HARVEY, L. Submerged culture fermentation higher fungi: the macrofungi. *Advances in Applied Microbiology*. 2008, **63**, 33–92. ISSN: 0065-2164.
37. BERMÚDEZ, R.C.; GARCÍA, N. Cultivo de setas comestibles (*Pleurotus*) en el Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI), Cuba". En: D. Martínez-Carrera, N. Curvetto, M. Sobal, P. Morales & V. M. Mora (Eds). *Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI*. México: Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales: Producción, Desarrollo y Consumo. Colegio de Posgraduados, 2010. 489-512. ISBN: 970-9752-01-4.
38. LINDEQUIST, U.; NIEDERMEYER, T.H.; JÜLICH, W.D. The pharmacological potential of mushrooms. *EC Alternative Medicine*. 2005, **2**, 285–99. ISSN: 1741-4288.
39. SARICAYA, A.; LADISCH, M.R. An Unstructured Mathematical Model for Growth of *Pleurotus ostreatus* on Lignocellulosic Material in Solid-State Fermentation Systems. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 1997, **62**(1), 71-85. ISSN: 1559-0291.

40. PINEDA, J.A.; RAMOS, L.B.; SOTO, C. P. Cinética del crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en la etapa de producción del cuerpo fructífero. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*. 2013, **47**(3), 56-61. ISSN: 0138-6204.
41. ANDRINO, A.; MORTE, A.; ONRUBIA, M. Caracterización y cultivo de tres cepas de *Pleurotus eryngii* (Fries) Quélet sobre sustratos basados en residuos agroalimentarios/Characterization and culture of three *Pleurotus eryngii* (Fries) Quélet strains on food and agricultura wastes. *In Anales de Biología*. 2011, **33**, 53. ISSN: 1989-2128.
42. RODRIGUEZ, N.; ZULUAGA, J. Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quélet en pulpa de café. *Cenicafé*, 1994, **45**(3), 81-92. ISSN: 0120-0275.
43. SAVAL, S. Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *BioTecnología*. 2012, **16** (2), 14-46. ISSN: 0188-4786.
44. MARTÍNEZ-CARRERA, D.; AGUILAR, A.; MARTÍNEZ, W.; BONILLA, M.; *et. al.* Commercial production and marketing of edible mushrooms cultivated on coffee pulp in Mexico. Capítulo 45 En: *Coffee Biotechnology and Quality*. Sera T, Soccol CR, Pandey A, Roussos S. (eds.) Kluwer Academics Publisher. 2000, 471-488. Springer, Dordrecht. BRASIL. ISBN: 978-90-481-5565-1.
45. BERMÚDEZ, R.C.; GARCÍA, N.; KEKELI, K.; SERRANO, M. Evaluación de la productividad de dos cepas de *Pleurotus* spp sobre pulpa de café *Coffea canephora* Pierre ex Frhoener. *Tecnología Química*. 2018, **38**(2), 246-255. ISSN: 2224-6185.
46. SALMONES, D.; MATA, G.; WALISZEWSKI, K.N. Comparative culturing of *Pleurotus* spp. on coffee pulp and wheat straw: Biomass production and substrate biodegradation. *Bioresource Technology*. 2005, **96**, 537-544. ISSN: 0960-8524.
47. JOB, D. Use of coffee spent industry residues for production of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer in solid state fermentation. *Revista Iberoamericana de Micología*. 2004, **21**, 195-197. ISSN: 1130-1406.
48. PIRAINO, F.; BRANDT C.R. Isolation and partial characterization of an antiviral, RC-183, from the edible mushroom *Rozites caperata*. *Antiviral Research*. 1999, **43**, 67-78. ISSN: 0166-3542.
49. NOMURA, A.; SHIGEMOTO, R.; NAKAMURA, Y.; OKAMOTO, N.; *et. al.* Developmentally regulated postsynaptic localization of a metabotropic glutamate receptor in rat rod bipolar cells. *Cell*. 1994, **77**(3), 361-369. ISSN: 0092-867.
50. DABA, A.S.; EZERONYE, O.U. Anti-cancer effect of polysaccharides isolated from higher basidiomycetes mushrooms. *African Journal of Biotechnology*. 2003, **2**(12), 672-678. ISSN: 1684-5315.
51. ZHANG, M.; CHEUNG, P.C.; ZHANG, L.; CHIU, C.M.; *et al.* Carboxymethylated  $\beta$ -glucans from mushroom sclerotium of *Pleurotus tuber-regium* as novel water-soluble antitumor agent. *Carbohydrate polymers*. 2004, **57**(3), 319-325. ISSN: 1879-1344.
52. BOBEK, P.; GALBAVY, S. Effect of pleuran (beta-glucan from *Pleurotus ostreatus*) on the antioxidant status of the organism and on dimethylhydrazine-induced precancerous lesions in rat colon. *British Journal of Biomedical Science*. 2001, **58**(3), 164. ISSN: 2474-0896.

53. RAMKUMAR, L.; RAMANATHAN, T.; THIRUNAVUKKARASU, P., ARIVUSELVAN, N. Antioxidant and radical scavenging activity of nine edible mushrooms extract. *International Journal of Pharmacology*. 2010, **6**(6), 950-953. ISSN: 1811-7775.
54. HASSAN, F.R.H.; MEDANY, G.M. Effect of pretreatments and drying temperatures on the quality of dried *Pleurotus* mushroom spp. *Egypt. Journal of Agriculture Research*. 2014, **92**, 1009-1023. ISSN: 1110-6336.
55. JOSE, N.; AJITH, T.A.; JANARDHANAN, K.K. Methanol extract of the oyster mushroom, *Pleurotus florida*, inhibits inflammation and platelet aggregation. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*. 2004, **18**(1), 43-46. ISSN: 1099-1573.
56. MUSZYNSKA, B.; SULKOWSKA K.; EKIERT, H. Phenolic acids in selected edible basidiomycota species: *Armillaria mellea*, *Boletus badius*, *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius*, *Lactarius deliciosus* and *Pleurotus ostreatus*. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 2013, **12**, 107-116. ISSN: 1644-0692.
57. ADEBAYO, E. A.; MARTÍNEZ-CARRERA, D.; MORALES, P.; SOBAL, M.; *et. al.* Comparative study of antioxidant and antibacterial properties of the edible mushrooms *Pleurotus levis*, *P. ostreatus*, *P. pulmonarius* and *P. tuber-regium*. *International Journal of Food Science & Technology*. 2018, **53**(5), 1316-1330.
58. WOLDEGIORGIS, A.Z.; ABATE, D.; HAKI, G.D.; ZIEGLER, G.R. Antioxidant property of edible mushrooms collected from Ethiopia. *Food Chemistry*. 2014, **157**, 30-36. ISSN: 0308-8146.
59. DEVI, R. Diversity of wild edible mushrooms in indian subcontinent and its neighboring countries. *Recent Advances in Biology and Medicine*. 2015. **1**, 69-76. ISSN: 2378-654X.
60. WANG, S.; BAO, L.; ZHAO, F.; WANG, Q.; *ET AL.* Isolation, identification, and bioactivity of monoterpenoids and sesquiterpenoids from the mycelia of edible mushroom *Pleurotus cornucopiae*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013, **61**, 5122- 5129. ISSN: 0021-8561.
61. MIZUNO, M.; NISHITANI, Y. Immunomodulating compounds in Basidiomycetes. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*. 2013, **52**(3), 202–207. doi:10.3164/jcbn.13-3. ISSN: 0912-0009.
62. ZHANG, M.; CUI, S.W.; CHEUNG, P.C.K.; WANG, Q. Antitumor polysaccharides from mushrooms: A review on their isolation, structural characteristics and antitumor activity. *Trends in Food Science and Technology*. 2007, **18**, 4–19. ISSN: 0924-2244.
63. FACCHINI, J. M.; ALVES, E. P.; AGUILERA, C.; GERN, R. M. M.; *et. al.* Antitumor activity of *Pleurotus ostreatus* polysaccharide fractions on ehrlich tumor and sarcoma 180. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2014, **68**, 72-77. ISSN: 0141-8130.
64. LLAURADO, G.; MORRIS, H. J.; FERRERA, L.; CAMACHO, M.; *et. al.* In-vitro antimicrobial activity and complement/macrophage stimulating effects of a hot-water extract from mycelium of the oyster mushroom *Pleurotus* sp. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2015, **30**, 177-183. ISSN: 1466-8564.
65. MORRIS, H.J.; HERNÁNDEZ, E.; LLAURADÓ, G.; TEJEDOR, M.C.; *et. al.* In vitro anti-proliferative effects on NB4 human leukemia cells and physicochemical screening of

*Pleurotus* sp. (higher Basidiomycetes) mycelia from Cuba. *International Journal of Medicinal Mushrooms*. 2014, 16, 239–245. ISSN: 1521-9437.

66. LLAURADÓ, G.; MORRIS, H.J.; TAMAYO, V.; LEBEQUE, Y.; *et. al.* Haematopoiesis radioprotection in Balb/c mice by an aqueous mycelium extract from the Basidiomycete *Pleurotus ostreatus* mushroom. *Natural product research*. 2015, **29**(16), 1557-1561. ISSN: 1478-6419.

67. HU, S.H.; WANG, J.C.; LIEN, J.L.; LIAW, E.T.; *et. al.* Antihyperglycemic effect of polysaccharide from fermented broth of *Pleurotus citrinopileatus*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2006, 70, 107–113. ISSN:1432-0614

68. WONG, K.; CONNIE, K.M.; LAI, C.K. Immunomodulatory activities of mushroom sclerotial polysaccharides. *Food Hydrocolloids*. 2011, 25, 150-158. ISSN: 0268-005X.

69. SMIDERLE, F.R.; OLSEN, L.M.; CARBONERO, E.R.; BAGGIO, C.H.; *et. al.* Anti-inflammatory and analgesic properties in a rodent model of a (1→3), (1→6)-linked  $\beta$ -glucan isolated from *Pleurotus pulmonarius*. *European Journal of Pharmacology*. 2008, **597**(1-3), 86-91. ISSN: 0014-2999.

70. JESENAK, M.; MAJTAN, J.; RENNEROVA, Z.; KYSELOVIC, J.; *et. al.* Immunomodulatory effect of pleuran ( $\beta$ -glucan from *Pleurotus ostreatus*) in children with recurrent respiratory tract infections. *Int. Immunopharmacol.* 2013, 15, 395–399. ISSN: 1567-5769.

71. SILVEIRA, M.L.L.; SMIDERLE, F.R.; MORAES, C.P.; BORATO, D.G.; *et. al.* Structural characterization and anti-inflammatory activity of a linear  $\beta$ -D-glucan isolated from *Pleurotus sajor-caju*. *Carbohydrate Polymers*. 2014, 113, 588-596. ISSN: 0144-8617.

72. BARROS, L.; FERREIRA, M. J.; QUEIROS, B.; FERREIRA, I. C.; BAPTISTA, P. Total phenols, ascorbic acid,  $\beta$ -carotene and lycopene in Portuguese wild edible mushrooms and their antioxidant activities. *Food Chemistry*. 2007, 103(2), 413-419. ISSN: 0308-8146.

73. HOAN K, K.T.; NGUYEN, D.B.S.; RIM, L.; SOO, T. Appraisal of antioxidant and anti-inflammatory activities of various extracts from the fruiting bodies of *Pleurotus florida*. *Molecules*. 2014, 19, 3310-3326; doi:10.3390/molecules19033310. ISSN: 1420-3049.

74. MAU, J.; LIN, H.; SONG, S. Antioxidant properties of several specialty mushrooms. *Food Research International*. 2002, 35, 519–526. ISSN: 0963-9969.

75. JAYAKUMAR, T.; THOMAS, P.A.; GERALDINE, P. In-vitro antioxidant activities of an ethanolic extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2009, 102, 28-234. ISSN: 1466-8564.

76. KIM, M.Y.; SEGUIN, P.; AHN, J.K.; KIM, J.J.; *ET AL.* Phenolic compound concentration and antioxidant activities of edible and medicinal mushrooms from Korea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008, 56, 7265–7270. ISSN: 1520-5118.

77. BENKORTBI, O.; HANINI, S.; BENTAHAR, F. Batch kinetics and modelling of pleuromutilin production by *Pleurotus mutilis*. *Biochemical Engineering Journal*. 2007, **36**(1), 14–18. ISSN: 1369-703X.

78. TAO, Q.; MA, K.; YANG, Y.; WANG, K.; *et. al.* Bioactive sesquiterpenes from the edible mushroom *Flammulina velutipes* and their biosynthetic pathway confirmed by genome analysis and chemical evidence. *The Journal of Organic Chemistry*. 2016, **81**(20), 9867-9877. ISSN: 0022-3263.

79. BRIZUELA, M.A.; GARCÍA, L.; PÉREZ, L.; MANSUR, M. Basidiomicetos: nueva fuente de metabolitos secundarios. *Revista Iberoamericana de Micología*. 1998, 15, 69-74. ISSN: 1130-1406.

80. VOCAK, K.; BUDESINSK, Y M.; HARMATHA, J.; PÍS, J. New ergostane type ecdysteroids from fungi. Ecdysteroid constituents of mushroom *Paxillus Kocjan atrotomentosus*. *Tetrahedron*. 1998, 54, 1657–66. ISSN: 0040-4020

### **Conflicto de interés**

Los autores expresan que no hay conflictos de intereses en el manuscrito presentado.

### **Contribución de los autores**

Yaixa Beltrán Delgado: Participó en la compilación de la revisión del tema y realizó la revisión y aprobación de la versión final del trabajo.

Humberto Morris Quevedo: Participó en la compilación de la revisión del tema y realizó la revisión y aprobación de la versión final del trabajo.

Gabriel Llauradó Maury: Realizó la revisión y aprobación de la versión final del trabajo.

Rosa Catalina Bermúdez Savón: Realizó la revisión y aprobación de la versión final del trabajo.

Nora García Oduardo: Realizó la revisión y aprobación de la versión final del trabajo.