



Auricularia, UN HONGO NATIVO DE REGIONES TROPICALES DE MÉXICO: REVISIÓN DE SU CULTIVO Y PROPIEDADES FUNCIONALES

Auricularia, A MUSHROOM NATIVE TO TROPICAL REGIONS OF MEXICO: A REVIEW OF ITS CULTIVATION AND FUNCTIONAL PROPERTIES

Geydi Mariela de la Cruz-Blanco¹, Verónica Rosales-Martínez^{1,2}, Lorena Casanova-Pérez³, Carolina Flota-Bañuelos², Fernando Modesto Parra-Pérez⁴ y Rigoberto Gaitán-Hernández^{4*}

¹Colegio de Postgraduados (CP), Campus Campeche, Postgrado en Bioprospección y Sustentabilidad Agrícola en el Trópico, Sihochac, Champotón, Campeche, México. ²Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, Ciudad de México, México. ³Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, Huejutla de Reyes, Hidalgo, México. ⁴Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia (rigoberto.gaitan@inecol.mx)

RESUMEN

Auricularia es uno de los hongos comestibles más comercializados alrededor del mundo, y es considerado el primer hongo cultivado de la historia. Este hongo se puede producir en una amplia variedad de sustratos y sus fructificaciones son valoradas en diferentes regiones del planeta, donde se comercializan y consumen. Esto a su vez, supone un aporte potencial a la diversificación en el mercado de alimentos de carácter nacional e internacional. La composición química que presentan las fructificaciones de *Auricularia* es interesante desde el punto de vista de beneficio a la salud. Se ha reportado que algunas especies como *A. auricula* y *A. polytricha* poseen compuestos que tienen efecto antimicrobiano, hipolipemiente, y que pueden ayudar a inhibir el proceso de replicación del VIH-1. También contienen diversas sustancias bioactivas que le confieren propiedades antitumorales, cardioprotectoras y antioxidantes, por lo que su consumo puede brindar beneficios a los seres humanos. Debido a esto, *Auricularia* es considerado un hongo con viabilidad de uso para la obtención de diferentes compuestos bioactivos y como un recurso útil para la elaboración de productos nutritivos y funcionales. Especies de este género se encuentran creciendo en las zonas tropicales de México y en algunas regiones tienen una aceptación como hongos comestibles. El interés por su cultivo es notable en Asia, pero limitado en México, por lo que se debe promover su producción; además de ello, sus aplicaciones biotecnológicas pueden resultar útiles para la industria alimenticia, farmacéutica y el desarrollo de productos funcionales. El objetivo de esta revisión es mostrar las consideraciones biotecnológicas asociadas con *Auricularia*, para su cultivo, la distribución en zonas tropicales de México y sus propiedades funcionales.

Palabras clave: Biotecnología, hongo oreja de madera, hongos comestibles silvestres, sustratos.

SUMMARY

Auricularia is one of the most widely traded edible mushrooms worldwide and is considered the first cultivated mushroom in history. This mushroom can be produced in a wide variety of substrates and its fruitbodies are valued in different regions of the planet, where they are marketed and consumed. This, in turn, represents a potential contribution to diversification in the domestic and international food market. The chemical composition of *Auricularia* fruitbodies is interesting from the point of view of health benefits. Some species such as *A. auricula* and *A. polytricha* have been reported to possess compounds that have an antimicrobial, lipid-lowering effect and may help inhibit the replication process of HIV-1. They also contain various bioactive

substances that give them antitumor, cardioprotective, and antioxidant properties, so their consumption can provide benefits to humans. Because of this, *Auricularia* is considered a mushroom with viability of use for obtaining different bioactive compounds and as a useful resource for the development of nutritious and functional products. Species of this genus are found growing in tropical areas of Mexico, and in some regions it is accepted as an edible mushroom. Interest in its cultivation is notable in Asia, but limited in Mexico, so its production should be promoted; in addition, its biotechnological applications can prove useful for the food and pharmaceutical industries and the development of functional products. The objective of this review is to show the biotechnological considerations associated with *Auricularia*, for its cultivation, distribution in tropical areas of Mexico and its functional properties.

Index words: Biotechnology, substrate, wood ear fungus, wild edible mushrooms.

INTRODUCCIÓN

En México, se estima que existen más de 200,000 especies de hongos (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014; Guzmán, 1998), y según datos de la CONABIO (2015), sólo se han descrito alrededor de 7,000 especies. Esta cifra indica que, aunque existen esfuerzos por parte de la comunidad científica en la aportación de conocimiento sobre los hongos, éstos han sido rebasados por diversos factores (López-García *et al.*, 2020; Moreno y Garibay, 2014); por esta razón, en la actualidad existen vacíos de conocimiento sobre gran parte de los hongos silvestres mexicanos, entre ellos los del género *Auricularia* Bull. (Díaz-Gutiérrez *et al.*, 2018).

El número de especies descritas para este género a nivel mundial ha aumentado en las últimas décadas. En 2005, Boa registró un compendio de siete especies de *Auricularia*; sin embargo, recientemente se reconocen alrededor de 37 especies de este género (Rodríguez-Gutiérrez *et al.*, 2022), entre ellas el complejo *A. auricula-judae*, *A. polytricha*, complejo *A. delicata*, complejo *A. mesenterica*, *A. cornea*, *A.*

peltata, *A. pilosa*, *A. fuscusuccinea* y *A. villosula*, siendo las dos primeras las más estudiadas y cultivadas (Prescott et al., 2018; Wu et al., 2021).

Auricularia es uno de los hongos comestibles más cultivados en todo el mundo, junto con *Lentinula*, *Pleurotus*, *Agaricus* y *Flammulina* (Kumar et al., 2021; Prescott et al., 2018; Royse y Sánchez, 2017). Estos cinco géneros conforman el 85 % de la comercialización total mundial. *Auricularia* es conocido comúnmente como 'oreja de madera' (Grimm y Wosten, 2018) y es el tercer grupo de hongos más cultivado en el mundo (Teoh et al., 2018; Wu et al., 2021), sólo por debajo del shiitake (*Lentinula*) y de la seta (*Pleurotus*). Tan sólo en China, *Auricularia* es el segundo hongo más producido, después de *Lentinula*, con un aumento en su nivel de producción del 91.6 % a partir de 2010 (Royse et al., 2017).

En algunas regiones, especialmente en países asiáticos, incluidos China, Malasia, Vietnam, Indonesia, Tailandia, Filipinas y Corea, sus fructificaciones son muy apreciadas y se consideran como una parte importante de la cocina y, además, con importancia medicinal (Lin et al., 2023; Miles y Chang, 2002); de igual manera, parte del interés por las especies de *Auricularia* radica en su potencial dentro de la industria por sus propiedades funcionales y nutritivas (Ortiz et al., 2016; Vinceti et al., 2013).

En muchos países asiáticos, el estudio de los hongos se ha visualizado como un recurso estratégico con aplicaciones biotecnológicas, entre otras; sin embargo, los esfuerzos en países de Latinoamérica aún son insuficientes. A pesar de que existen avances en el conocimiento y aprovechamiento de diversos géneros de hongos, todavía existen algunos que requieren más investigación, como *Auricularia*. Ante esta situación, la presente revisión tiene como objetivo mostrar las consideraciones biotecnológicas asociadas con *Auricularia*, como su cultivo, su distribución en zonas tropicales de México y sus propiedades funcionales.

MORFOLOGÍA Y TAXONOMÍA DE *Auricularia*

Auricularia es un hongo que pertenece a la división Basidiomycota, clase Agaricomycetes, orden Auriculariales y familia Auriculariaceae (Hibbett, 2007; Lutzoni et al., 2004; Raymundo et al., 2012). Respecto a su macromorfología, el hongo presenta basidiocarpos solitarios a cespitosos, sésiles, cupulados a auriculados, con un margen de lobado a redondo, marrón claro a marrón oscuro e himenóforo liso o con crestas presentes (Bandara et al., 2017). El micelio es incoloro, transparente y consta de muchas hifas tubulares con ramas transversales y ramificadas (Liu et al., 2021).

HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN

Las especies del género *Auricularia* crecen de forma natural en las raíces, troncos y madera en descomposición. Estos hongos están distribuidos en todo el mundo, particularmente en regiones tropicales, subtropicales y también templadas (Liu et al., 2021). Se considera que la mayoría de las especies de este género tiene distribuciones intercontinentales a cosmopolitas (Looney et al., 2013).

En México, particularmente en Veracruz, Bandala et al. (2020) citaron a *A. auricula-judae*, *A. cornea*, *A. delicata*, *A. fuscusuccinea* y *A. nigricans* (= *A. polytricha*); así mismo, López-Guzmán et al. (2017) reportaron el hallazgo de ejemplares de *Auricularia* en el Municipio de Salto de Agua, Chiapas, los cuales resultaron ser nuevos registros para la región, entre ellos, *A. nigricans* (= *A. polytricha*), *A. auricula-judae* y *A. mesenterica*, aunque en estudios posteriores se ha reportado por otros autores que las dos últimas especies no están distribuidas en América (Rodríguez-Gutiérrez et al., 2022).

En el estado de Oaxaca, México, López-García et al. (2020) citaron nuevos registros de dos especies, las cuales denominaron *A. delicata* y *A. nigricans* (= *A. polytricha*). Particularmente para el estado de Campeche, se reportaron tres especies de *Auricularia*, recolectadas en la Reserva de la Biósfera de Calakmul, *A. cornea*, *A. delicata* y *A. mesenterica* (Sierra et al., 2012). También se ha registrado *A. fuscusuccinea* en Tabasco (Carreño-Ruiz et al., 2014); en Chiapas, *A. cornea* y *A. fuscusuccinea* (Ruan-Soto, 2018) y en Tamaulipas se ha reportado *A. auricula*, *A. delicata*, *A. fuscusuccinea*, *A. mesenterica* y *A. polytricha* (García y Valenzuela, 2005). Recientemente, Rodríguez-Gutiérrez et al. (2022) reportaron que en México se distribuyen ocho especies de *Auricularia*: *A. cornea*, *A. fuscusuccinea*, *A. nigricans* (= *A. polytricha*) y *A. tremellosa*, y se registran por primera vez para el país *A. americana*, *A. angiospermarum*, *A. brasiliana* y *A. scissa*.

CULTIVO DE *Auricularia*

Se ha investigado el cultivo de este hongo utilizando sustratos compostados y no compostados, y se ha comparado su eficiencia con el propósito de identificar métodos de cultivo alternativos que puedan reducir el costo y el tiempo, pero con altos rendimientos de producción (Suwannarach et al., 2022). Actualmente, es posible obtener fructificaciones de *Auricularia* spp. mediante diversos sustratos no compostados. En trabajos recientes, se ha documentado que diferentes materiales como sustrato rinden distintas eficiencias de producción (Suwannarach et al., 2022). El cultivo de *Auricularia* se ha llevado a cabo directamente sobre troncos o en

bolsa de plástico con aserrín, como sustrato principal; sin embargo, también se han utilizado tallos de *Panicum repens*, *Pennisetum purpureum* y *Zea mays* (Liang *et al.*, 2019). Se ha reportado que existe una gran variedad de sustratos con el potencial de ser usados para la obtención de sus fructificaciones; varios de estos sustratos derivan de desechos agrícolas, forestales hortícolas, textiles, madereros y agroindustriales (Siwulski *et al.*, 2019; Teoh *et al.*, 2018), tal es el caso de pajas, el olote de maíz, rastrosos y bagazos, entre otros (Cuadro 1).

Auricularia es un hongo que puede adaptarse a diferentes residuos agrícolas y maderas, tanto blandas como duras (Stamets, 1993); por otra parte, cada especie tiene sus propios parámetros medioambientales bajo las cuales tiene un mejor desarrollo (Regis y Geösel, 2024); así también, la temperatura del sustrato es un parámetro importante, tanto para el crecimiento del micelio como para la formación de cuerpos fructíferos. Según Regis y Geösel (2024), la temperatura y humedad relativa adecuada

para la fructificación de *Auricularia* spp. es de alrededor de 24 °C y 95 %, respectivamente; de otro modo, una temperatura superior a 35 °C puede activar la proliferación de microorganismos termófilos y generar más calor, lo que incrementa la temperatura interna del sustrato; sin embargo, se ha citado también que su cultivo se adapta a temperaturas que oscilan entre los 10 y 40 °C (Irawati *et al.*, 2012). Para la fase de fructificación de *A. thailandica* se requiere una temperatura de 28 °C y una humedad de 85 a 95 % (Bandara *et al.*, 2017); al respecto, Zurbano (2018) observó crecimiento de la misma especie a temperaturas de 26 a 30 °C y HR de 87 a 95 %. Para el caso particular de *A. nigricans* (= *A. polytricha*), temperaturas que oscilan entre 23 y 28 °C favorecen su fructificación (Oei, 2003).

Lo anterior hace ver la viabilidad de cultivo de este hongo y permite revalorar a los residuos como una solución económica adecuada para la presencia excesiva de materiales de desecho, debido a que se considera una de las formas biológicas más eficientes de reciclar y reutilizar

Cuadro 1. Algunos sustratos para el crecimiento de *Auricularia* spp.

Especie	Sustrato	Condiciones	Eficiencia biológica (%)	Referencias
<i>Auricularia</i> spp.	Pulpa de café, cascarilla de arroz	Humedad: 70-90 % Temperatura: 25-30 °C	30.33	Ríos-Ruiz <i>et al.</i> (2017)
<i>A. polytricha</i>	Aserrín (<i>Falcataria oluccana</i> , <i>Shorea</i> sp. y <i>Tectona grandis</i>)	Humedad: 70 % Temperatura: 25 °C	15.6	Irawati <i>et al.</i> (2012)
	Aserrín/hoja de palma aceitera	Humedad 85 % Temperatura: 30-32 °C	288.9	Razak <i>et al.</i> (2013)
	Paja de arroz, hojas de plátano, coco (cáscara, turba y aserrín)	Humedad 65 % Temperatura 26-30 °C	30.79	Zurbano (2018)
	Aserrín de maderas duras mezclado con <i>Panicum repens</i> , <i>Pennisetum purpureum</i> y <i>Zea mays</i>	Humedad: 90% Temperatura: 22°C	148.15	Liang <i>et al.</i> (2019)
<i>A. fuscusuccinea</i>	Ramas y troncos de <i>Sinensis</i> y <i>Acer negundo</i>			Wong (1993)
	Aserrín de <i>Coffea arabica</i> , olote de maíz, aserrín de <i>Inga jinicuil</i> y bagazo de caña			Calvo-Bado <i>et al.</i> (1996)
	Aserrín (<i>Guazuma crinita</i>) Paja de trigo Cascarilla de café	Humedad: ND [†] Temperatura: 17-20 °C	50.88	Fitts <i>et al.</i> (2015)
<i>A. auricula</i>	Copos de maíz Paja de trigo	Humedad 90-95 %, Temperatura 18-23 °C	67.0	Onyango <i>et al.</i> (2011)

[†]ND: no descrito.

estos subproductos; no obstante, el proceso de cultivo, las condiciones ambientales y la composición de los sustratos utilizados desempeñan un papel muy importante en el crecimiento y rendimientos obtenidos (Thongklang *et al.*, 2020), haciendo que los rendimientos sean variables. Razak *et al.* (2013) reportaron una eficiencia biológica (EB) de 288.9 % para *A. polytricha* cultivada en una mezcla de aserrín, paja y palma aceitera. Para la misma especie, Liang *et al.* (2019) emplearon una mezcla de aserrín suplementado con diferentes proporciones de plantas herbáceas (*Panicum repens*, *Pennisetum purpureum* y *Zea mays*) y citaron valores relativamente más altos de EB en los tallos de *P. repens* (124.7 %) y *Z. mays* (148.12 %), mientras que Onyango *et al.* (2011) lograron una EB de 40.8-67 % de *A. auricula* en mazorcas de maíz con salvado de trigo. Qiang (2015) citó el cultivo de *Auricularia* en sustratos como pulpa de café, hojas de plátano, fibra de coco, cáscaras de cacao y raquis de palma de aceite.

También existen reportes de ensayos del crecimiento micelial *in vitro* de *Auricularia* en diferentes sustratos. Carreño-Ruiz *et al.* (2014) evaluaron el crecimiento de *A. fuscusuccinea* en fibra de coco, cáscaras de cacao, hojas de plátano y aserrín de cedro. Los autores reportaron el mayor crecimiento en hojas de plátano (6 mm d⁻¹), residuo utilizado por primera vez en México para el crecimiento de esta especie, el segundo sustrato con mayor crecimiento fue una mezcla de cacao-aserrín (3.64 mm d⁻¹) y el sustrato con nulo crecimiento fue la mezcla coco-aserrín. En Tailandia, Bandara *et al.* (2017) compararon el crecimiento micelial de *A. thailandica* en aserrín, cascarilla de trigo y bagazo de caña de azúcar y reportaron que con el aserrín de madera se necesitaron 56.4 ± 1.2 días para colonizar 1 kg del sustrato, y éste registró la mayor tasa de crecimiento. El menor crecimiento del micelio se observó en el bagazo de caña de azúcar, que requirió 87.6 ± 2.2 días para colonizar. Así también, el aserrín de madera se utilizó como sustrato para la producción de basidiocarpos y la domesticación preliminar de *A. thailandica*, ya que su tasa de crecimiento micelial fue alta.

En Filipinas, Zurbano (2018) evaluó el crecimiento del micelio y fructificación de *A. polytricha* en aserrín de madera, paja de arroz, fibra de coco y hojas de plátano secas, todos suplementados con salvado de arroz y 1 % de cal. El autor reportó que el crecimiento del micelio más rápido, el mejor rendimiento y más alta EB se observaron en una mezcla de 79 % de aserrín de madera, 20 % de salvado de arroz y 1 % de cal, logrando una EB de 30.79 %.

IMPORTANCIA NUTRICIONAL

Los hongos son recursos valorados por los diferentes beneficios que proveen a las personas (Boa, 2005). En la

actualidad, se conoce que estos organismos producen compuestos químicos que tienen efectos positivos en el cuerpo humano, por lo que se les considera como alimentos funcionales. Algunos de los que se encuentran presentes en los hongos son: sustancias bioactivas, vitaminas como las del complejo B, que incluye riboflavina, ácido fólico, tiamina, ácido pantoténico y niacina; minerales como selenio, potasio, cobre, hierro y fósforo, elementos traza, carbohidratos, aminoácidos y proteínas (Avci *et al.*, 2016; Lin *et al.*, 2013).

En el caso de los hongos del género *Auricularia*, se ha reportado que poseen un alto valor nutricional, son bajos en calorías, ricos en polisacáridos, proteínas, vitaminas y minerales (Chiu *et al.*, 2014); además, son una buena fuente de carbohidratos (Liu *et al.*, 2021; Yu y Oh, 2016). Por esto, son considerados alimentos de alta calidad nutricional (Kozarski *et al.*, 2015; Teoh *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2011), y su consumo puede influir en mejorar la salud humana (Liu *et al.*, 2021) (Cuadro 2).

Especies como *A. auricula-judae* contienen fibra, vitaminas hidrosolubles y minerales, relacionados con un 90 % de agua libre y una variedad de componentes, entre los cuales destacan polisacáridos (13-28 %), melanina (1-3 %), antioxidantes como polifenoles (1 %) y flavonoides (0.03 %) (Zou *et al.*, 2015). La presencia de estos compuestos le confiere algunas aplicaciones biotecnológicas a este hongo, como su uso para la obtención de antioxidantes en la industria alimentaria y para el desarrollo de productos nutraceuticos (Oli *et al.*, 2020); así mismo, se han identificado especies de *Auricularia* con alto contenido de fibra (20 %), mayor que otras especies de hongos comestibles (Bandara *et al.*, 2017).

Auricularia COMO FUENTE DE COMPUESTOS BIOACTIVOS

Se ha reportado que *Auricularia* presenta diversas propiedades benéficas (Mapoung *et al.*, 2021; Teoh *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2004) y una variada gama de compuestos bioactivos que le confieren propiedades medicinales; por esta razón, *Auricularia* ha sido utilizado en la medicina tradicional asiática durante siglos (Liu *et al.*, 2021; Ortiz *et al.*, 2016).

Algunos de sus principales usos son como auxiliar en terapias para la regulación de la presión arterial y en diferentes padecimientos como la hipercolesterolemia, hiperlipidemia, trastornos cardiovasculares y bronquitis crónica (Hossen *et al.*, 2018; Lin *et al.*, 2013) (Cuadro 3). En la actualidad, el estudio de la actividad antioxidante y antimicrobiana de *Auricularia* ha adquirido gran relevancia, principalmente con el objetivo de descubrir nuevos

Cuadro 2. Composición nutricional de *Auricularia* spp. (valores en base seca).

Especie	Concentración (%)							Referencias
	FD	P	G	C	CE	Mi	A	
<i>A. polytricha</i>	3.6	10-16	0.3-0.7	ND	ND	S, K, Cu, Fe, P	17.9	Díaz-Gutiérrez <i>et al.</i> (2018), Hossen <i>et al.</i> (2018)
<i>A. auricula</i>	9-14	8-10	0.8-1.2	84-87	4-7	K, Mg, H		Stamets (1993), Bandara <i>et al.</i> (2017)
<i>A. cornea</i>	72.57	13.85	2.37	9.03	3.75	Mg, K, Fe, Ni, Zn		Stamets (1993), Bandara <i>et al.</i> (2017)
<i>A. fuscossuccinea</i>	11.7	8.6	64.5	71.2		K, P	0.07	Mau <i>et al.</i> (2001)
<i>A. thailandica</i>	4.625	12.99	2.93	16.23		Mg, K, Fe, Ni, Zn	1.13	Bandara <i>et al.</i> (2017)

FD: fibra dietética, P: proteína, G: grasas, C: carbohidratos, CE: cenizas, Mi: minerales, A: aminoácidos.

Cuadro 3. Principales actividades biológicas de *Auricularia* spp.

Especie	Bioactividad	Compuesto bioactivo	Referencias
<i>A. auricula</i> , <i>A. polytricha</i>	Inmuno-moduladora	Polisacáridos sulfatados, proteínas simples sin hidratos de carbono	Nguyen <i>et al.</i> (2012), Yu <i>et al.</i> (2014)
	Antitumoral	Heteroglicanos ácidos, betaglicanos, D-glucopiranosil	Ma <i>et al.</i> (2014), Reza <i>et al.</i> (2014)
	Antiviral	Malondialdehído, ácido ascórbico, glutatión	Ma <i>et al.</i> (2014)
<i>A. auricula-judae</i>	Cardioprotectora	Polisacáridos	Wu <i>et al.</i> (2010)
	Hipoglucémica	Polisacáridos solubles en agua	Yuan <i>et al.</i> (2016)
	Anticoagulante, antiplaquetaria	Polisacáridos ácidos	Yoon <i>et al.</i> (2003)
<i>A. auricula</i> , <i>A. polytricha</i> , <i>A. fuscossuccinea</i>	Antioxidante	Ácido ascórbico, tocoferoles, fenoles totales, polisacáridos, polisacáridos sulfatados y polisacáridos carboximetilados	Mau <i>et al.</i> (2001), Nguyen <i>et al.</i> (2012), Sun <i>et al.</i> (2016)

agentes para el tratamiento y cura de enfermedades (Avci *et al.*, 2016; Yu y Oh, 2016).

En Asia se han realizado algunos esfuerzos que han logrado validar el conocimiento tradicional mediante diversas investigaciones clínicas y farmacológicas modernas (Avci *et al.*, 2016; Chiu *et al.*, 2014; Sillapachaiyaporn *et al.*, 2019). En una investigación realizada en 2010, se demostró que *Auricularia* presenta un efecto farmacológico benéfico sobre la fracción de eyección del ventrículo izquierdo del corazón (Wu *et al.*, 2010) y en 2011 se reportó que también presenta capacidad inhibidora de la peroxidación lipídica, que

puede ayudar a la disminución del daño hepático (Zhang *et al.*, 2011).

Por su parte, Yu *et al.* (2014) estudiaron la actividad anticancerígena de los polisacáridos de *A. polytricha*, y Chiu *et al.* (2014) evaluaron el efecto hipocolesterolémico y el estado antioxidante de un extracto acuoso de la misma especie en un modelo animal de hígado graso no alcohólico. Wong *et al.* (2013) encontraron que la ingesta de *A. fuscossuccinea* puede producir un efecto positivo contra el estrés oxidativo, derivado de su contenido de fenoles (10.85 mg g⁻¹) y flavonoides (2.18 mg g⁻¹).

Una investigación de Zou *et al.* (2015) demostró que *A. auricula-judae*, presenta una actividad antioxidante mayor que el butilhidroxitolueno (BHT), antioxidante sintético que se utiliza comúnmente en la industria de los cosméticos. Estos autores concluyeron que los polisacáridos presentes en este hongo tienen un buen potencial como antioxidantes naturales, puesto que tienen alta capacidad de eliminar radicales libres de hidroxilo. Una investigación posterior demostró que un extracto hexánico de *A. polytricha* podía inhibir la replicación del VIH-1 al bloquear la actividad PR del virus (Sillapachaiyaporn *et al.*, 2019).

En México se ha reportado uso medicinal de *Auricularia* en diversos estados del país como Tabasco (*A. polytricha*) y Durango (*A. mesenterica*) (Rodríguez-Gutiérrez *et al.* (2022). De la misma manera, se ha documentado que *A. auricula-judae*, *A. cornea*, *A. delicata* y *A. fuscusuccinea* se usan en la medicina tradicional mexicana contra la ansiedad, debilidad, desórdenes gastrointestinales, febrifugo y purgante, entre otros (Bautista-González y Moreno-Fuentes, 2014).

CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS

Las especies de *Auricularia* pueden ser utilizadas como alimento funcional, como un recurso para la obtención de diferentes compuestos benéficos para los humanos y para el desarrollo de productos nutraceuticos; así mismo, su cultivo representa una alternativa de aprovechamiento productivo mediante el uso de desechos agroindustriales y forestales, como el aserrín, el bagazo y la paja de diferentes especies vegetales.

El cultivo y producción de *Auricularia* puede ayudar a mantener la disponibilidad de fructificaciones en México y otras regiones del mundo durante todo el año. Esto resulta muy útil puesto que, por sus distintas propiedades, como su capacidad antioxidante, antimicrobiana y antiviral, *Auricularia* representa una alternativa productiva y de consumo para la prevención y tratamiento de diferentes padecimientos; no obstante, aún resulta necesario realizar más investigaciones del cultivo con diferentes sustratos y condiciones ambientales que permitan mayores rendimientos y calidad de las fructificaciones. *Auricularia* es un recurso que puede ser aprovechado por la población, con potenciales aplicaciones y efectos benéficos para la salud. Es necesario llevar a cabo más trabajos de investigación sobre su aislamiento, conservación, cultivo, propiedades fisicoquímicas, compuestos bioactivos presentes, entre otros, que posibiliten dar un mayor potencial biotecnológico a esta especie.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT/SECIHTI) por la beca de postgrado otorgada a la primera autora y por el proyecto Cátedras 2181 Estrategias agroecológicas para la seguridad alimentaria en las zonas rurales de Campeche. Al Colegio de Postgraduados y al Instituto de Ecología, A. C., por todo el apoyo para esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-Acosta E., M. Ulloa, S. Aguilar, J. Cifuentes y R. Valenzuela (2014) Biodiversidad de hongos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S76-S81, <https://doi.org/10.7550/rmb.33649>
- Avci E., G. Cagatay, G. A. Avci, M. Suicmez and C. Cevher (2016) An edible mushroom with medicinal significance; *Auricularia polytricha*. *Hittite Journal of Science and Engineering* 3:111-116, <https://doi.org/10.17350/HJSE19030000040>
- Bandala V. M., L. Montoya y D. Ramos (2020) Hongos basidiomicetos. In: Biodiversidad del Santuario del Bosque de Niebla, Xalapa, Veracruz. F. Villalobos C. y W. Dáttilo (eds.). Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Veracruz, México. pp:131-153.
- Bandara A. R., S. C. Karunarathna, P. E. Mortimer, K. D. Hyde, S. Khan, P. Kakumyan and J. Xu (2017) First successful domestication and determination of nutritional and antioxidant properties of red ear mushroom *Auricularia thailandica* (Auriculariales, Basidiomycota). *Mycological Progress* 16:1029-1039, <https://doi.org/10.1007/s11557-017-1344-7>
- Bautista-González J. A. y Á. Moreno-Fuentes (2014) Los hongos medicinales de México. In: La Etnomicología en México, Estado del Arte. A. Moreno F. y R. Garibay O. (eds.). Red de Etnoecología y Patrimonio Biocultural (CONACyT)-UAEH-Instituto de Biología UNAM-Sociedad Mexicana de Micología.-Asociación Etnobiológica Mexicana, A. C.-Grupo Interdisciplinario para el Desarrollo de la Etnomicología en México-Sociedad Latinoamericana de Etnomicología. México, D. F. pp:145-176.
- Boa E. (2005) Los Hongos Silvestres Comestibles. Perspectiva Global de su Uso e Importancia para la Población. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 163 p.
- Calvo-Bado L. A., J. E. Sánchez-Vázquez y G. Huerta-Palacios (1996) Cultivo de *Auricularia fuscusuccinea* (Mont.) Farlow sobre sustratos agrícolas en el sureste de México. *Micología Neotropical Aplicada* 9:95-106.
- Carreño-Ruiz S. D., S. Capello-García, R. Gaitán-Hernández, J. Cifuentes-Blanco y E. Rosique-Gil (2014) Crecimiento de tres hongos comestibles tropicales en medios de cultivo y residuos agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5:1447-1458. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i8.822>
- Chiu W. C., H. H. Yang, S. C. Chiang, Y. X. Chou and H. T. Yang (2014) *Auricularia polytricha* aqueous extract supplementation decreases hepatic lipid accumulation and improves antioxidative status in animal model of nonalcoholic fatty liver. *BioMedicine* 4:29-38, <https://doi.org/10.7603/s40681-0140012-3>
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2015) Biodiversidad mexicana ¿Cuántas especies hay? Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México. <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/cuantasesp> (Noviembre 2024).
- Díaz-Gutiérrez K., G. Morales-Vélez, A. Radilla-Osorio y P. VonBertrab (2018) Identificación, caracterización y conservación de hongos silvestres mexicanos. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 3:501-507.
- Fitts V. L. A., M. E. Palomino A. y M. Araujo F. (2015) Identificación de las técnicas de propagación y cultivo en residuos agroindustriales de hongos comestibles originarios de San Juan de Cacazú en la Selva central de la Amazonía peruana. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible* 4:47-63, <https://doi.org/10.17350/HJSE19030000040>

- org/10.5377/payds.v4i0.3963
- García J. J. y R. Valenzuela G. (2005) Hongos macromicetos. In: Historia Natural de la Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas, México, G. Sánchez-Ramos, P. Reyes-Castillo y R. Dirzo (eds.). Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. pp:321-337.
- Grimm D. and H. A. B. Wösten (2018) Mushroom cultivation in the circular economy. *Applied Microbiology and Biotechnology* 102:7795-7803, <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9226-8>
- Guzmán G. (1998) Inventorying the fungi of Mexico. *Biodiversity and Conservation* 7:369-384, <https://doi.org/10.1023/A:1008833829473>
- Hibbett D. S. (2007) A phylogenetic overview of the Agaricomycotina. *Mycologia* 98:917-925, <https://doi.org/10.1080/15572536.2006.11832621>
- Hossen M. S., M. M. B. Prince, E. M. Tanvir, M. A. Z. Chowdhury, M. A. Rahman, F. Alam, ... and M. I. Khalil (2018) *Ganoderma lucidum* and *Auricularia polytricha* mushrooms protect against carbofuran-induced toxicity in rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2018:6254929, <https://doi.org/10.1155/2018/6254929>
- Irawati D., C. Hayashi, Y. Takashima, S. Wedatama, F. Ishiguri, K. Lizuka and S. Yokota (2012) Cultivation of the edible mushroom *Auricularia polytricha* using sawdustbased substrate made of three Indonesian commercial plantation species, *Falcataria moluccana*, *Shorea* sp. and *Tectona grandis*. *Micología Aplicada Internacional* 24:33-41.
- Kozarski M., A. Klaus, D. Jakovljevic, N. Todorovic, J. P. Vunduk, P. Petrovic, ... and L. V. Griensven (2015) Antioxidants of edible mushrooms. *Molecules* 20:19489-19525, <https://doi.org/10.3390/molecules201019489>
- Kumar H., K. Bhardwaj, R. Sharma, E. Nepovimova, N. Cruz-Martins, D. S. Dhanjal and K. Kuča (2021) Potential usage of edible mushrooms and their residues to retrieve valuable supplies for industrial applications. *Journal of Fungi* 7:427, <https://doi.org/10.3390/jof7060427>
- Liang C. H., C. Y. Wu, P. L. Lu, Y. C. Kuo and Z. C. Liang (2019) Biological efficiency and nutritional value of the culinary-medicinal mushroom *Auricularia* cultivated on a sawdust basal substrate supplement with different proportions of grass plants. *Saudi Journal of Biological Sciences* 26:263-269, <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.10.017>
- Lin W. Y., M. J. Yang, L. T. Hung and L. C. Lin (2013) Antioxidant properties of methanol extract of a new commercial gelatinous mushrooms (white variety of *Auricularia fuscousuccinea*) of Taiwan. *African Journal of Biotechnology* 12:6210-6221, <https://doi.org/10.5897/AJB12.1520>
- Lin J., B. Zhang, J. Feng, Z. Yim, H. Zhang, M. Luo, ... and F. Zhao (2023) Determining food tourism consumption of wild mushrooms in Yunnan Province, China: a projection-pursuit approach. *Heliyon* 9:e14638, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14638>
- Liu E., Y. Ji, F. Zhang, B. Liu and X. Meng (2021) Review on *Auricularia auricula-judae* as a functional food: growth, chemical composition, and biological activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 69:1739-1750, <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c05934>
- Looney B. P., J. M. Birkebak and P. B. Matheny (2013) Systematics of the genus *Auricularia* with an emphasis on species from the Southeastern United States. *North American Fungi* 8:1-25, <https://doi.org/10.2509/naf2013.008.006>
- López-García A., J. Pérez-Moreno, M. Jiménez-Ruiz, E. Ojeda-Trejo, J. Delgadillo-Martínez y F. Hernández-Santiago (2020) Conocimiento tradicional de hongos de importancia biocultural en siete comunidades de la región chinanteca del estado de Oaxaca, México. *Scientia Fungorum* 50:e1280, <https://doi.org/10.33885/sf.2020.50.1280>
- López-Guzmán L. M., S. Chacón y A. Bautista-Gálvez (2017) Adiciones al conocimiento sobre la diversidad de los hongos (macromicetos) de Chiapas, México. *Scientia Fungorum* 45:27-35, <https://doi.org/10.33885/sf.2017.0.1165>
- Lutzoni F., F. Kauff, C. J. Cox, D. McLaughlin, G. Celio, B. Dentinger, ... and R. Vylgalys (2004) Assembling the fungal tree of life: progress, classification and evolution of subcellular traits. *American Journal of Botany* 91:1446-1480, <https://doi.org/10.3732/ajb.91.10.1446>
- Ma H., X. Xu and L. Feng (2014) Responses of antioxidant defenses and membrane damage to drought stress in fruit bodies of *Auricularia auricula-judae*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 30:119-124, <https://doi.org/10.1007/s11274-013-1416-z>
- Mapoung S., S. Umsumarng, W. Semmarath, P. Arijis, P. Thippraphan, S. Yodkeeree and P. Limtrakul (2021) Skin wound-healing potential of polysaccharides from medicinal mushroom *Auricularia auricula-judae* (Bull.). *Journal of Fungi* 7:247, <https://doi.org/10.3390/jof7040247>
- Mau J. L., G. R. Chao and K. T. Wu (2001) Antioxidant properties of methanolic extracts from several ear mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49:5461-5467, <https://doi.org/10.1021/jf010637h>
- Miles P. G. y S. T. Chang (2002) Biología de las Setas, Fundamentos Básicos y Acontecimientos Actuales. Instituto Zeri para Latinoamérica. Bogotá, Colombia. 206 p.
- Moreno F. A. y R. Garibay O. (2014) La Etnomicología en México: Estado del Arte. Red de Etnoecología y Patrimonio Biocultural (CONACyT)-Universidad del Estado de Hidalgo-Instituto de Biología UNAM-Sociedad Mexicana de Micología-Asociación Etnobiológica Mexicana, A.C.-Grupo Interdisciplinario para el Desarrollo de la Etnomicología en México-Sociedad Latinoamericana de Etnobiología. México, D. F. 243 p.
- Nguyen T. L., J. Chen, Y. Hu, D. Wang, Y. Fan, J. Wang, ... and B. K. Dang (2012) In vitro antiviral activity of sulfated *Auricularia auricula* polysaccharides. *Carbohydrate Polymers* 90:1254-1258, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.06.060>
- Oei P. (1996) Mushroom Cultivation: With Special Emphasis on Appropriate Techniques for Developing Countries. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands. 284 p.
- Oli A. N., P. A. Edeh, R. M. Al-Mosawi, N. A. Mbachui, H. O. M. Al-Dahmashi, N. S. K. Al-Khafaji, ... and M. Saki (2020) Evaluation of the phytoconstituents of *Auricularia auricula-judae* mushroom and antimicrobial activity of its protein extract. *European Journal of Integrative Medicine* 38:101176, <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2020.101176>
- Onyango B. O., V. A. Palapala, P. F. Arama, S. O. Wagai and B. M. Gichimu (2011) Suitability of selected supplemented substrates for cultivation of Kenyan native wood ear mushrooms (*Auricularia auricula*). *American Journal of Food Technology* 6:395-403, <https://doi.org/10.3923/ajft.2011.395.403>
- Ortiz E., C. Soto A., C. Saransi, K. Ayala, L. Faz, N. Benavides, ... y A. Pineda S. (2016) Banco de recursos genéticos de *Auricularia* spp. con fines industriales. *Bionatura* 1:139-145, <https://doi.org/10.21931/RB/2016.01.03.8>
- Prescott T., J. Wong, B. Panaretou, E. Boa, A. Bond, S. Chowdhury, ... and L. Østergaard (2018) Useful fungi. In: State of the World's Fungi 2018. K. J. Willis and P. M. Kirk (eds.). Royal Botanic Gardens. Kew, UK. pp:24-31.
- Qiang W. (2015) Method for cultivating *Auricularia polytricha* through wild jujube branch sawdust. Patent CN104956924A. China National Intellectual Property Administration. Beijing, China. 9 p.
- Raymundo T., M. Contreras, S. Bautista-Hernández, R. Díaz-Moreno y R. Valenzuela (2012) Hongos tremeloides del bosque Las Bayas, Municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México. *Polibotánica* 33:85-103.
- Razak D. L. A., N. Abdullah, N. M. K. Johari and V. Sabaratnam (2013) Comparative study of mycelia growth and sporophore yield of *Auricularia polytricha* (Mont.) Sacc on selected palm oil wastes as fruiting substrate. *Applied Microbiology and Biotechnology* 97:3207-3213, <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4135-8>
- Regis M. A. J. and A. Geösel (2024) Cultivation of *Auricularia* species: a review of the history, health benefits, principles, practices, environmental conditions, research methods, and recent trends. *Sydowia* 76:21-33.
- Reza M. A., M. A. Hossain, S. J. Lee, S. B. Yohannes, D. Damte, M. H. Rhee, ... and S. C. Park (2014) Dichloromethane extract of the jelly ear mushroom *Auricularia auricula-judae* (higher Basidiomycetes) inhibits tumor cell growth in vitro. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 16:37-47, <https://doi.org/10.1615/>

- intjmedmushr.v16.i1.40
- Ríos-Ruiz W. F., R. A. Valdez-Núñez y J. P. Jiménez-Flores (2017) Aislamiento, propagación y crecimiento de hongos comestibles nativos en residuos agroindustriales. *Scientia Agropecuaria* 8:327-335, <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.04>
- Rodríguez-Gutiérrez I., R. Garibay-Orijel, S. Sierra, J. Jiménez-Zárate, J. A. Cervantes-Chávez J. L. Villaruel-Ordaz, ... y F. Landeros (2022) El género *Auricularia* (Agaricomycotina: Basidiomycota) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 93:e933994, <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.3994>
- Royse D. J. y J. E. Sánchez (2017) Producción mundial de setas *Pleurotus* spp. con énfasis en países iberoamericanos. In: La Biología, el Cultivo y las Propiedades Nutricionales y Medicinales de las Setas *Pleurotus* spp. J. E. Sánchez y D. J. Royse (eds.). El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. pp:17-25.
- Royse D. J., J. Baars and Q. Tan (2017) Current overview of mushroom production in the world. In: Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications. D. C. Zied and A. Pardo-Giménez (eds.). John Wiley & Sons. Hoboken, New Jersey, USA. <https://doi.org/10.1002/9781119149446.ch2>, pp:5-13.
- Ruan-Soto F. (2018) Recolección de hongos comestibles silvestres y estrategias para el reconocimiento de especies tóxicas entre los tsotsiles de Chamula, Chiapas, México. *Scientia Fungorum* 48:1-13, <https://doi.org/10.33885/sf.2018.48.1179>
- Sierra S., I. Rodríguez-Gutiérrez, L. A. Izquierdo-San Agustín, S. Castro-Santiuste, J. Cifuentes y L. Pérez-Ramírez (2012) Hongos tremeloides (Heterobasidiomycetes) de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:23-30, <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.1.1136>
- Sillapachaiyaporn C., S. Nilkhet, A. T. Ung and S. Chuchawankul (2019) Anti-HIV-1 protease activity of the crude extracts and isolated compounds from *Auricularia polytricha*. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 19:351, <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2766-3>
- Siwulski M., P. Rzymiski, A. Budka, P. Kalač, S. Budzyńska, L. Dawidowicz, ... and P. Niedzielski (2019) The effect of different substrates on the growth of six cultivated mushroom species and composition of macro and trace elements in their fruiting bodies. *European Food Research and Technology* 245:419-431, <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3174-5>
- Sun S., X. Zhang, S. Sun, L. Zhang, S. Shan and H. Zhu (2016) Production of natural melanin by *Auricularia auricula* and study on its molecular structure. *Food Chemistry* 190:801-807, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.042>
- Suwannarach N., J. Kumla, Y. Zhao and P. Kakumyan (2022) Impact of cultivation substrate and microbial community on improving mushroom productivity: a review. *Biology* 11:569, <https://doi.org/10.3390/biology11040569>
- Stamets P. (1993) Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms. Ten Speed Press. Berkeley, California, USA. 554 p.
- Teoh H. L., I. S. Ahmad, N. M. K. Johari, N. Aminudin and N. Abdullah (2018) Antioxidant properties and yield of wood ear mushroom, *Auricularia polytricha* (Agaricomycetes), cultivated on rubberwood sawdust. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 20:369-380, <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2018025986>
- Thongklang N., L. Keokanngun, W. Tiam and K. D. Hyde (2020) Cultivation of a wild strain of *Auricularia cornea* from Thailand. *Current Research in Environmental & Applied Mycology* 10:120-130, <https://doi.org/10.5943/cream/10/1/13>
- Vinceti B., C. Termote, A. Ickowitz, B. Powell, K. Kehlenbeck and D. Hunter (2013) The contribution of forests and trees to sustainable diets. *Sustainability* 5:4797-4824, <https://doi.org/10.3390/su5114797>
- Wang X., Y. Lan, Y. Zhu, S. Li, M. Liu, X. Song, ... and L. Jia (2018) Hepatoprotective effects of *Auricularia cornea* var. *Li* polysaccharides against the alcoholic liver diseases through different metabolic pathways. *Scientific Reports* 8:7574, <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25830-w>
- Wong F. C., T. T. Chai, S. L. Tan and A. L. Yong (2013) Evaluation of bioactivities and phenolic content of selected edible mushrooms in Malaysia. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* 12:1011-1016, <https://doi.org/10.4314/tjpr.v12i6.21>
- Wu Q., Z. Tan, H. Liu, L. Gao, S. Wu, J. Luo, ... and X. Xu (2010) Chemical characterization of *Auricularia auricula* polysaccharides and its pharmacological effect on heart antioxidant enzyme activities and left ventricular function in aged mice. *International Journal of Biological Macromolecules* 46:284-288, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2010.01.016>
- Wu F., A. Tohtirjap, L. F. Fan, L. W. Zhou, R. L. M. Alvarenga, T. B. Gibertoni and Y. C. Dai (2021) Global diversity and updated phylogeny of *Auricularia* (Auriculariales, Basidiomycota). *Journal of Fungi* 7:933, <https://doi.org/10.3390/jof7110933>
- Yang P. S., X. C. Luo and Q. Zhou (2004) RAPD molecular differentiation of the cultivated strains of the jelly mushrooms, *Auricularia auricula* and *A. polytricha*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 20:795-799, <https://doi.org/10.1007/s11274-004-0584-y>
- Yoon S. J., M. A. Yu, Y. R. Pyun, J. K. Hwang, D. C. Chu, L. R. Juneja and P. A. S. Mourão, (2003) The nontoxic mushroom *Auricularia auricula* contains a polysaccharide with anticoagulant activity mediated by antithrombin. *Thrombosis Research* 112:151-158, <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2003.10.022>
- Yu S. C. and T. J. Oh (2016) Antioxidant activities and antimicrobial effects of extracts from *Auricularia auricula-judae*. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition* 45:327-332, <https://doi.org/10.3746/jkfn.2016.45.3.327>
- Yu J., R. Sun, Z. Zhao and Y. Wang (2014) *Auricularia polytricha* polysaccharides induce cell cycle arrest and apoptosis in human lung cancer A549 cells. *International Journal of Biological Macromolecules* 68:67-71, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.04.018>
- Yuan Z., P. He, J. Cui and H. Takeuchi (2016) Hypoglycemic effect of water-soluble polysaccharide from *Auricularia auricula-judae* Quel. on genetically diabetic KK-A^y mice. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 62:1898-1903, <https://doi.org/10.1271/bbb.62.1898>
- Zhang H., Z. Y. Wang, L. Yang, X. Yang, X. Wang and Z. Zhang (2011) In vitro antioxidant activities of sulfated derivatives of polysaccharides extracted from *Auricularia auricular*. *International Journal of Molecular Sciences* 12:3288-3302, <https://doi.org/10.3390/ijms12053288>
- Zou Y., A. Jiang and M. Tian (2015) Extraction optimization of antioxidant polysaccharides from *Auricularia auricula* fruiting bodies. *Food Science and Technology* 35:428-433, <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6712>
- Zurbano L. Y. (2018) Mycelial growth and fructification of earwood mushroom (*Auricularia polytricha*) on different substrates. *KnE Social Sciences* 3:799-814, <https://doi.org/10.18502/kss.v3i6.2421>