

TENDENCIAS EN LA BIOINDUSTRIA: OBTENCION DE BIOMASA DE HONGOS PARA GENERACION DE PRINCIPIOS ACTIVOS ANTIOXIDANTES PARA SU USO ALIMENTARIO

TRENDS IN THE BIOINDUSTRY: OBTAINING BIOMASS FROM FUNGI FOR THE GENERATION OF ACTIVE ANTIOXIDANT PRINCIPLES FOR FOOD USE

Mariani, M. E.^{1,2}; Juncos, N. S.^{3,4}; Grosso, N. R.^{3,4}; Olmedo, R.^{3,5}

¹Universidad Nacional de Córdoba. Centro de Transferencia de Bioinsumos (CeTBIO). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Córdoba. Argentina.

²CONICET. Centro Científico Tecnológico (CCT-Córdoba). Córdoba. Argentina.

³Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Laboratorio de Tecnología de Alimentos (LabTA) / Química Biológica. Córdoba. Argentina.

⁴CONICET. Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV). Córdoba. Argentina.

⁵CONICET. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos Córdoba (ICYTAC). Córdoba. Argentina.

emariani@agro.unc.edu.ar

RESUMEN

El artículo brinda conocimientos sobre el potencial que posee la "bioindustria" como fuente de componentes activos útiles para la industria alimentaria y que se encuentran relacionados a la calidad de los alimentos que se consumen. En éste contexto, se abordan los "Antioxidantes en los alimentos", sustancias químicas sintetizadas presentes en los alimentos de manera natural o sintética, que permiten protegerlos de los factores ambientales que causan deterioro. La oxidación lipídica es una de las principales causas de deterioro y disminución de la vida útil de los alimentos, pudiendo generar radicales libres responsables de la pérdida de la calidad química, sensorial e inocuidad y razón por la cual se incorporan antioxidantes en ellos. Los antioxidantes retrasan la oxidación de lípidos mediante la inhibición de la iniciación y propagación de reacciones redox. Dados los potenciales efectos tóxicos de los aditivos sintéticos, la industria alimentaria comienza a preferir el uso de los antioxidantes naturales. Muchos hongos poseen principios activos antioxidantes, que además de aportar buenas propiedades sensoriales, son percibidos por el consumidor como alimentos sanos. El Centro de Transferencia de Bioinsumos y el Laboratorio de Tecnología de Alimentos, de manera conjunta estudian el potencial uso de hongos para generar ingredientes alimentarios para la generación de biomasa a través de la bioindustria.

Palabras clave: aditivos naturales, antioxidantes naturales, propiedades funcionales, hongos, extractos.

ABSTRACT

The article provides knowledge about the potential that the "bioindustry" has as a source of useful active components for the food industry and that is related to the quality of the food consumed. In this context we will address the "Antioxidants in food" which are synthesized chemical substances that are present in food naturally or synthetically and that allow them to protect themselves from environmental factors that cause deterioration. Lipid oxidation is one of the main causes of deterioration and decrease in the useful life of foods, being able to generate free radicals responsible for the loss of chemical, sensory and safety quality and that is the reason why antioxidants are incorporated in them. Antioxidants delay lipid oxidation by inhibiting the initiation and propagation of oxidative reactions. Given the potential toxic effects of synthetic additives, the food industry is beginning to prefer the use of natural antioxidants. Many mushrooms have antioxidant active ingredients, which in addition to providing good sensory properties, are perceived by the consumer as healthy foods. The Centro de Transferencia de Bioinsumos and the Laboratorio de Tecnología de Alimentos jointly study the potential use of fungi to generate food ingredients for the generation of biomass through bioindustry.

Keywords: natural additives, natural antioxidants, functional properties, fungi, extracts

INTRODUCCION

Actualmente existe una gran tendencia hacia la búsqueda de alimentos que permitan obtener mayores beneficios para la salud humana en virtud del consumo de alimentos

más sanos. En el presente, la sociedad está asistiendo a un cambio de paradigma respecto del uso de los conservantes y aditivos en alimentos, buscando alternativas más naturales. Uno de los principales objetivos de la bioindustria es el de reemplazar la utilización de conservantes químicos sintéticos por conservantes naturales en la prolongación de la vida útil de los alimentos. Éste cambio de paradigma se sustenta en la evidencia de que muchos conservantes sintéticos utilizados en forma crónica pueden resultar nocivos para la salud del consumidor.

Los dos factores principales que causan el deterioro de los alimentos lo constituyen los microorganismos y la oxidación. El presente artículo se focaliza en el efecto de la oxidación (cambio químico de las moléculas del alimento fundamentalmente lípidos) producidas por las enzimas y/o los radicales libres. En estos últimos años se cuenta con mayor seguridad y regulación sobre los alimentos que se ingieren debido, en parte, por el incremento de los controles bromatológicos, y por el conocimiento que se tiene sobre la inocuidad de los mismos. En muchos casos las fechas de vencimientos de los alimentos se han alargado gracias al empleo de ciertos conservantes que permiten mantener a los mismos en adecuado estado y buena apariencia en las góndolas.

En la composición de la mayoría de los alimentos están presentes distintos tipos de aceites y grasas que tienden a oxidarse fácilmente modificando las propiedades sensoriales del mismo; como por ejemplo, se pueden citar, productos cárnicos, snacks, legumbres, salsas y muchos otros productos. A los efectos de evitar que dichos alimentos se degraden fácilmente y lograr extender la vida útil (fecha de vencimiento) de los mismos, se hace necesario incorporar en los mismos, moléculas que presenten propiedades antioxidantes.

Los antioxidantes naturales que se agregan en los alimentos son opuestos a los pro-oxidantes, que se los relacionan con la predisposición a enfermedades. Estos últimos, inducen el estrés oxidativo, formando radicales libres o inhibiendo la acción de los antioxidantes. Dependiendo de la naturaleza, concentración y composición de los alimentos, los antioxidantes tanto sintéticos como los naturales, pueden tener actividad pro-oxidante.

El presente artículo pretende brindar información relacionada a la naturaleza de las moléculas antioxidantes y su modo de acción.

Al igual que las propiedades antioxidante de los extractos de aceites esenciales provenientes de plantas, ampliamente estudiados para su aplicación en alimentos, los extractos de hongos también tendrían un impacto como conservante y aportando así también propiedades sensoriales por poseer, estas moléculas, sabor y olor característicos.

Avances recientes en biotecnología y microbiología han facilitado a los investigadores la exploración, detección e identificación de estos metabolitos secundarios que tienen alta capacidad antioxidante, además de presentar actividad anticancerígena, antiinflamatoria y características antibacterianas, de fuentes no tradicionales, baratas y fácilmente disponibles, como son los hongos. Esto se enmarca en el concepto de bioindustria la cual utilizando sistemas biológicos permite la obtención de principios activos como antioxidantes, antibacterianos, vitaminas, sabores e ingredientes de los denominados química fina.

El objetivo buscado en el siguiente artículo es mostrar parte del estado del conocimiento acerca de los componentes antioxidantes presentes en hongos. La información bibliográfica consultada indica que los hongos contienen moléculas de características fenólicas que presentan actividad antioxidante. La idea es demostrar la importancia del estudio en este campo para evaluar su futuro potencial como ingredientes alimentarios, ya sea como conservantes o compuestos bioactivos que interaccionen con los sistemas biológicos del organismo del consumidor con la finalidad de mejorar su estado de salud general.

Otra potencial aplicación de las moléculas antioxidantes en la industria alimenticia, es su empleo en la generación de material para envoltorios de alimentos con la inclusión de estos principios antioxidantes activos (envases). La demandas de estos envoltorios está creciendo debido a las ventajas comparado con la adición de los antioxidantes directamente en los alimentos, lo que conlleva a una menor utilización del compuesto activo, una actividad focalizada en la superficie del alimento, habida cuenta que la migración controlada desde el film a la matriz del alimento, simplifica el procesamiento industrial del mismo (no se necesitarían pasos adicionales para introducir la sustancia activa).

EL MUNDO DE LOS HONGOS

Los hongos son el grupo más diverso y abundante del planeta (Hameed, A. et al.2017). Pueden ser unicelulares o pluricelulares y son excelentes candidatos para la obtención de metabolitos bioactivos debido a su semejanza con el reino animal y vegetal con los cuales presenta características intermedias (Montes, et al., 2013). Su nutrición es heterótrofa, es decir, no realizan la fotosíntesis. Sus células, salvo en los grupos inferiores, están recubiertas por una membrana constituida por un polisacárido, la quitina (N-acetil-D-glucosamina). Estas células se agrupan en talos filamentosos llamados hifas (**Figura 1**), cuyo conjunto constituye el micelio, que penetra en el sustrato (suelo). Se sabe que hay hasta 5,1 millones de especies de hongos, de las cuales sólo

aproximadamente 100.000 se han informado en la literatura (Kirk et. al 2011), de los cuales solo muy pocos (menos del 10%) se han caracterizado en cuanto a sus principios activos.

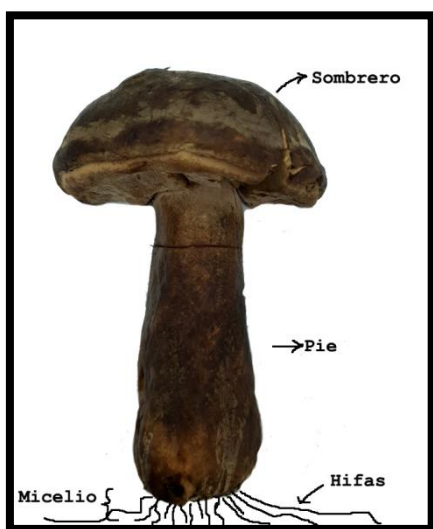


Figura 1. Figura descriptiva de las partes del cuerpo de fructificación de un hongo.

El reino de los hongos se divide en Ascomycota, Basidiomycota, Zygomycota, Blastocladiomycota y Chytridiomycota. La mayoría de las investigaciones de los aspectos farmacológicos, terapéuticos y medicinales se han centrado únicamente en las cepas o especies de Ascomycota y Basidiomycota (Cui et al., 2015 y Zhong et al., 2009)

La mayoría de los hongos comestibles pertenecen a la clase Basidiomycota, y en realidad, la parte que se recolecta y se come es el cuerpo fructífero, de tamaño macroscópico, al que se suele denominar comúnmente como “seta” (**Figura 2**). Los compuestos bioactivos se encuentran tanto en el cuerpo de fructificación como en

el micelio (**Figura 1**). Es por ello que los mismos pueden extraerse tanto de la seta recolectada mediante extracción acuosa u etanólica, como de cultivo líquido de los micelios.

ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes son moléculas que se utilizan como mecanismo de defensa ante moléculas consideradas “agresoras” o ante los llamados radicales libres, inhibiendo o retrasando la oxidación de otras moléculas (principalmente lípidos) mediante la iniciación de la inhibición de la propagación de reacciones en cadena oxidativas. Estas moléculas actúan principalmente en reacciones de quiebre de la propagación y en la terminación de cadenas de radicales libres, impidiendo la oxidación de lípidos y otras moléculas por medio de ceder sus propios átomos de hidrógeno para estabilizar electrones desapareados muy reactivos (radicales libres). Por ello los antioxidantes pueden eliminar o bloquear los radicales libres e inhibir la peroxidación lipídica. Los radicales libres son moléculas que reaccionan fácilmente con el oxígeno (o con algún otro electrón) ocasionando reacciones enzimáticas, o reacciones de oxidación y reducción llevando a la pérdida de los alimentos por iniciar el deterioro de los mismos. Son los responsables por ejemplo de la oxidación de los lípidos, grasas o aceites que están presentes en algunos alimentos y por lo tanto de la degradación de los mismos. En términos narrativos, un antioxidante es una molécula “heroica” que se sacrifica por el bienestar de otra molécula uniéndose a los radicales libres y neutralizando su actividad para que estos no ocasionen daño.

La actividad de los compuestos antioxidantes depende de las propiedades redox de sus grupos hidroxifenólicos y de su estructura química.

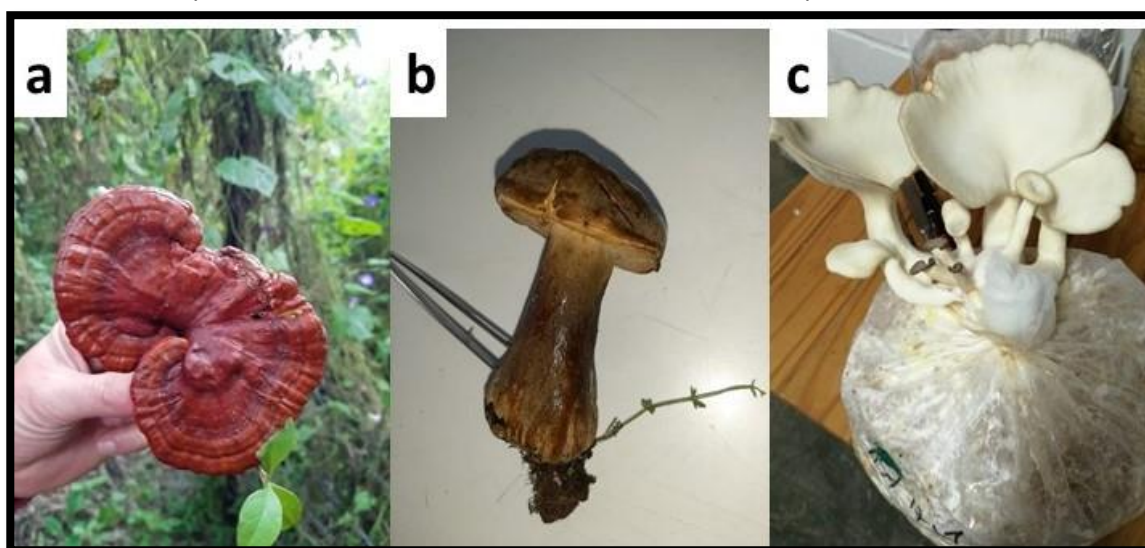


Figura 2. Imágenes ilustrativas de hongos: a. *Ganoderma lucidum* (Reishi); b. *Phlebopus bruchii* (hongo de coco); c. *Pleurotus ostreatus* (Girgolas).

Dentro de los sistemas biológicos se generan en productos naturales como una de las mayores clases de metabolitos secundarios. Químicamente pueden ser definidos como sustancias que poseen un anillo aromático (Figura 3) conteniendo uno o más grupos hidroxilo.

Los compuestos fenólicos existentes en los alimentos se encuentran como ácidos fenólicos, cumarinas, flavonoides y taninos entre otros (Tabla 1).

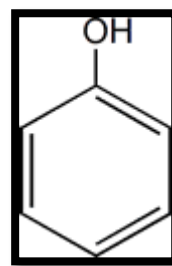


Figura 3. Estructura química del fenol.

Tabla 1. Componentes antioxidantes en hongos*.

NOMBRE CIENTIFICO	ANTIOXIDANTES
<i>Agaricus blazei</i>	Ácidos fenólicos como cinámico, p-hidroxibenzoico, protocatecuico, cafeico, benzoico, miricetina y quercetina.
<i>Lentinus edodes</i> (Shiitake)	Ácidos gálico, protocatecuico, catequinas, tocoferoles.
<i>Ganoderma lucidum</i>	Quercetina, triterpenoides, kaempferol
<i>Boletus edulis</i>	β-Caroteno, ácido ascórbico, flavonoides, tocoferoles.
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Ácido gálico, homogentísico, naringina, miricetina, tocoferoles.
<i>Trametes (Coriolus) versicolor</i>	Ácido gálico, p-coumarico, protocatequina, cafeicxo y vanílico.

* Se describen a modo de ejemplo algunas especies de hongos y algunos de los antioxidantes mayoritarios presentes en las mismas.

ANTIOXIDANTES EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Los antioxidantes son sustancias que a bajas concentraciones, inhiben o retrasan significativamente la oxidación de biomoléculas como los lípidos, proteínas y el ADN. En virtud de esta propiedad, los antioxidantes encuentran aplicación en diferentes campos industriales, en particular, los antioxidantes han sido empleados por décadas como aditivos alimentarios, previniendo la degradación oxidativa de los lípidos, o del embalaje, para preservar su calidad. Estos antioxidantes son los conservantes que no solo evitan que las frutas se vuelvan oscuras sino que también previenen la oxidación de los alimentos, manteniendo el sabor genuino evitando que las grasas y los aceites se vuelvan rancios controlando de ésta manera el equilibrio ácido básico e mejorando su aspecto. No obstante ello, los antioxidantes están presentes naturalmente como componentes en los alimentos (por ejemplo el tocoferol o el ácido ascórbico), los de origen endógenos a menudo se pierden parcial o completamente durante el procesamiento y/o almacenamiento, razón por la cual es requerida la adición de fuentes exógenas. Para compensar éste déficit se utilizan moléculas sintéticas que actúan con similar funcionalidad; las más comunes son el hidroxianisol

butilado (BHA), el hidroxitolueno butilado (BHT), el galato de propilo (PG), la terc-butilhidroquinona (TBHQ), palmitato de ascorbilo, eritorbato de sodio, entre otras. Estos conservantes se emplean como aditivos para preservar las grasas y son utilizados desde la elaboración de panes hasta en medicamentos; sin embargo, este beneficio no evita la preocupación sobre los ingredientes artificiales añadidos a los alimentos debido a los posibles efectos secundarios negativos cuando son consumidos durante largos períodos (exposición crónica). Es por ello que en prevención a posibles problemas de seguridad alimentaria, se ha intensificado la utilización de los antioxidantes naturales en la formulación de los alimentos. Para atender la demanda de los consumidores, se han comercializado tocoferoles mixtos, extractos de hierbas como los de romero y salvia, así como extractos de té para aplicaciones alimentarias y nutraceuticas. Un factor limitante importante para la utilización de los antioxidantes naturales como conservantes de alimentos, es el alto costo relativo en la producción; los extraídos de plantas, por ejemplo, son más caros que los antioxidantes sintéticos debido a que para su extracción y posterior purificación se deben procesar grandes volúmenes de materia prima. Similar situación se observaría en el caso de extractos de antioxidantes de origen fúngico, en razón de ello, resulta fundamental implementar técnicas en la bioindustria que permitan la obtención de éstos

conservantes con costos competitivos con los de origen sintéticos.

COMPUESTOS ANTIOXIDANTES PRESENTES EN LOS HONGOS

Los hongos han sido considerados productores eficientes de metabolitos secundarios. Como se mencionó anteriormente, los componentes antioxidantes de los hongos se encuentran tanto en los cuerpos de fructificación como en el micelio, e incluyen polisacáridos, tocoferoles, fenoles, carotenoides, ergosterol, ácido ascórbico, entre otros.

Los extractos de hongos, tanto etanólicos como acuosos son concentrados compuestos de metabolitos secundarios generados por los hongos para protegerse frente a plagas y microorganismos. En muchos estudios se suele cuantificar la cantidad de antioxidantes, no individualmente, sino como contenido de fenoles totales. Estas moléculas constituyen una mezcla de sustancias bioactivas responsables de las propiedades antimicrobianas (carvacrol, timol y cinamaldehído), antioxidantes, antiinflamatorias e insecticidas.

Los extractos naturales también contienen componentes minoritarios con posibles efectos sinérgicos con otras moléculas, incrementando las propiedades de los mismos.

El mecanismo de acción de las sustancias bioactivas mencionadas no está totalmente esclarecido, aunque se conoce que actúan a nivel de las membranas celulares. Los diferentes grupos de compuestos químicos presentes en los aceites esenciales, pueden alterar diversos puntos diana de la célula.

Dentro de los compuestos fenólicos y ácidos orgánicos con propiedades antioxidantes, hallados en muchas especies de hongos, podemos mencionar a los ácidos p-hidroxibenzoico, oxálico, cítrico, málico, quínico y fumárico. También se detectaron la presencia de ácidos característicos como los ácidos aconítico, cetoglutárico, ascórbico, succínico, tánico, gálico, protocatechuico, gentísico, vanillico, siríngico, cafeico, coumárico, ferúlico y cinámico y siquímico (**Tabla 1**).

No obstante, los numerosos y detallados estudios realizados sobre los compuestos fenólicos de los hongos, aún queda un amplio campo por explorar, debido a que la cantidad de compuestos antioxidantes no solo varía entre las diferentes especies, sino también según la alimentación y el ambiente en el que el hongo crece y se desarrolla. La información disponible muestra que los hongos poseen una alta capacidad antioxidante, lo cual los hace excelentes candidatos para generar suplementos alimentarios y posibles compuestos para tratar enfermedades ya que combaten el estrés oxidativo del organismo (Guzmán, M.S. et. al 2013).

Los hongos son excelentes candidatos para ser empleados bajo el concepto industrial de bioindustria con el fin de proveer principios activos a la industria alimentaria. En conclusión, el gran número de moléculas con actividad antioxidante reportadas hasta el momento, pueden encontrar su aplicación en diversos campos, como el de los alimentos, cosméticos, suplementos y farmacéuticos.

ESTUDIOS EN EXTRACTOS DE HONGOS NATIVOS DE ARGENTINA EN BUSQUEDA DE POTENCIALES ANTIOXIDANTES ALIMENTARIOS

En la actualidad es muy escasa la información y los estudios realizados sobre antioxidantes provenientes de hongos, y más aun lo que respecta a su empleo en la conservación de alimentos. Sin embargo, está creciendo cada vez más la búsqueda de compuestos bioactivos a partir de hongos a nivel mundial. Un estudio realizado en México evaluó 99 de cepas de hongos filamentosos, de los cuales encontraron que 14 extractos presentan compuestos con actividad antioxidante y 4 fracciones presentan actividad antioxidante aplicado en carne de pollo (Ayala Cortés, 2019). Por esto, no solo basta con saber si un hongo contiene moléculas bioactivas con capacidad antioxidante, sino que también es necesario evaluar su comportamiento en un sistema más complejo como lo son los alimentos.

En Argentina, la mayoría de los trabajos llevados a cabo con hongos nativos se basan en estudios de la composición nutricional de los hongos comestibles, su composición química y caracterización de propiedades antioxidantes para el aprovechamiento de las de las mismas. Dentro de las especies caracterizadas se puede mencionar a *Lentinula edode*, *Agrocybe aegerita*, *Hericium erinaceus*, *Pholiota nameko*, *Hypsizigus ulmarius*, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus eryngii*, *Agaricus bisporus*, entre otras. Sin embargo, no hay estudios sobre potencial de los antioxidantes hallados como conservantes en alimentos.

Desde el Centro de Transferencia de Bioinsumos y el Laboratorio de Tecnología de los Alimentos, se está llevando a cabo un proceso de extracción de moléculas bioactivas, principalmente antioxidantes, a partir de diferentes especies de hongos nativos de Argentina (*Ganoderma resinaseum* obtenida de la provincia del Chaco, *Phlebobop bruchii* (hongo de coco) y *Ganoderma lucidum* obtenida de las sierras de Córdoba, entre otras especies que se encuentran aisladas en el banco de hongos de la Cátedra de Fitopatología de La Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba) específicamente a partir de los cuerpos de fructificación de los mismos, pero con miras a la obtención de biomasa como proceso de la rama de la

bioindustria. Por medio de diferentes tipos de extracciones se evalúa la capacidad antioxidante de las potenciales moléculas activas presente en extractos de hongos. Utilizando técnicas efectivas para la medición de dicha capacidad (técnicas directas de oxidación como las evaluaciones de oxidación en condición aceleradas de temperatura de muestra de aceite vegetal) se evalúa el potencial aprovechamiento de la especie de hongo que brinde una adecuada protección frente a la oxidación (Figura 4).



Figura 4: Mezcla de aceite de girasol con extracto de hongos nativos de Argentina.

La finalidad de la búsqueda es poder diseñar procesos de bioindustria para generar biomasa de hongos que generen estos principios activos con el fin de recuperarlos

y constituirlos como ingredientes en la industria alimentaria para la sustitución total o parcial de los antioxidantes sintéticos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala Cortés, S. (2019). Determinación de la actividad antioxidante de extractos de hongos in vitro y en alimentos. Tesis de maestría. Recuperado de: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/105516>
- Cui, J.-L.; Guo, T.-T.; Ren, Z.-X.; Zhang, N.-S. y Wang, M.-L. (2015) Diversity and Antioxidant Activity of Culturable Endophytic Fungi from Alpine Plants of *Rhodiola crenulata*, *R. angusta*, and *R. sachalinensis*. PLoS ONE. 10, e0118204.
- Guzmán, M.S et. al (2013). Estudio químico y actividades antioxidante y bactericida de *Ganoderma applanatum*. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial vol 11 no. 1 (88 - 94).
- Hameed, A., Hussain, S.A, Yang, J., Ijaz, M.U., Liu, Q., Suleria, H.A.R., Song, Y. (2017). Antioxidants Potential of the Filamentous Fungi (*Mucor circinelloides*). *Nutrients*, 9, 1101.
- Kirk, P. M.; Stalpers, J. A.; Minter, D.W. y Cannon, P. F. (2011). Dictionary of the Fungi. CAB International: Wallingford, UK.
- Montes, B., Restrepo, A. & McEwen, J. G., 2013. Nuevos aspectos sobre la clasificación de los hongos y su posible aplicación médica. *Revista Biomédica*, junio, 23(2), pp. 213-224.
- Zhong, J.-J. y Xiao, J.-H. (2009) Secondary metabolites from higher fungi: Discovery, bioactivity, and bioproduction. *Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.* 113, 79–150.