Acta Agrícola y Pecuaria 12: e0121039. | e-ISSN: 2395-874X.
https://doi.org/10.30973/aap/2026.12.0121039 (18 de noviembre de 2026)

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Efecto del ácido acetilsalicílico añadido al substrato de cultivo sobre el contenido de glucanos y la capacidad antioxidante en hongos comestibles

Effect of acetylsalicylic acid supplementation of the cultivation substrate on glucan content and antioxidant capacity of edible mushrooms

Lizelena Guevara-López[1], María Eugenia Meneses[1,2*], Daniel Martínez-Carrera[1], Myrna Bonilla[1], Ivan Castillo[1], Alfredo Morales[1], Nora Fernández[1], Beatriz Petlacalco[1], Azalia Ávila-Nava[3], Wilfrido Martínez[1]

[1] Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Centro de Biotecnología de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales, bulevar Forjadores de Puebla número 205, 72760, Puebla, Puebla, México.

[2] Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, Av. Insurgentes Sur 1582, Col. Crédito Constructor, 03940, Benito Juárez, Ciudad de México, México.

[3] Hospital Regional de Alta Especialidad de la Península de Yucatán, calle 7 por 20 y 22 número 433, fraccionamiento Altabrisa, 97130, Mérida, Yucatán, México.

* Autor para correspondencia: meneses.eugenia@colpos.mx

Fecha de recepción:
29 de abril de 2026

Fecha de aceptación:
22 de julio de 2026

Disponible en línea:
18 de noviembre de 2026

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.

Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

Cómo citar:
Guevara-López, L., Meneses, M. E., Martínez-Carrera, D., Bonilla, M., Castillo, I., Morales, A., Fernández, N., Petlacalco, B., Ávila-Nava, A., & Martínez, W. (2026). Efecto del ácido acetilsalicílico añadido al substrato de cultivo sobre el contenido de glucanos y la capacidad antioxidante en hongos comestibles. *Acta Agrícola y Pecuaria, 12*, e0121039. https://doi.org/10.30973/aap/2026.12.0121039

RESUMEN

Los hongos comestibles son una fuente importante de compuestos bioactivos con efectos benéficos en la salud, entre ellos, los glucanos y antioxidantes. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del ácido acetilsalicílico (AAS) en el substrato de cultivo sobre el contenido de glucanos totales y la capacidad antioxidante (ORAC) en *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers., *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler y *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. La adición de AAS incrementó significativamente ($p < 0.001$) los glucanos totales (% p/p) de 30.44 ± 0.07 a 36.39 ± 1.49 en *H. erinaceus*, de 19.31 ± 0.93 a 53.43 ± 0.77 en *L. edodes* y de 40.12 ± 0.47 a 53.09 ± 1.15 en *P. ostreatus*. Asimismo, aumentó la capacidad antioxidante (μM Eq. Trolox/g) en *H. erinaceus* (26,034.7 a 29,268.0), *L. edodes* (36,510.0 a 39,795.7) y *P. ostreatus* (32,631.7 a 34,297.3). Estos resultados sugieren que el AAS es una estrategia biotecnológica prometedora para mejorar las propiedades funcionales de los hongos comestibles, aunque se requieren más estudios para esclarecer sus mecanismos de acción.

PALABRAS CLAVE

Ácido acetilsalicílico, β-glucanos, capacidad antioxidante, hongos comestibles, biotecnología fúngica.

ABSTRACT

Edible mushrooms are an important source of bioactive compounds with beneficial health effects, including glucans and antioxidants. The objective of the present study was to evaluate the effect of acetylsalicylic acid (ASA) added to the cultivation substrate on total glucan content and antioxidant capacity (ORAC) in *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers., *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler, and *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. The addition of ASA significantly increased ($p < 0.001$) total glucans (% w/w) from 30.44 ± 0.07 to 36.39 ± 1.49 in *H. erinaceus*, from 19.31 ± 0.93 to 53.43 ± 0.77 in *L. edodes*, and from 40.12 ± 0.47 to 53.09 ± 1.15 in *P. ostreatus*. Likewise, it increased antioxidant capacity (μM Trolox Eq./g) in *H. erinaceus* (26,034.7 to 29,268.0), *L. edodes* (36,510.0 to 39,795.7), and *P. ostreatus* (32,631.7 to 34,297.3). These results suggest that ASA is a promising biotechnological strategy to improve the functional properties of edible mushrooms, although further studies are required to elucidate its mechanisms of action.

KEYWORDS

Acetylsalicylic acid, β-glucans, antioxidant capacity, edible mushrooms, fungal biotechnology.

Introducción

Los hongos comestibles tienen diversos compuestos bioactivos que confieren propiedades funcionales, es decir, además de proporcionar beneficios por su contenido nutricional, previenen mediante mecanismos de acción específicos el desarrollo de enfermedades como diabetes, hipertensión, cáncer y enfermedades cardiovasculares (Martínez-Carrera et al., 2016). Especies de hongos comestibles con sólida evidencia científica de sus efectos positivos en la salud son *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. (melena de león), *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler (shiitake) y *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. (setas); cada una presenta compuestos bioactivos comunes y específicos en diferentes concentraciones (Mayirnao et al., 2025).

Una especie de hongo comestible poco consumida pero con un gran potencial en la prevención de enfermedades neurodegenerativas es *H. erinaceus*. Las hericenonas y las erinacinas aisladas de este hongo medicinal pueden inducir la síntesis del factor de crecimiento nervioso, esencial para el mantenimiento del sistema colinérgico del prosencéfalo basal en las células nerviosas, además de otorgar un efecto neuroprotector frente al estrés oxidativo (Lai et al., 2013).

Lentinula edodes es conocido por sus importantes propiedades inmunomoduladoras (Dai et al., 2015), así como por su gran potencial para aplicaciones terapéuticas, debido a que se ha observado su efecto en cáncer, alergias, enfermedades cardíacas, hiperlipidemia, hipertensión, enfermedades infecciosas y diabetes. Esta especie es fuente de compuestos bioactivos con propiedades farmacológicas comprobadas, especialmente por la acción de los polisacáridos lentinano y eritadenina (Bisen et al., 2010).

Pleurotus ostreatus ha destacado por su efecto antihiperlipemiante, debido, entre otros compuestos, a la lovastatina (Atli & Yamaç, 2012; Lam & Okello, 2015), además de contener ergosterol que inhibe la absorción de colesterol exógeno en el intestino y promover la excreción de colesterol (Merdivan & Lindequist, 2017). Al respecto, se comprobó el efecto antihiperlipemiante de *P. ostreatus*: el consumo de cuatro raciones de 250 g a la semana durante tres meses disminuye los niveles de colesterol y triglicéridos en habitantes de una comunidad rural de Puebla (González-Bonilla et al., 2022).

Además de estos compuestos específicos, los hongos tienen polisacáridos estructurales como los α-glucanos. Se ha descrito el efecto hipocolesterolémico de los α-glucanos: por una parte, inhiben la absorción de lípidos en el intestino y, por otra parte, son fuente para el desarrollo de bacterias como *Lactobacillus* con actividad hidrolasa de ácidos biliares que desconjugan enzimáticamente los ácidos biliares, aumentando su excreción y disminuyendo la solubilización y absorción de lípidos en el intestino (Meneses et al., 2016; Sima et al., 2018).

Los glucanos de los hongos tienen el enlace β-(1,3;1,6). Existe extensa evidencia científica de que los β-glucanos-1,3 pueden mejorar la capacidad de respuesta y la función de las células inmunitarias, estimulando tanto la inmunidad humoral como la celular, además de mejorar la actividad funcional de los macrófagos y estimular la actividad antimicrobiana de las células mononucleares y los neutrófilos (Goodridge et al., 2009). Por otra parte, avanzan los estudios de los prometedores efectos de los α-glucanos en la salud (Gangoiti et al., 2020). Estudios en humanos han demostrado el efecto de los β-glucanos en la prevención de obesidad y los componentes del síndrome metabólico, como son hiperglucemia, hipertensión arterial y dislipidemias (El Khoury et al., 2012).

En el Centro de Biotecnología de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales (CB-HCFM) (Martínez-Carrera et al., 2022) se han desarrollado técnicas de modificación de substrato en el crecimiento de los hongos para incrementar los compuestos bioactivos y las propiedades funcionales. Una línea de investigación ha sido añadir el AAS a una concentración de 10 mM en el substrato de la especie medicinal *Ganoderma lucidum*, que aumentó la cantidad de compuestos antioxidantes y α-glucanos, el valor nutricional, así como el efecto funcional en modelos *in vivo* (Martínez-Carrera et al., 2016; Meneses et al., 2016; Romero-Córdoba et al., 2021). Sin embargo, se requiere incrementar la evidencia del efecto del AAS como modulador metabólico en el cultivo de hongos de especies comestibles. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue analizar el efecto de la adición de AAS (10 mM) en el substrato de cultivo de las especies de hongos comestibles *H. erinaceus*, *L. edodes* y *P. ostreatus* en el contenido de glucanos totales, α-glucanos y β-glucanos, así como en la capacidad antioxidante (ORAC),

para de esta manera contribuir a mejorar las propiedades funcionales de especies tan valiosas en materia de nutrición y salud.

Materiales y métodos

Obtención de hongos y adición del AAS

El material biológico que se utilizó en este trabajo de investigación fue proporcionado por la Plataforma de Recursos Genéticos del CB-HCFM del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Se utilizaron las cepas CP-663 de *H. erinaceus*, CP-580 de *L. edodes* y CP-50 de *P. ostreatus*. Las cepas se mantuvieron y se subcultivaron en medio de agar con extracto de malta (Bioxon, Becton, Dickinson & Co., Cuautitlán Izcalli, México), esterilizado en autoclave de forma rutinaria a 121 °C durante 15 min e incubado a 28-29 °C. La semilla se elaboró con granos de trigo estériles de acuerdo con el método estándar establecido (Martínez-Carrera et al., 2016). Se introdujo aserrín de roble (*Quercus acutifolia* Née) para la CP-580 y la CP-663, y paja de trigo para la CP-50 en bolsas plásticas de polipropileno (47 × 13.5 cm) con un microfiltro de 0.5 μm para permitir el intercambio gaseoso (Unicorn Imp. & Mfg. Corp., Estados Unidos). Se prepararon dos grupos de bolsas para el cultivo: control y tratamiento con AAS, de acuerdo con los métodos descritos previamente (Martínez-Carrera et al., 2016). En el control, se añadió agua (1,000 mL) a cada bolsa que contenía 1,000 g de aserrín de encino seco, mientras que a 333.3 g de paja de trigo seca se le agregaron 666.7 mL de agua, procediendo a mezclar homogéneamente. A cada bolsa tratada con AAS que contenía 1,000 g de aserrín de encino seco o 333.3 g de paja de trigo seca, se añadió una solución de AAS (10 mM; Sigma-Aldrich, Estados Unidos) en agua (1,000 mL o 666.7 mL, respectivamente) y se procedió a mezclar homogéneamente cada substrato. Todas las bolsas, 2 kg de substrato húmedo por bolsa de aserrín de encino y 1 kg por bolsa de paja, se esterilizaron a 121 °C durante 90 min. Después de enfriar en condiciones asépticas, los substratos esterilizados se inocularon mediante mezclado uniforme a una tasa de 50 g de semilla de cada cepa por kg de peso de substrato húmedo (5 %, peso/peso), bajo condiciones asépticas y controladas. Las bolsas de plástico inoculadas se sellaron y colocaron en estantes para su incubación en obscuridad (24-26 °C). Las bolsas se trasladaron a la sala de fructificación cuando estaban completamente colonizadas por el micelio de los hongos y se mantuvieron en condiciones constantes de temperatura (20-25 °C), humedad relativa (60-70 %), ventilación natural, luz indirecta (aproximadamente 12 h) durante el ciclo de fructificación. Se recolectaron los basidiomas maduros de cada bolsa, se cortaron en rodajas (aproximadamente 1 a 2 cm), se secaron a 40 °C en un horno de secado con aire forzado (SMO28-2, Shel Lab, Estados Unidos) durante cinco días y se almacenaron a −80 °C dentro de bolsas de plástico hasta su estudio.

Medición del contenido de glucanos totales, α-glucanos y β-glucanos

En muestras de hongos deshidratados, el contenido de α-glucanos y β-glucanos (enlace 1→3, 1→6) se determinó de acuerdo con las instrucciones del kit de prueba K-YBGL de β-glucanos de hongos y levaduras (Megazyme, Irlanda). Los resultados se expresaron como porcentaje del peso total de la muestra en base seca (% peso/peso) de glucanos totales y α-glucanos, obteniendo los β-glucanos por diferencia. Las mediciones se realizaron por cuatriplicado.

Medición de la capacidad antioxidante por la técnica de ORAC

Para la capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC, por sus siglas en inglés) se molieron basidiocarpos secos de *H. erinaceus*, *L. edodes* y *P. ostreatus* hasta obtener un polvo fino. El análisis de basidiocarpos [μmol equivalentes de Trolox (TE) por g] incluyó la adición de 20 mL de acetona en agua (50:50, v/v) como solvente de extracción para 1.0 g de muestra en polvo. El extracto se centrifugó a 13,700 rpm durante 15 min y el sobrenadante se utilizó para el análisis después de la dilución adecuada con solución tampón. La preparación del reactivo y del estándar se realizó de la siguiente manera: se disolvieron 0.414 g de AAPH (Diclorhidrato de α,α′-azodiisobutiramidina) en 10 mL de tampón fosfato 75 mM (pH 7.4) hasta una concentración final de 153 mM y se mantuvo en un baño de hielo. Se preparó una solución (0.02 M) de Trolox estándar en 50 mL de tampón fosfato 75 mM (pH 7.4). A continuación, la solución se diluyó con el mismo tampón de fosfato a soluciones de trabajo de

50 µM, 25 µM, 12.5 µM y 6.25 µM. Se añadió fluoresceína (40 nM, 150 µL) a cada mezcla de reacción. La fluorescencia se midió en un lector de placas BioTek Synergy HT (BioTek Instruments, Estados Unidos).

Análisis estadístico

Para el análisis de datos se utilizó GraphPad Prism para Mac osx v.7 (GraphPad Software, San Diego, Estados Unidos). Se usó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía y la prueba de comparación múltiple de Tukey, considerándose un valor de $p \leq 0.05$ como estadísticamente significativo.

Resultados y discusión

Contenido de glucanos totales

Los resultados muestran un efecto estimulante del AAS (10 mM) sobre el contenido de glucanos totales en las tres especies estudiadas de hongos comestibles. Se observó que cuando *H. erinaceus* es cultivada en el substrato convencional tiene un contenido de glucanos totales (% peso/peso) de 30.44 ± 0.07 y cuando se le añade AAS (10 mM) al substrato, aumenta a 36.39 ± 1.49, mostrando un aumento significativo (ANOVA, $p < 0.0001$). Esta respuesta también se observó en *L. edodes* y *P. ostreatus* con el substrato adicionado con AAS (10 mM), aumentando en *L. edodes* en substrato convencional de 19.31 ± 0.93 a 53.43 ± 0.77 ($p < 0.0001$) y en *P. ostreatus* de 40.12 ± 0.47 a 53.09 ± 1.15 ($p < 0.0001$) (Figura 1).

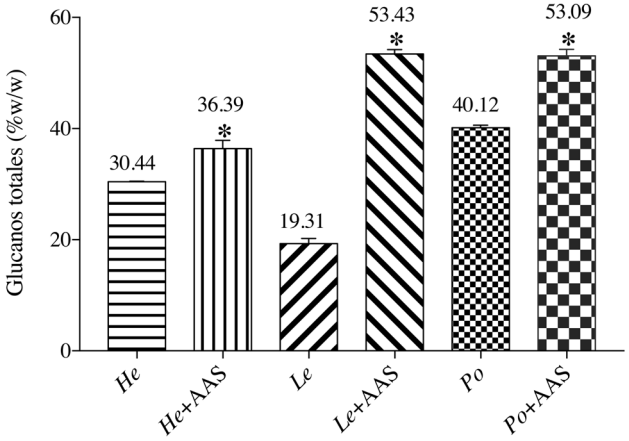


Figura 1. Contenido de glucanos totales en las especies estudiadas de hongos comestibles, *H. erinaceus*, *L. edodes* y *P. ostreatus*, tanto en substrato convencional (*He*, *Le*, *Po*) como en substrato adicionado con AAS (*He*+AAS, *Le*+AAS, *Po*+AAS). * Diferencia significativa, $p < 0.05$.

Contenido de α-glucanos

El contenido aumentó con el tratamiento de AAS (10 mM) en las tres especies de hongos estudiadas. En *H. erinaceus*, el contenido de α-glucanos (%, peso/peso) aumentó de 6.49 ± 0.38 a 9.23 ± 0.20 (ANOVA, $p < 0.0001$), en *L. edodes* de 5.57 ± 0.46 a 9.25 ± 0.76 (ANOVA, $p < 0.0001$), y en *P. ostreatus* de 7.29 ± 0.53 a 14.94 ± 0.95 ($p < 0.0001$) (Figura 2).

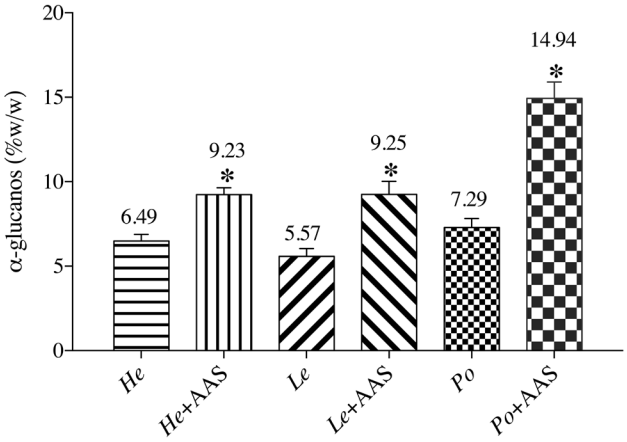


Figura 2. Contenido de α-glucanos en las especies estudiadas de hongos comestibles, *H. erinaceus*, *L. edodes* y *P. ostreatus*, tanto en substrato convencional (*He*, *Le*, *Po*) como en substrato adicionado con AAS (*He*+AAS, *Le*+AAS, *Po*+AAS). * Diferencia significativa, $p < 0.05$.

Contenido de β-glucanos

El contenido de β-glucanos aumenta de manera significativa con el tratamiento de AAS (10 mM) en *H. erinaceus*, *L. edodes* y *P. ostreatus*. El aumento (% peso/peso) en *H. erinaceus* fue de 23.94 ± 0.39 a 27.16 ± 1.09 ($p = 0.003$), en *L. edodes* aumentó de 13.88 ± 1.37 a 44.17 ± 0.59 (ANOVA, $p < 0.0001$), y en *P. ostreatus* de 32.83 ± 0.35 a 38.15 ± 1.56 (ANOVA, $p < 0.0001$) (Figura 3).

Los resultados demostraron que la adición de AAS (10 mM) al substrato de cultivo de *H. erinaceus*, *L. edodes* y *P. ostreatus* aumenta el contenido de glucanos totales, α-glucanos y β-glucanos. Estos resultados corroboran el contenido de estos polisacáridos en un reporte previo de otro lote de *P. ostreatus* sin la adición de AAS al substrato, cuyo contenido fue de 42.43 % peso/peso de glucanos totales, 9.86 % peso/peso de α-glucanos y 32.57 % peso/peso de β-glucanos, siendo mínima la variación con los resultados de este estudio (González-Bonilla et al., 2022).

Pérez-Bassart et al. (2023) midieron los glucanos de *L. edodes* y *P. ostreatus*, mostrando resultados en *L.*

edodes que difieren de los aquí registrados, debido a que obtuvieron un promedio de 0.28 % de α-glucanos y 23.30 % de β-glucanos contra un promedio de 5.57 % de α-glucanos y 13.88 % de β-glucanos obtenidos en el presente estudio. Sin embargo, en *P. ostreatus*, ambos estudios muestran resultados similares, con un contenido promedio de 7.57 % de α-glucanos y 38.7 % de β-glucanos contra 7.29 % de α-glucanos y 32.83 % de β-glucanos obtenidos en el presente estudio. Las diferencias pueden deberse al diferente substrato utilizado, debido a que usaron astillas de madera de castaño, aserrín de castaño y semillas de cereales (maíz, cebada y trigo), a diferencia del substrato utilizado en este estudio (aserrín de encino y paja de trigo).

Stastny et al. (2022) reportaron mediciones de glucanos totales, α-glucanos y β-glucanos en diferentes especies del género *Pleurotus* [*P. flabellatus* Sacc., *P. pulmonarius* (Fr.) Quél., *P. opuntiae* (Durieu & Lév.) Sacc., *P. ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.], con resultados similares a los aquí mostrados en las muestras que crecieron en el substrato convencional, con un rango de glucanos totales (% peso/peso) de 35.8-49.0, de α-glucanos de 3.8 a 9.8 y de β-glucanos de 31.5-43.3.

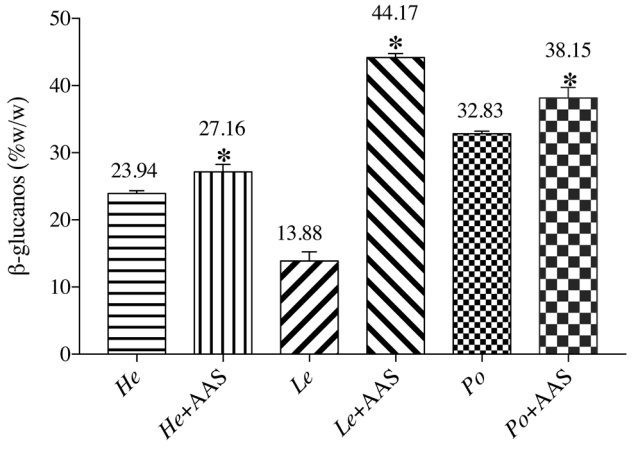


Figura 3. Contenido de β-glucanos en las especies estudiadas de hongos comestibles, *H. erinaceus*, *L. edodes* y *P. ostreatus*, tanto en substrato convencional (*He*, *Le*, *Po*) como en substrato adicionado con AAS (*He*+AAS, *Le*+AAS, *Po*+AAS). * Diferencia significativa, $p < 0.05$.

Capacidad antioxidante por ORAC

Los resultados muestran que la adición de AAS (10 mM) al substrato de cultivo de las especies de hongos comestibles seleccionadas aumenta de manera significativa la capacidad antioxidante medida por la técnica de ORAC. En *H. erinaceus*, la capacidad antioxidante aumentó de 26,034.7 a 29,268 μM Eq. Trolox/g muestra (ANOVA, $p < 0.0001$), en *L. edodes* de 36,510 a 39,795.7 μM Eq. Trolox/g muestra (ANOVA, $p < 0.0001$) y en *P. ostreatus* de 32,631.7 a 34,297.3 μM Eq. Trolox/g muestra ($p = 0.009$) (Figura 4).

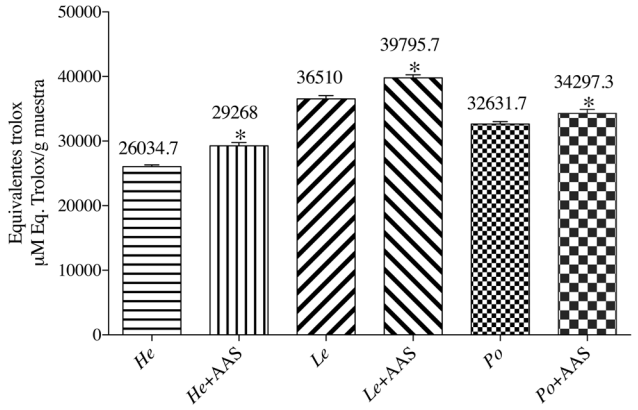


Figura 4. Capacidad antioxidante por la técnica de ORAC en las especies estudiadas de hongos comestibles, *H. erinaceus*, *L. edodes* y *P. ostreatus* tanto en substrato convencional (*He*, *Le*, *Po*) como en substrato adicionado con AAS (*He*+AAS, *Le*+AAS, *Po*+AAS). * Diferencia significativa, $p < 0.05$.

Previamente, Stastny et al. (2022) midieron la capacidad antioxidante por ORAC de diferentes especies del género *Pleurotus* y registraron datos muy similares a los obtenidos en este estudio, con valores de 21.7 mg a 63.9 mg de equivalentes Trolox/g extracto, que, al convertirse en μM de equivalentes Trolox/g de muestra, generan un rango de 21,700 a 63,900. Por su parte, Hai Bang et al. (2014) realizaron un estudio sobre la actividad antioxidante de los extractos etanólicos y acuosos de 29 especies de hongos diferentes recogidas en Nepal y se obtuvieron valores inferiores a los que aquí se presentan, aunque las especies estudiadas fueron diferentes. Los valores oscilaron entre un mínimo de 342.8 μmol TE/g y un máximo de 21,015.4 μmol TE/g para los extractos etanólicos de los hongos estudiados.

La actividad antioxidante en los hongos comestibles se puede relacionar con el contenido de fenoles totales (Cheung et al., 2003; Jayakumar et al., 2006), incluyendo el ácido gálico y la quercetina, entre otros, además de los flavonoides, como la naringenina y el resveratrol.

La línea de investigación sobre la influencia del tipo de substrato en el crecimiento de los hongos comestibles sobre su composición nutricional y contenido de compuestos bioactivos ha incrementado su importancia en el área de la biotecnología fúngica, debido a que en la actualidad interesa ofrecer alimentos con un mejor valor nutricional y propiedades

funcionales y medicinales. En hongos comestibles, se demostró que diferentes substratos empleados en el crecimiento de hongos del género *Pleurotus* cambian la composición de los cuerpos fructíferos en cuanto al contenido de proteínas netas, fibra, humedad, cenizas, carbohidratos y grasas totales; los substratos empleados fueron mezclas en diferentes proporciones de salvado, aserrín, $CaCO_3$, viruta, melaza, caña, frijol, cáscara de cacao y pulpa de café, entre otros ingredientes (Nieto & Chegwin A., 2010).

Los mecanismos de acción propuestos para entender el efecto del AAS en el incremento de propiedades funcionales y medicinales de los hongos comestibles están en proceso de estudio. Los autores han desarrollado una estrategia biotecnológica con base en esta capacidad metabólica de los hongos comestibles para la obtención de nuevos extractos por biotransformación fúngica (extractos modificados, mejorados, nuevas biomoléculas) con propiedades funcionales y medicinales (Martínez-Carrera et al., 2016). También han propuesto que el AAS presente en el substrato de cultivo entra a las hifas por transporte pasivo como soluto, mediante la absorción osmótica de agua a través de la membrana plasmática hacia el citoplasma. De esta manera, el movimiento generado por el gradiente de la presión hidrostática interna distribuye al AAS en solución a toda la colonia por la corriente protoplasmática del sistema hifal, así como por translocación a los basidiocarpos durante el proceso de diferenciación (flujo bidireccional). Una vez absorbido, el movimiento circulatorio de solutos permite un efecto directo del AAS sobre el metabolismo fúngico modificando el contenido de los compuestos bioactivos (Martínez-Carrera et al., 2016).

Previamente, se ha descrito al AAS como un biorregulador del crecimiento de las plantas, atribuyendo su efecto a la estimulación de la oxidación mitocondrial que ejerce; además, se ha observado su efecto en la acumulación de compuestos fenólicos y cumarinas en plantas y en el incremento de biomasa en soya (Larqué-Saavedra et al., 2010). Se ha propuesto el AAS como coadyuvante en el sistema de defensa de plantas, por medio de su unión a la enzima catalasa y su inhibición, lo que podría conducir a un incremento en la concentración del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) o de otras especies reactivas de oxígeno derivadas de esta molécula; el H_2O_2 podría tener una actividad antibiótica en contra de patógenos, y sus intermediarios podrían intervenir en la cascada de señalización para la expresión de genes de defensa (Rangel Sánchez et al., 2010). En otros alimentos como las plantas de garbanzo se demostró el aumento de compuestos bioactivos como las antocianinas totales, aminoácidos libres, contenido de ácido ascórbico y flavonoides totales cuando fueron tratadas con AAS (Hussain et al., 2020).

En el hongo medicinal *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst., se observó que el substrato de crecimiento enriquecido con AAS promovió la síntesis de polisacáridos, aumentó la cantidad de manitol, manosa, sorbitol y xilosa, en comparación con el hongo que había crecido en substrato convencional (Castañeda Antonio et al., 2018). Previamente, se demostró que la adición de AAS (10 mM) al substrato de cultivo modula las propiedades funcionales y la magnitud de los efectos biológicos de los extractos del hongo medicinal *G. lucidum*. El AAS (10 mM) indujo cambios en la composición química y de nutrientes de los extractos de *G. lucidum* obtenidos de basidiomas maduros, logrando así diferentes bioactividades (Meneses et al., 2016).

El presente trabajo contribuye a conocer los beneficios del AAS sobre las propiedades ya bien fundamentadas de los hongos comestibles y fortalece líneas de investigación para que, por medio de la biotecnología fúngica, se incrementen los compuestos bioactivos de especies de hongos comestibles y se cree un beneficio en la salud de las personas que los consuman. Como perspectiva futura, se plantean nuevas líneas de investigación dirigidas a dilucidar los mecanismos moleculares mediante los cuales el AAS modula el metabolismo fúngico, así como a cuantificar el contenido de AAS presente en los cuerpos fructíferos después de su aplicación al substrato de cultivo.

Conclusiones

La adición de AAS (10 mM) en el substrato de crecimiento de las especies de hongos comestibles *H. erinaceus*, *L. edodes* y *P. ostreatus* incrementa de manera significativa el contenido de glucanos totales, α-glucanos y β-glucanos, así como la capacidad antioxidante. El AAS representa una estrategia biotecnológica prometedora para mejorar el valor nutracéutico de los hongos comestibles mediante la modulación metabólica. Es importante continuar con los estudios que

fortalezcan la línea de investigación para incrementar las propiedades funcionales de los hongos comestibles y medicinales por medio de la biotecnología fúngica y de esta manera dar un valor agregado a este grupo de alimentos tan valioso en materia de nutrición y salud humana.

Agradecimientos

Se reconoce el apoyo financiero recibido de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, a través de los proyectos Investigadores por México 7452 y FORDECYT-273647.

Literatura citada

Atli, B., & Yamaç, M. (2012). Screening of medicinal higher basidiomycetes mushrooms from Turkey for lovastatin production. *International Journal of Medicinal Mushrooms, 14*(2), 149-159. https://doi.org/10.1615/intjmedmushr.v14.i2.30

Bisen, P. S., Baghel, R. K., Sanodiya, B. S., Thakur, G. S., & Prasad, G. B. K. S. (2010). *Lentinus edodes*: a macrofungus with pharmacological activities. *Current Medicinal Chemistry, 17*(22), 2419-2430. https://doi.org/10.2174/092986710791698495

Castañeda Antonio, M. D., Martínez Carrera, D. C., Rivera Tapia, J. A., Portillo Reyes, R., Morales Almora, P., Sobal Cruz, M., Macías López, A., & Leal Lara, H. (2018). Detection of polysaccharides in *Ganoderma lucidum* extracts. *Nova Scientia, 10*(21), 247-257. https://doi.org/10.21640/ns.v10i21.1538

Cheung, L. M., Cheung, P. C. K., & Ooi, V. E. C. (2003). Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chemistry, 81*(2), 249-255. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00419-3

Dai, X., Stanilka, J. M., Rowe, C. A., Esteves, E. A., Nieves, C., Jr., Spaiser, S. J., Christman, M. C., Langkamp-Henken, B., & Percival, S. S. (2015). Consuming *Lentinula edodes* (Shiitake) mushrooms daily improves human immunity: A randomized dietary intervention in healthy young adults. *Journal of the American College of Nutrition, 34*(6), 478-487. https://doi.org/10.1080/07315724.2014.950391

El Khoury, D., Cuda, C., Luhovyy, B. L., & Anderson, G. H. (2012). Beta Glucan: Health benefits in obesity and metabolic syndrome. *Journal of Nutrition and Metabolism, 2012*, 851362. https://doi.org/10.1155/2012/851362

Gangoiti, J., Corwin, S. F., Lamothe, L. M., Vafiadi, C., Hamaker, B. R., & Dijkhuizen, L. (2020). Synthesis of novel α-glucans with potential health benefits through controlled glucose release in the human gastrointestinal tract. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 60*(1), 123-146. https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1516621

González-Bonilla, A., Meneses, M. E., Pérez-Herrera, A., Armengol-Álvarez, D., & Martínez-Carrera, D. (2022). Dietary supplementation with oyster culinary-medicinal mushroom, *Pleurotus ostreatus* (Agaricomycetes), reduces visceral fat and hyperlipidemia in inhabitants of a rural community in Mexico. *International Journal of Medicinal Mushrooms, 24*(9), 49-61. https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2022044837

Goodridge, H. S., Wolf, A. J., & Underhill, D. M. (2009). β-glucan recognition by the innate immune system. *Immunological Reviews, 230*(1), 38-50. https://doi.org/10.1111/j.1600-065X.2009.00793.x

Hai Bang, T., Suhara, H., Doi, K., Ishikawa, H., Fukami, K., Parajuli, G. P., Katakura, Y., Yamashita, S., Watanabe, K., Adhikari, M. K., Manandhar, H. K., Kondo, R., & Shimizu, K. (2014). Wild mushrooms in Nepal: Some potential candidates as antioxidant and ACE-inhibition sources. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2014*, 195305. https://doi.org/10.1155/2014/195305

Hussain, I., Rasheed, R., Ashraf, M. A., Mohsin, M., Shah, S. M. A., Rashid, A., Akram, M., Nisar, J., & Riaz, M. (2020). Foliar applied acetylsalicylic acid induced growth and key-biochemical changes in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Dose-Response, 18*(4), 1559325820956801. https://doi.org/10.1177/1559325820956801

Jayakumar, T., Ramesh, E., & Geraldine, P. (2006). Antioxidant activity of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on CCl_4-induced liver injury in rats. *Food and Chemical Toxicology, 44*(12), 1989-1996. https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.06.025

Lai, P.-L., Naidu, M., Sabaratnam, V., Wong, K.-H., David, R. P., Kuppusamy, U. R., Abdullah, N., & Malek, S. N. A. (2013). Neurotrophic properties of the Lion's mane medicinal mushroom, *Hericium erinaceus* (Higher Basidiomycetes) from Malaysia. *International Journal of Medicinal Mushrooms, 15*(6), 539-554. https://doi.org/10.1615/intjmedmushr.v15.i6.30

Lam, Y. S., & Okello, E. J. (2015). Determination of lovastatin, β-glucan, total polyphenols, and antioxidant activity in raw and processed oyster culinary-medicinal mushroom, *Pleurotus ostreatus* (Higher Basidiomycetes). *International Journal of Medicinal Mushrooms, 17*(2), 117-128. https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.v17.i2.30

Larqué-Saavedra, A., Martín-Mex, R., Nexticapan-Garcéz, Á., Vergara-Yoisura, S., & Gutiérrez-Rendón, M. (2010). Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Chapingo Serie Horticultura, 16*(3), 183-187.

Martínez-Carrera, D., Larqué-Saavedra, A., Tovar Palacio, A., Torres, N., Meneses, M. E., Sobal Cruz, M., Morales Almora, P., Bonilla Quintero, M., Escudero Uribe, H., Tello-Salgado, I., Bernabé-González, T., Martínez Sánchez, W., & Mayett, Y. (2016). Contribución de los hongos comestibles, funcionales y medicinales a la construcción de un paradigma sobre la producción, la dieta, la salud y la cultura en el sistema agroalimentario de México. En D. Martínez-Carrera & J. Ramírez Juárez (Eds.), *Ciencia, tecnología e innovación en el sistema agroalimentario de México: hacia un enfoque integral de la producción, la dieta, la salud y la cultura en beneficio de la sociedad* (pp. 581-640). Editorial del Colegio de Postgraduados.

Martínez-Carrera, D., Mayett Moreno, Y., & Maimone Celorio, M. R. (Eds.). (2022). *Los hongos comestibles, funcionales y medicinales: aportación a la dieta, la salud, la cultura, al ambiente y al sistema agroalimentario de México*. Colegio de Postgraduados, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Centro de Biotecnología de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales.

Mayirnao, H.-S., Sharma, K., Jangir, P., Kaur, S., & Kapoor, R. (2025). Mushroom-derived nutraceuticals in the 21st century: An appraisal and future perspectives. *Journal of Future Foods, 5*(4), 342-360. https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2024.07.013

Meneses, M. E., Martínez-Carrera, D., Torres, N., Sánchez-Tapia, M., Aguilar-López, M., Morales, P., Sobal, M., Bernabé, T., Escudero, H., Granados-Portillo, O., & Tovar, A. R. (2016). Hypocholesterolemic properties and prebiotic effects of Mexican *Ganoderma lucidum* in C57BL/6 mice. *PLOS ONE, 11*(7), e0159631. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159631

Merdivan, S., & Lindequist, U. (2017). Ergosterol peroxide: A mushroom-derived compound with promising biological activities-A Review. *International Journal of Medicinal Mushrooms, 19*(2), 93-105. https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.v19.i2.10

Nieto, I. J., & Chegwin A., C. (2010). Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutracéuticas. *Revista Colombiana de Biotecnología, 12*(1), 169-178.

Pérez-Bassart, Z., Fabra, M. J., Martínez-Abad, A., & López-Rubio, A. (2023). Compositional differences of β-glucan-rich extracts from three relevant mushrooms obtained through a sequential extraction protocol. *Food Chemistry, 402*, 134207. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134207

Rangel Sánchez, G., Castro Mercado, E., Beltrán Peña, E., Reyes de la Cruz, H., & García Pineda, E. (2010). El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. *Biológicas, 12*(2), 90-95.

Romero-Córdoba, S. L., Salido-Guadarrama, I., Meneses, M. E., Cosentino, G., Iorio, M. V., Tagliabue, E., Torres, N., Sánchez-Tapia, M., Bonilla, M., Castillo, I., Petlacalco, B., Tovar, A. R., & Martínez-Carrera, D. (2021). Mexican *Ganoderma lucidum* extracts decrease lipogenesis modulating transcriptional metabolic networks and gut microbiota in C57BL/6 mice fed with a high-cholesterol diet. *Nutrients, 13*(1), 38. https://doi.org/10.3390/nu13010038

Sima, P., Vannucci, L., & Vetvicka, V. (2018). β-glucans and cholesterol (Review). *International Journal of Molecular Medicine, 41*(4), 1799-1808. https://doi.org/10.3892/ijmm.2018.3411

Stastny, J., Marsik, P., Tauchen, J., Bozik, M., Mascellani, A., Havlik, J., Landa, P., Jablonsky, I., Treml, J., Herczogova, P., Bleha, R., Synytsya, A., & Kloucek, P. (2022). Antioxidant and anti-inflammatory activity of five medicinal mushrooms of the genus *Pleurotus*. *Antioxidants, 11*(8), 1569. https://doi.org/10.3390/antiox11081569