

Efecto antifúngico por el aceite esencial de las hojas y tallos de *Schinus molle* sobre *Aspergillus* sp.

Antifungal effect of the essential oil from leaves and stems of *Schinus molle* over *Aspergillus* sp.

Antonio Carlos Pereira de Menezes Filho^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-3443-4205>

Wendel Cruvinel de Sousa¹ <https://orcid.org/0000-0002-0405-1089>

Josemar Gonçalves de Oliveira Filho² <https://orcid.org/0000-0001-9755-7128>

Carlos Frederico de Souza Castro¹ <https://orcid.org/0000-0002-9273-7266>

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde. Goiás, Brasil.

²Universidade Estadual Paulista, Júlio de Mesquita Filho, Campus Araraquara. São Paulo, Brasil.

*Autor para la correspondencia: astronomoamadorgoias@gmail.com

RESUMEN

Introducción: *Aspergillus* es un grupo de microorganismos fitopatológicos y patológicos que se encuentran en todo el mundo.

Objetivo: Evaluar la actividad antifúngica de los aceites esenciales de las hojas y tallos de *Schinus molle* en cepas de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* y *Aspergillus fumigatus* en Rio Verde, Goiás, Brasil.

Métodos: Las hojas y los tallos de *Schinus molle* fueron recolectados por la noche. Los aceites esenciales se extrajeron por hidrodestilación, y la evaluación de hongos se realizó en diferentes concentraciones de aceite esencial diluido.

Resultados: Ambos aceites esenciales mostraron actividad antifúngica importante contra las tres cepas de *Aspergillus* evaluadas.

Conclusiones: Los aceites esenciales de *S. molle* tienen una alta eficacia de inhibición del crecimiento para *A. flavus*, *A. niger* e intermedio para *A. fumigatus* en pruebas *in vitro* en

diferentes concentraciones de aceite esencial de las hojas y tallos. De ahí que se deba trabajar más en la evaluación de este comportamiento fungistático en invernaderos, en el campo y en modelos animales, ya que esta actividad antifúngica podría constituir la génesis de nuevas fuentes para la producción de agentes antifúngicos para uso agrícola y farmacéutico.

Palabras clave: actividad antifúngica; género *Aspergillus*; género *Schinus*; aspergilosis.

ABSTRACT

Introduction: *Aspergillus* is a group of phytopathology and pathologic microorganisms that are found all over the world.

Objective: To assess the antifungal activity of the essential oils from the leaves and stems of *Schinus molle* in stumps of *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* and *Aspergillus fumigatus* in Rio Verde, Goiás, Brazil.

Methods: Leaves and stems of *Schinus molle* were collected in the night. The essential oils were extracted by hydrodistillation and the assessment of fungi was made in different concentrations of fluid essential oil.

Results: Both essential oils showed important antifungal activity against the three assessed stumps of *Aspergillus*.

Conclusions: Essential oils of *S. molle* have a high efficiency in the inhibition of growing in *A. flavus*, *A. niger* and medium efficiency in *A. fumigatus* in *in vitro* trials in different concentrations of essential oil from the leaves and the stems. Therefore, there must be more work in the assessment of this fungistatic behaviour in hothouses, in the fields and in animal models, since this antifungal activity might represent the genesis of new sources for the production of antifungal agents with agricultural and pharmaceutical uses.

Keywords: Antifungal activity; *Aspergillus* genre; *Schinus* genre; aspergillosis.

Recibido: 13/02/2020

Aceptado: 21/08/2020

Introducción

Los hongos constituyen una gran clase de microorganismos beneficiosos y patógenos en el medio ambiente. Entre esta gran clase se encuentra el género *Aspergillus* que fue clasificado por primera vez por Micheli en 1729 quien lo nombró sobre una base morfoestructural.^(1,2)

Este género de hongos tiene conidios en común, como estructura reproductiva. Actualmente se conocen unas 200 especies, es uno de los géneros de gran interés científico y para la salud pública, principalmente en la producción de biomasa, raciones y alimentos.^(2,3) En la economía agrícola y de salud global, los *Aspergillus* presentan serios problemas para la producción y almacenamiento de granos, en las infecciones fúngicas en humanos y animales, y también puede causar la muerte en muchos de los casos diagnosticados tarde. Entre este grupo se encuentran los *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* y *Aspergillus fumigatus*.^(2,3,4)

La especie saprófita *A. flavus* fue descrita por Link en 1809. Es un hongo asexual que produce solo esporas, conidios y cuerpos fructíferos asexuales. En el medio ambiente, este microorganismo aparece en el suelo, prácticamente todo el mundo, causando enfermedades en cultivos agrícolas como el maní y el maíz, y contaminando las semillas de algodón que aún se encuentran en la siembra, así como en la poscosecha. Además de los problemas fitopatológicos en el desarrollo de los vegetales, el *A. flavus* también produce toxinas como aflatoxina a partir del metabolismo secundario y puede causar serios problemas de salud en animales y humanos, que se alimentan de granos contaminados, desencadenando algunos tipos de cánceres como del hígado, la aflatoxicosis y la aspergilosis.^(2,3,5) Esta especie predomina principalmente en los continentes asiático y africano, los que presentan un clima ideal para su desarrollo.⁽⁵⁾

Otro hongo de gran importancia es el *A. niger* donde hay estudios agrícolas sobre su acción fitopatológica en frutas y verduras causando un "moho negro". Sin embargo, es una especie todavía poco estudiada por posibles problemas patológicos. Es una especie con amplia distribución en la naturaleza. En algunos estudios con pacientes inmunodeprimidos con VIH o trasplantados se ha detectado una alta tasa de infección con este hongo. Es una especie muy utilizada en la industria biotecnológica en bioprocesos y en la fermentación.^(4,6)

El *A. niger* se considera una especie segura, ya que es uno de los pocos microorganismos que ha recibido el estado GRAS (*Generally Regarded As Safe*) conferido por la *Food and Drug Administration* (FDA) debido a su baja toxicidad. En algunos casos raros, en niños o ancianos cuando se exponen al polvo que contiene esporas de *A. niger* pueden desarrollar hipersensibilidad.^(4,5,6) En estudios con animales se observó el desarrollo de micosis, donde no hay ningún caso científico probado que puedan producir aflatoxinas o tricotecenos.^(4,7) Esta especie de *Aspergillus* produce una sustancia llamada ocratoxina A que es una micotoxina que ha sido estudiada por su capacidad patogénica en humanos y animales.^(7,8)

Otra especie de *Aspergillus* de importancia real para la industria y la medicina es el *A. fumigatus*. Los estudios han demostrado que este microorganismo es un hongo patógeno oportunista responsable por algunas enfermedades del tracto respiratorio en huéspedes normales y también puede desarrollar infecciones invasivas en pacientes neutropénicos, donde la infección ocurre al inhalar conidios viables.^(8,9,10)

En el medio ambiente, hay innumerables especies de vegetales que presentan aceites esenciales (AEs) como uno de los compuestos del metabolismo secundario. Los AEs tienen una compleja composición de monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanoides.⁽⁹⁾ Varios AEs han demostrado en estudios, una importante actividad antifúngica, donde la sensibilidad que presentan en varias cepas y en diferentes géneros fúngicos, pueden ser comparables a los fungicidas comerciales utilizados en la agricultura, en el tratamiento de enfermedades fúngicas en humanos y animales y, en la industria de alimentos en el control microbiológico.^(10,11) La especie vegetal *Schinus molle* pertenece a la familia Anacardiaceae, conocida popularmente como 'aroeira-salsa'. En sus órganos vegetales, los tallos y las hojas tienen fuertes aromas debido a la presencia de AEs. Esta especie ha estado mostrado buenos resultados en la actividad antifúngica, y presenta importante sensibilidad en innumerables cepas fúngicas.^(11,12,13)

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la actividad antifúngica de los aceites esenciales de las hojas y tallos de *Schinus molle* en cepas de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* y *Aspergillus fumigatus* en Rio Verde, Goiás, Brasil.

Métodos

Recolección e identificación del material vegetal

Las hojas y tallos de *S. molle* se recolectaron en el área de cultivo bovino del Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Goiás, Brasil, en el mes de enero de 2020, durante la noche, entre las 19 h y 20 h, periodo más fresco, con la siguiente ubicación geográfica 17°48'46.8''S 50°53'55.1''W que se determinó con la ayuda de un GPS (Garmin, Mod. GPSMap 64x/Glosnass). Una exsiccata fue herborizada y depositada en el herbario de IF Goiano, Campus Rio Verde con el siguiente registro de Voucher HRV 1347.

Extracción del aceite esencial

El material se pesó en alícuotas de 100 g. Luego, se procesaron en un procesador doméstico (Philips, Mod. Walita Viva Collection) con 500 mL de agua destilada. La extracción del AE se realizó en un sistema tipo Clevenger (Hermon Lab) con reflujo durante 4 horas. El hidrolato se recogió y se transfirió a un embudo de separación de 500 mL (Laborglas) donde se lavó 3 veces con diclorometano (Neon, P.A - ACS, pureza de 99,8 %). La fase orgánica se recogió y se secó con sulfato de sodio anhidro (Fmaia, P.A - ACS, pureza 98,8 %), y luego se filtró a través de papel de filtro (Unifil, C42) y la solución se transfirió a un vaso de precipitados de 100 mL (Laborglas) envuelto en papel de aluminio (Bompack). El matraz se mantuvo en un lugar oscuro con una temperatura de 25 °C hasta la evaporación completa del disolvente. Poco después, la masa de AE se determinó en una balanza analítica digital (Marte, Mod. WB 220), de acuerdo con la ecuación 1.

$$\% \text{Rend} = (\text{Masa}_{\text{aceite}} / \text{Masa}_{\text{in natura}}) \times 100. \quad (1)$$

Donde: %Rend = porcentaje de rendimiento, $\text{Masa}_{\text{aceite}}$ = peso del aceite esencial extraído y $\text{Masa}_{\text{in natura}}$ = peso del material fresco.

Actividad antifúngica

La actividad antifúngica se determinó utilizando cepas identificadas de *A. flavus* AW12, *A. niger* AW15 y *A. fumigatus* AW13 mantenidos en medio agar, patata y dextrosa (Kasvi – APD). Las cepas pertenecían al laboratorio de Química Tecnológica de IF Goiano, campus Rio Verde, Goiás, Brasil. La determinación de la actividad antifúngica de los AEs de *S. molle* se evaluó a través de diferentes concentraciones, a partir de 100 (aceite puro); 50 $\mu\text{L mL}^{-1}$; 25 $\mu\text{L mL}^{-1}$; 12,5 $\mu\text{L mL}^{-1}$; 6,25 $\mu\text{L mL}^{-1}$; 3,13 $\mu\text{L mL}^{-1}$ y 1,56 $\mu\text{L mL}^{-1}$ diluido en dimetilsulfóxido (DMSO) (Vetec, P.A - ACS, pureza 100 %). Como control negativo, se utilizó el testigo ausencia de aceite esencial y DMSO. Como control positivo fue utilizado fungicida Frowncide 500 SC[®] (Ihara, Fluazinam, Conc. 500 g L⁻¹), con el respectivo Registro en el Ministerio de Agricultura brasileña, n° 7695, a una concentración predeterminada de 15 $\mu\text{L mL}^{-1}$.

Las concentraciones de aceites esenciales se agregaron al medio de cultivo APD después de la esterilización y enfriamiento, así como para los tratamientos con fungicida comercial y

DMSO. Después de la solidificación del medio, en una cámara de flujo laminar bacteriológico (Marconi, Mod. MA 1550) se depositó 1 disco de micelio para cada cepa por separado de *A. flavus*, *A. niger* y *A. fumigatus*, de 7 mm de diámetro, en el centro de la placa de *Petri* con 10 cm de diámetro. Luego se incubaron a una temperatura de 25 °C en una incubadora bacteriológica (SolidSteel, Mod. 11L), respectivamente.^(2,14,15)

La evaluación consistió en mediciones diarias del diámetro de las colonias, para lo que se utilizó un calibrador digital Digimess, Mod. 100.174 BL, con resolución 0,001 mm. La evaluación comenzó 24 horas después iniciada la incubación, y finalizó cuando las colonias de hongos del tratamiento de control alcanzaron completamente el área interna de la placa. La determinación del porcentaje de inhibición del crecimiento (PIC) se realizó según lo propuesto por *García* y otros (Ecuación 2).⁽¹⁶⁾

$$\%PIC = (DTT - DTQ)/DTT \times 100. \quad (2)$$

Donde: PIC = porcentual de inhibición del crecimiento, DTT = diámetro del tratamiento testigo, DTQ = diámetro del tratamiento químico.

Análisis estadístico

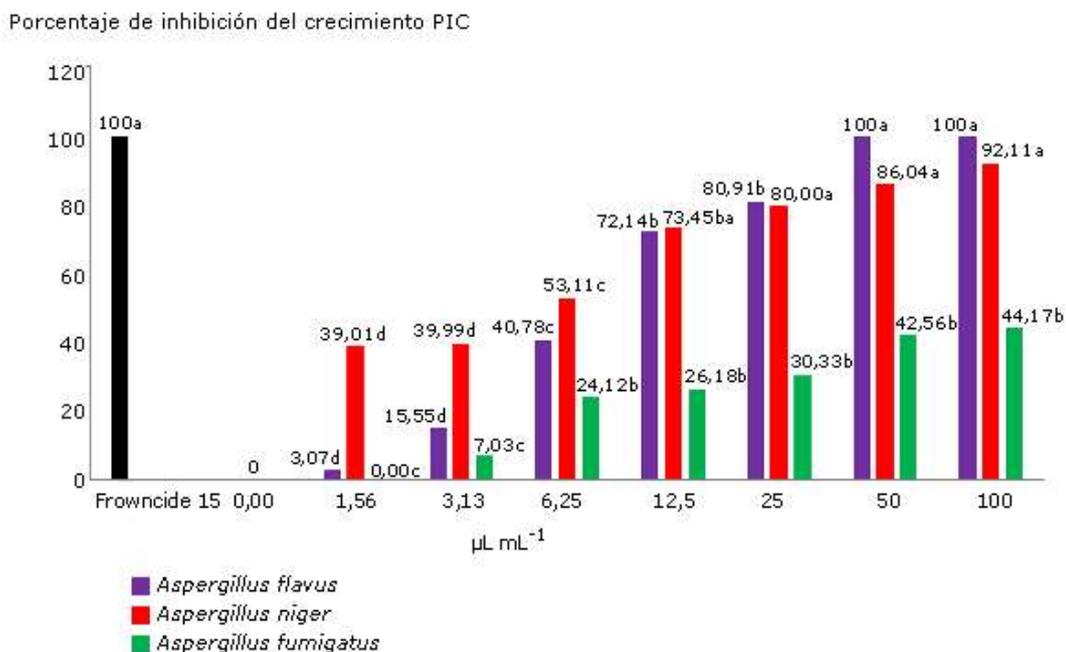
La determinación del rendimiento de extracción de los AEs se hizo triplicada, y la actividad antifúngica se realizó por cuadruplicado seguida de \pm error estándar de la media. Los datos se sometieron a análisis de varianza (ANOVA por sus siglas en inglés) y los promedios de todos los tratamientos con AEs se compararon con el fungicida comercial mediante la prueba de *Scott-Knott*, con un nivel de significancia del 5 %. El programa estadístico utilizado fue el *PAST 3* (versión gratuita, 3.22, 2019).

Resultados

El rendimiento de los AEs fue de 0,97 % y de 0,61 % para las hojas y tallos, respectivamente, recolectados por la noche. En la figura 1 se muestran los porcentajes de inhibición del crecimiento micelial (PIC) sobre las cepas de *A. flavus*, *A. niger* y *A. fumigatus* por el AE de las hojas de *S. molle*.

El AE de las hojas de *S. molle* mostró actividad antifúngica para las cepas evaluadas de *A. flavus* y *A. niger* con una acción de sensibilidad más efectiva (Fig. 1), donde en las concentraciones entre 25 a 100 $\mu\text{L mL}^{-1}$, presentó una PIC comparable al observada por el fungicida de referencia Frowncide® 500 SC con 100 % de inhibición del crecimiento micelial. Las cepas de *A. flavus* y *A. niger* demostraron en el estudio que son muy sensibles al AE de las hojas de *S. molle*, por lo que se puede considerar un potente agente promotor en el control de ambas especies de *Aspergillus*. Para ambos hongos se pueden usar concentraciones superiores a 6,25 $\mu\text{L mL}^{-1}$ que demuestran una alta eficiencia para inhibir las cepas de *A. flavus* y *A. niger*, según la prueba de *Scott-Knott* 5 %.

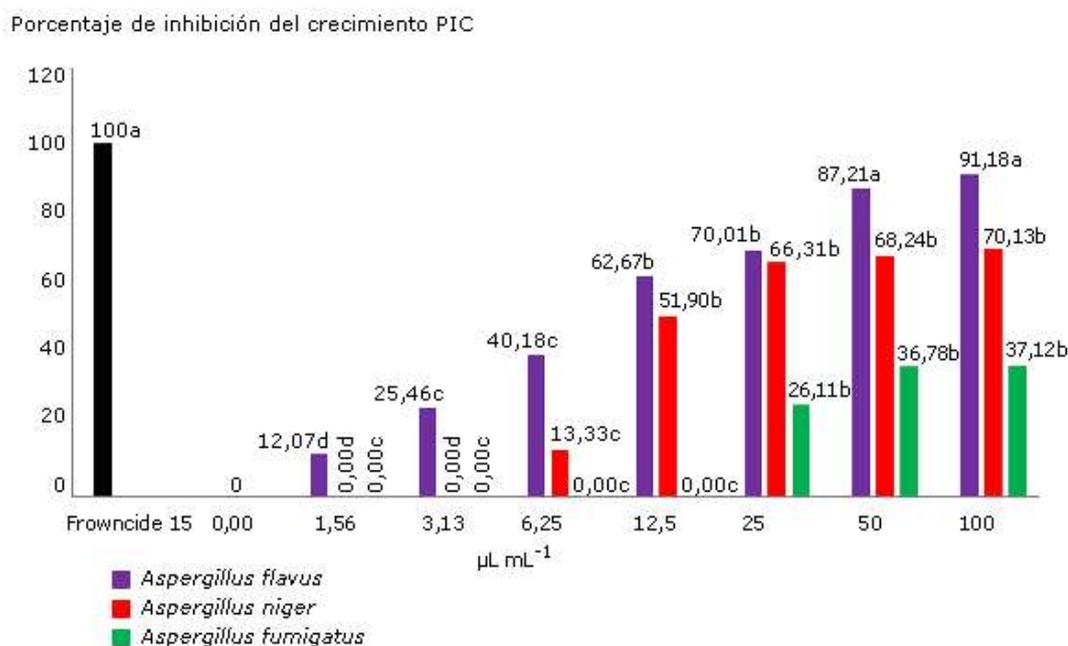
Sin embargo, no se observó lo mismo para *A. fumigatus*, que presentó una tasa baja de PIC sobre la acción del AE de las hojas de *S. molle* en todas las concentraciones, incluso en presencia de aceite sin dilución en la concentración de 100 $\mu\text{L mL}^{-1}$, con solo un 44 % de inhibición del crecimiento. *A. fumigatus* demostró en este estudio que es más resistente al AE de las hojas de *S. molle*, que las cepas de *A. flavus* y *A. niger*. En relación con el fungicida de referencia, también mostró una inhibición del 100 % en las pruebas antimicóticas (Fig. 1) según lo evaluado por la prueba *Scott-Knott* 5 %.



Nota: letras iguales para cada concentración y cepa fúngica, significa que no difiere en la prueba de *Scott-Knott* con un nivel de significancia del 5 %.

Fig. 1 - Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial contra las cepas de *A. flavus*, *A. niger* y *A. fumigatus*, por el aceite esencial de las hojas de *S. molle*.

En la figura 2 se presentan los resultados del porcentaje de inhibición del crecimiento para las cepas de *A. flavus*, *A. niger* y *A. fumigatus* sobre la acción de inhibición promovida por el aceite esencial de los tallos de *S. molle*. Se puede observar la alta eficacia de inhibición para *A. flavus* en todas las concentraciones evaluadas para el AE de los tallos de *S. molle*, con un PIC máximo del 91 %. También se observó una buena eficiencia para la cepa de *A. niger*, que mostró ser relativamente sensible al AE solo en concentraciones más altas entre 12,5 $\mu\text{L mL}^{-1}$ a 100 $\mu\text{L mL}^{-1}$ con un PIC máximo del 70 %. Sin embargo, no hay diferencia estadística entre las concentraciones, formando el grupo (b). A concentraciones más bajas de 1,56 $\mu\text{L mL}^{-1}$ y 3,13 $\mu\text{L mL}^{-1}$, no se observó inhibición del crecimiento (Fig. 2).



Nota: letras iguales para cada concentración y cepa fúngica, significa que no difiere en la prueba de Scott-Knott con un nivel de significancia del 5 %.

Fig. 2 - Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial contra las cepas de *A. flavus*, *A. niger* y *A. fumigatus*, por el aceite esencial de los tallos de *S. molle*.

Nuevamente, ambas cepas de *A. flavus* y *A. niger* mostraron ser más sensibles en presencia del AE de los tallos de *S. molle* en diferentes concentraciones. En comparación con la acción fungistática promovida por el fungicida de referencia, las concentraciones de 50 $\mu\text{L mL}^{-1}$ y 100 $\mu\text{L mL}^{-1}$ demostraron una acción antifúngica de *A. flavus* igual al fungicida Frowncide®, con una concentración establecida de 15 $\mu\text{L mL}^{-1}$. Para *A. niger*, las mejores concentraciones

tienen una baja tasa de inhibición del crecimiento entre $12,5 \mu\text{L mL}^{-1}$ a $100 \mu\text{L mL}^{-1}$, por lo que sigue siendo una buena opción para controlar este hongo.

Para el ensayo antimicótico para la cepa de *A. fumigatus* hubo una ligera sensibilidad al AE, solo en las tres concentraciones más altas entre $25 \mu\text{L mL}^{-1}$ y $100 \mu\text{L mL}^{-1}$, con una tasa más alta del 37 %. Sin embargo, no hubo diferencias significativas para estas concentraciones. En las concentraciones más bajas entre $1,56 \mu\text{L mL}^{-1}$ a $12,5 \mu\text{L mL}^{-1}$ no demostraron actividad PIC.

Discusión

Varios trabajos reportan diferencias en los contenidos de rendimiento del AE para *S. molle*, como es el caso de los estudios de *Menezes Filho* y otros.⁽¹⁷⁾ Estos autores encontraron valores de rendimiento del AE de ramas y hojas de *S. molle* de un 0,21 % y un 0,37 % respectivamente, que fueron recolectadas durante el día en el mes de agosto de 2019, en Rio Verde, Goiás, Brasil, lo que se considera un periodo de sequía para el área de recolección de este estudio. En los estudios de *Prado* y otros,⁽¹⁸⁾ los investigadores encontraron un rendimiento del 1,2 % para las hojas de *S. molle* recolectadas en Botucatu, São Paulo, Brasil. *El-Sayed* y otros⁽¹⁹⁾ reportaron un rendimiento en su estudio de 1,87 mL para hojas en la región de Taif, Arabia Saudita.

Según *Da Silva* y otros⁽²⁰⁾ y *De Sousa* y otros,⁽²¹⁾ esta diferencia en el rendimiento de AE se explica debido a factores intrínsecos y extrínsecos como la lluvia, la altitud en relación con el nivel del mar, el tipo de suelo, el contenido mineral del suelo, irradiación solar, genética vegetal con sus quimiotipos, entre otros. A la vez, que diversos estudios presentaron procesos de estrés en vegetales donde el contenido de AE es sustancialmente mayor en comparación con el vegetal en su estado natural. Por lo que se puede plantear que numerosos AEs han demostrado en investigaciones ser altamente eficientes como agente antifúngico y fungistático. Lo que demuestra que esta clase de metabolitos secundarios de las innumerables familias de vegetales, pueden ser utilizados como una alternativa preferible ante el uso de fungicidas sintéticos que a menudo causan un desequilibrio ecológico.^(22,23)

En el presente estudio es posible observar una importante actividad antifúngica para las tres cepas evaluadas, en diferentes concentraciones de AE para hojas y tallos de *S. molle*, siendo superior a otros estudios que evaluaron la capacidad antifúngica para las cepas de *Aspergillus*. Otras investigaciones que valoraron los AEs de *S. molle* en diferentes partes del

vegetal también encontraron una importante actividad antifúngica. *Menezes Filho* y otros,⁽¹⁷⁾ hallaron una acción fungistática eficiente para el hongo *Sclerotinia sclerotiorum* que causa el “moho blanco” en varios cultivos agrícolas. Estos investigadores obtuvieron inhibición de hongo entre el 1,13 % al 86,41 % para el AE de las ramas y entre un 5,82 % a un 81,34 % para el AE de las hojas.

Tomazoni y otros⁽²⁴⁾ demostraron en un estudio con el AE de las hojas de *S. molle*, una actividad antifúngica del 59,46 %, 60,42 % y un 66,13 % para los hongos *Alternaria solani*, *Septoria lycopersici* y *Stemphylium solani*, respectivamente. *Luque-Alcaraz* y otros,⁽²⁵⁾ evaluaron el AE de las hojas de *S. molle* recolectadas en México, donde determinaron un buen potencial antifúngico para *Aspergillus parasiticus*. Otros trabajos previos, como en los estudios de *Dikshit* y otros,⁽¹²⁾ informaron una inhibición del 53,5 % para *A. flavus* en una concentración de 500 µg mL⁻¹. En comparación con otros estudios que evaluaron los AEs en especies de *Aspergillus*, como en los estudios de *Deus* y otros⁽²⁶⁾ donde los investigadores encontraron actividad antifúngica eficiente para *A. flavus* y *A. niger* usando aceite de resina y AE de *Copaifera multijuga*.

Correa-Royero y otros,⁽²⁷⁾ observaron actividad antifúngica en *A. fumigatus* en cuatro AEs de *Chenopodium ambrosioides*, *Bursera graveolens*, *Tagetes lucida* y *Cymbopogon citratus*. Por su parte *Thanaboripat* y otros,⁽²⁸⁾ hallaron una buena eficacia de inhibición para *A. flavus* usando AE de *Melaleuca cajeputi*, *Cinnamomum cassia* y *Lavandula officinalis*. Según *Jardim* y otros,⁽²⁹⁾ la clase de compuestos terpénicos en AEs tienen una importante actividad antifúngica, siendo una fuente compleja y rica de sustancias para el desarrollo de nuevos productos antifúngicos en la línea ecológica.

Varios compuestos que se encuentran en los AEs son responsables de presentar tasas diferentes y positivas de inhibición del crecimiento micelial en varios grupos de hongos. Para *S. molle*, se han informado como compuestos principales el copaeno, cariofileno, δ-cadieno, viridifloral, α-pineno, germacreno D, germacreno B,⁽¹⁷⁾ *Epi-α-cadinol*, mirceno, sabineno,⁽¹⁸⁾ biciclogermacreno, espatulenol y α-cadinol.⁽³⁰⁾

Se concluye que los AEs de *S. molle* tienen una alta eficacia de inhibición del crecimiento para *A. flavus*, *A. niger* e intermedio para *A. fumigatus* en pruebas *in vitro* en diferentes concentraciones de AE de las hojas y tallos. De ahí que se deba trabajar más en la evaluación de este comportamiento fungistático en invernaderos, en el campo y en modelos animales, ya que esta actividad antifúngica podría constituir la génesis de nuevas fuentes para la producción de agentes antifúngicos para uso agrícola y farmacéutico.

Agradecimientos

Al Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde; la Universidad Federal de Jataí; la Universidad Federal de Goiás; a los laboratorios de Química Tecnológica, Aguas y Efluentes, Química Orgánica y de Frutas y Verduras.

Referencias bibliográficas

1. Van de Veerdonk FL, Gresnigt MS, Romani L, Netea MG, Latgé J-P. *Aspergillus fumigatus* morphology and dynamic host interactions. *Nature Reviews*. 2017;15:661-74. DOI: [10.1038/nrmicro.2017.90](https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.90)
2. Samson RA. Current taxonomic schemes of the genus *Aspergillus* and its teleomorphs. *Biotechnology*. 1992;23:335-390.
3. Paulussen C, Hallsworth JE, Álvarez-Pérez S, Nierman WC, Hamill PG, Blain D, Rediers H, Lievens B. Ecology of aspergilosis: insights into the pathogenic potency of *Aspergillus fumigatus* and some other *Aspergillus* species. *Microbial Biotechnology*. 2017;10:296-322. DOI: [10.1111/1751-7915.1236](https://doi.org/10.1111/1751-7915.1236)
4. Liu Z, Zhao J-Y, Sun S-F, Li Y, Qu J, Liu H-T, Liu Y-B. Sesquiterpenes from an endophytic *Aspergillus flavus*. *Journal of Natural Products*. 2019;82:1063-1071. DOI: [10.1021/acs.jnatprod.8b01084](https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.8b01084)
5. Cairns TC, Nai C, Meyer V. How a fungus shapes biotechnology: 100 years of *Aspergillus niger* research. *Fungal Biology and Biotechnology*. 2018;5:1-14. DOI: [10.1186/s40694-018-0054-5](https://doi.org/10.1186/s40694-018-0054-5)
6. Rudramurthy SM, Paul RA, Chakrabarti A, Mouton JW, Meis JF. Invasive Aspergillosis by *Aspergillus flavus*: Epidemiology, diagnosis, antifungal resistance, and management. *Journal of Fungi*. 2019;5:1-23. DOI: [10.3390/jof5030055](https://doi.org/10.3390/jof5030055)
7. Koch BEV, Hajdamowicz NH, Legendijk E, Ram AFJ, Meijer AH. *Aspergillus fumigatus* establishes infection in zebrafish by germination of phagocytized conidia, while *Aspergillus niger* relies on extracellular germination. *Scientific Reports*. 2019;9:1-12. DOI: [10.1038/s41598-019-49284-w](https://doi.org/10.1038/s41598-019-49284-w)
8. Juárez-Segovia KG, Díaz-Darcía EJ, Méndez-López MD, Pina-Canseco MS, Pérez-Santiago AD, Sánchez-Medina MA. Efecto de extractos crudos de ajo (*Allium sativum*)

sobre el desarrollo *in vitro* de *Aspergillus parasiticus* y *Aspergillus niger*. Polibotánica. 2019;47:99-111. DOI: [10.18387/polibotanica.47.8](https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.8)

9. Agarwal R, Dua D, Choudhary H, Aggarwal AN, Sehgal IS, Dhooria S, *et al.* Role of *Aspergillus fumigatus*-specific IgG in diagnosis and monitoring treatment response in allergic bronchopulmonary aspergillosis. *Mycoses*. 2017;60:33-39. DOI: [10.1111/myc.12541](https://doi.org/10.1111/myc.12541)

10. Estevam EBB, Alves CCF, Esperandim VR, Cazal CM, Souza AF, Miranda MLD. Chemical composition, anti-*Trypanosoma cruzi* and cytotoxic activities of the essential oil from green fruits of *Protium ovatum* (Burseraceae). *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2018;40:e-794. DOI: [10.1590/0100-29452018794](https://doi.org/10.1590/0100-29452018794)

11. Kwon S-J, Chang Y, Han J. Oregano essential oil-based natural antimicrobial packaging film to inactivate *Salmonella enterica* and yeast/molds in the atmosphere surrounding cherry tomatoes. *Food Microbiology*. 2017;65:114-121. DOI: [10.1016/j.fm.2017.02.004](https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.02.004)

12. Dikshit A, Naqvi AA, Husain A. *Schinus molle*: a new source of natural fungitoxicant. *Applied and Environmental Microbiology*. 1986;51(5):1085-1088. DOI: [10.1128/AEM.51.5.1085-1088.1986](https://doi.org/10.1128/AEM.51.5.1085-1088.1986)

13. Lópes-Meneses AK, Plascencia-Jatomea M, Lizardi-Mendoza J, Fernández-Quiroz D, Rodríguez-Félix F, Mouriño-Pérez RR, Cortez-Rocha MO. *Schinus molle* L. essential oil-loaded chitosan nanoparticles: Preparation, characterization, antifungal and anti-aflatoxicogenic properties. *Food Science and Technology*. 2018;96:597-603. DOI: [10.1016/j.lwt.2018.06.013](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.013)

14. Abarca ML, Bragulat MR, Castellá G, Cabañes FJ. Ochratoxin a production by strains of *Aspergillus niger var. niger*. *Applied and Environmental Microbiology*. 1994;60(7):2650-52. DOI: [10.1128/AEM.60.7.2650-2652.1994](https://doi.org/10.1128/AEM.60.7.2650-2652.1994)

15. Paris S, Boisvieux-Ulrich E, Crestani B, Houcine O, Taramelli D, Lombardi L, Latgé J-P. Internalization of *Aspergillus fumigatus* conidia by epithelial and endothelial cells. *Infection and Immunity*. 1997;65(4):1414-1510. DOI: [10.1128/IAI.65.4.1510-1514.1997](https://doi.org/10.1128/IAI.65.4.1510-1514.1997)

16. Garcia RÁ, Juliatti FC, Barbosa KAG, Cassemiro TA. Atividade antifúngica de óleo e extratos vegetais sobre *Sclerotinia sclerotiorum*. *Bioscience Journal*. 2012;28(1):48-57.

17. Menezes Filho ACP, De Sousa WC, Castro CFS. Composição química dos óleos essenciais de *Schinus molle* e atividade antifúngica em *Sclerotinia sclerotiorum*. *Colloquium Agrariae*. 2020;16:115-123. DOI: [10.5747/ca.2020.v16.n3.a377](https://doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n3.a377)

18. Prado AC, Garces HG, Bagagli E, Rall VLM, Furlanetto A, Júnior AF, Furtado FB. *Schinus molle* essential oils as a potential source of bioactive compounds: antifungal and antibacterial properties. *Journal of Applied Microbiology*. 2019;126:516-522. DOI: [10.1111/jam.14157](https://doi.org/10.1111/jam.14157)
19. El-Sayed S, Abdel-Hameed, Bazaid S. A. Chemical composition of essential oils from leaves of *Schinus molle* L. growing in Taif, KSA. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 2017;20:45-58. DOI: [10.1080/0972060X.2017.1294999](https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1294999)
20. Da Silva TI, Chaves JTL, Bezerra AE, Silva JS, Dos Santos HR, Marco CA. Produção de fitomassa e teor de óleo essencial de *Ocimum basilicum* L. submetido ao estresse salino. *Acta Iguazu*. 2017 [acceso 09/09/2020];6(2):71-80. Disponible en: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/17462>
21. De Sousa RF, De Sousa JA. Metabólicos secundários associados a estresse hídrico e suas funções nos tecidos vegetais. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*. 2017 [acceso 09/09/2020];11:01-08. Disponible en: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/5008>
22. Abbey JA, Percival D, Abbey L, Asiedu SK, Prithviraj B, Schilder A. Biofungicides as alternative to synthetic fungicide control of grey mould (*Botrytis cinerea*) – prospects and challenges. *Biocontrol Science and Technology*. 2019;29:207-228. DOI: [10.1080/09583157.2018.1548574](https://doi.org/10.1080/09583157.2018.1548574)
23. Gakuubi MM, Maina AW, Wagacha JM. Antifungal activity of essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Against selected *Fusarium* spp. *International Journal of Microbiology*. 2017;1-7. DOI: [10.1155/2017/8761610](https://doi.org/10.1155/2017/8761610)
24. Tomazoni EZ, Ribeiro RTS, Schwambach J. Potencial fungitóxico dos óleos essenciais de *Schinus molle* L. e *Schinus terebinthifolius* Raddi contra fungos patogênicos do tomateiro. *Revista Brasileira de Agroecologia*. 2017 [acceso 09/09/2020];1-12. Disponible en: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/20724>
25. Luque-Alcaraz AG, Cortez-Rocha MO, Velázquez-Contreras CA, Acosta-Silva AL, Santacruz-Ortega HC, Burgos-Hernández A, Argüelles-Monal WM, Plascencia-Jatomea M. Enhanced antifungal effect of chitosan/pepper tree (*Schinus molle*) essential oil bionanocomposites on the viability of *Aspergillus parasiticus* spores. *Journal of Nanomaterials*. 2016;1-10. DOI: [10.1155/2016/6060137](https://doi.org/10.1155/2016/6060137)

26. Deus RJA, Alves CN, Arruda MSP. Avaliação do efeito antifúngico do óleo resina e do óleo essencial de copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne). Revista Brasileira de Plantas Mediciniais. 2011;13(1):1-7. DOI: [10.1590/S1516-05722011000100001](https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000100001)
27. Correa-Royero J, Tangarife V, Durán C, Stashenko E, Mesa-Arango A. Atividade antifúngica *in vitro* e os efeitos citotóxicos de óleos essenciais e extratos de plantas medicinais e aromáticas contra *Candida krusei* e *Aspergillus fumigatus*. Revista Brasileira de Farmacognosia. 2010;20(5): 734-41. DOI: [10.1590/S0102-695X2010005000021](https://doi.org/10.1590/S0102-695X2010005000021)
28. Thanaboripat D, Suvathi Y, Srilohasin P, Sripakdee S, Patthanawanitchai O, Charoensettasilp S. Inhibitory effect of essential oils on the growth os *Aspergillus flavus*. Science and Technology Journal. 2007;7(1):1-7.
29. Jardim CM, Jham GN, Dhingra OD, Freire MM. Composition and antifungal activity of the essential oil of the Brazilian *Chenopodium ambrosioides* L. Journal Chemistry Ecology. 2008;34:1213-18. DOI: [10.1007/s10886-008-9526-z](https://doi.org/10.1007/s10886-008-9526-z)
30. Santos RM, Agostini F, De Almeida, ML, Pauletti GF, Serafini LA, Moyna P, Dellacassa E. Caracterização química de populações de *Schinus molle* L. do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Biociências. 2007;5:1014-16.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Antonio Carlos Pereira de Menezes Filho: administración de proyecto, investigación, conceptualización, curación de datos, investigación, redacción borrador original y redacción revisión final.

Wendel Cruvinel de Sousa: curación de datos, investigación y redacción borrador original.

Josemar Gonçalves de Oliveira Filho: curación de datos y redacción borrador original.

Carlos Frederico de Souza Castro: recursos.