

# Buenas nuevas desde el herbario: primer registro de *Chroogomphus albipes* (Zeller) Yan C. Li & Zhu L. Yang (Gomphidiaceae, Boletales) en México

Javier Isaac de la Fuente<sup>1</sup>, Marcos Sánchez-Flores<sup>2</sup>, Jesús García-Jiménez<sup>2</sup> y Efrén Cázares<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Edafología, Km 36.5, 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Blvd. Emilio Portes Gil #1301Pte. CP87010, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

<sup>3</sup>Department of Forest Ecosystems and Society, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA.

E-mail: jgarjim@yahoo.com.mx

Received: 5 January 2025

Accepted for publication: 11 February 2025

Published: 25 February 2025

Editor: Nataly Gómez-Montoya

**Resumen:** Las especies del género *Chroogomphus* se caracterizan por sus basidiomas agaricoides o secotioides, colores vináceos, anaranjados, rojizos o salmón y sus hábitos micorrícicos con diferentes especies de coníferas. A pesar de que hay registros de las especies epigeas, hasta el momento no existen representantes secotioides del género en México. Como resultado de una revisión de los boletales hipogeos depositados en el herbario ITCV se detectó la presencia de la especie *C. albipes*, todavía formalmente no citada para México. Esta especie se caracteriza por los basidiomas secuestrados, secotioides, de color vináceo, los cistidios prominentes con paredes gruesas y las basidiosporas elipsoides de 14–19 × 7–9 µm. El hallazgo de esta especie resalta la importancia de los herbarios como fuentes de información y aumenta el conocimiento de los hongos secuestrados en México.

Palabras clave: hongos secotioides, ITCV, pseudotrufas, Tamaulipas.

**Abstract:** Species of the genus *Chroogomphus* are characterized by the agaricoid to secotiid basidiomata, with vinaceous hues, and the mycorrhizal habits with different conifers species. Although there are some records of the epigeous taxa, no secotiid species have been recorded in Mexico so far. As result of a revision of the hypogeous Boletales deposited at ITCV herbarium, the presence of the species *C. albipes* was detected. This species is characterized by the sequestrate, secotiid basidiomata, with vinaceous hues, prominent, thick-walled cystidia and the ellipsoid basidiospores of 14–19 × 7–9 µm. the discovery of this species highlights the importance of the herbarium as information sources and contributes to the knowledge of the Mexican sequestrate fungi.

Key words: ITCV, pseudo truffles, secotiid fungi, Tamaulipas.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Introducción

*Chroogomphus* (Singer) O. K. Mill. es un género del Orden Boletales, perteneciente a la familia Gomphidiaceae. Las especies de este género se caracterizan por los basidiomas agaricoides, epigeos, pileo-estpitados o secuestrados, generalmente de colores vináceos, anaranjados, amarillentos u ocráceos, con trama himenoforal amiloide, basidiosporas lisas y elipsoides, cistidios prominentes y su asociación micorrízica con diferentes especies de coníferas de la familia Pinaceae (Miller 1964, 2003; Singer et al. 1990; Li et al. 2009). Las especies tienen distribución amplia en el hemisferio norte, y se han estudiado principalmente en América (Singer 1949; Miller 1964; Singer et al. 1990; Pérez-Moreno et al. 2023), Europa (Scambler et al. 2018) y Asia (Li et al. 2009; Kiran et al. 2020). Actualmente se reconocen tres subgéneros: *Chroogomphus*, *Floccigomphus* (Imai) Niskanen, Scambler, & Liimat y *Siccigomphus* Niskanen, Scambler, & Liimat (Scambler et al. 2018) y aproximadamente 30 especies a nivel mundial. El grupo cuenta con especies comestibles de importancia para diversos grupos culturales (Li et al. 2009; Pérez-Moreno et al. 2021, 2023) y muchas especies han sido investigadas por sus propiedades en la industria farmacéutica debido a sus metabolitos secundarios (Zhang et al. 2017; Zhang et al. 2020; Zhou et al. 2023).

En México, las especies pertenecientes a la familia Gomphidiaceae están representadas por los géneros *Gomphidius* Fr. y *Chroogomphus*, las cuales han sido citadas en numerosos trabajos desde finales de la década de 1970 (Castillo et al. 1979; García y Castillo 1981; Singer et al. 1990; González-Velázquez y Valenzuela 1993). La mayoría de los trabajos se han enfocado en los aspectos taxonómicos y hasta la fecha se han citado tres especies: *C. jamaicensis* (Murrill) O.K. Mill. (González-Velázquez y Valenzuela, 1993), *C. conacytiensis* Ayala-Vásquez, Pérez-Moreno, Ramírez-Carbajal & González-Martínez y *C. flavovinaceous* Ayala-Vásquez, Martínez-Reyes, Pérez-Moreno (Pérez-Moreno et al. 2023). De acuerdo con la literatura especializada en etnomicología, las especies citadas anteriormente se consideran comestibles para los grupos étnicos Tlahuicas y Náhuat en los estados del centro de México (Garibay y Ruan-Soto 2014; Montoya-Esquivel et al. 2001; Pérez-Moreno et al. 2021). Hasta la fecha, no hay reportes formales de especies secuestradas de *Chroogomphus* en México, clasificadas en la taxonomía clásica como miembros del género *Brauniellula* A.H. Sm. & Singer pero actualmente sinonimizadas dentro de *Chroogomphus*.

En México, las especies secuestradas de macromicetos han sido pobremente estudiadas en comparación con las especies epigeas. Sin embargo, se han realizado esfuerzos desde la década de 1970 para estudiar este grupo de hongos. De acuerdo con la literatura disponible, en México se conocen aproximadamente 120 especies de hongos secuestrados, incluyendo trufas, falsas trufas y hongos secotioides. Los herbarios funcionan como importantes reservorios de información útil para entender la evolución y la distribución de las especies (Nualart et al. 2017). Algunos herbarios micológicos o fungarios del norte y centro del país, cuentan con colecciones de hongos secuestrados, recolectados por expertos nacionales y extranjeros. Así, muchos ejemplares depositados aún esperan por una descripción formal y pueden representar novedades taxonómicas para México. Durante la revisión de las especies secuestradas del orden Boletales depositadas en herbario del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria (ITCV) se localizaron algunos ejemplares etiquetados como *Brauniellula nancyae* A.H. Sm. & Singer (= *Chroogomphus albipes* (Zeller) Yan C. Li & Zhu L. Yang), sin embargo, dicho material no ha sido publicado formalmente. El objetivo de este trabajo es describir por primera vez la especie *C. albipes* para México, resaltar la importancia de la revisión de los herbarios nacionales y contribuir al conocimiento de los hongos secuestrados de México.

## Métodos

Se realizó la revisión taxonómica del material depositado en el herbario “José Castillo Tovar” del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria (ITCV). Dicho material fue recolectado en los bosques mixtos de *Pinus-Quercus* del estado de Tamaulipas, en el noreste de México. Para la descripción de los materiales se utilizaron las notas taxonómicas que acompañan al material depositado. Se realizaron cortes y se hicieron preparaciones temporales con KOH 5% y reactivo de Melzer para la observación de microestructuras tales como hifas del peridio, trama himenoforal, himenio y basidiosporas. Las descripciones se basaron en al menos 30 medidas por cada estructura. Para la descripción de las basidiosporas, se obtuvieron los siguientes datos: promedio del largo y ancho de las basidiosporas (L, W), rango de la proporción entre el largo y ancho de las basidiosporas (Qr) y el promedio de dicha proporción (Qm). Las observaciones se realizaron en un microscopio óptico Axiostar plus de la marca Zeiss.

## Resultados

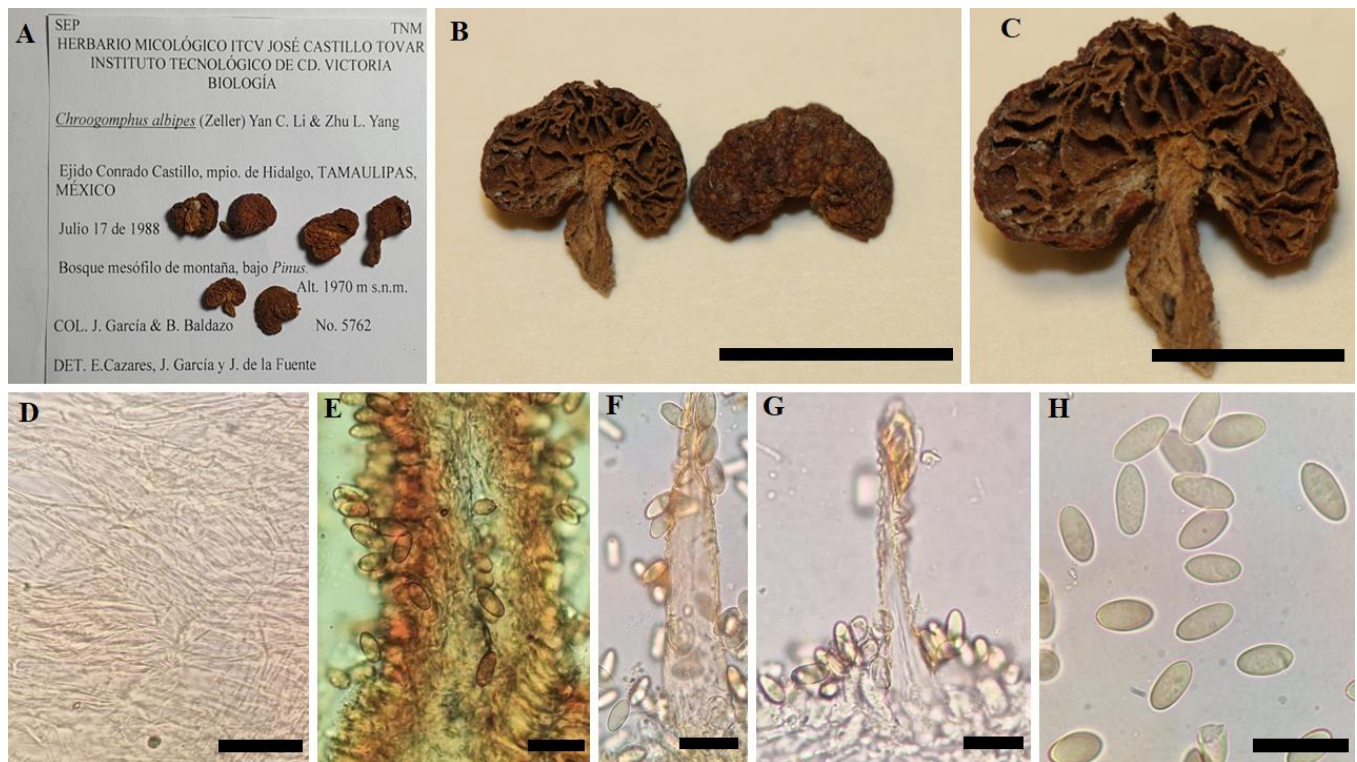
### *Chroogomphus albipes* (Zeller) Yan C. Li & Zhu L. Yang

Basidioma gasteroide, secotioide, de 15–28 de longitud, 9–18 mm de diámetro, globoso a sub globoso, algunos con estipe de 10 mm de longitud, crema vináceo en fresco, oscureciéndose al corte y manipulación, color marrón al deshidratarse, himenio secuestrado, de color crema en fresco, marrón al deshidratarse, formado por láminas anastomosadas, formando lóculos generalmente angulares, vacíos, estípites conspicuo o reducido a una base estéril, de color marrón claro, se torna marrón oscuro al secarse, de textura seca, ligeramente fibrilosa. Olor fúngico, sabor no registrado.

Píleo compuesto por hifas de 5–7  $\mu\text{m}$  de diámetro, algo erectas o entrelazadas, algo postradas hacia el contexto, hialinas o de color café claro en KOH 5%, se observan algunos pileocistidios ampuláceos o fusoides, hialinos, de pared lisa y delgada. Trama himenoforal de 50–90  $\mu\text{m}$  de diámetro, compuesta por hifas ligeramente entrelazadas, sinuosas, de 5–7  $\mu\text{m}$  de diámetro, verdosas o hialinas en KOH 5%, septadas, sin fíbulas visibles, ligeramente amiloides en reactivo de Melzer, de pared lisa y delgada. Basidios de 15–27  $\times$  7–12  $\mu\text{m}$ , clavados, bi o tetraspóricos, de pared lisa y delgada. Cistidios de 95–135  $\times$  20–45  $\mu\text{m}$ , calvados, cilíndricos, fusoides, algunos con numerosos pliegues o verrugas, hialinos o grisáceos en KOH, de pared gruesa con pigmentos rojizos o marrones visibles en KOH 5%. Basidiosporas de 14–19  $\times$  7–9  $\mu\text{m}$  (L=16.8, W=7.9, Qr=1.7–2.5, Qm=2.1, n=30), elipsoides, lisas, hialinas en KOH 5% rara vez con gúttulas visibles o contenido granuloso, algunas con un pequeño apéndice hilar de hasta 1  $\mu\text{m}$ , centrado, de pared gruesa (Figura 1H).

Hábitat: en bosques de *Pinus-Quercus*, en los estados mexicanos de Durango y Tamaulipas.

Material revisado: México: Durango, Municipio Durango, Col: Navíos, Id: J. García, 29 Julio 1984 (ITCV-4115). Tamaulipas, Municipio de Hidalgo, ejido Conrado Castillo, Col: Bertha Baldazo, Id: J. García, 17 Julio de 1988 (ITCV-5762-B).



**Figura 1.** *Chroogomphus albipes*. A) Etiqueta de herbario del material estudiado. B) Basidiomas deshidratados. C) Detalle del himenio. D) Detalle de las hifas del píleo. E) Trama himenoforal. F) y G) Cistidios. H) Basidiosporas. Barras: A-B= 10 mm; C= 5 mm; D-H= 20  $\mu$ m.

Notas: Los ejemplares revisados coinciden con la especie *Brauniellula crassitunicata* Pacioni & Fogel de Estados Unidos, aunque con los cistidios más cortos. Esta especie se diferencia de *C. albipes* en los cistidios más delgados y en la posición del apéndice hilar, la cual es lateral en *B. crassitunicata* y centrada en *C. albipes* (Pacioni y Fogel 1990). Otra especie de *Brauniellula* fue descrita por Smith y Singer (1958) como *Brauniellula leucosarx* A.H. Sm. & Singer. Dicha especie, sin embargo al estar más relacionada con *Gomphidium* no presenta reacción amiloide en la trama himenoforal (Miller 1999). De acuerdo con Miller (2003), *B. crassitunicata* debería considerarse un sinónimo de *C. albipes*.

*Brauniellula albipes* han pasado por muchos cambios nomenclaturales. Zeller (1948) primero la describió como *Secotium albipes* Zeller, en el orden Podaxales. Posteriormente Smith y Singer (1958) propusieron el género *Brauniellula* y lo relacionaron con los gomphidiáceos debido a sus características macro y microscópicas, a pesar de tener esporas con dispersión pasiva. Después de ello, se describió una especie secotioide de *Chroogomphus* con balistosporas y tal especie fue considerada como parte de la transición entre las especies epigeas y secuestradas ya que contaba con las láminas modificadas, pero con dispersión activa de las basidiosporas (Miller y Trappe 1970). Thiers (1984) consideró que las formas secuestradas representan adaptaciones a las variaciones del medio ambiente, como los cambios de temperatura y humedad, aunque la evidencia actual indica que un mismo género puede tener tanto formas agaricoides como secuestradas (Bougher y Lebel 2001; Elliott y Trappe 2018). De acuerdo con las reglas nomenclaturales, el género *Brauniellula* tiene prioridad sobre *Chroogomphus*, sin embargo, Aime y Miller (2006) argumentaron que es conveniente conservar el último nombre debido a que el cambio

nomenclatural es menos drástico, ya que, a la fecha de dicha publicación, solo existían dos especies de *Brauniellula* y 15 de *Chroogomphus*.

Los hongos con formas secuestradas son comunes en la mayoría de las familias del orden Boletales (Binder y Hibbett 2006), sin embargo, no hay muchas especies citadas de México. Se tienen registros de varias especies, principalmente de las familias Boletaceae, Paxillaceae, Rhizopogonaceae, Sclerodermataceae, las cuales han sido descritas en su mayoría de los bosques templados de México (Cázares et al. 1992; Guzmán et al. 2013; de la Fuente et al. 2021; Garza-Ocañas et al. 2022). Si se toma en cuenta que México es un centro de diversificación de los géneros *Pinus* y *Quercus* (Valencia-A 2004; Gernand y Pérez-de la Rosa 2014; Manzanilla-Quiñones et al. 2018), es de esperarse que las especies secuestradas también sean muy diversas. Además, existen asociaciones vegetales tropicales que podrían ser hábitats para diferentes Boletales secuestrados (de la Fuente et al. 2021), por lo que se recomienda continuar con los estudios taxonómicos y ecológicos.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHACYT) por el apoyo económico en sus estudios.

### Referencias

- Aime MC, Miller OK Jr. 2006. Proposal to conserve the name *Chroogomphus* against *Brauniellula* (Gomphidiaceae, Agaricales, Basidiomycota). *Taxon* 55(1): 228-229.
- Binder M, Hibbett DS. 2006. Molecular systematics and biological diversification of Boletales. *Mycologia* 98: 971-981.
- Bougher NL, Lebel T. 2001. Sequestrate (truffle-like) fungi of Australia and New Zealand. *Aust Syst Bot.* 14(3): 439-484.
- Castillo J, García J, San Martín FE. 1979. Algunos datos sobre la distribución ecológica de los hongos, principalmente los micorrícicos, en el centro del estado de Nuevo León. *Bol Soc Mex Mic.* 13: 299-237.
- Cázares E, García J, Castillo J, Trappe JM. 1992. Hypogeous fungi from northern Mexico. *Mycologia* 84(3): 341-359
- de la Fuente JI, Martínez-González CR, Oros-Ortega I, Guevara G, Bandala VM, Córdova-Lara I, Vela-Hernández RY, López CY, García-Jiménez, J. 2021. *Melanogaster coccolobae* sp. nov. (Paxillaceae, Boletales), un hongo hipogeo tropical de las áreas urbanas de Quintana Roo, México. *Acta Bot Mex.* 128: e1896.
- Elliott TF, Trappe JM. 2018. A worldwide nomenclature revision of sequestrate *Russula* species. *Fung Syst Evol.* 1(1): 229-242.
- García J, Castillo J. 1981. Las especies de boletáceos y gonfidíáceos conocidas de Nuevo León. *Bol Soc Mex Mic.* 15: 121-197.
- Garibay-Orijel R, Ruan-Soto F. 2014. Listado de hongos silvestres consumidos como alimento tradicional en México. En: Moreno-Fuentes A, Garibay-Orijel R, editores. *La Etnomicología en México*. Estado del

- arte. Ciudad de México: Red de Etnomicología y Patrimonio Biocultural (CONACyT)-Universidad autónoma del Estado de Hidalgo-Instituto de Biología (UNAM)-Sociedad Mexicana de Micología-asociación Etnomicológica Mexicana, A.C.-Grupo Interdisciplinario para el Desarrollo de la Etnomicología en México-Sociedad Latinoamericana de Etnomicología. p. 9-109.
- Garza-Ocañas F, García-Jiménez J, Guevara-Guerrero G, Martínez-González CR, Ayala-Vásquez O, de la Fuente JI. 2022. *Xerocomellus carmeniae* (Boletales, Basidiomycota), a new fungus from northeastern Mexico. *Acta Bot Mex.* 129: e2039.
- Gernand DS, Pérez-de la Rosa JA. 2014. Diversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Rev Mex Biodivers.* 85: 126-133.
- González-Velázquez A, Valenzuela R. 1993. Boletaceos y Gomfidiaceos del Estado de México I. Discusiones sobre su distribución en diferentes tipos de vegetación, asociaciones ectomicorrizógenas, fenología y comestibilidad. *Rev Mex Mic.* 9: 35-46
- Guzmán G, Cortés-Pérez A, Guzmán-Dávalos L, Ramírez-Guillén F, Sánchez-Jácome MR. 2013. An emendation of *Scleroderma*, new records, and review of the known species in Mexico. *Rev Mex Biodivers.* 84: 173-191.
- Kiran M, Sattar A, Zamir K, Haelewaters D, Khalid AN. 2020. Additions to the genus *Chroogomphus* (Boletales, Gomphidiaceae) from Pakistan. *Myckeys* 66: 23-38.
- Li YC, Yang ZL, Tolgor B. 2009. Phylogenetic and biogeographic relationships of *Chroogomphus* species as inferred from molecular and morphological data. *Fungal Divers.* 38: 85-104.
- Manzanilla-Quñones U, Aguirre-Calderón OA, Jiménez-Pérez J. 2018. ¿Qué es una conífera y cuántas especies existen en el mundo y en México? Desde el herbario CICY 10: 168-175.
- Miller OK Jr, Trappe JM. 1970. A New *Chroogomphus* with a loculate hymenium and a revised key to section *Floccigomphus*. *Mycologia* 62(4): 831-836.
- Miller OK Jr. 1964. Monograph of *Chroogomphus* (Gomphidiaceae). *Mycologia* 56(4): 526-549.
- Miller OK Jr. 2003. The Gomphidiaceae revisited: a worldwide perspective. *Mycologia* 95(1): 176-183.
- Miller SL. 1999. A field key to common genera of hypogeous and gasteroid basidiomycetes of north America. *McIlvainea* 14: 8-29.
- Montoya-Esquivel A, Estrada-Torres A, Kong A, Juárez-Sánchez L. 2001. Commercialization of wild mushrooms during market days of Tlaxcala, Mexico. *Micol Appl. Int.* 13(1): 31-40.
- Nualart N, Ibáñez N, Soriano I, López-Pujol J. 2017. Assessing the relevance of herbarium collections as tools for conservation biology. *Bot Rev.* 83: 303-325.
- Pacioni G, Fogel R. 1990. *Brauniellula crassitunicata*, A new secotiid species of Gomphidiaceae (Boletales, Basidiomycotina). *Mycologia* 82(5): 617-621.
- Pérez-Moreno J, Guerin-Laguette A, Rinaldi AC, Yu FG, Verbeken A, Hernández-Santiago F, Martínez-Reyes M. 2021. Edible mycorrhizal fungi of the world: What is their role in forest sustainability, food security, biocultural conservation and climate change? *Plants, People, Planet* 3: 471-490.
- Pérez-Moreno J, Martínez-Reyes M, Martínez-González CR, Ramírez-Carbajal E, Carrera-Martínez A, de la Fuente JI, Olvera-Noriega JW, Ayala-Vasquez O. 2023. Two new species of *Chroogomphus*

- (Gomphidiaceae, Boletales) with biocultural importance in the Tlahuica-Pjiekakjoo culture from Central Mexico. *Phytotaxa* 579(4): 289-298.
- Scambler R, Niskanen T, Assyov B, Ainsworth AM, Bellanger JM, Loizides M, Moreau PA, Kirk PM, Liimatainen K. 2018. Diversity of *Chroogomphus* (Gomphidiaceae, Boletales) in Europe, and typification of *C. rutilus*. *IMA Fungus* 9: 271-290.
- Singer R, García J, Gómez LD. 1990. The Boletineae of Mexico and Central America I & II. *Nova Hedwigia* 98: 1-70.
- Singer R. 1949. The genus *Gomphidius* Fries in North America. *Mycologia* 41: 462-489.
- Smith AH, Singer R. 1958. Studies on secotiaceous fungi. VIII. A new genus in the secotiaceae related to *Gomphidius*, *Mycologia*, 50:6, 927-938
- Thiers HD. 1984. The secotioid syndrome. *Mycologia* 76(1): 1-8.
- Valencia-A S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Bol Soc Bot Mexico* 75: 33-53.
- Zeller SM. 1948. Notes on certain Gasteromycetes, including two new orders. *Mycologia* 40(6): 639-668.
- Zhang J, Zhao X, Zhao LQ, Zhao J, Qi Z, Wang LA. 2017. A primary study of the antioxidant, hypoglycemic, hypolipidemic, and antitumor activities of ethanol extract of brown slimecap mushroom, *Chroogomphus rutilus* (Agaricomycetes). *Int J Med Mushrooms*. 19 (10): 905-913.
- Zhang Y, Lan M, Lü JP, Li JF, Zhang KY, Zhi H, Zhang H. Sun JM. 2020. Antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activities of polyphenols extracted from *Chroogomphus rutilus*. *Chem Biodiversity*. 17(1): 17e1900479.
- Zhou Y, Zhu Y, Jin X, Zhang Y, Song J, Wu Z, Li Y, Yi J, Wang D, Hu M. 2023. *Chroogomphus rutilus* regulates bone metabolism to prevent periodontal bone loss during orthodontic tooth movement in osteoporotic rats. *Nutrients* 15(23): 4606.