

Espectroscopia de absorción en el infrarrojo cercano para la caracterización del extracto etanólico *Cymbopogon citratus*

Near-infrared absorption spectroscopy for the characterization of the ethanolic extract *Cymbopogon citratus*

Espinoza-Torres Esmeralda¹, De la O-Cuevas Emmanuel², Esparza-Ibarra Edgar León², Ayala-Luján Jorge Luis³ y Gallegos-Flores Perla Ivonne^{2*}.

¹ Maestría en Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas. ² Laboratorio de Biotecnología y Medio Ambiente de la Unidad Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Campus II. Entrada por Av. Preparatoria S/N. Col. Progreso, CP 98060. Zacatecas, Zacatecas. ³ Laboratorio de Patología y Diagnóstico Molecular de la Unidad Académica de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

* Autor para correspondencia: ivonne_gf@uaz.edu.mx.

RESUMEN

Cymbopogon citratus, es una planta medicinal utilizada en América latina por sus efectos nutraceúticos y antimicrobianos, los cuales están relacionados a la concentración y tipo de principios activos presentes en la planta. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue caracterizar el extracto etanólico *Cymbopogon citratus* utilizando espectroscopia de absorción en el infrarrojo cercano (NIRS). A partir de las características organolépticas, el extracto presentó un pH de 5.9, una densidad de 0.9838 g/cm³ y un rendimiento total de 57.5%. En el espectro NIR del extracto etanólico de *Cymbopogon citratus* las bandas más intensas que se observaron fueron las relacionadas a vibraciones moleculares de los enlaces O-H y C=O. En concreto, la espectroscopia de absorción en el infrarrojo cercano permitió determinar las vibraciones moleculares de una manera rápida y sencilla, además, por medio de esta caracterización se obtuvo información física, química y estructural de los grupos funcionales que están presentes en el extracto.

Palabras clave: NIRS, extractos de plantas, *Cymbopogon citratus*

INTRODUCCIÓN.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a las plantas medicinales como; “cualquier especie vegetal que contiene sustancias que pueden ser empleadas para propósitos terapéuticos o cuyos principios activos que pueden servir como precursores para la síntesis de nuevos fármacos” (OMS 2011). Se estima que más del 80% de la población de países en desarrollo utiliza, rutinariamente, la medicina a base de plantas para satisfacer sus necesidades de atención primarias de salud y que gran parte de los tratamientos tradicionales se basan en el uso de extractos de plantas o de sus principios activos (Prieto, S., et al., 2004). Los extractos de plantas se definen como el producto obtenido por concentración de una disolución de sustancias vegetales, obteniendo un elevado contenido de metabolitos o

ABSTRACT

Cymbopogon citratus is a medicinal plant used in Latin America for its nutraceutical and antimicrobial effects, which are related to the concentration and type of active principles present in the plant. Therefore, the objective of the research was to characterize the ethanolic extract *Cymbopogon citratus* using near infrared absorption spectroscopy (NIRS). From the organoleptic characteristics, the extract presented a pH of 5.92, a density of 0.9838 g/cm³ and a total yield of 57.5 %. In the NIR spectrum of the ethanolic extract of *Cymbopogon citratus* the most intense bands observed were those related to molecular vibrations of the O-H and C=O bonds. Specifically, near-infrared absorption spectroscopy allowed determining the molecular vibrations in a fast and simple way, in addition, by means of this characterization, physical, chemical, and structural information of the functional groups present in the extract was obtained.

Keywords: NIRS, plant extracts, *Cymbopogon citratus*

INTRODUCTION

The World Health Organization (WHO) defines medicinal plants as; “any plant species that contains substances that can be used for therapeutic purposes or whose active principles can serve as precursors for the synthesis of new drugs” (WHO 2011). It is estimated that more than 80% of the population in developing countries routinely use herbal medicine to meet their primary health care needs and that a large part of traditional treatments is based on the use of plant extracts or their active ingredients (Prieto, S., et al., 2004).

Plant extracts are defined as the product obtained by concentration of a solution of plant substances, obtaining a high content of metabolites or active principles, with very specific chemical and biochemical properties, which allow the use of various plant species or their extracts for medicinal and/or therapeutic purposes. Due to the presence of certain metabolites and active principles, the extracts of certain plants are attributed antiseptic, antifungal, antioxidant and antitumor properties (Cowan, M.M., 1999).

principios activos, con propiedades químicas y bioquímicas muy específicas, que permiten el empleo de diversas especies vegetales o de sus extractos con fines medicinales y/o terapéuticos. Debido a la presencia de ciertos metabolitos y principios activos, a los extractos de ciertas plantas se les atribuyen propiedades antisépticas, antifúngicas, antioxidantes y antitumorales (Cowan, M.M., 1999).

El *Cymbopogon citratus*, conocido comúnmente como zacate de limón, hierba de limón, etc., presenta propiedades antimicrobianas que lo hacen un excelente candidato para aplicaciones médicas, ya que se ha reportado que el extracto acuoso de esta planta inhibió al protozoo *Giardia lamblia* de manera significativa *in vitro* e *in vivo*, demostrando que los principales compuestos fenólicos que inhiben el crecimiento del protozoo son el ácido carnósico, el ácido p-cumárico, el ácido cinámico, la quercetina, rutina y el ácido clorogénico (León, J., 2000, Méabed, E.M.H., *et al.*, 2018). Asimismo, se demostró que el aceite esencial de *Cymbopogon citratus* tiene efectos tóxicos en cultivos de células tumorales y se identificó al citral como una posible molécula con propiedades antiproliferativas, siendo las líneas celulares de cáncer de próstata LNCaP, PC-3, de glioblastoma SF-767 y SF-763, las más sensibles al efecto antiproliferativo (Bayala, B., *et al.*, 2018). De igual manera, el extracto etanólico del té de limón en modelos celulares de linfoma y leucemia ocasiona apoptosis en estos tipos de células. El extracto etanólico también fue efectivo en reducir el crecimiento de xenoinjertos tumorales (linfoma histiocítico de células U-937) cuando se administró de manera oral (Philion, C., *et al.*, 2017). Debido a las diversas propiedades y aplicaciones que presenta el *Cymbopogon citratus*, surge la necesidad de poder identificarlo de una manera rápida y sencilla, junto con ello, conocer sus componentes químicos y abundancias de estos.

La espectroscopia de absorción en el infrarrojo cercano (NIRS, por sus siglas en inglés) es un tipo de espectroscopia vibracional que permite el análisis de las vibraciones moleculares, las cuales ayudan a identificar los componentes químicos de la muestra analizada (alimentos, bebidas, productos agrícolas, fármacos, etc.). El NIRS opera en un intervalo de longitudes de onda comprendido entre los 700 – 2500 nm, y se basa en la absorción, reflexión, transmisión y/o dispersión de la luz en la materia (Salzer, R. 2008, Ciurkzak, E.W., 2021, Tusek, A.J., *et al.*, 2021). En la espectroscopia NIRS solo se inducen cambios en el estado de energía vibracional de las moléculas y la información se obtiene a través de sobretonos moleculares y combinaciones vibracionales, obteniendo información de los grupos funcionales C-H, O-H, N-H, S-H, C=O, etc. La intensidad de las bandas en NIRS se debe a las interacciones entre átomos de diferentes moléculas en función de sus características químicas, estructurales, geométricas y de abundancia (Weyer, L., 2007, Weyer, L.G., 1985, Tusek, A.J., *et al.*, 2021). La espectroscopia NIRS es una técnica no invasiva, no destructiva, requiere una mínima o nula preparación de la muestra analizada y proporciona información tanto física,

Cymbopogon citratus, commonly known as lemongrass, lemon grass, etc., presents antimicrobial properties that make it an excellent candidate for medical applications, since it has been reported that the aqueous extract of this plant inhibited the protozoan *Giardia lamblia* significantly *in vitro* and *in vivo*, demonstrating that the main phenolic compounds that inhibit the growth of the protozoan are carnosic acid, p-coumaric acid, cinnamic acid, quercetin, rutin and chlorogenic acid (León, J., 2000, Méabed, E.M.H., *et al.*, 2018). Likewise, the essential oil of *Cymbopogon citratus* was shown to have toxic effects on tumor cell cultures and citral was identified as a possible molecule with antiproliferative properties, being the prostate cancer cell lines LNCaP, PC-3, glioblastoma SF-767 and SF-763, the most sensitive to the antiproliferative effect (Bayala, B., *et al.*, 2018). Similarly, ethanolic extract of lemon tea in lymphoma and leukemia cell models causes apoptosis in these cell types. The ethanolic extract was also effective in reducing the growth of tumor xenografts (U-937 cell histiocytic lymphoma) when administered orally (Philion, C., *et al.*, 2017). Due to the diverse properties and applications of *Cymbopogon citratus*, the need arises to be able to identify it in a quick and simple way, along with this, to know its chemical components and their abundance.

Near infrared absorption spectroscopy (NIRS) is a type of vibrational spectroscopy that allows the analysis of molecular vibrations, which help to identify the chemical components of the analyzed sample (food, beverages, agricultural products, pharmaceuticals, etc.). NIRS operates in a wavelength range between 700 - 2500 nm, and is based on the absorption, reflection, transmission and/or scattering of light in matter (Salzer, R. 2008, Ciurkzak, E.W., 2021, Tusek, A.J., *et al.*, 2021). In NIRS spectroscopy only changes in the vibrational energy state of molecules are induced and information is obtained through molecular overtones and vibrational combinations, obtaining information on the functional groups C-H, O-H, N-H, S-H, C=O, etc. The intensity of the bands in NIRS is due to interactions between atoms of different molecules depending on their chemical, structural, geometrical and abundance characteristics (Weyer, L., 2007, Weyer, L.G., 1985, Tusek, A.J., *et al.*, 2021). NIRS spectroscopy is a non-invasive, non-destructive technique, requires minimal or no preparation of the analyzed sample and provides physical, chemical, and structural information. In this work, the ethanolic extract of *Cymbopogon citratus* was characterized using near-infrared absorption spectroscopy (NIRS) in a rapid manner, and without requiring sample preparation, obtaining physical, chemical, and structural information of the extract.

MATERIALS AND METHODS

Preparation of the ethanolic extract of *Cymbopogon citratus*

The plant material was dried at 45°C in a Thermo Scientific

química y estructural.

En este trabajo, se caracterizó el extracto etanólico de *Cymbopogon citratus* utilizando espectroscopia de absorción en el cercano infrarrojo (NIRS) de una manera rápida, y sin requerir preparación de la muestra, obteniendo información física, química y estructural del extracto.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Preparación del extracto etanólico de *Cymbopogon citratus*

El material vegetal se dejó secar a 45°C en un horno Thermo Scientific durante 24 h. Las hojas una vez deshidratadas se cortaron en trozos pequeños con la finalidad de aumentar la interacción de contacto con el solvente. La extracción etanólica, se realizó utilizando una relación de 25 g de material vegetal por cada 200 mL de etanol absoluto y agua destilada (80:20, v/v), la mezcla se colocó en frascos color ámbar y se maceró durante un mes con agitación cada tercer día, finalmente se filtró el extracto a través de papel Whatman no. 2. Una vez obtenido el extracto etanólico fue liofilizado en un rota-evaporador y almacenado para su futura caracterización.

Características organolépticas

El análisis organoléptico se refiere a la medición de las características cualitativas del extracto a evaluar, para las cuales se consideraron los parámetros de color, olor, precipitado, grados Brix (°Bx), pH y densidad (Sosa-López *et al.*, 2017, Núñez, C. K., *et al.*, 2012). Estas mediciones fueron realizadas sobre el extracto etanólico líquido.

Espectroscopia NIRS.

Los espectros fueron adquiridos utilizando un espectrómetro NIRQuest512, con una región de detección comprendida entre 900 a 1700 nm, con una resolución de 2.0 nm, utilizando como fuente de luz una lámpara de halógeno-tungsteno. Se utilizó una sonda de fibra óptica bifurcada con la cual se realizaron mediciones de reflectancia difusa. Se tomaron 15 espectros del extracto de *Cymbopogon citratus*, los cuales fueron promediados, y se analizó el espectro promedio. Estas mediciones se realizaron sobre el extracto etanólico liofilizado.

Resultados y Discusión.

Las características organolépticas tienen gran importancia en la tipificación de los extractos de plantas, estas características se encuentran relacionadas al tipo de material vegetal y a las condiciones medio ambientales del lugar de origen (Vokou *et al.*, 1993; Sosa-López *et al.*, 2017). El extracto etanólico de *Cymbopogon citratus*, presentó un aspecto muy turbio debido a las partículas menores que pasaron el tamaño de poro de 8 µm, por lo que, debido a esto, el extracto tuvo un precipitado moderado (Tabla 1). Se obtuvo un característico olor a limón. El pH fue ligeramente ácido (5.9), lo cual es similar a los resultados reportados por Rodríguez y colaboradores (2003), donde indican un rango de pH entre 5.0 a 6.0. El extracto

oven for 24 h. The leaves were cut into small pieces in order to favor the contact surface with the solvent. Once dehydrated, the leaves were cut into small pieces in order to favor the contact surface with the solvent. The ethanolic extraction was carried out using a ratio of 25 g of plant material for each 200 mL of absolute ethanol and distilled water (80:20, v/v), the mixture was placed in amber colored flasks and macerated for one month with agitation every third day, finally the extract was filtered through Whatman paper no. 2. Once the ethanolic extract was obtained, it was lyophilized in a rotary evaporator and stored for future characterization.

Organoleptic characteristics

The organoleptic analysis refers to the measurement of the qualitative characteristics of the extract to be evaluated, for which the parameters of color, odor, precipitate, Brix degrees (°Bx), pH and density were considered (Sosa-López *et al.*, 2017, Núñez, C. K., *et al.*, 2012). These measurements were performed on the liquid ethanolic extract.

NIRS measurements

Spectra were acquired using a NIRQuest512 spectrometer, with a detection region from 900 to 1700 nm, with a resolution of 2.0 nm, using a halogen-tungsten lamp as a light source. A bifurcated fiber optic probe was used with which diffuse reflectance measurements were made. Fifteen spectra of the *Cymbopogon citratus* extract were taken and averaged, and the average spectrum was analyzed. These measurements were performed on the lyophilized ethanolic extract.

RESULTS AND DISCUSSION

The organoleptic characteristics have great importance in the typing of plant extracts, these characteristics are related to the type of plant material and the environmental conditions of the place of origin (Vokou *et al.*, 1993; Sosa-López *et al.*, 2017). The ethanolic extract of *Cymbopogon citratus*, presented a very cloudy appearance due to minor particles that passed the pore size of 8 µm, so, due to this, the extract had a moderate precipitate (Table 1). The

pH was slightly acid (5.92), which is similar to the results reported by Rodríguez *et al.* (2003), where they indicate a pH range between 5.0 and 6.0. The ethanolic extract showed a density of 0.9838 g/cm³, which was higher than that of the essential oil of *Cymbopogon citratus* (0.920 g/cm³). The Brix degrees indicate the total dissolved solids in suspension present in the extract; this preparation showed 12.5 °Bx, which is related to a moderate precipitate. In addition, for each 100 mL of the ethanolic extract prepared, a total yield of 57.5% was obtained.

etanólico mostró una densidad de 0.9838 g/cm³, la cual fue mayor a la del aceite esencial de *Cymbopogon citratus* (0.920 g/cm³). Los grados Brix, indican el total de sólidos disueltos en suspensión presentes en el extracto; esta preparación mostró 12.5 °Bx, lo cual se relaciona con un precipitado moderado. Además, de cada 100 mL del extracto etanólico preparado, se obtuvo un rendimiento total de 57.5%.

Tabla 1. Características organolépticas del extracto etanólico.
Table 1. Organoleptic characteristics of the ethanolic extract.

| Extracto etanólico de <i>Cymbopogon citratus</i> | |
|---|--------------------|
| Precipitado | Moderado |
| Aspecto | Muy turbio |
| Color | Rojo o scuro |
| Olor | <i>Sui generis</i> |
| pH | 5.92 |
| °Bx | 12.5 |
| % de rendimiento | 57.5 |

Como ya se mencionó anteriormente, las características fisicoquímicas y organolépticas dependen del tipo de planta y especie, lugar de origen y el método de preparación de los mismos (Vokou, *et al.*, 1993, Asaolu, M. F., *et al.*, 2009). Con respecto al método de preparación y comparando con otros investigadores, existe una ligera diferencia en pH, color y densidad cuando se obtiene un extracto etanólico y un aceite esencial de *Cymbopogon citratus*. De acuerdo con los resultados de Camus y De La Cruz (2019), para el aceite esencial de *Cymbopogon citratus*, se obtuvo un pH de 5, una densidad de 0.8829, un color amarillo y un olor característico a limón.

En la Figura 1, se muestran el espectro promedio NIR del *Cymbopogon citratus* en un rango espectral de longitudes de onda que van de 900 – 1700 nm, en el cual se observa una serie de bandas anchas y bien definidas. La banda centrada en 1190 nm es debida al segundo sobretono de los enlaces C-H que proviene de estructuras moleculares CH₃. Asimismo, se observa un ligero hombro centrado en 1360 nm, esta banda es debida a la combinación de las vibraciones de los enlaces C-H provenientes de la estructura CH₃. La banda centrada en 1475 nm corresponde al primer sobretono de las vibraciones de estiramiento asimétrico de los enlaces O-H. La banda centrada en 1590 nm es debida a la combinación de las vibraciones moleculares correspondientes al primer sobretono de la vibración de estiramiento de los enlaces C=O y a la vibración de deformación en el plano de los enlaces O-H (Weyer, L., 2007, Weyer, L.G., 1985, Tusek, A.J., *et al.*, 2021).

Se observa en el espectro NIR, que el extracto es rico en grupos funcionales que contienen O-H, relacionadas con estructuras fenólicas, al igual que las vibraciones moleculares C=O. Estas bandas son las más intensas que se presentan en el espectro, como se observa en la Figura 1, lo que indica que la abundancia relativa de estos compuestos son los que predominan en el extracto, ya que, la intensidad de las bandas se relaciona con la abundancia del grupo funcional en el

As mentioned above, the physicochemical and organoleptic characteristics depend on the type of plant and species, place of origin and method of preparation (Vokou, *et al.*, 1993, Asaolu, M. F., *et al.*, 2009). Regarding the method of preparation and comparing with other researchers, there is a slight difference in pH, color, and density when an ethanolic extract and an essential oil of *Cymbopogon citratus* are obtained. According to the results of Camus and De La Cruz (2019), for the essential oil of *Cymbopogon citratus*, a pH of 5, a density of 0.8829, a yellow color and a characteristic lemon odor were obtained.

Figure 1 shows the average NIR spectrum of *Cymbopogon citratus* in the spectral range of wavelengths from 900 - 1700 nm, in which a series of broad, well-defined bands are observed. The band centered at 1190 nm is due to the second overtone of the C-H bonds coming from CH₃ molecular structures. Also, a slight shoulder is observed centered at 1360 nm, this band is due to the combination of the vibrations of the C-H bonds coming from the CH₃ structure. The band centered at 1475 nm corresponds to the first overtone of the asymmetric stretching vibrations of the O-H bonds. The band centered at 1590 nm is due to the combination of the molecular vibrations corresponding to the first overtone of the stretching vibration of the C=O bonds and the in-plane deformation vibration of the O-H bonds (Weyer, L., 2007, Weyer, L.G., 1985, Tusek, A.J., *et al.*, 2021).

It is observed in the NIR spectrum that the extract is rich in functional groups containing O-H, related to phenolic structures, as well as C=O molecular vibrations. These bands are the most intense ones presented in the spectrum, as shown in Figure 1, which indicates that the relative abundance of these compounds is those that predominate in the extract, since the intensity of the bands is related to the abundance of the functional group in the extract analyzed.

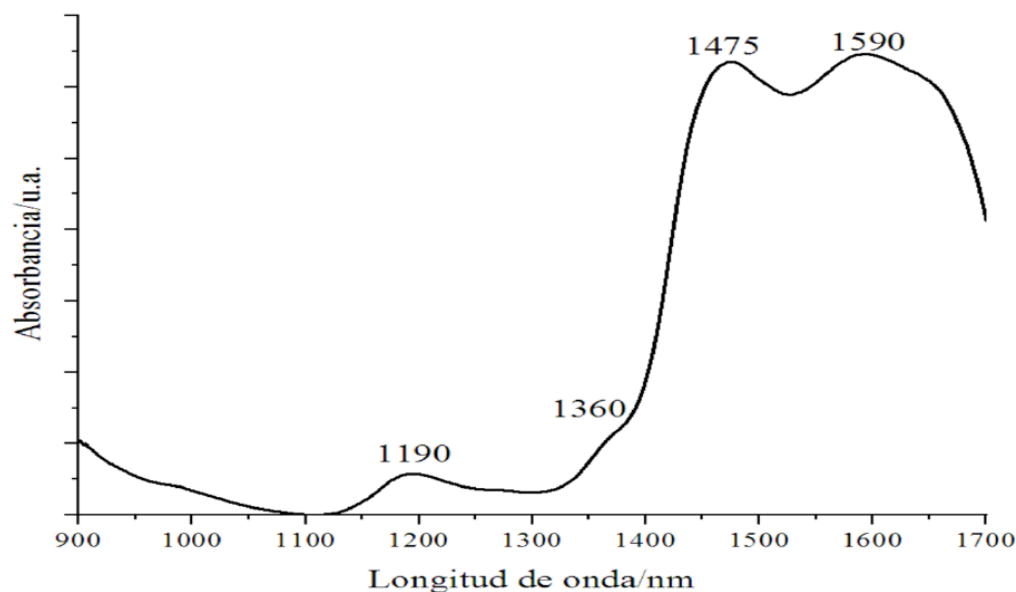


Figura 1. Espectro de absorción NIRS del extracto etanólico de *Cymbopogon citratus*, el cual se muestra de 900 – 1700 nm.
Figure 1. NIRS absorption spectrum of the ethanolic extract of *Cymbopogon citratus*, which is shown from 900 - 1700 nm.

CONCLUSIÓN

Se logró caracterizar el extracto etanólico de *Cymbopogon citratus* por espectroscopia de absorción en el infrarrojo cercano, permitiendo determinar las vibraciones moleculares de manera rápida y sencilla, obteniendo información física, química y estructural de los grupos funcionales en el extracto. Las vibraciones de mayor abundancia fueron las provenientes de vibraciones moleculares O-H y C=O, las cuales se relacionan con la presencia de fenoles en el extracto etanólico de *Cymbopogon citratus*, además, se observaron abundancias relativas de ciertos grupos funcionales acorde a la intensidad de sus bandas.

AGRADECIMIENTOS

A la Unidad Académica de Física-UAZ, por acceso al equipo de espectroscopia de absorción en el infrarrojo cercano (NIRS) y al posgrado de Maestría en Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

CONCLUSIONS

It was possible to characterize the ethanolic extract of *Cymbopogon citratus* by near-infrared absorption spectroscopy, allowing to determine the molecular vibrations quickly and easily, obtaining physical, chemical, and structural information of the functional groups in the extract. The vibrations with the greatest abundance were those coming from molecular vibrations O-H and C=O, which are related to the presence of phenols in the ethanolic extract of *Cymbopogon citratus*, in addition, relative abundances of certain functional groups were observed according to the intensity of their bands.

ACKNOWLEDGMENTS

To the Academic Unit of Physics of the Zacatecas Autonomous University for access to the near-infrared absorption spectroscopy (NIRS) equipment and to the postgraduate program in Biomedical Sciences of the Zacatecas Autonomous University.

Referencias.

- Asaolu, M. F., Oyeyemi, O. A., & Olanlokun, J. O. (2009). Chemical compositions, phytochemical constituents, and in vitro biological activity of various extracts of *Cymbopogon citratus*. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(12), 1920-1922. [10.3923/pjn.2009.1920.1922](https://doi.org/10.3923/pjn.2009.1920.1922)
- Bayala, B., Bassole, I.H.N., Maqdasy, S., Baron, S., Simporé, J., Lobaccaro, J.A. (2018). *Cymbopogon citratus* and *Cymbopogon giganteus* essential oils have cytotoxic effects on tumor cell cultures. Identification of citral as a new putative anti-proliferative molecule. *Biochimie*. Vol. 153. 162-170. [10.1016/j.biochi.2018.02.013](https://doi.org/10.1016/j.biochi.2018.02.013)
- Camus Ramos, E. M. y De La Cruz Ortiz, N. E. 2019. Caracterización fisicoquímica del aceite esencial de *Cymbopogon citratus*. (tesis licenciatura). Facultad de Ciencias de la Salud. Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica. Lima-Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12970/248>
- Ciurczak, E. W., Igne, B., Workman Jr, J., & Burns, D. A. (Eds.). (2021). *Handbook of near-infrared analysis*. CRC press.
- Cowan M. M, 1999: Plant products as antimicrobial agents. *Clin. Microbiol. Rev.* 12: 564-582.
- León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. Editorial Agroamérica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <http://repositorio.iica.int/handle/11324/7769>
- Méabed, E.M.H., Abou-Sreca, A.I.B., Roby, M.H.H. (2018). Chemical analysis and giardicidal effectiveness of the aqueous extract of *Cymbopogon citratus* Stapf. *Parasitol Res.* Vol 117(6). 1745-1755. [10.1007/s00436-018-5855-1](https://doi.org/10.1007/s00436-018-5855-1)
- Mendoza P.N., Figueroa H.J.L. 2006. Prevención de enfermedades con compuestos químicos de la alimentación. *Revista de la Facultad de Medicina*; 49(2):64-65.
- Núñez-Castellano, K., Castellano, G., Ramírez-Méndez, R., Sindoni, M., & Marin, C. (2012). Efecto del cloruro de calcio y una cubierta plástica sobre la conservación de las propiedades organolépticas de la fresa (*Fragaria X Ananassa* Duch). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13(1), 21-30. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81324433004>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2013. Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2014-2013. Organización Mundial de la Salud (OMS). <https://apps.who.int/medicinedocs/documents/s21201es/s21201es.pdf>
- Phillion, C., Ma, D., Ruvinov, I., Mansour, F., Pignanelli, C., Noel, M., Saleem, A., Arnason, J., Rodrigues, M., Singh, I., ROpat, J., Pandey, S. (2017). *Cymbopogon citratus* and *Camellia sinensis* extracts selectively induce apoptosis in cancer cells and reduce growth of lymphoma xenografts in vivo. *Oncotarget*. Vol. 8 (67). 110756-110773.
- Prieto, S.; Garrido, G.; González, J. A. y Molina, J. 2004. Actualidad de la medicina tradicional herbolaria. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 35(1): 19-36.
- Rodríguez Chanfrau, Jorge E, Fuentes, Leticia, Pardo Ruiz, Zenia, & Garma, Mayda. (2003). Estabilidad de extractos fluidos al 70 % de *Cymbopogon citratus*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 8(2) Recuperado en 13 de diciembre de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S102847962003000200002&lng=es&tlng=es.
- Salzer, R. (2008). *Practical Guide to Interpretive Near-Infrared Spectroscopy*. By Jerry Workman, Jr. and Lois Weyer.
- Sosa-López A.A., Cabrera María G. y Álvarez M. (2017). Parámetros físicos y características organolépticas de propóleos provenientes de la Provincia de Misiones, Argentina. *Journal of the Selva Andina Biosph. Bolivia*. 5(1): 51-58.
- Tušek, A. J., Benković, M., Malešić, E., Marić, L., Jurina, T., Kljusurić, J. G., & Valinger, D. (2021). Rapid quantification of dissolved solids and bioactives in dried root vegetable extracts using near infrared spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 261, 120074. [10.1016/j.saa.2021.120074](https://doi.org/10.1016/j.saa.2021.120074)
- Weyer, L. (2007). *Practical guide to interpretive near-infrared spectroscopy*. CRC press.
- Weyer, L. G. (1985). Near-infrared spectroscopy of organic substances. *Applied Spectroscopy Reviews*, 21(1-2), 1-43.