

Análisis bibliométrico de las publicaciones acerca del extracto de *Zingiber officinale* Roscoe

Bibliometric analysis of publications on *Zingiber officinale* Roscoe extract

Rosa M. Peña Capote^{a,*} (0000-0002-1820-4939).
Yojhansel Aragües Fortes^c (0000-0002-8022-1967).
Mario L. Ríos Mozo^a (0000-0003-0787-8628).
Jorge A. Pino^{b,c} (0000-0002-1079-7151).

^a Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría.

^b Instituto de investigaciones para la Industria Alimenticia.

^c Instituto de Farmacia y Alimentos.

*rosapc@quimica.cujae.edu.cu

Recibido: 24 de enero de 2022;

Aceptado: 22 de junio de 2022;

RESUMEN

En los últimos años, las especies vegetales subutilizadas han llamado la atención de los investigadores por los compuestos bioactivos de las mismas. Una de esas especies es el jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) que destaca por las propiedades antioxidantes y antimicrobiales de su extracto. El trabajo se centró en analizar los datos bibliométricos y objeto de estudio de las publicaciones acerca del extracto de jengibre. Se tomaron en cuenta parámetros como el número de publicaciones por año, revistas, afiliaciones, países, autores, área y modalidad del documento científico. Para la obtención de los resultados se analizó un compendio de documentos desde las bases de datos *Scopus* y *Google Scholar* en el período de 1977-2021. Noor Azian Morad destacó como el autor con más artículos, la revista *Journal of Supercritical Fluids* fue la más sobresaliente con cinco publicaciones. La mayor producción científica fue en el 2020 y el 86 % del total de los trabajos en el periodo de estudio fueron artículos científicos. China e India denotan como principales productores de estas investigaciones, principalmente para el sector de las ciencias agrícolas y biológicas. En los artículos revisados predomina el uso de métodos novedosos y tecnología sofisticada de extracción como la asistida por enzimas, microondas y fluidos supercríticos. La temperatura, la relación soluto: disolvente y el tipo de disolvente constituyen los parámetros que más influyen en la extracción. Mayormente los documentos analizados se centran en el uso terapéutico del extracto, sin dejar de mencionar su utilización en la industria alimentaria y cosmética.

Palabras claves: *Zingiber officinale* Roscoe; jengibre; extracto; estudio bibliométrico.

ABSTRACT

In recent years, misused plant species have highlighted the attention of researchers, due to the bioactive compounds of such species. One of them is the ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) which stands out by the antioxidant and antimicrobial properties of its extract. The work focused on analyzing the bibliometric data and object of study of the publications related to ginger extract. Parameters such as the number of publications per year, journals, affiliations, countries, authors, area and modality of the scientific document were taken into consideration. To obtain the results, a compendium of documents from the *Scopus* and *Google Scholar* databases within the period 1977-2021 was analyzed. Noor Azian Morad was distinguished as the author with the largest quantity of articles, the *Journal of Supercritical Fluids* was the most outstanding with five publications. The highest scientific production was in 2020; from them, 86% were scientific articles. China and India denoted as the main producers of this kind of research in the agricultural and biological science sectors, mainly. In the reviewed articles, the use of novel methods and sophisticated extraction technology (assisted by enzymes, microwaves and supercritical fluids) predominated. Temperature, the solute: solvent ratio and the type of solvent constituted the parameters mostly influencing in the extraction. Generally, the analyzed documents focused on the therapeutic use of the extract, including its use in the food and cosmetic industries.

Keywords: *Zingiber officinale* Roscoe; ginger; extract; bibliometric study.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda mundial por productos naturales frescos o procesados que contengan componentes orgánicos es una oportunidad para Cuba. En esa dirección, el procesamiento de especias y plantas aromáticas se ha acrecentado. Dicho procesamiento se acentúa al aumentar el conocimiento sobre los recursos naturales principalmente en regiones tropicales (Valadez-Villarreal et al., 2019).

El jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe), especia de raíz perteneciente a la familia Zingiberaceae, es ampliamente utilizado tanto fresco como seco. India y China son los principales productores de esta especia (Nagendra et al., 2013). Se originó en el sudeste asiático y luego se generalizó en muchas zonas como Europa y Latinoamérica. Produce un rizoma aromático picante que se ha utilizado como especia y hierba medicinal desde hace varios años en todo el mundo. Es uno de los ejemplos clásicos de una especia utilizada; no solo para preparaciones culinarias como salsas, carnes, sopas y cremas, mariscos, pescados, hortalizas y aromatizar postres de fruta (Marak et al., 2019), sino también para aplicaciones terapéuticas únicas como mejorar los síntomas iniciales en pacientes con COVID-19 (Montalvo et al., 2020).

El efecto antioxidante, antiinflamatorio e inmunomodulador de esta especia se debe a la presencia de polifenoles (Tanzeel-ur-Rehman et al., 2019) como (6)-gingerol, (8)-gingerol, (10)-gingerol y (6)-shogaol (Navni, 2020). Contiene, además, más de 400 compuestos diferentes incluyendo aminoácidos, carbohidratos, proteínas, terpenoides (α -curcumina, zingibereno), lípidos, minerales y vitaminas (Navni et al., 2020).

Los estudios sobre la obtención de extracto de jengibre comenzaron en el año 1977. Con un período tan amplio desde esa fecha hasta la actualidad y una literatura tan abarcadora y diversa, es importante realizar un estudio de los más de 100 artículos sobresalientes dentro del campo de las especias y plantas aromáticas; además de conocer el proceso de obtención del extracto de jengibre, sus propiedades, usos y parámetros más influyentes en la extracción. Entre las herramientas disponibles para este fin, se destaca el estudio bibliométrico como el más adecuado. Este método estadístico permite comprender la influencia de los campos de publicación, objetivos y tendencias de la investigación dentro del área en los estudios de obtención del extracto de jengibre.

El propósito de esta revisión fue conducir un estudio bibliométrico sobre el extracto de jengibre y analizar los resultados más importantes de la bibliografía.

MÉTODOS

Entre las diversas fuentes de información: *Google Scholar*, *Scopus*, *Web of Sciences*, *ScienceDirect*, *SciFinder*, *Chemical Abstract* y *Food Science and Technology Abstract*; se seleccionó *Scopus* y *Google Scholar* para realizar la búsqueda de los documentos relacionados con el proceso de obtención del extracto de jengibre y la tendencia de las investigaciones sobre el tema. La investigación abarcó un período de 44 años comprendido de 1977 a 2021. El material de análisis se conformó de 204 documentos digitales resultantes de la aplicación de criterios de búsqueda y exclusión, sobre un total de 720 documentos iniciales. Se tuvo mayor énfasis en los documentos en español e inglés con los siguientes apartes accesibles: título, resumen, palabras clave, método, resultado, conclusiones y referencias bibliográficas. Se utilizó como elemento de búsqueda principal las palabras *ginger* y *extract* las que debían aparecer en el título, resumen, palabras clave o conclusiones de los documentos resultantes. Es necesario señalar que el filtro por año no fue usado, por lo que los resultados contienen todos los trabajos presentes en la base de datos.

Se determinaron las frecuencias y porcentajes para los siguientes elementos: publicaciones por año, revistas, afiliaciones, país de origen de la investigación, autores, área investigativa y tipo de documento. Para el registro y análisis de los datos se utilizó el programa Microsoft® Excel® 2019.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uno de los primeros aspectos que se observan es que la mayor parte de los documentos publicados (cerca del 86,8 %) son artículos resultados de investigaciones empíricas. Luego le siguen las conferencias (9,3 %) y las revisiones teóricas (3,4 %) (Figura 1).

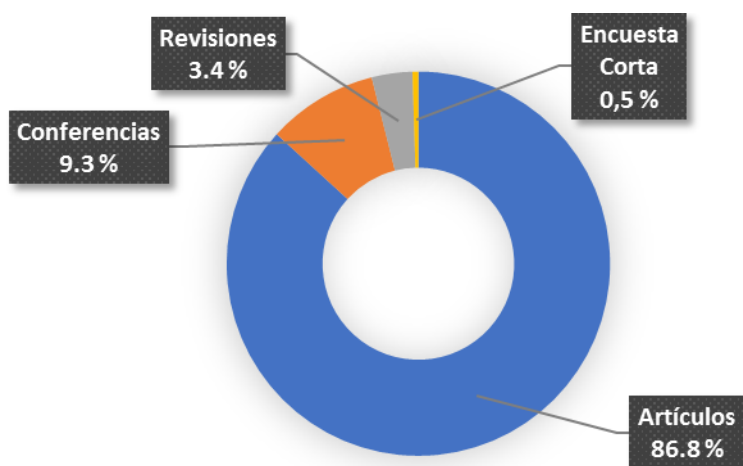


Fig. 1. Porcentaje de publicaciones por tipo de documento científico.

Un total de 158 instituciones han participado en las investigaciones relacionadas con la extracción de los compuestos activos del jengibre de las cuales se seleccionaron las más destacadas (más de tres publicaciones) (Figura 2).

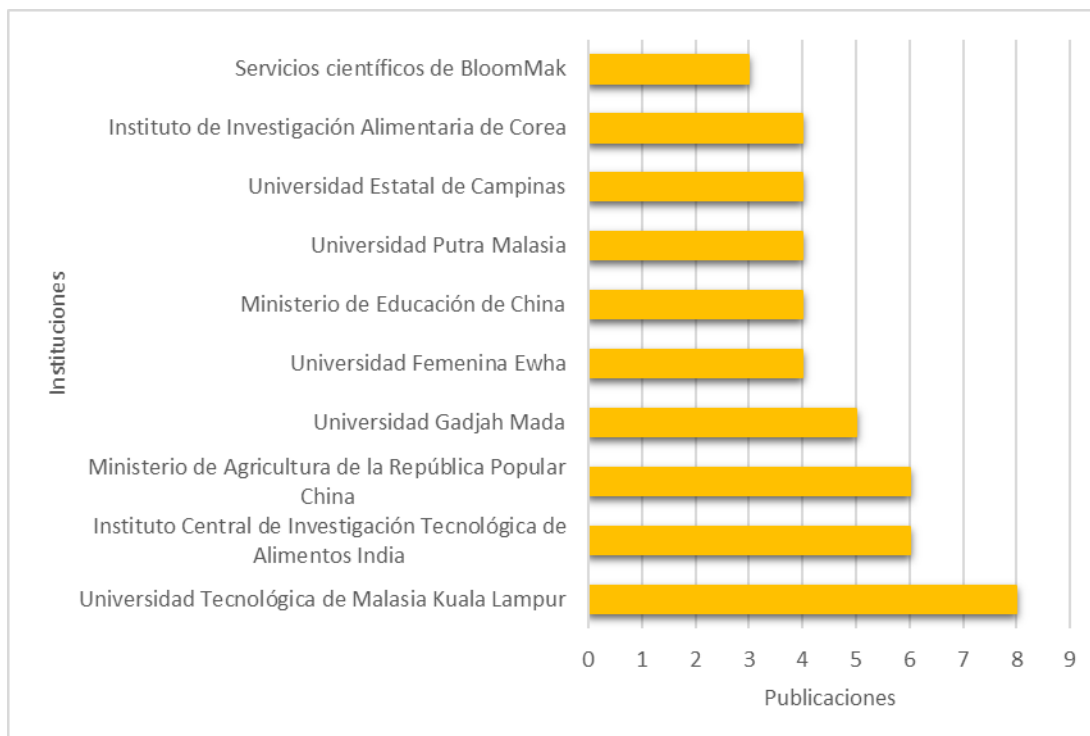


Fig. 2. Número de publicaciones para las instituciones más sobresalientes.

Sobresalen instituciones como la Universidad Tecnológica Kuala Lumpur con un total de ocho publicaciones sobre el tema. Las más notorias pertenecen a países asiáticos como India y China (primeros exportadores de la planta a nivel mundial), los que a su vez son los contribuyentes principales a estas investigaciones con 22,5 y 21,88 % respectivamente, seguidos por otros 51 países resultantes en la búsqueda (Tabla 1).

Tabla 1. Frecuencias y porcentaje según países de procedencia

Países	Frecuencia	%
China	36	22,5
India	35	21,9
Indonesia	17	10,6
Malasia	16	10,0
Brasil	13	8,13
Sur Corea	12	7,50
Japón	10	6,25
Reino Unido	8	5,00
Tailandia	7	4,38
Australia	6	3,75
Total	160	100

Se examinaron los autores más destacados en la investigación sobre el tema (más de tres publicaciones) siendo sobresaliente Noor Azian Morad con cinco investigaciones (Tabla 2), de 159 autores el 62 % con una publicación y el 29 % con dos publicaciones.

Las revistas más notorias (más de dos publicaciones) entre las 141 revistas científicas registradas en la búsqueda (Figura 2) fueron: *Journal of Supercritical Fluids* (siete publicaciones) y *Advanced Materials Research* (cinco publicaciones), destacándose además la *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (cuatro publicaciones) como la revista que comenzó a publicar los estudios sobre la extracción de jengibre en 1992 (Figura 3).

Tabla 2. Número de publicaciones de los autores más notables

Autor	Publicaciones
Morad, N.A.	5
Meireles, M.A.A.	3
Marqués, M.O.M	3
Makanjuola, S.A.	3
Ko. M.J.	3
Kan, J.	3
Kandiah, M.	3
Iwai, Y.	3
Chung, M.S.	3
Chen, X.	3

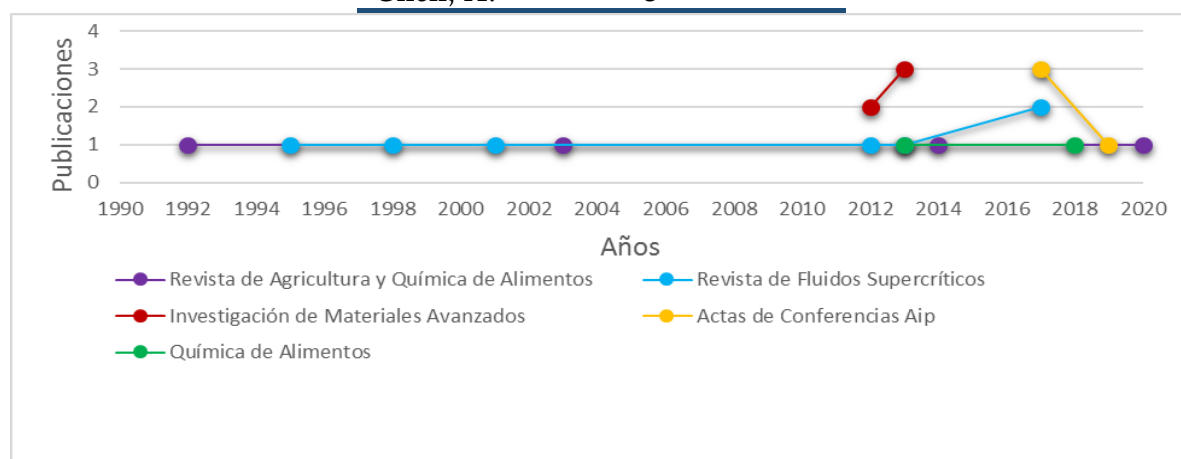


Fig. 3. Número de publicaciones para las revistas más sobresalientes.

Se analizaron diversas áreas investigativas en las que el extracto de jengibre tiene gran aplicación. El mayor porcentaje respecto a las 21 áreas examinadas lo tuvo el campo de las ciencias agrícolas y biológicas (82 publicaciones, 19, 7 %) aunque, esferas como la química, farmacología, biología molecular, medicina e ingeniería presentan notables investigaciones superiores a las 30 publicaciones en el período de estudio (Figura 4).

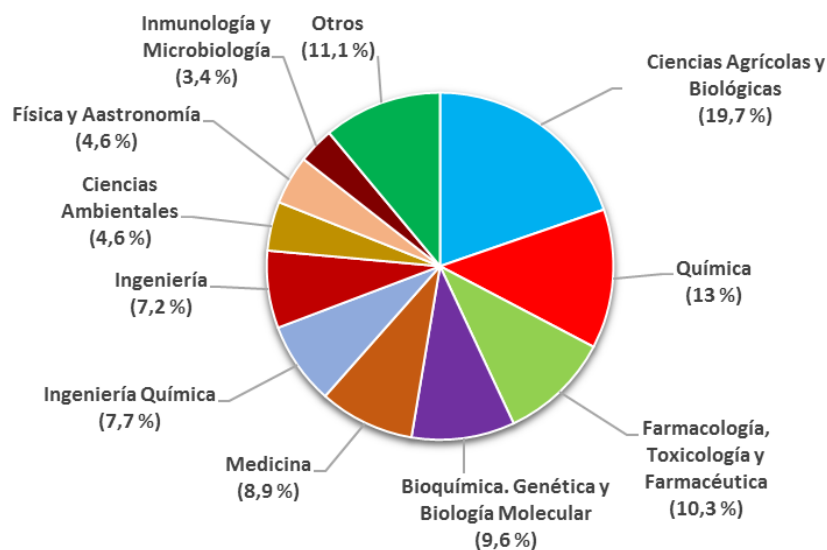


Fig. 4. Porcentaje de publicaciones por área temática según.

Las investigaciones publicadas en el 2020 (34 documentos) describen las propiedades naturales de la planta (este año se caracterizó por la publicación de la mayoría de las revisiones teóricas sobre el jengibre y su extracto). Los estudios del 2017 (21 documentos) detallan la importancia del uso de la planta con fines terapéuticos, los del 2013 (13 documentos) se refieren a los métodos de obtención del extracto y parámetros más significativos del proceso (Figura 5). En estos años se desarrolló la mayor producción científica sobre este tema.

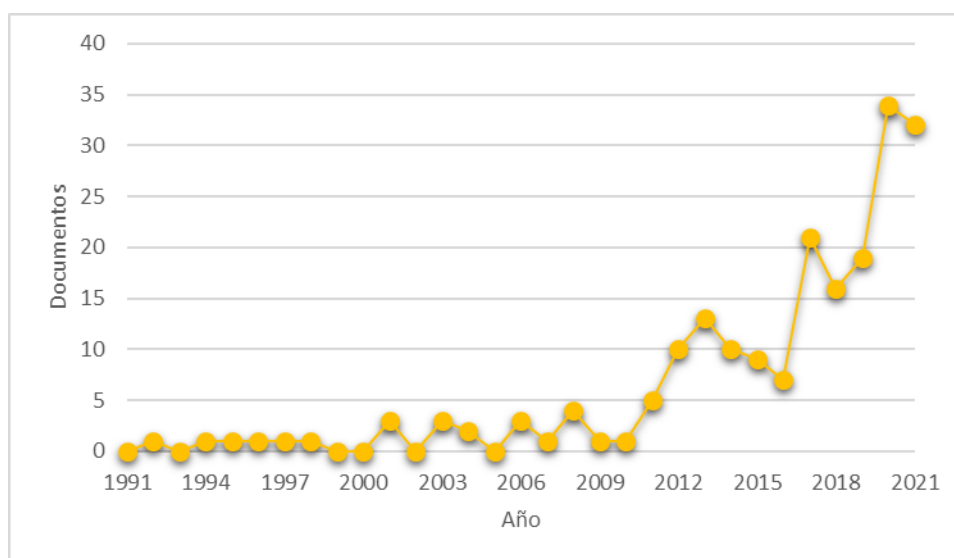


Fig. 5. Número de publicaciones por año.

Teniendo en cuenta el orden lógico anteriormente expuesto, a continuación, se realiza un breve análisis de los principales artículos encontrados en la búsqueda.

La planta de jengibre posee propiedades en toda su estructura, pero tradicionalmente es el rizoma la parte más utilizada, el que presenta propiedades cardioprotectoras,

antiinflamatorias, antimicrobianas, anticancerígenas y antioxidantes, carminativa, antiulcerosa, antiespasmódica, colagoga, antitusiva, antidiabética, expectorante y laxante (Akinola et al., 2014; Makanjuola et al., 2016; Olawale et al., 2015).

Los compuestos del jengibre son potentes antioxidantes y se le atribuye la actividad farmacológica de ser antitumoral y preventivo contra el cáncer. Dentro de los antioxidantes contenidos en el jengibre se encuentra el grupo de los polifenoles, (Ahmed et al., 2000) estructura molecular caracterizada por la presencia de uno o varios anillos fenólicos (Zalamea et al., 2017). Existen varias clases y subclases de polifenoles que se definen en función del número de anillos fenólicos que poseen y de los elementos estructurales que presentan estos anillos. Los principales grupos de polifenoles son ácidos fenólicos, estilbenos, lignanos, alcoholes fenólicos y flavonoides (Quiñones et al, 2012).

El jengibre contiene muchos componentes necesarios para una buena nutrición como fibra, calcio, fósforo, entre otros. Posee de 4,0 a 7,5 % de oleoresina, en la que se destacan el aceite esencial (constituido mayoritariamente por los hidrocarburos sesquiterpénicos α -zingibereno, β -sesquifelandreno, β -bisaboleno, α -curcumeno, entre otros) (Figura 6) y sustancias pungentes (gingerol y shogaol) (Bhattarai, 2001).

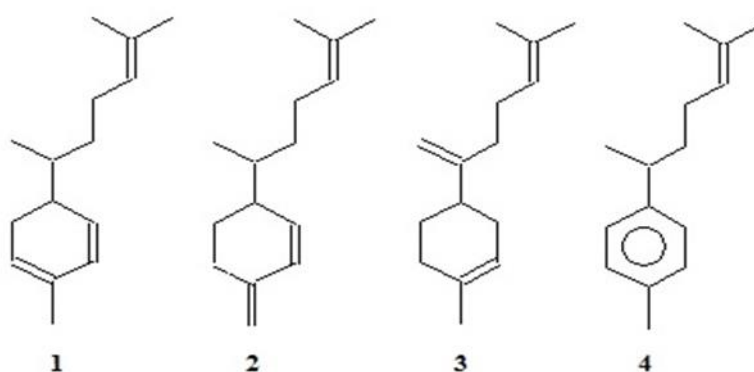


Fig. 6. Estructuras de algunos compuestos del extracto de jengibre: α -zingibereno (1), β -sesquifelandreno (2), β -bisaboleno (3), α -curcumeno (4).

El aroma placentero del jengibre se debe a los compuestos volátiles presentes en el aceite esencial, mientras que el gusto pungente cálido es causado por los componentes no volátiles, tales como los gingeroles, shogaols y la zingerona (Figura 7). El componente mayoritario, gingerol, es una mezcla de homólogos con 10, 12 y 14 átomos de carbono en la cadena lateral, nombrados como (6)-, (8)- y (10)-gingerol (Batista et al., 2003).

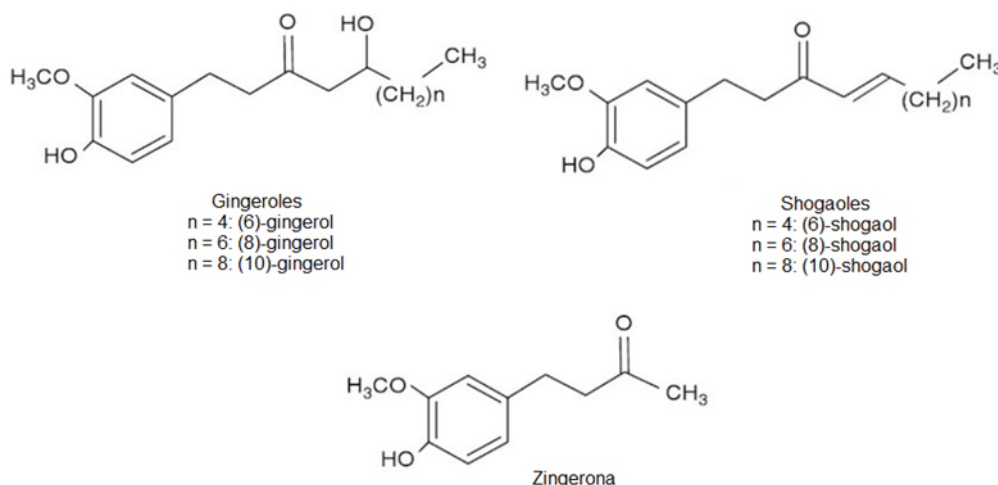


Fig. 7. Componentes pungentes del jengibre.

Estudios recientes indican que compuestos como el gingerol y zingibereno son potentes inhibidores del virus SARS-CoV2 que actualmente es objeto de estudio para la ciencia. Los extractos etanólicos y metanólicos de estos compuestos mejoran el nivel respiratorio y la perfusión del oxígeno, con la consiguiente reducción de la tos. (Montalvo et al., 2020). Por otra parte, el jengibre se encuentra como uno de los condimentos más demandados en la esfera culinaria, se utiliza fresco, seco, molido, como oleorresina y aceite esencial (Vasala, 2001)

Normalmente, los compuestos activos presentes en las plantas no son fácilmente accesibles. El extracto vegetal es la forma más óptima de obtener estos compuestos activos de manera más concentrada. Por tanto, las plantas han sido objeto de varios trabajos centrados en la extracción de estos compuestos naturales (Veiga et al., 2020). Sin embargo, las extracciones suelen requerir el uso de disolventes orgánicos que pueden originar algunas inquietudes al considerar su uso por humanos. Hay varios informes que describen las ventajas y desventajas de diferentes métodos de extracción para diferentes compuestos, que van desde compuestos fenólicos hasta carbohidratos y fosfolípidos (He et al., 2016; Silva et al., 2017).

Con el creciente desarrollo de las tecnologías amigables con el medio ambiente y la optimización de procesos que generen la menor cantidad de desechos, en los últimos años la obtención de extractos se realiza por varios métodos no tradicionales: extracción con fluidos supercríticos (Tanzeel-ur-Rehman et al., 2019), asistida por enzimas (Schweiggert et al., 2008), radiación ultrasónica (Tanzeel-ur-Rehman et al., 2019), asistida por microondas (Utama-ang et al., 2021) y con agua caliente comprimida (Saripa et al., 2014). Por otra parte, los métodos convencionales como la maceración (Sharif, 2016) y la extracción por Soxhlet aún son muy utilizadas y colectan de forma satisfactoria los compuestos activos del vegetal. Sharif & Bennett (2016) demostraron en un estudio comparativo, entre el método de maceración y Soxhlet, que los extractos obtenidos por maceración muestran un mayor contenido de polifenoles y actividad antioxidante. En una extracción se tienen en cuenta parámetros como la humedad del rizoma, tamaño de partícula, temperatura (Saripa et al., 2014; Schweiggert et al., 2008; Tanzeel-ur-Rehman et al., 2019), tiempo de extracción (Guo et al., 2015; Saripa et al., 2014; Tanzeel-ur-Rehman et al., 2019; Utama-ang et al., 2021), relación soluto: disolvente (Guo et al., 2015; Kubra et al., 2013), velocidad de agitación y tipo de disolvente (Sharif, 2016; Tanzeel-ur-Rehman et al., 2019). Ezez &

Tefera (2021) demostraron que la mayor concentración de compuestos fenólicos se obtiene utilizando disolventes de alta polaridad (Ezez, 2021).

Saripa et al. (2014) concluyeron que cuando se realiza la extracción utilizando la tecnología de agua caliente comprimida de 120 a 130 °C, se produce un rápido aumento de la concentración de (6)-gingerol muy cercano a su pico de concentración máxima de $1741,5 \pm 2,19$ µg/g de jengibre seco. Sin embargo, disminuye su concentración cuando se realiza la extracción de 140 a 200 °C (Saripa et al., 2014). La proporción más conveniente de trabajo entre el soluto y el disolvente será aquella con la que se alcancen los mayores rendimientos de extracción. Se ha demostrado que el incremento de la relación soluto: disolvente favorece la transferencia de masa y por consiguiente, la operación de lixiviación y se produce un aumento en la concentración de los compuestos fenólicos en el extracto (Treybal, 1997; Tanzeel-ur-Rehman et al., 2019).

El éxito de una extracción depende de cualquier tratamiento previo que se le pueda dar al sólido y la comprobación de los resultados mediante la cuantificación de los compuestos activos en el extracto. En la actualidad, la cuantificación de los fenoles totales se efectúa mediante dos técnicas: el método de Folin-Ciocalteu (más empleado) y el método de Price y Butler. Ambos métodos se fundamentan en reacciones de oxidación-reducción (Ricco et al., 2015). El modo de expresar los resultados puede variar, sin embargo, el patrón recomendado es el ácido gálico (Andrés-Lacueva et al., 2010).

Según Stoilova et al. (2007), el contenido total de fenoles de un extracto de jengibre obtenido por extracción con CO₂ supercrítico es de 870 mg/g de extracto seco. Murad et al. (2011) indicaron que el contenido de polifenoles en el extracto de jengibre fresco, expresado como ácido gálico, rodea los 101,6 mg/100 g. Peng et al. (2012) aislaron 29 compuestos fenólicos de las raíces del jengibre fresco. De ellos, el (6)-shogaol mostró mayor efectividad en la protección de las células por el daño causado por peróxido de hidrógeno.

Otros análisis se le aplican al extracto según su objetivo final, de forma general se les realiza cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, por sus siglas en inglés) para identificar los componentes de la mezcla (Saripa et al., 2014), determinación de la capacidad antioxidante por el método 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) (Sharif, 2016) y la determinación de la capacidad antimicrobiana por diversos métodos como la difusión en disco y la dilución en agar.

CONCLUSIONES

Del total de documentos inicialmente analizados (720 documentos) se pudo identificar que menos de la mitad corresponden a revisiones teóricas, la mayor parte son artículos resultantes de investigaciones empíricas. Cabe destacar que las revisiones teóricas compendian una gran cantidad de citas bibliográficas actualizadas, lo que resulta útil para cualquier modalidad de investigación. Llama mucho la atención como los objetivos de los estudios con el paso de los años se centran más en las propiedades, usos de la planta y su extracto. Sin embargo, son pocos los que se enfocan en nuevos métodos de obtención como hace 10 años. Esto puede estar ligado a la necesidad de consumo y utilización de los recursos naturales en los diversos sectores de la sociedad. Los datos recolectados confirman que el rizoma de jengibre muestra gran potencial tecnológico y su uso en las ciencias biológicas va en ascenso. Se indica que los métodos convencionales requieren de tiempos de extracción prolongados y uso de grandes cantidades de disolvente. Por esta razón, internacionalmente se utiliza combinado con otros métodos que aportan grandes ventajas a la extracción: la utilización de fluidos supercríticos y la extracción por radiación ultrasónica. Estos últimos ofrecen grandes potencialidades en cuanto a rendimiento y consumo de energía, al igual que métodos novedosos como el de extracción asistida por enzimas que es el más amigable con el medio ambiente. Estos aspectos son de vital importancia cuando la producción se desee llevar a escala industrial, pero debe tenerse especial cuidado pues son métodos relativamente costosos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, R., Seth, V., Pasha, S., & Banerjee, B. (2000). Influence of dietary ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) on oxidative stress induced by malathion in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 38(5), 443-450.
- Akinola, A., Ahmad, S., & Maziah, M. (2014). Total antioxidant capacity, flavonoid, phenolic acid and polyphenol content in ten selected species of *Zingiberaceae* rhizomes. *African Journal of Readditional, Complementary, and Alternative Medicines*, 11(3), 7-13.
- Andrés-Lacueva, C., Medina-Rejon, A., Llorach, R., Urpi-Sarda, M., Khan, N., Chiva-Blanch, G., Zamora-Ros, R., Rotches-Ribalta, M., & Lamuela-Raventos, R. M. (2010). Phenolic compounds: chemistry and occurrence in fruits and vegetables. En (pp. 53-88). Los Angeles.
- Batista, A., Pino, J. A., Rodríguez, I., Rodríguez, A., & Padrón, G. (2003). Caracterización de los compuestos pungentes en la tintura de jengibre al 50 %. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 8(3).
- Bhattarai, S., Tran, V., & Duke, C. (2001). The stability of gingerol and shogaol in aqueous solutions. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 90(10), 1658-1664.
- Ezez, D., & Tefera, M. (2021). Effects of solvents on total phenolic content and antioxidant activity of ginger extracts. *Journal of Chemistry*, 2021. doi:https://doi.org/10.1155/2021/6635199
- Guo, J., Zhang, W., Wu, H., & Du, L. (2015). Microwave-assisted decomposition coupled with acidic food condiment as an efficient technology for ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) processing. *Separation and Purification Technology*, 146, 219-226.
- He, B., Zhang, L.-L., Yue, X.-Y., Liang, J., Jiang, J., Gao, X.-L., & Yue, P.-X. (2016). Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds

- and anthocyanins from blueberry (*Vaccinium ashei*) wine pomace. *Food Chemistry*, 204, 70-76.
- Kubra, I. R., Kumar, D., & Rao, L. J. M. (2013). Effect of microwave-assisted extraction on the release of polyphenols from ginger (*Zingiber officinale*). *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 1828-1833.
- Makanjuola, S. A., Enujiugha, V. N., & Omoba, O. S. (2016). Multiresponse optimization and prediction of antioxidant properties of aqueous ginger extract. *Preventive Nutrition and Food Science*, 21(4), 335-360.
- Marak, N. R., Malemnganbi, C. C., Marak, C. R., & Mishra, L. K. (2019). Functional and antioxidant properties of cookies incorporated with foxtail millet and ginger powder. *Journal of Food Science and Technology*, 56(11), 5087-5096.
- Montalvo, P. J., Perales, C. V., & Figueroa, L. V. (2020). Propiedades farmacológicas del jengibre (*Zingiber officinale*) para la prevención y el tratamiento de COVID-19. *Agroindustrial Science*, 10(3), 329-338.
- Murad, M., Aminah, A., & Mustapha, W. A. W. (2011). Total phenolic content and antioxidant activity of kesum (*Polygonum minus*), ginger (*Zingiber officinale*) and turmeric (*Curcuma longa*) extract *International Food Research Journal*, 18(2), 536-531.
- Nagendra-Chari, K., Manasa, D., Srinivas, P., & Sowbhagya, H. (2013). Enzyme-assisted extraction of bioactive compounds from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Food Chemistry*, 139(1-4), 509-514.
- Navni, S., Arora, K., & Aniket, P. (2020). A systematic review on extraction methods, pharmacology, pharmacokinetics and clinical stuides of bioactive lead: 6-gingerol. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 21(15), 161-174.
- Olawale, P. O., Sunday, S. S., Ruefus, A. O., & Abosede, O. A. (2015). Effects of adding ginger extracts (*Zingiber officinale*) on minced cow meat during refrigerated storage. *American Journal of Food Science and Nutrition Research*, 2(6), 165-171.
- Paul, O. O., Samuel, S. S., Adebisi, O. R., & O., A. A. (2015). Effects of adding ginger extracts (*Zingiber officinale*) on minced cow meat during refrigerated storage. *American Journal of Food Science and Nutrition Research*, 2(6), 165-171.
- Peng, Y., Cheng, X., & Liu, Q. (2012). Steamed ginger (*Zingiber officinale*): Changed chemical profile and increased anticancer potential. *Food Chemistry*, 129(4), 1785-1792.
- Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 27, 76-89.
- Ricco, R. A., Agudelo, I. J., & Wagner, M. L. (2015). Métodos empleados en el análisis de los polifenoles en un laboratorio de baja complejidad. *Lilloa*, 52(2), 161-174.
- Saripa, M. S., Morada, N. A., Mohamad, N. A., Mohd, Y. A., & Che, M. A. (2014). The kinetics of extraction of the medicinal ginger bioactive compounds using hot compressed water. *Separation and Purification Technology*, 124, 141-147.
- Silva, S., Costa, E. M., Vicente, S., Veiga, M., Calhau, C., Morais, R. M., & Pintado, M. E. (2017). DNA agarose gel electrophoresis for antioxidant analysis: development of a quantitative approach for phenolic extracts. *Food Chemistry*, 233, 45-51.

- Schweiggert, U., Hofman, S., Reichel, M., Schieber, A., & Carle, R. (2008). Enzyme-assisted liquefaction of ginger rhizomes (*Zingiber officinale* Rosc.) for the production of spray-dried and paste-like ginger condiments. *Journal of Food Engineering*, 84, 28-38.
- Sharif, F., & Bennett, M. T. (2016). The effect of different methods and solvents on extraction of polyphenols in ginger (*Zingiber officinale*). *Journal Teknologi*, 78(11-2), 49-54.
- Stoilova, I., Krastanov, A. I., Stoyanova, A., & Denev, P. (2007). Antioxidant activity of a ginger extract (*Zingiber officinale*). *Food Chemistry*, 102(3), 764-770.
- Tanzeel-ur-Rehman, Arshad, M. U., Ahmad, R. S., Rasool, B., Hussain, G., Saeed, F., Shahbaz, M., Ahmed, A., Imran, M., Khan, M. A., Faiz, F., Bano, Y., Munir, R., Nadeem, M., Jabeen, V., & Imran, A. (2019). Reconnoitring the impact of different extraction techniques on ginger bioactive moieties extraction, antioxidant characterization and physicochemical properties for their therapeutic effect. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 30(5), 2223-22336.
- Treybal, R. E. (1997). *Operaciones de transferencia de masa* (2 ed.). México: McGraw-Hill.
- Utama-ang, N., Sida, S., Wanachantararak, P., & Kawe, A. (2021). Development of edible Thai rice film fortified with ginger extract using microwave-assisted extraction for oral antimicrobial properties. *Scientific Reports*, 11. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94430-y>
- Valadez-Villarreal, A., López-Hernández, E., García-Jiménez, R., Ruíz-Santiago, F., Hernández-Becerra, J., & Rocher-Córdova, R. (2019). Comparación de dos técnicas de extracción de jengibre y cuantificación de fenólicos totales y capacidad oxidante. *Investigación en Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 4, 813-817.
- Vasala, P. (2001). *Handbook of herbs an spices*. England: Woodead Publishing.pp. 195-204
- Veiga, M., Costa, E. M., Silva, S., & Pintado, M. (2020). Impact of plant extracts upon human health: A review. *Food Science and Nutrition*, 60(5), 873-886.
- Zalamea, L. F., Bastidas, J. A., & Casabona, L. J. (2017). *Análisis por cromatografía de gaseosa y espectrofotometría de masa del aceite esencial de jengibre*. Guayaquil, Ecuador: Compás.