



Revista CENIC Ciencias Químicas

ISSN: 1015-8553

ISSN: 2221-2442

Centro Nacional de Investigaciones Científicas

Salomón Izquierdo, Suslebys; Pérez Suárez, Julio César; López Arma, Marilyn
OPTIMIZACIÓN DE LA OBTENCIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS DEL
EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE *JUSTICIA PECTORALIS* JACQ
Revista CENIC Ciencias Químicas, vol. 53, núm. 2, 2022, Julio-Diciembre, pp. 226-235
Centro Nacional de Investigaciones Científicas

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181676182007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

OPTIMIZACIÓN DE LA OBTENCIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS DEL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE *JUSTICIA PECTORALIS* JACQ

MICROWAVE-ASSISTED OBTAINING OPTIMIZATION OF HYDROALCOHOLIC EXTRACT FROM *JUSTICIA PECTORALIS* JACQ

TRABAJO PRESENTADO EN EL EVENTO CNIC PRONAT 2022



Susleby Salomón Izquierdo* (0000-0001-8918-9994)

Julio César Pérez Suárez^b (0000-0002-9754-9323)

Marilyn López Arma^a (0000-0002-7087-063X)

^a Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos (CIDEM). La Habana, Cuba.

^b Centro Nacional de Toxicología (CENATOX). La Habana, Cuba.

*susleby.salomon@cidem.cu; suslebyssi@infomed.sld.cu

Recibido: 23 de noviembre de 2022;

Aceptado: 13 de diciembre de 2022;

RESUMEN

Justicia pectoralis Jacq. es ampliamente utilizada en la medicina tradicional cubana como sedante y ansiolítico. Sus componentes principales, las coumarinas, de una reconocida actividad sedante, se emplean como marcadores en diversos extractos obtenidos a partir de esta planta. El extracto hidroalcohólico al 30% se emplea como materia prima en la elaboración de un jarabe. La extracción asistida por microondas es de reconocida importancia por la rapidez y la eficiencia en la obtención de fitoconstituyentes, comparado con los métodos convencionales y la metodología de superficie respuesta es una herramienta estadística utilizada de manera exitosa para la evaluación de los parámetros de extracción y sus interacciones. El objetivo del trabajo fue optimizar la obtención del extracto hidroalcohólico al 30% de *Justicia pectoralis* Jacq. mediante la energía de las microondas a través de un diseño Box-Behnken bajo la Metodología de superficie respuesta. Tres variables: potencia de irradiación (540 – 900 W), tiempo (2 – 5 min) y relación disolvente material vegetal (10 – 20 mL/g) fueron consideradas como factores en el diseño de superficie respuesta Box-Behnken de 15 corridas incluyendo 3 puntos centrales. El rendimiento de coumarinas fue utilizado como variable respuesta. Las condiciones óptimas fueron 4 min de irradiación a 540 W y una relación disolvente/ material vegetal de 20 mL/g para un valor predicho de coumarinas totales de 0.48 %. Frente al método tradicional por reflujo (2 h y 0.42 mg/g % de rendimiento) la extracción asistida por microondas demostró significativos ahorros de tiempo con mayor recobrado de coumarinas. Los resultados mostraron que la extracción asistida por microondas puede ser empleada como un método eficiente para la obtención de extracto hidroalcohólico de *Justicia pectoralis* Jacq.

Palabras claves: *Justicia pectoralis* Jacq., coumarinas, extracción asistida por microondas, diseño Box- Behnken, Metodología de superficie respuesta.

ABSTRACT

Justicia pectoralis Jacq., widely used in traditional Cuban medicine as sedative and anxiolytic. Its main components, coumarins, have a recognized sedative activity, are used as markers in various extracts obtained from this plant. The hydroalcoholic extract 30% is used as raw material in the preparation of syrup. Microwave assisted extraction is of recognized importance because of the speed and efficiency in obtaining phytoconstituents compared to conventional methods and Response Surface Methodology is an efficient statistical tool that has been successfully used in testing process parameters and their interactive effects. The objective of this work was optimize the obtaining of the hydroalcoholic extract 30% of *Justicia pectoralis* Jacq. by means of microwave energy through a Box-Behnken design under the response surface methodology. A Sanyo EM-T109SS modified domestic microwave oven was used. Three variables irradiation power (540 – 900 W), time (2-5 min), and liquid to solid ratio (10 -20 mL/g) were regarded as factors in the response surface design of Box-Behnken of 15 executions, including 3 center points. The yield of total coumarins was used as the response variable. The optimal conditions were 4 min at 540 W and a liquid to solid ratio of 20 ml/g for a predicted value of total coumarins of 0.48 mg/g. Compared to the traditional method by reflux (2 h and 0.42 mg/g), the EAM demonstrated significant time savings, with greater recovery of coumarins. The results showed that microwave-assisted extraction can be used as an efficient method to obtain hydroalcoholic extract of *Justicia pectoralis* Jacq.

Keywords: *Justicia pectoralis* Jacq., coumarins, microwave assisted extraction, Box-Behnken desing, Response surface methodology.

INTRODUCCIÓN

Justicia es el género más grande de la familia Acanthaceae, con aproximadamente 400 especies que se distribuyen en regiones pantropicales y tropicales (The Plant List, 2014). Nativa de América Latina, la *Justicia pectoralis* Jacq. en Cuba es popularmente conocida como Tilo y se emplea por sus propiedades ansiolíticas y sedativas (Rodríguez-Chanfrau *et al.*, 2008; Venâncio *et al.*, 2011; Ribeiro *et al.*, 2020). Sus metabolitos principales son las coumarinas 1,2 benzopirona y la umbeliferona reportadas en altas concentraciones en sus partes aéreas y se emplean en el control de la calidad de extractos acuosos e hidroalcolicos obtenidos a partir de esta planta. (Angonese *et al.*, 1992; Barros *et al.*, 1997; Oliveira y Andrade, 2000; Govín *et al.*, 2003 Rodríguez-Chanfrau *et al.*, 2008; Rodríguez-Chanfrau *et al.*, 2013; Rodríguez-Chanfrau *et al.*, 2014, Rodríguez-Chanfrau *et al.*, 2016)

En Cuba, desde 1992, esta especie está incluida en el arsenal terapéutico del sistema nacional de salud cubano como sedante en afecciones nerviosas (Minsap, 1992). En el Formulario Nacional de Fitofármacos y Apifármacos de Cuba, de 2017, aparece un jarabe formulado con extracto fluido 30% de partes aéreas de la planta indicado para el insomnio, ansiedad y depresión. (Cruz, 2017)

La obtención de extractos estandarizados de manera más económica, segura y amigable con el medio ambiente, ha guiado a las investigaciones para el desarrollo de nuevos métodos y tecnologías, superiores a los métodos convencionales de extracción. Por tanto, son objeto de investigación continua con el fin de optimizar, entre otros, los procesos de extracción, con la mejora o sustitución de las tecnologías tradicionalmente empleadas. (Mandal *et al.*, 2007; Chan *et al.*, 2013; Chemat y Cravotto, 2013; Bagade *et al.*, 2021)

Las microondas son radiaciones electromagnéticas no ionizantes, su principal efecto, cuando interactúan con un material receptivo, es de naturaleza térmica. La rapidez en el calentamiento es la principal ventaja de las microondas frente a los métodos tradicionalmente empleados, también reduce los volúmenes de extracción, permite obtener altos recobrados de los compuestos de interés y no contamina el medio ambiente. Mediante la aplicación de esta tecnología más limpia y segura, se logran procesos extractivos de mayor factibilidad económica constituyendo aspectos deseables de alcanzar en todo proceso de extracción, su empleo es objeto de creciente interés en la extracción de fitoconstituyentes con probadas actividades farmacológicas. (Mandal *et al.*, 2007; Chan *et al.*, 2013; Chemat y Cravotto, 2013; Bagade *et al.*, 2021)

La extracción asistida por microondas (EAM) está influenciada por varios factores como el tiempo de irradiación, potencia, naturaleza del disolvente, la relación disolvente/material vegetal, temperatura, así como la interacción de todos los factores, por lo que es necesario adoptar una optimización estadística para determinar las condiciones más favorables de funcionamiento. (Dahmoune *et al.*, 2014)

La metodología de superficie respuesta (MSR) es un método estadístico que usa datos cuantitativos de un diseño experimental para determinar o resolver simultáneamente ecuaciones multivariadas. La MSR puede generar un modelo matemático y tener en cuenta las posibles interrelaciones de las variables a evaluar mientras se minimiza el número de experimentos (Song *et al.*, 2011) siendo particularmente útil en un diseño con más de dos factores que permiten la reducción considerable de los costos de funcionamiento y tiempo (Cheok *et al.*, 2012). Para la planificación experimental, la selección de un diseño Box-Behnken (BBD) tiene como ventajas que es uno de los diseños experimentales más eficientes, puesto que no contiene combinaciones por lo que de forma simultánea todos factores están en sus niveles más bajos o más altos, por tanto, es útil para evitar los

experimentos bajo condiciones extremas donde a menudo se obtienen resultados insatisfactorios. (Dahmoune *et al.*, 2014)

Hasta donde sabemos, no existe ningún reporte en la literatura científica sobre la optimización del procedimiento empleando la energía de las microondas para la extracción de coumarinas a partir de hojas de *Justicia pectoralis* Jacq. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es optimizar las condiciones de la EAM en la obtención de extracto hidroalcohólico de *Justicia pectoralis* Jacq. por un BBD de la MSR y comparar con el reflujo como proceso de extracción convencional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Vegetal

Se emplearon hojas desecadas y fragmentadas (3 - 5 mm de tamaño de partículas) de *Justicia pectoralis* Jacq., procedentes de la Estación Experimental de Plantas Medicinales "Dr. Juan Tomás Roig" de San Antonio de los Baños, e identificadas con el número de herbario 4636.

Estudio de la influencia de la potencia y el tiempo de extracción mediante la extracción asistida por microondas

El proceso de extracción se llevó a cabo en un horno de microondas doméstico modificado, SHARP-4A56M, con un nivel de potencia máxima de 900 W, acoplado a un condensador. Los parámetros estudiados fueron: potencia, tiempo de irradiación y relación disolvente/material vegetal.

La evaluación los parámetros de operación se realizó mediante la MSR donde se empleó un diseño Box-Behnken de 15 experimentos incluyendo 3 puntos centrales, utilizando como disolvente etanol 30%. Los niveles de los factores estudiados fueron para el tiempo entre 2 y 5 min, para la potencia entre 540 y 900 W y para la relación disolvente/material vegetal entre 10 y 20 mL/g.

Se emplearon 20 g de material vegetal en todos los casos. Los experimentos se realizaron en un reactor de cristal esférico de un litro de capacidad (conectado a un condensador de serpentín enchaquetado en posición de reflujo) dentro de la cavidad del horno, colocado en el sitio de mayor radiación determinado previamente (Pérez, 2012). Al finalizar el proceso se separó el extracto del residuo vegetal utilizando gasa, se filtró bajo presión reducida a través de tela filtrante.

A los resultados del diseño se les realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar las variables con diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Además, se realizó un análisis de regresión múltiple para determinar a partir del coeficiente de determinación (R^2) y del coeficiente de determinación ajustado (Adj. R^2) si existe buena correlación entre los resultados obtenidos. Para el cálculo del punto óptimo, se ajustó un polinomio de segundo orden para la correlación entre las variables independientes y la variable respuesta (rendimiento de polisacáridos totales).

Extracción por el método tradicional

La extracción por el método tradicional de reflujo se llevó a cabo en un reactor de cristal de fondo esférico de 1 L de capacidad donde se utilizó 20 g de material vegetal, con una relación 20 mL/g de etanol al 30 %, durante 2 h a reflujo. Después se separó el extracto del residuo vegetal utilizando gasa, se filtró bajo presión reducida a través de tela filtrante. El ensayo se realizó por duplicado.

Determinación del contenido de coumarinas totales

El contenido de cumarina se determinó en los extractos por cromatografía líquida de alta resolución (CLAR) en un cromatógrafo KNAUER, modelo Smarline (Berlín, Alemania) bajo las siguientes condiciones cromatográficas: Columna: columna Lichrospher® 100, RP 18 (5 µm, 250 mm × 4 mm, Merck, Alemania). Temperatura de la columna: 25°C, Flujo: 1 mL/min, Detector: UV, Longitud de onda: 274 nm, Volumen de inyección de 20 µL, Fase móvil: metanol: agua (40:60). (Rodríguez *et al.*, 2008)

Rendimiento de coumarinas totales

El rendimiento de coumarinas expresados en porcentaje (%) se calculó por la siguiente fórmula: (Paulucci *et al.*, 2012)

$$\text{Rendimiento de coumarinas (\%)} = \frac{\text{coumarinas extraídas (g)}}{\text{material vegetal empleado (g)}} \times 100$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Optimización de la potencia y el tiempo de extracción

Para lograr la máxima eficiencia de extracción de coumarinas, fue necesario crear un diseño de experimento (DoE) para encontrar los parámetros de operación apropiados, donde se optimizaron los siguientes tres factores, temperatura, tiempo de extracción y relación disolvente/ material vegetal. Esto se realizó bajo un diseño Box- Behenken de la metodología de superficie respuesta. En la tabla 1, se muestran las corridas experimentales del diseño en forma aleatoria con los resultados de la variable respuesta, donde se evidencia que los rendimientos de coumarinas varían desde 0.023% hasta 0.047%.

Tabla 1. Resultados del diseño experimental

Corrida experimental	Relación disolvente /material vegetal (mL/g)	Tiempo (min)	Potencia (W)	Rendimiento de Coumarinas totales (%)
1	15	5	540	0.046
2	15	2	540	0.042
3	10	2	720	0.038
4	10	5	720	0.023
5	10	3.5	540	0.036
6	20	2	720	0.047
7	15	2	900	0.042
8	10	3.5	900	0.037
9	20	3.5	540	0.045
10	20	5	720	0.046
11	15	5	900	0.043
12	20	3.5	900	0.046
13-15*	15	3.5	720	0.045 ± 0.0014

* promedio de los tres experimentos expresados como $X \pm SD$.

Mediante la aplicación del análisis de regresión múltiple a los datos experimentales, las variables respuestas y las variables independientes se correlacionan a un polinomio de segundo orden como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento de coumarinas} = 0.0531944 + 0.0471667 * \text{Relación disolvente/material vegetal} - 0.0169444 * \text{time} - 0.00000694444 * \text{Potencia} - 0.0017 * \text{Relación disolvente/material vegetal}^2 + 0.00466667 * \text{Relación disolvente/material vegetal} * \text{Tiempo} - 0.00888889 * \text{Tiempo}^2$$

El análisis de variancia (ANOVA) del modelo de regresión cuadrático muestra que los valores del coeficiente de determinación (R^2) y del coeficiente de determinación ajustado (Adj. R^2) fueron 83 y 70 % de manera respectiva, lo que sugiere un alto grado de correlación entre los valores observados y predichos, indicativo de un buen ajuste para este tipo de sistema. De igual modo se evidenció que el parámetro que tiene influencia estadísticamente significativa sobre la variable respuesta es la relación disolvente /material vegetal y su interacción cuadrática ($p \leq 0,005$).

Un factor crítico es el volumen del disolvente a emplear en los procesos de extracción. La cantidad debe ser suficiente para asegurar que el vegetal el material se sumerja por completo en el disolvente durante todo el tiempo de extracción. En el intervalo estudiado, el rendimiento de coumarinas se incrementa rápidamente al aumentar la relación disolvente/ material vegetal hasta un máximo, lo que se corroboró mediante el diagrama de Pareto (figura 1)

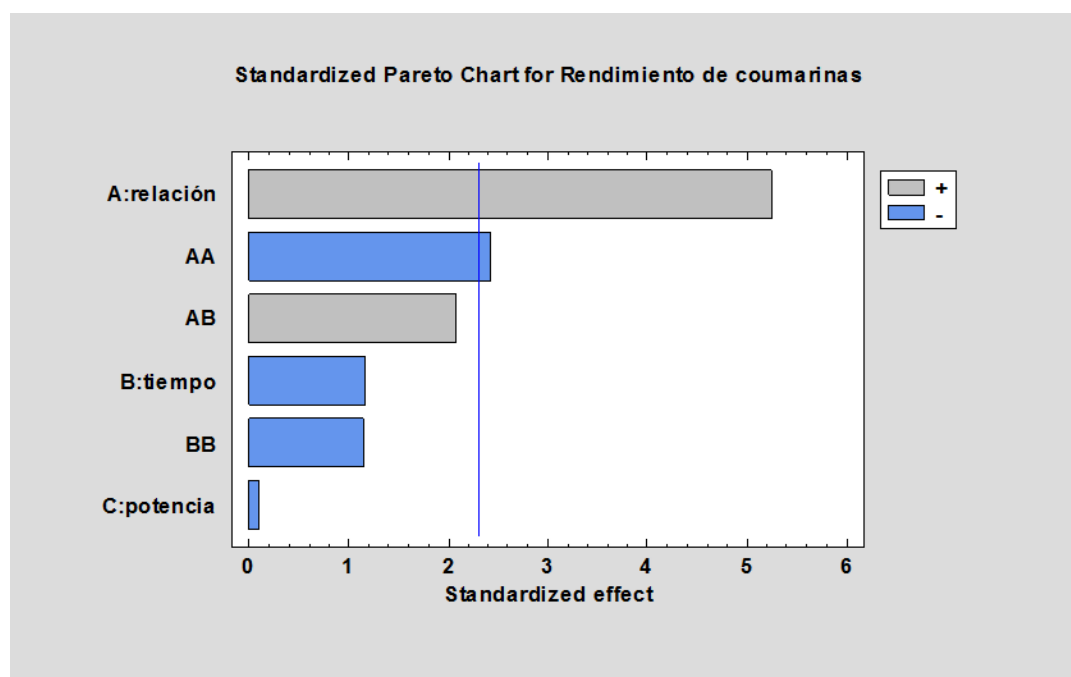


Fig. 1. Diagrama de Pareto para el rendimiento de polisacáridos totales

donde se puede observar que su influencia es en forma positiva. En el gráfico de efectos principales (figura 2) se observa que el rendimiento aumenta al aumentar la relación disolvente/material vegetal hasta un punto máximo donde subsiguientemente comienza a declinar. En general, una mayor relación del volumen de disolvente al material vegetal puede ser muy eficaz en los métodos de extracción convencionales. Por el contrario, en MAE una relación más alta puede disminuir el rendimiento de la

recuperación. Cuando la cantidad de disolvente es demasiado alta, el disolvente absorbe más energía de microondas y la absorción de energía de microondas por parte de la materia prima disminuye, lo que provoca una disminución en la capacidad de las microondas para romper las células de la materia prima y el rendimiento de los metabolitos de interés. (Wang y Weller, 2006; Mason et al., 2011; Salomon S *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2021)

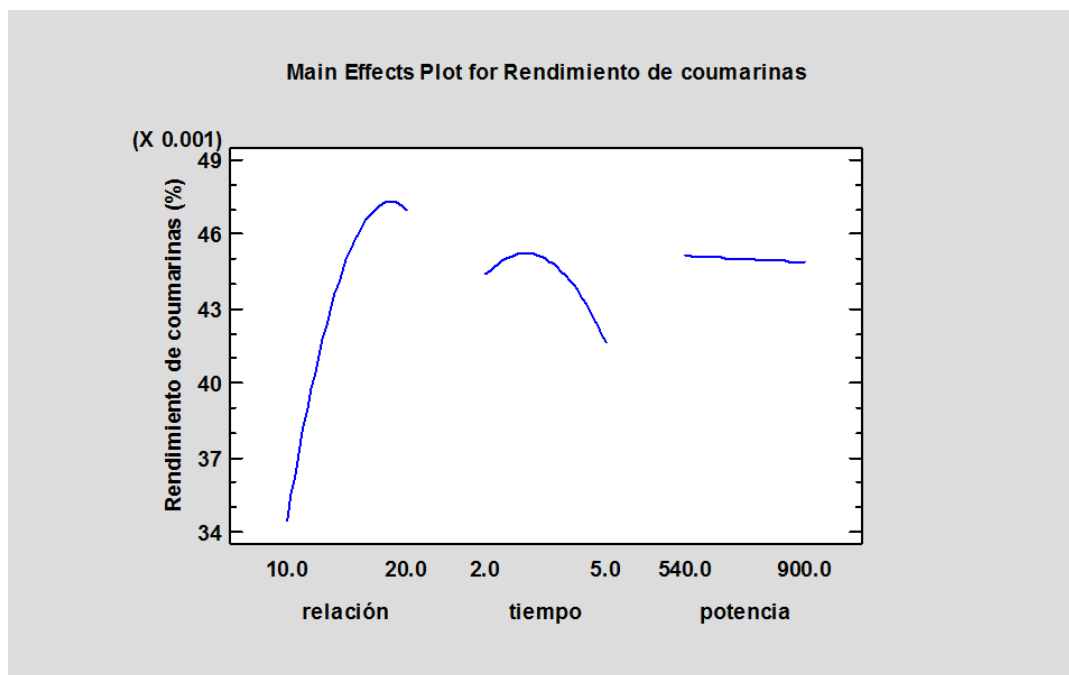


Fig. 2. Gráfico de efectos principales para el rendimiento de coumarinas

Al analizar el tiempo no se evidenció un efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento de coumarinas bajo las condiciones de estudio (figura 1), sin embargo, a medida que se incrementa se observa que aumenta el rendimiento hasta un máximo (figura 2) lo cual podría explicarse debido a que el aumento del tiempo de extracción incrementa la efectividad del proceso debido a que la acción de las microondas favorece la penetración del disolvente dentro de la matriz sólida. Esta penetración se lleva a cabo de forma rápida al inicio del proceso de extracción debido a la ruptura celular provocando la desabsorción de las coumarinas, difundiéndolos al medio circundante (Prakash y Manikandan, 2012; Aourach et al., 2021). Ulterior a ese máximo el rendimiento decae, lo cual presupone que una exposición de tiempo excesiva pudiera provocar la degradación de los polisacáridos debido a la alta temperatura interna que se genera por la acción de las microondas. (Prakash et al., 2016; Zhao *et al.*, 2013)

Los resultados del gráfico de superficie respuesta (figura 3) muestra que existe un máximo global el cual corresponde a las condiciones más favorables para la extracción de coumarinas siendo un tiempo de irradiación de 4 min, relación disolvente material vegetal de 20 mL/g y la potencia de 540 W, para una concentración de coumarinas de 0,048 %.

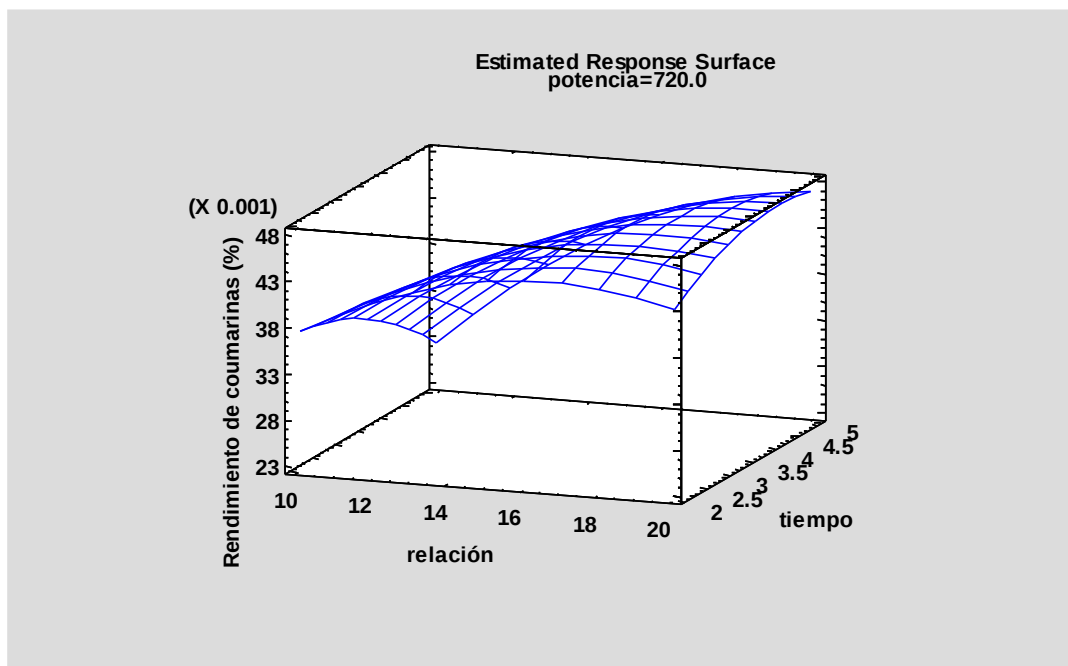


Fig. 3. Gráfico de superficie respuesta para el rendimiento de polisacáridos totales

Comparación de la EAM con el método convencional de extracción

En la tabla 2 se muestran los tiempos de extracción y el rendimiento de extracción de coumarinas que se tuvo en cuenta para el análisis de los métodos de extracción.

Existe una gran diferencia en el tiempo en que se lleva a cabo la extracción de coumarinas contenidos en las hojas. Al emplear el método de extracción por microondas el tiempo de extracción fue de 4 min, resultando un tiempo 30 veces más rápido en comparación con el método tradicional.

Tabla 2. Comparación del método de extracción tradicional con la extracción asistida por Microondas.

Método de extracción	Tiempo	Relación disolvente/ material vegetal	Rendimiento de coumarinas (%)
Reflujo	2 h	20 mL/g	0,042 ± 0,0018
Microondas	4 min	20 mL/g	0,048 ± 0,0014

Mediante el proceso tradicional el rendimiento de la extracción fue de $0,042 \pm 0,0018$ %, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos ($p=0,0232$), donde el rendimiento obtenido empleando las microondas es 1,14 veces mayor que el obtenido por el método tradicional (figura 4).

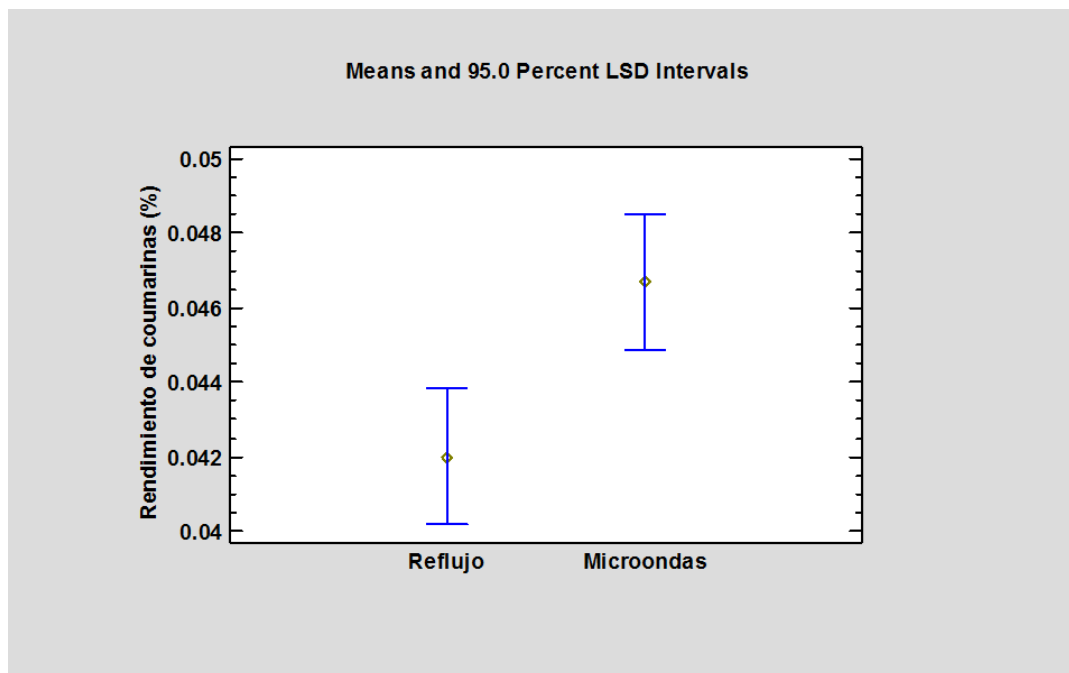


Fig. 4. Comparación entre la extracción por reflujo y microondas en base al rendimiento de coumarinas

Con la extracción asistida por microondas se logran mejores resultados desde el punto de vista del rendimiento y la velocidad de extracción respecto al método de obtención tradicional por reflujo en la obtención del extracto hidroalcohólico a partir de hojas secas de *Justicia pectoralis* Jacq.

CONCLUSIONES

En este trabajo se utilizó con éxito un diseño Box-Behnken de la metodología de superficie de respuesta para optimizar los parámetros de operación. Los resultados mostraron que la potencia de microondas de 540 W, el tiempo de extracción de 4 min y la relación de disolvente a materia prima de 20:1 fueron las mejores condiciones para la extracción. En comparación con el método tradicional por reflujo, la extracción asistida por microondas demostró superioridad en términos de ahorro significativo de tiempo, con una mayor recuperación de coumarinas. Los resultados mostraron que la extracción asistida por microondas puede ser utilizada como un método eficiente para obtener un extracto hidroalcohólico al 30% de *Justicia pectoralis* Jacq.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angonese MT, Moreira DL & Kaplan MAC. (1992). Perfil químico da família Acanthaceae. Boletim do Museu de Biologia, 1: 4-6.
- Aourach M *et al.* (2021). Optimization and Comparison of Ultrasound and Microwave-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Cotton-Lavender (*Santolina chamaecyparissus* L.). *Agronomy*, 11(1):84.
- Bagade SB & Patil M. (2021). Recent Advances in Microwave Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Complex Herbal Samples: A Review. *Crit Rev Anal Chem*, 51(2):138-149.

- Barros RFM, Andrade LHC & Silva NH. (1997). Concentração de cumarinas em folhas de *Justicia pectoralis* var *stenophylla* Leonard com diferentes colorações. *Phyton*, 60: 141-145.
- Chan CH, Yusoff R, Ngoh GC, Kung FW. (2011). Microwave-assisted extractions of active ingredients from plants. *J Chromatogr A*. 1218(37):6213-6225.
- Chemat F & Cravotto G, editors. 2013. *Microwave-assisted Extraction for Bioactive Compounds: Theory and Practice*, Food Engineering Series 4. New York: Springer Science+Business Media.
- Cheok, C. Y., Chin, N. L., Yusof, Y. A., Talib, R. A., & Law, C. L. (2012). Optimization of total phenolic content extracted from *Garcinia mangostana* Linn. hull using response surface methodology versus artificial neural network. *Industrial crops and products*, 40, 247-253.
- Cruz D. (2017). *Formulario Nacional de Fitofármacos y Apifármacos*. Cuba: ECIMED
- Dahmoune, F., Spigno, G., Moussi, K., Remini, H., Cherbal, A., & Madani, K. (2014). *Pistacia lentiscus* leaves as a source of phenolic compounds: Microwave-assisted extraction optimized and compared with ultrasound-assisted and conventional solvent extraction. *Industrial Crops and Products*, 61, 31-40. Doi: 10.1016/j.indcrop.2014.06.035
- Govín ES, Hernández LF & Figueredo DC, Rodríguez C. (2003). Estudio farmacognóstico de *Justicia pectoralis* Jacq. var. *stenophylla* Leonard. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 8(3).
- Mandal V, Mohan Y, Hemalatha S. (2007). Microwave Assisted Extraction – An Innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research. *Pharmacognosy Reviews*, 1(1):7-18.
- Mason, T. J., Chemat, F. & Vinatoru, M. (2011). The extraction of natural products using ultrasound or microwaves. *Curr. Org. Chem*, 15, 237–247
- Minsap. (1992). *Guía Terapéutica y Dispensarial de Fitofármacos y Apifármacos*. La Habana: ECIMED
- Oliveira AFM y Andrade LHC. (2000). Caracterização Morfológica de *Justicia pectoralis* Jacq. e *J. gendarussa* Burm. F. (Acanthaceae). *Revista Acta Amazônica*, 30: 569-578.
- Paulucci, V, Couto, R, Teixeira, C, Freitas, L. (2013). Optimization of the extraction of curcumin from *Curcuma longa* rhizomes. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 23(1), 94-100.
- Pérez, J. C. 2012. Extracción asistida por microondas de los lípidos de las semillas de *Cucurbita pepo* L. Tesis en opción al título de Licenciado en Química, Universidad de La Habana, Facultad de Química.
- Prakash JM & Manikandan S. (2012). Response surface modeling and optimization of process parameters for aqueous extraction of pigments from prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit. *Dye. Pigm*, 95: 465-72.
- Prakash JM, Nivetha CV, Priya B, Al-Dhabi NA, Ponmurugan K, Blessing JJ. (2016). Modeling of polysaccharide extraction from *Gossypium arboreum* L. seed using central composite rotatable design. *International Journal of Biological Macromolecules*, 23-49.
- Ribeiro *et al.* (2020). Eco-friendly extraction and simultaneous determination of two coumarins in *Justicia pectoralis* (Acanthaceae). *Rodriguésia*, 71:1-13.
- Rodríguez Chanfrau, Jorge E., López Hernández, Orestes D., & Gil Apan, José M. (2008). Método para la cuantificación de cumarina en extracto seco a partir de extractos de *Justicia pectoralis* Jacq. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 13(3)

- Rodríguez-Chanfrau J, López O, Núñez Y, Rodríguez C. (2013). Obtention of dry extract from aqueous extracts of *Justicia pectoralis* Jacq. (tilo). *Rev Cubana Plant Med*, 18(4).
- Rodríguez-Chanfrau J, Rodríguez C. (2014). Harvest time influences on coumarin and umbelliferone contents in extracts of *Justicia pectoralis* Jacq. (tilo). *Rev. cuba. Farm*, 48(3): 477-485.
- Rodríguez-Chanfrau JE, López Hernández OD, Núñez Y, Rodríguez C, Carrillo C, Gil Apan J, Echevarria I. (2008). Obtention of Pharmaceutical Quality Raw Material from *Justicia pectoralis* Jacq by Spray dried. Technology Development from a 30 % Hydroalcoholic Extract. *Latin Am J Pharm*, 27(3):333-338.
- Rodríguez-Chanfrau, J. E., Robaina-Mesa, M., Rodríguez-Riera, Z., & Jauregui-Haza, U. (2016). Ultrasound-assisted extraction of coumarin from *Justicia pectoralis* Jacq. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 47(1), 97-104.
- Salomon, S., I. Sevilla, R. Betancourt, A. Romero, L. Nuevas-Paz, and J. Acosta-Esquivarosa. (2014). Extraction of mangiferin from mangifera indica l. leaves using microwave-assisted technique". *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 26 (7): 616-22,
- Song, J., Li, D., Liu, C., Zhang, Y. (2011). Optimized microwave-assisted extraction of total phenolics (TP) from *Ipomoea batatas* leaves and its antioxidant activity. *Innov. Food Sci. Emerg*, 12:282-287.
- The Plant List (2013) Version 1.1. Recuperado de: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-2329088>
- Venâncio ET, Rocha NFM, Rios VER, Feitosa ML, Linhares MI, Melo FHC, Matias MS, Fonseca FN, Sousa FCF, Leal LKAM & Fonteles MMF. (2011). Anxiolytic-like effects of standardized extract of *Justicia pectoralis* (SEJP) in mice: involvement of GABA/Benzodiazepine in receptor. *Phytotherapy Research*, 25: 444-450.
- Wang, L. y C. L. Weller. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends Food Sci. Technol.* 17:300-312.
- Zhang, H., Yan, H., Li, Q. *et al.* (2021). Identification of VOCs in essential oils extracted using ultrasound- and microwave-assisted methods from sweet cherry flower. *Sci Rep*, 11, (1167).
- Zhao B, Zhang J, Guo X, Wang J. (2013). Microwave-assisted extraction, chemical characterization of polysaccharides from *Lilium davidii* var. *unicolor* Salisb and its antioxidant activities evaluation. *Food Hydrocolloids*, 31: 346-56.

Este artículo no presenta conflicto de intereses

CONTRIBUCION AUTURAL

Susleby Salomón Izquierdo: conceptualización, curación de datos, análisis formal redacción del borrador original.

Julio César Pérez Suárez: conceptualización, curación de datos, análisis formal redacción del borrador original.

Marilyn López Arma: conceptualización, curación de datos, análisis formal redacción del borrador original.