

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias



Una Institución Adventista

Estudio de la cinética de extracción de aceite esencial de Pacha salvia (*Lepechinia meyenii*) por hidrodestilación asistida por microondas

Por:

Elizabeth Guizado Urrutia
Carmen Limachi Viamonte

Asesor:

Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe

Juliaca, agosto de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: "ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE PACHA SALVIA (*LEPECHINIA MEYENII*) POR HIDRODESTILACIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS" constituye la memoria que presentan las estudiantes Elizabeth Guizado Urrutia y Carmen Limachi Viamonte para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería de Industrias Alimentarias, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 23 días del mes de setiembre del año 2020.



Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe

Estudio de la cinética de extracción de aceite esencial de Pacha salvia
(*Lepechinia meyenii*) por hidrodestilación asistida por microondas

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentada para optar el grado de bachiller en Ingeniería de Industrias
Alimentarias

JURADO CALIFICADOR



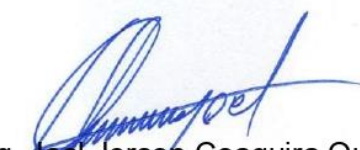
Ing. Edgar Mayta Pinto
Presidente



MSc. Carmen Rosa Apaza Humerez
Secretario



Ing. Ana Monica Torres Jiménez
Vocal



Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe
Asesor

Juliaca, 23 de setiembre de 2020

Estudio de la cinética de extracción de aceite esencial de Pacha salvia (*Lepechinia meyenii*) por hidrodestilación asistida por microondas

Elizabeth Guizado Urrutia ^{a1}, Carmen Limachi Viamonte ^{a1}, Joel Jerson Coaquira Quispe ^{a1}

^aEP. Ingeniería de Industrias Alimentaria, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

^bCentro de investigación en Tecnología de alimentos

Resumen

El presente trabajo tiene por objetivo estudiar la cinética de extracción de aceite esencial (AE) de *Lepechinia meyenii* para la determinación de las constantes cinéticas y el rendimiento. Se adaptó un microondas doméstico para la extracción, las potencias utilizadas variaron entre 300, 500, y 700 W por un tiempo de 60 min; se usó modelo cinético para el proceso de extracción para el cálculo de las constantes k (min^{-1}) y b (velocidad de destilación) propuesto por Milojević. Se obtuvieron los siguientes rendimientos de 0.84, 0.89 y 0.91 % para las potencias establecidas. Las constantes de velocidad variaron de 0.047 a 0.049 min^{-1} y el coeficiente de destilación rápida varió de 0.030 a 0.072 respectivamente, se encontró que existe una barrera inicial en el proceso de la destilación por compuestos no volátiles y que por incremento de la potencia mayor es el rendimiento de extracción del aceite esencial.

Palabras clave: Hidrodestilación asistida por microondas; *Lepechinia meyenii*; Velocidad de destilación; Cinética de extracción

Abstract

The present work aims to study the kinetics of essential oil extraction (EA) of *Lepechinia meyenii* to determine the kinetic constants and yield. A domestic microwave was adapted for the extraction, the powers used varied between 300, 500, and 700 W for a time of 60 min; The kinetic model was used for the extraction process to calculate the constants k (min^{-1}) and b (distillation speed) proposed by Milojević. The following yields of 0.84, 0.89 and 0.91% were obtained for the established powers. The rate constant ranged from 0.047 to 0.049 min^{-1} and the rapid distillation coefficient ranged from 0.030 to 0.072 respectively, it was found that there is an initial barrier in the distillation process by non-volatile compounds and that by The higher the potency the greater the extraction performance of the essential oil.

Keywords: Microwave assisted hydrodistillation; *Lepechinia meyenii*; Distillation speed; Extraction kinetics

¹Autor de correspondencia: Guizado Urrutia Elizabeth ^{a1}, Limachi Viamonte Carmen ^{a1}

Km. 6 Carretera Arequipa. Villa Chullunquiani.

Teléfono 997952790

E-mail: elizabeth.gu@upeu.edu.pe - carmen.lv@upeu.edu.pe

1. Introducción

Lepechinia meyenii es una Lamiaceae, conocida como Pacha Salvia, se encuentra entre los 1500 a 4500 msnm en Argentina, Bolivia y Perú; es utilizado en la medicina tradicional para el tratamiento de la tos, diarrea, sensación de ardor en el estómago, dolor de articulaciones como antiespasmódico (Gonzales, 2014). Este tipo de género contiene monoterpenos, fenol y carvacrol que representa hasta el 95%. Los aceites esenciales que contiene carvacrol pueden ser utilizados por la industria alimentaria como aromatizantes naturales y preparaciones. Además, por el contenido del carvacrol se sabe que este compuesto tiene actividad biológica, antiviral y antimicrobiana frente a *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis* (Tsimogiannis & Oreopoulou, 2018). Se identificaron compuestos fenólicos como el carnosol, ácido ursólico, diosmetina, ácido cafeico, y ácido 2 – hidroxí cafeico siendo una excelente fuente de antioxidantes (Castillo Romero, 2004); sus constituyentes químicos en AE de *Lepechinia meyenii* muestran monoterpenos β -pineno (22.26 %), 3-careno (19.45 %), α -pineno (12.48 %) e hidrocarburos terpénicos como D-Limoneno, eucarvona, α -curcumeno, sesquiterpenos zingibereno, β -farneseno, α -amorfeno, calameneno, β -eudesmol, mostrando una densidad de 0.8677 g/ml (Calderón Fernandez, 2018).

La extracción de AE de los tejidos vegetales se realiza utilizando varios métodos clásicos como destilación al vapor, hidrodestilación y extracción con solvente líquido por fluidos supercríticos siendo este método costoso y se necesita una inversión inicial alta (Calinescu et al., 2017). Sin embargo, estos métodos convencionales son bastante simples, presentan desventajas, que incluyen grandes cantidades de solvente, largos tiempos de extracción o alto consumo de energía y agua, las pérdidas de algunos compuestos volátiles, bajo rendimiento y degradación de los compuestos por hidrólisis (Glisic, Ivanovic, Ristic, & Skala, 2010).

Considerando las deficiencias de los métodos tradicionales, se realizaron investigaciones de nuevas alternativas para la extracción de AE, dentro de estos nuevos enfoques se ha presentado atención a la tecnología de extracción asistida por microondas (Racoti et al., 2017). Las principales ventajas de usar tecnología de microondas para la extracción de compuestos bioactivos son: tiempos de extracción cortos, calentamiento más efectivo, menor consumo de energía y mejor rendimiento, (Garcez et al., 2017). El método de hidrodestilación asistida por microondas permite la generación de calor y presión dentro del sistema biológico y su comportamiento en AE se centra en la prevalencia de las condiciones generales del funcionamiento como el disolvente de extracción la relación disolvente, el tamaño de partícula de la muestra la temperatura y la potencia de microondas (X. J. Li et al., 2012). El aumento inmediato de la temperatura en las células vegetales provoca una presión que lleva a la ruptura grave de la estructura celular y a la liberación fácil de compuestos intracelulares (Y. Li, Fabiano-Tixier, Vian, & Chemat, 2013). El presente trabajo tiene por objetivo estudiar la cinética de extracción de *Lepechinia meyenii* para la determinación de las constantes cinéticas y el rendimiento.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materia Prima

Las hojas frescas de *Lepechinia meyenii* utilizadas en esta investigación se obtuvieron en las siguientes coordenadas 15°30'43.0"S 70°10' 53.3"W, Juliaca - Perú. Las muestras antes de ser utilizadas fueron secadas hasta a una humedad del 13% al ambiente bajo sombra y posteriormente se tamizaron hasta obtener un tamaño de partícula de 150 μ m. Se almacenaron en empaques de papel hasta su uso.

2.2. Hidrodestilación asistida por microondas

Se utilizó un horno doméstico de microondas (32J5133AM/PE, Samsung, China), con una potencia máxima de salida de 1000 W y con una frecuencia de operación de 2.4 GHz. El horno microondas se modificó perforando un agujero (diámetro 4 cm) en la parte central de la cabina interna y externa para acondicionar el sistema de destilación Clevenger. Se acondicionó un balón de 1 L en la parte interna del horno microondas. El sistema Clevenger fue conectado a un intercambiador de calor manteniendo la temperatura del agua a $13 \pm 2^\circ\text{C}$ durante el proceso.

2.3. Procedimiento de extracción

Se colocaron 50 g de muestra en un balón de fondo plano de 1 L, que contenía agua destilada (700 ml) obteniendo una relación de materia prima solvente 1:14. Se conectó el sistema de Clevenger al balón de fondo plano. La extracción de aceite esencial se llevó a cabo a potencias de 300, 500 y 700 W durante un período de 60 min. Se determinó la cantidad de aceite esencial extraída cada 5 min posterior al tiempo total de extracción, las muestras de aceite esencial fueron congeladas a -10°C para separar la fracción de agua residual y posteriormente se almacenaron a 4°C en frascos de color ámbar hasta su análisis.

2.4. Determinación de Densidad (g/ml)

Se determinó de acuerdo al método de: NTP 319.092:1974 (2016), Es la relación entre la densidad del aceite esencial a 20°C y la del agua destilada a la misma temperatura. Consiste en obtener el peso del picnómetro vacío, luego del agua destilada y luego de vaciar ésta, llenar con el aceite esencial; realizando este proceso a temperatura de 20°C en g/ml, la densidad se calcula:

$$\rho = \frac{P2 - P}{P1 - P}$$

Donde:

ρ : Densidad (g/ml)

$P1$: Peso en g. del picnómetro conteniendo agua destilada a 20°C

$P2$: Peso en g. del picnómetro conteniendo aceite esencial a 20°C

P : Peso en g. del picnómetro vacío a 20°C

2.5. Modelamiento cinético del proceso de extracción

Se aplicó el modelo cinético propuesto por Milojević et al. (2008) basado en la difusión en estado no estacionario para las hidrodestilaciones de hojas trituradas mediante las siguientes ecuaciones:

$$\frac{q_o - q}{q_o} = (1 - b) * e^{-kt}$$
$$\ln\left(\frac{q_o - q}{q_o}\right) = \ln(1 - b) - kt$$

Donde:

q_o : Contenido de AE inicial presente en las hierbas (igual al rendimiento total del final de la destilación) (g/g).

q : Rendimiento de AE en cualquier momento de destilación (g/g).

b : Coeficiente de destilación rápida (q / q_o).

k : Constante de velocidad (min^{-1}).

2.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos del rendimiento de la extracción a diferentes potencias fueron analizados y expresados como media \pm desviación estándar de tres determinaciones separadas ($n = 3$). el modelo cinético y el análisis estadístico se realizó mediante el programa Microsoft Excel 2016, donde se utilizó los siguientes estadísticos R^2 (ajuste de los datos) y RMSE (error medio cuadrático).

3. Resultado y Discusión

3.1. Determinación de la densidad

En la Tabla 1 se presentan las densidades del aceite esencial extraído, la densidad de aceite esencial osciló entre 0.894 g/ml a 0.898 g/ml, autores que presentan valores similares para diferentes aceites esenciales: romero: 0.894 g/ml, hierba luisa 0.8589 g/ml (Valverde & Leonardo, 2011). *Myrciantes rhopaloide*: 0.911 g/ml (Razzetto, 2006), menta negra: 0.927 g/ml (Huayllahuamán, 2019), muña: 0.9189 g/ml (Cano, Bonilla, Roque, & Ruiz, 2008), orégano: 0,9132 g/ml (Tellez Monzon, 2017). La densidad del aceite esencial de *Lepechinia meyenii* es similar a la densidad de los aceites esenciales mencionados, los resultados indican el tipo de extracción, calidad y pureza.

Tabla 1

Densidades de aceite esencial de *Lepechinia meyenii*

Potencias W	Densidad (g/ml)
300	0.894
500	0.898
700	0.895

3.2. Cinética de extracción por hidrodestilación asistida de microondas de AE de *Lepechinia meyenii*

En la Figura 3 se muestra los rendimientos de aceite esencial en función de tiempo de extracción a diferentes potencias de microondas. Para 300, 500 y 700 W el rendimiento fue 0.84 ± 0.23 %, 0.89 ± 0.17 % y 0.91 ± 0.14 % respectivamente. La potencia de microondas y la temperatura están interconectadas, porque la alta potencia puede aumentar la temperatura de funcionamiento por encima del punto de ebullición del solvente y provocar un aumento en el rendimiento de extracción (Moreira et al., 2013). Actuando como una fuerza impulsora para romper la estructura de las membranas celulares de las plantas, de modo que el aceite puede difundirse y disolverse en solventes (Cedeño et al., 2019).

Hien Tran et al., (2019) reportan que en la extracción de aceite esencial de la hoja conocida como *hierba de limón* trabajaron con una potencia de microondas de 450 W por 90 min con una relación materia prima/agua de 1:3 (g/ml). Por dos métodos de extracción: hidrodestilación por microondas obtuvieron un rendimiento de 0.55% en 90 min y el tradicional por hidrodestilación obtuvieron 0.2 % en 350 min. Por lo tanto, el método de hidrodestilación por microondas es altamente eficiente y acorta el tiempo necesario para la extracción de aceites esenciales.

Por otro lado, el método de extracción por microondas sin disolventes en *salvia officinalis* se obtiene un rendimiento de 1.29 % en 35 min a una potencia de 650 W previamente humedecidos antes de la extracción sumergiendo al 71% de agua por una hora para luego ser introducido al microondas con una muestra de 100 g (Wei et al., 2018). Entonces el microondas es fuente de energía y que a mayor potencia el rendimiento aumenta y menos tiempo se emplea. Fernández, A.E., Ferrera, Z.S., Rodríguez (2001) nos menciona que la temperatura de extracción afecta la composición química del aceite esencial, otras investigaciones (Megawati, Fardhyanti, Sediawan, & Hisyam, 2019) indica que a una potencia de 600 W se obtienen mayores rendimientos en aceites esenciales.

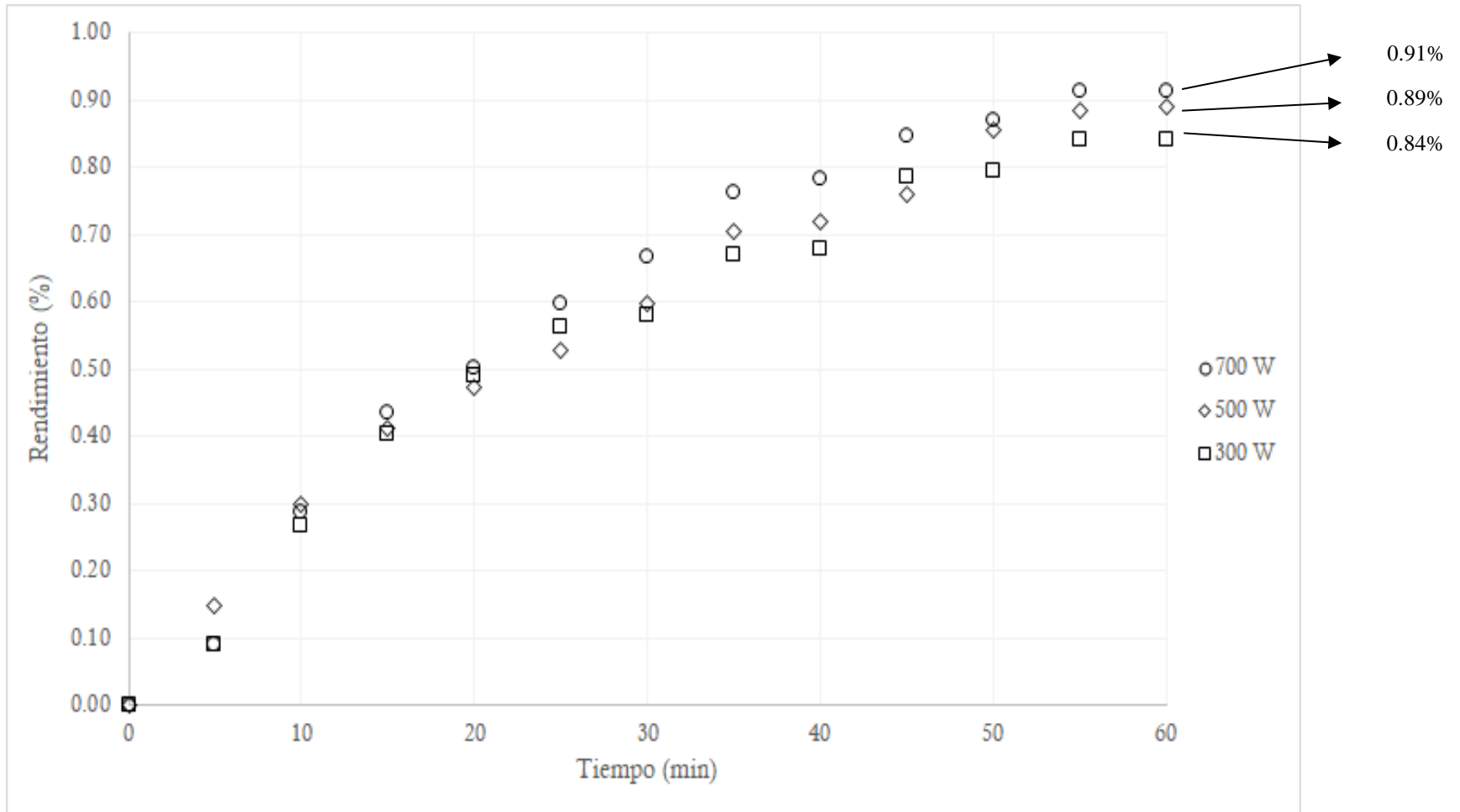
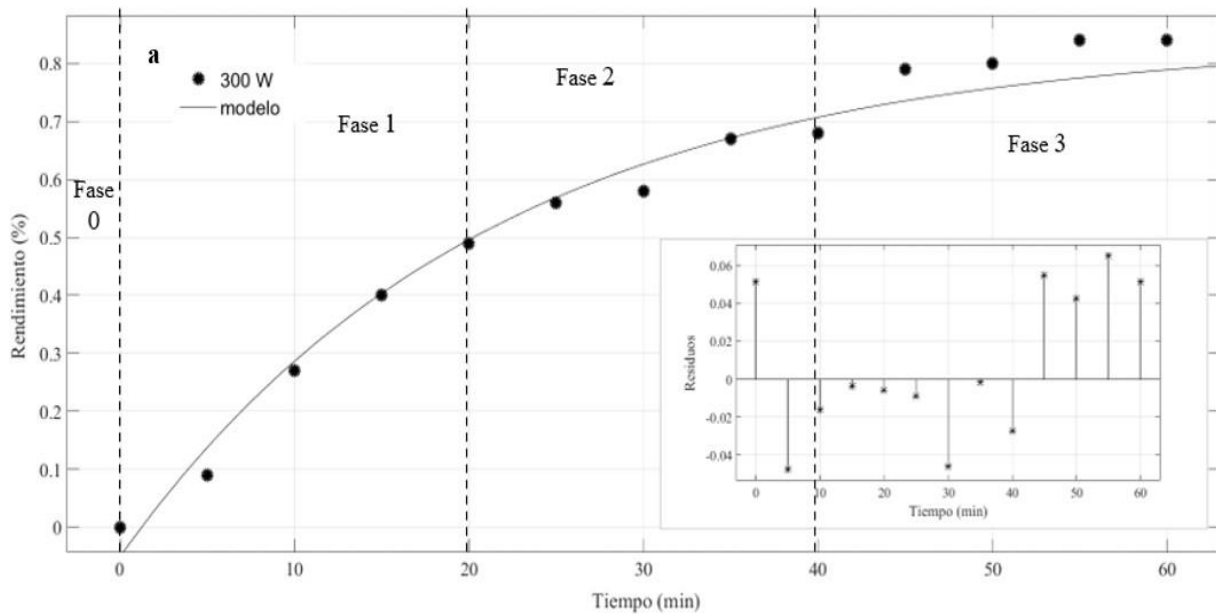
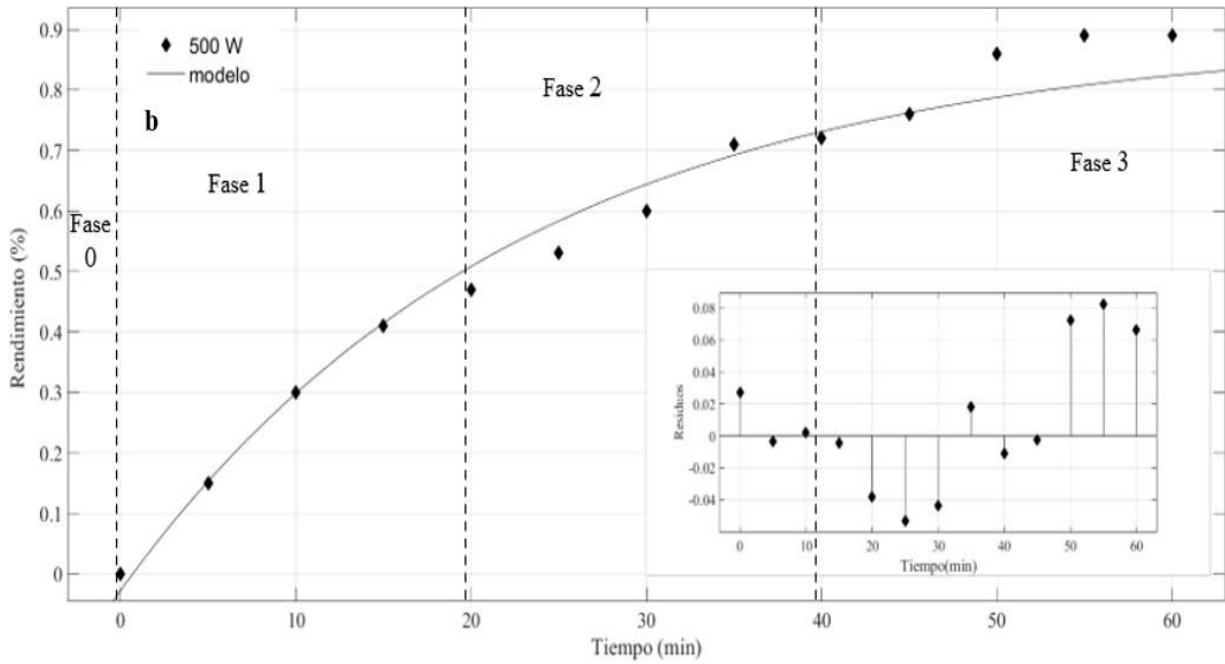


Fig. 3. Rendimiento y tiempo de extracción de aceite esencial de *Lepetchinia meyenii*.

En las Figuras 4 se muestra la evolución del rendimiento del AE de *Lepechinia meyenii* en función del tiempo de extracción a potencia de 300, 500 y 700 W. En la fase 0 representan el tiempo de calentamiento, la fase 1 indica la línea creciente de las primeras cantidades del rendimiento de AE en las diferentes potencias el rendimiento fue: 0.49 %, 0.47 % y 0.50 % en 20 min, en la fase 2 se presenta la difusión interna del AE obteniendo rendimientos de: 0.68 % , 0.72 % y 0.78 % en 40 min, finalmente en la fase 3 se observan que los puntos de extracción se alejan de la curva logarítmica indicando que existe un rendimiento elevado en la extracción de AE por lo cual es un proceso continuo hasta 60 min.

Mediante el gráfico de residuos muestra la diferencia que existe entre el error medio cuadrático en función a la curva logarítmica, indicando que los puntos experimentales de la extracción de AE están distribuidos correctamente y cada punto de rendimiento cambia en función al tiempo, indicando que los datos experimentales se ajustan a la curva de extracción.



Continuar

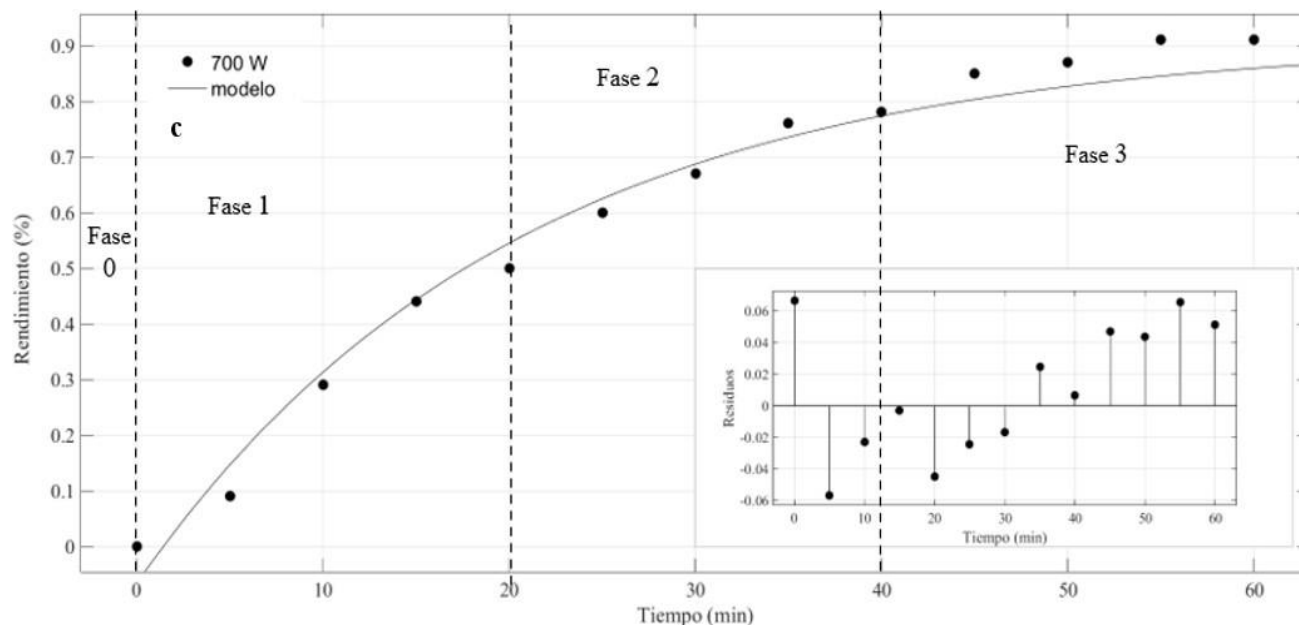


Fig. 4. Modelamiento de la cinética del aceite esencial de *Lepechinia meyenii*, durante la extracción asistida por microondas en condición de procesamiento de a300, b500 y c700 W.

Los resultados en la Tabla 2 muestran que el coeficiente de regresión R^2 fueron cercanos a 1 indicando que el modelo se ajusta a los datos experimentales del proceso de extracción, los valores de b correlacionaron negativamente a las tres potencias indicando que existe una cierta resistencia al momento de extraer el AE esto podría ser porque los tricomas glandulares de la superficie contienen altas cantidades de sustancias volátiles lo que impediría la destilación rápida inicial de presión de vapor reducida de los volátiles. En cualquier caso, se requiere más investigación para explicar tales desviaciones de los fenómenos predichos por el modelo. Por otro lado, si mostrara el valor de b positivo indica que estos compuestos comprenden parte de los componentes superficiales altamente disponibles que se destilan rápidamente. Por el contrario, los valores de k se correlacionan con las potencias establecidas esto se debe a que los compuestos de destilación no afectan los valores de k , lo que se refiere a la destilación controlada por difusión de compuestos con baja disponibilidad.

Tabla 2

Modelos de regresión de la extracción de aceite esencial de *Lepechinia meyenii*.

Tratamientos (W)	Función	Coefficientes (límite de confianza con 95%)	SSE	R^2	R^2 ajustado	RMSE	
300	$f(x) = 0.84 - 0.84(1-b)\exp(-k t)$	$b = -0.06102$ (-0.1491, 0.02706)	$k = 0.04757$ (0.04111, 0.05404)	0.01981	0.9789	0.977	0.04244
500	$f(x) = 0.89 - 0.89(1-b)\exp(-k t)$	$b = -0.03045$ (-0.1198, 0.0589)	$k = 0.0438$ (0.03755, 0.05004)	0.02385	0.9756	0.9734	0.04657
700	$f(x) = 0.91 - 0.91(1-b)\exp(-k t)$	$b = -0.07271$ (-0.1603, 0.01489)	$k = 0.04916$ (0.04259, 0.05573)	0.02262	0.9802	0.9784	0.04535

$k; \text{min}^{-1}$

RMSE: Error cuadrático medio.

SSE: Suma de cuadrados de los residuales.

4. Conclusiones

La extracción asistida por microondas se ha realizado con éxito a partir de las hojas de *Lepechinia meyenii* mediante el estudio del modelo matemático basado en la difusión en estado no estacionario. Las constantes de velocidad tuvieron un aumento en función del incremento de la potencia de extracción y la velocidad de destilación reportó valores negativos que indican que existe una resistencia inicial en la destilación por compuestos no volátiles. El rendimiento AE depende de la potencia de microondas, a mayor potencia el rendimiento aumenta. Se encontró un efecto significativo en el rendimiento a 700 W de potencia de microondas se obtuvo mayor rendimiento de 0.91 % de aceite esencial de *Lepechinia meyenii*.

Referencias

- Calderón Fernandez, P. I. (2018). Actividad repelente de los aceites esenciales de " Pacha Salvia" (*Lepechinia meyenii Walpers*) y "Muña" (*Minthostachys mollis Grisebach*) frente a *Anopheles albimanus* Colectados en la Región Tumbes. Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Cano, C., Bonilla, P., Roque, M., & Ruiz, J. (2008). Actividad Antimicótica in vitro y Metabolitos del aceite esencial de las hojas de *Minthostachys mollis* (Muña). In *Rev Peru Med Exp Salud Pública*.
- Castillo Romero, P. C. (2004). Estudio Químico y de actividad antioxidante en *Lepechinia meyenii* (Walp.). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Calinescu, I., Asofiei, I., Gavrilă, A. I., Trifan, A., Ighigeanu, D., Martin, D., Matei, C., & Buleandra, M. (2017). Integrating Microwave-Assisted Extraction of Essential Oils and Polyphenols from Rosemary and Thyme Leaves. *Chemical Engineering Communications*, 204(8), 965–973. <https://doi.org/10.1080/00986445.2017.1328678>
- Cedeño, A., Moreira, C., Muñoz, J., Muñoz, A., Pillasaguay, S., & Riera, M. A. (2019). Comparison of distillation methods for obtaining *eucalyptus* essential oil. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios. Tecnología y Negocios*, 6(1), 1–13.
- Fernández, A.E., Ferrera, Z.S. & Santana Rodríguez, J.J. (2001). Microwave-assisted extraction of organochlorine compounds in marine sediments with organized molecular systems. *Chromatographia* 53, 375–379. <https://doi.org/10.1007/BF02491070>
- Franco-Vega, A., Ramírez-Corona, N., López-Malo, A., & Palou, E. (2019). Studying microwave assisted extraction of *Laurus nobilis* essential oil: Static and dynamic modeling. *Journal of Food Engineering*, 247, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.11.007>
- Garcez, J. J., Barros, F., Lucas, A. M., Xavier, V. B., Fianco, A. L., Cassel, E., & Vargas, R. M. F. (2017). Evaluation and mathematical modeling of processing variables for a supercritical fluid extraction of aromatic compounds from *Anethum graveolens*. *Industrial Crops and Products*, 95, 733–741. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.11.042>
- Glisic, S., Ivanovic, J., Ristic, M., & Skala, D. (2010). Extraction of sage (*Salvia officinalis* L.) by supercritical CO₂: Kinetic data, chemical composition and selectivity of diterpenes. *Journal of Supercritical Fluids*, 52(1), 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2009.11.009>
- Gonzales De La Cruz, M. (2014). Hot and cold: Medicinal plant uses in Quechua speaking communities in the high Andes (Callejón de Huaylas, Ancash, Perú). *Journal of Ethnopharmacology*, 155(2), 1093–1117. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.06.042>
- Hien Tran, T., Chinh Nguyen, D., Nguyen Phu, T. N., Van Thi, T. H., Nguyen Vo, D. V., Giang Bach, L., & Duy Nguyen, T. (2019). Research on lemongrass oil extraction technology (Hydrodistillation, microwave-assisted hydrodistillation). *Indonesian Journal of Chemistry*, 19(4), 1000–1007. <https://doi.org/10.22146/ijc.40883>
- Huayllahuamán. (2019). Microencapsulación de aceite esencial de menta negra (*Mentha piperita* L.) por atomización Universidad Peruana Unión, Lima.
- Kusuma, H. S., & Mahfud, M. (2018). Kinetic studies on extraction of essential oil from sandalwood (*Santalum album*) by microwave air-hydrodistillation method. *Alexandria Engineering Journal*, 57(2), 1163–1172. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.02.007>
- Li, X. J., Wang, W., Luo, M., Li, C. Y., Zu, Y. G., Mu, P. S., & Fu, Y. J. (2012). Solvent-free microwave extraction of

essential oil from *Dryopteris fragrans* and evaluation of antioxidant activity. *Food Chemistry*, 133(2), 437–444. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.056>

- Li, Y., Fabiano-Tixier, A. S., Vian, M. A., & Chemat, F. (2013). Solvent-free microwave extraction of bioactive compounds provides a tool for green analytical chemistry. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 47, pp. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2013.02.007>
- Megawati, Fardhyanti, D. S., Sediawan, W. B., & Hisyam, A. (2019). Kinetics of mace (*Myristicae arillus*) essential oil extraction using microwave assisted hydrodistillation: Effect of microwave power. *Industrial Crops and Products*, 131, 315–322. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.067>
- Milojević, S. Ž., & et al. (2008). Kinetics of distillation of essential oil from comminuted ripe juniper (*Juniperus communis* L.) berries. *Biochemical Engineering Journal*, 39(3), 547–553. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2007.10.017>
- Moreira, M. R., Souza, A. B., Moreira, M. A., Bianchi, T. C., Carneiro, L. J., Estrela, F. T., Veneziani, R. C. S. (2013). RP-HPLC analysis of manool-rich *Salvia officinalis* extract and its antimicrobial activity against bacteria associated with dental caries. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 23(6), 870–876. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2013000600003>
- Racoti, A., Buttress, A. J., Binner, E., Dodds, C., Trifan, A., & Calinescu, I. (2017). Microwave assisted hydro-distillation of essential oils from fresh ginger root (*Zingiber officinale* Roscoe). *Journal of Essential Oil Research*, 29(6), 471– 480. <https://doi.org/10.1080/10412905.2017.1360216>
- Razzetto, G. F. (2006). Caracterización del aceite esencial de “Lanche” (*Myrcianthes rhopaloides* (H.B.K) Mc Vaugh) proveniente del distrito de Chalaco, provincia de Morropón- Piura, obtenido por dos métodos de destilación. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima - Perú.
- Tellez Monzon, L. A. (2017). “Caracterización de los aceites esenciales de seis ecotipos de orégano (*Origanum vulgare* ssp.) Procedentes del Valle de Urubamba - Cusco; Perú.” Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima - Perú.
- Tsimogiannis, D., & Oreopoulou, V. (2018). A kinetic study of essential oil components distillation for the recovery of carvacrol rich fractions. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 9, 117–123. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2018.03.006>
- Wei, Z. F., Zhao, R. N., Dong, L. J., Zhao, X. Y., Su, J. X., Zhao, M., ... Zhang, L. J. (2018). Dual-cooled solvent-free microwave extraction of *Salvia officinalis* L. essential oil and evaluation of its antimicrobial activity. *Industrial Crops and Products*, 120, 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.058>

Material Suplementario

Tabla S1. Datos experimentales obtenidos de la extracción de aceite esencial a una potencia de 300 W

Datos Inicial		
Potencia	300	w
Peso de salvia	50	g
MP:S	1:14	

Resultados de los experimentos		
Volumen de aceite esencial	0.47	ml
Peso de aceite	0.420	g
Densidad de aceite esencial	0.894	g/ml
q_0	0.84	ml/100g

Tiempo (min)	Rendimiento (ml)		Promedio Rendimiento (ml)	Masa (g)	Yield, %
	Repetición 1	Repetición 2			
0	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
5	0.05	0.05	0.05	0.045	0.09
10	0.20	0.10	0.15	0.134	0.27
15	0.30	0.15	0.23	0.201	0.40
20	0.35	0.20	0.28	0.246	0.49
25	0.40	0.23	0.32	0.282	0.56
30	0.40	0.25	0.33	0.290	0.58
35	0.50	0.25	0.38	0.335	0.67
40	0.50	0.26	0.38	0.340	0.68
45	0.58	0.30	0.44	0.393	0.79
50	0.58	0.31	0.45	0.398	0.80
55	0.60	0.34	0.47	0.420	0.84
60	0.60	0.34	0.47	0.420	0.84

Tabla S2. Datos experimentales obtenidos de la extracción de aceite esencial a una potencia de 500 W

Datos Inicial		
Potencia	500	w
Peso de salvia	50	g
MP:S	1:14	

Resultados de los experimentos		
Volumen de aceite esencial	0.50	ml
Peso de aceite	0.446	g
Densidad de aceite esencial	0.898	g/ml
q_0	0.89	ml/100g

Tiempo (min)	Rendimiento (ml)			Promedio Rendimiento (ml)	Masa (g)	Yield, %
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3			
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
5	0.05	0.10	0.10	0.08	0.075	0.15
10	0.10	0.20	0.20	0.17	0.150	0.30
15	0.18	0.23	0.28	0.23	0.207	0.41
20	0.18	0.32	0.29	0.26	0.236	0.47
25	0.23	0.35	0.30	0.29	0.263	0.53
30	0.30	0.40	0.30	0.33	0.299	0.60
35	0.30	0.50	0.38	0.39	0.353	0.71
40	0.32	0.50	0.38	0.40	0.359	0.72
45	0.35	0.50	0.42	0.42	0.380	0.76
50	0.40	0.58	0.45	0.48	0.428	0.86
55	0.40	0.59	0.49	0.49	0.443	0.89
60	0.40	0.59	0.50	0.50	0.446	0.89

Tabla S3. Datos experimentales obtenidos de la extracción de aceite esencial a una potencia de 700 W

Datos Inicial		
Potencia	700	w
Peso de salvia	50	g
MP:S	1:14	

Resultados de los experimentos		
Volumen de aceite esencial	0.510	ml
Peso de aceite	0.457	g
Densidad de aceite esencial	0.895	g/ml
<i>q₀</i>	0.91	ml/100g

Tiempo (min)	Rendimiento (ml)			Promedio Rendimiento (ml)	Masa (g)	Yield, %
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3			
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
5	0.05	0.05	0.05	0.05	0.045	0.09
10	0.08	0.20	0.20	0.16	0.143	0.29
15	0.20	0.23	0.30	0.24	0.218	0.44
20	0.24	0.25	0.35	0.28	0.251	0.50
25	0.30	0.30	0.40	0.33	0.298	0.60
30	0.42	0.30	0.40	0.37	0.334	0.67
35	0.43	0.35	0.50	0.43	0.382	0.76
40	0.43	0.38	0.50	0.44	0.391	0.78
45	0.44	0.40	0.58	0.47	0.424	0.85
50	0.45	0.43	0.58	0.49	0.436	0.87
55	0.45	0.48	0.60	0.51	0.457	0.91
60	0.45	0.48	0.60	0.51	0.457	0.91