

HIDRODESTILACIÓN ASISTIDA CON MICROONDAS (MWH) PARA LA EXTRACCIÓN DE HIDROLATOS DE PLANTAS AROMÁTICAS

Oscar Darío Guarín¹, Andrés Fernando Barajas-Solano²

¹Magister Consultoría y Gestión Ambiental. Docente investigador, Programa de Ingeniería Ambiental, grupo de Investigación GAIA, Universidad de Santander UDES, Bucaramanga, Colombia. oguarin@udes.edu.co.

²Ph.D (C) Ingeniería Química, Docente investigador, Programa de Ingeniería Ambiental, grupo de Investigación GAIA, Universidad de Santander UDES, Bucaramanga, Colombia. an.barajas@mail.udes.edu.co

RESUMEN

En este estudio, se evalúa la eficiencia de extracción de un sistema de hidrodestilación asistida por microondas para la obtención de hidrolatos a partir de tres plantas aromáticas (*Eucalyptus Globulus*, *Mentha Viridis* y *Cymbopogon Citratus*). Los resultados obtenidos demuestran que, para obtener una mayor cantidad de hidrolato (yerbabuena del 42, limonaria 36 y eucalipto 33%), es necesario emplear tiempos de extracción cercanos a los 45 minutos y concentraciones de biomasa de 160 g; Además, a partir del balance de energía se obtiene que, para obtener 0,98 g de hidrolato son necesarios 1158,952 KJ; por otra parte, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, es posible determinar que, el impacto generado al medio ambiente por la operación unitaria empleada es alto; teniendo en cuenta el gasto de 1,650 kWh se tiene una huella de carbono de entre 1320-220 g de CO₂.

Palabras clave: *Eucalyptus Globulus*, *Mentha Viridis*, *Cymbopogon Citratus*, hidrodestilación, hidrolato, balance de energía.

Recibido: 04 de Julio de 2015. Aceptado: 21 de Diciembre de 2015.

Received: July 4th, 2015. Accepted: December 21st, 2015.

MICROWAVE-ASSITED HYDRODISTILLATION (MAHD) EXTRACTION OF AROMATIC PLANT HYDROLATES.

ABSTRACT

In this study, the extraction efficiency of a power system is evaluated by microwave hydrodistillation for obtaining hydrosols from three herbs (Eucalyptus globulus, Mentha viridis and Cymbopogon citratus). The results obtained show that, for a greater amount of hydrolate (42% for mint, 36% for lemongrass and 33% for eucalipto) is necessary to use extraction times close to 45 minutes biomass concentrations of 160 g; Moreover, from the energy balance it is obtained that to obtain 0.98 g of KJ 1158.952 hydrolate are necessary; Moreover, taking into account the results obtained, it is possible to determine that the environmental impact generated by the unit operation employed is high; Given the expense of 1,650 kWh has a footprint of between 1320 to 220 g of CO₂.

Keywords: *Eucalyptus Globulus*, *Mentha Viridis*, *Cymbopogon Citratus*,, hidrodistillation, hidrolats, energy balance.

Cómo citar este artículo: O. D. Guarín y A. F. Barajas, "Hidrodestilación asistida con microondas (MWH) para la extracción de hidrolatos de plantas aromáticas," *Revista Politécnica*, vol. 11, no. 21, pp. 51-55, 2015.

1. INTRODUCCIÓN

Las plantas aromáticas son aquellas que pueden generar por algún proceso fisicoquímico, un producto aromático que tienen un olor o un sabor determinado, sin evaluar la calidad comercial o estética. Este tipo de plantas protegen los cultivos hasta 10 metros de distancia, algunas repelen un insecto específico y otras varias plagas [1]. Los aceites esenciales provenientes de las hojas, tallo o flores están constituidos químicamente por terpenoides (monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, etc.) y fenilpropanoides, compuestos que son volátiles y por lo tanto arrastrables por vapor de agua. el género *Eucalyptus*, que agrupa en torno a las 600 especies, pertenece a la familia *Myrtaceae*, la Limonaria (pasto de limón, limoncillo, lemongrass, pasto citronella, zacate de limón, hierbalimón, yerbalimón, malojillo, limonaria, cedrón pasto) es un género de plantas de la familia de las Poaceas, con cerca de 55 especies originaria de las regiones cálidas y tropicales de Asia es un tipo de pasto perene y La Yerbabuena se conoce como 'yerbalimón' en Panamá, 'hierba luisa' en Perú, Chile, Ecuador y Bolivia, 'limonaria' en Colombia [2], posee hojas aplanadas estrechas, lanceoladas cubierta de vellosidades finas, de color verde ya que es una planta aromática, con ligero olor a limón. Durante mucho tiempo se han aplicado diversas técnicas como: extrusión, extracción asistida por diversos solventes y diferentes técnicas de destilación [3,4]; Sin embargo, estas técnicas poseen varias desventajas, tales como altas temperaturas de operación, uso de solventes altamente volátiles, largos tiempos y altos consumos de energía [5, 6]; además, el método empleado influye significativamente en la calidad del extracto a obtener [5]; (por lo cual el desarrollo e implementación de tecnologías de extracción que reduzcan (o eliminen totalmente) la cantidad de solvente es necesario; como ejemplo de estas se pueden nombrar la extracción con CO₂ supercrítico, procesos sub-críticos usando agua, extracción asistida por ultrasonido y asistida por microondas (MAE por sus siglas en inglés), esta última ha demostrado ser más accesible [7].

El uso de hidrodestilación asistida por microondas extracción de Aceites esenciales e hidrolatos ha demostrado ser ambientalmente eficiente, ya que al emplearse agua como vehículo de extracción, se elimina el uso de solventes tóxicos y dañinos al medio ambiente, así como la degradación térmica ocasionada por el uso del vapor de agua para

obtener los aceites esenciales y otros extractos; gracias a esto, el rendimiento del extracto es mayor mientras se mantiene la composición de los compuestos volátiles, se eliminan solventes tóxicos, la biomasa residual se puede compostar o bien convertir en una fuente energética como combustible y aminorar costos operativos disminuyendo el consumo energético en el tiempo. Debido a los efectos tanto positivos como negativos en la extracción de sustancia de alto valor de plantas aromáticas, el siguiente trabajo tiene como objetivo analizar el proceso de obtención de hidrolatos y aceites esenciales en el laboratorio de ingeniería ambiental de la universidad de Santander con el fin de complementar a nivel laboratorio la unidad de extracción de volátiles por radiación de microondas.

2. METODOLOGÍA.

2.1 Preparación de biomasa.

Hojas de Eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) Hierbabuena-Yerbabuena (*Mentha Viridis*) y Limonaria (*Cymbopogon Citratus Stap*) fueron obtenidas en mercados campesinos del área metropolitana de Bucaramanga; las hojas fueron maceradas empleando un molino de bolas y secado a 60°C durante la noche; transcurrido el tiempo, la biomasa fue transferida a bolsas plásticas y almacenado en desecador hasta alcanzar peso constante.

2.2 Montaje del sistema de Hidrodestilación y proceso de extracción.

El equipo de extracción de 220cm de largo, está compuesto por horno microondas (Samsung) que se trabajó al 70% de potencia, dentro del cual se encuentra el balón fondo redondo con capacidad 2L lleno $\frac{3}{4}$ partes de agua destilada en el cual se procesó la biomasa previamente pesada analíticamente y homogenizada, en la parte lateral del horno se realizó un orificio de 1,4 cm para salida de alargadera unida al dean stark para recoger el extracto, este último conectado a dos refrigerantes de serpiente y bola respectivamente, en el experimento se evaluó el efecto del tiempo (30 minutos y 45 minutos) y cantidad de biomasa (160 g y 320 g). A cada uno de los experimentos se adicionó 750 mL de agua destilada; el proceso se

llevó a cabo a 100°C; para asegurar homogeneidad en los datos, cada una de las muestras se realizó 3 veces (original y 2 réplicas). Los hidrolatos se caracterizaron mediante pruebas fisicoquímicas como punto de ebullición de acuerdo a la norma internacional ASTM D 1120-72; índice de refracción con un refractómetro marca Extech, y para esta prueba fueron usados densímetros, que son flotadores de vidrio lastrados con perdigones de plomo la parte inferior además de picnómetros previamente calibrados.

2.3 Balance de Energía.

Con el fin de determinar la eficiencia energética del proceso de hidrodestilación asistida por microondas se determinó el consumo en el proceso; para esto se utilizaron ecuaciones matemáticas como la ley de Lambert, las ecuaciones de Maxwell, ecuaciones de onda para generar los balances de energía como en Soto et al [8]. Se resalta que para resolver estas ecuaciones es importante tener los datos del campo electromagnético, propiedades dieléctricas, térmicas y físicas de la muestra [que a fin de cuentas es una contabilidad de entradas y salidas de energía en el proceso o de una parte de este que puede proveer de información valiosa para el impacto ambiental que podría generarse.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Eficiencia de extracción.

Con las Figuras 1, 2, y 3 podemos concluir que con 160 gramos de biomasa para todas las plantas aromáticas de este estudio y 45 minutos de operación se logra la máxima eficiencia en el proceso de hidrodestilación obteniéndose la mayor cantidad en volumen de hidrolatos, en la hierbabuena a 320g de biomasa y tiempo de 45min se tiene el 41,73% de eficiencia, para limonaria 36% y eucalipto 33%.

Para la Tabla 1 en la caracterización de los hidrolatos podemos destacar que la yerbabuena posee la menor densidad pues posee menor cantidad de agua y en todos los experimentos el índice de refracción fluctúa debido a la cantidad de biomasa empleada en el proceso, el punto de ebullición de la limonaria es el menor de las tres plantas en estudio en todos los casos cercanos entre 110-100°C por la alta cantidad de agua en la muestra analizada.

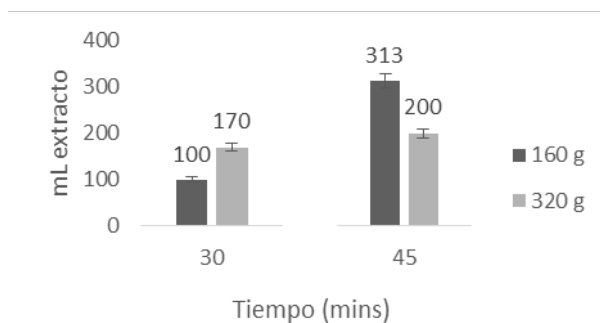


Fig.1. Extracto de Hierbabuena en relación con el tiempo

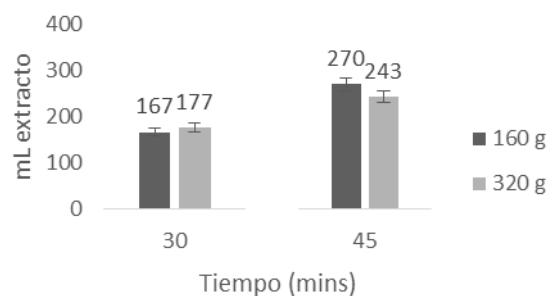


Fig.2. Extracto de Limonaria en relación con el tiempo

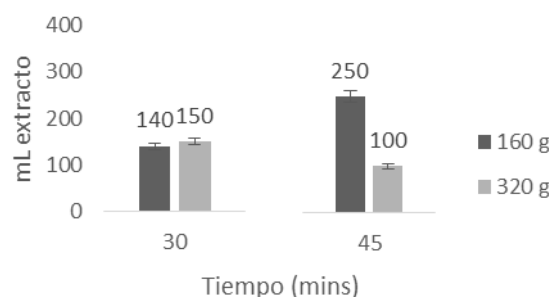


Fig.3. Extracto de Eucalipto en relación con el tiempo

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de hidrolatos de tres plantas aromáticas

Biomasa (g)	Peb °C	IR	Densidad g/cc
Hierbabuena			
160-320	112	0,4-0,3	0,80
Limonaria			
160-320	110	0,4-0,3	0,99
Eucalipto			
160-320	112	0,5-0,3	0,98

3.2 Balance de Energía.

3.2.1. Balance global para el hidroddestilador

Para el balance energético del proceso de hidroddestilación, es necesario tomar en consideración los factores que afectan la velocidad del calentamiento en el producto, así como el calor sensible y latente del agua en el proceso y la energía necesaria para el calentamiento de la biomasa entre otras variables como se muestra en las ecuaciones 1-9 tomadas de [8, 9]:

$$Q_{cedido} = Q_{ganado} \quad (1)$$

El calor de energía necesario $Q_{necesario}$ para realizar esta operación está compuesto por tres términos.

QH_2O : Energía de calentamiento del hidroddestilador

$$Q(H_2O) = Q_{sensible} + Q_{latente} \quad (2)$$

$$Q_{Sensible} = m cp \Delta T \quad (3)$$

$$Q_{latente} = m \lambda; \lambda = h_v - h_l \quad (4)$$

Energía para calentamiento de la planta aromática Q_{ac} :

$$Q(ac) = mcp \Delta T + m\lambda \quad (5)$$

Donde la capacidad calórica del agua fue a partir de tablas generales. El flujo del calor perdido al exterior debido a la convención natural: $Q_{perdido}$

$$Q_{perdido} = h aAD (t - t_{\infty}) \quad (6)$$

Donde el calor perdido por convención en las pérdidas del horno se desprecia.

Por lo tanto, la energía necesaria es calculada como la suma de las energías anteriores con respecto de un tiempo de operación:

$$Q_{necesario} = Q(ac) + Q_{perdido} \quad (7)$$

Tomando en cuenta que la energía perdida es mínima o nula se tiene que:

$$Q_{necesario} = Q(ac) + Q_{H_2O} \quad (8)$$

$$Q_{necesario} = (mcp\Delta T + m\lambda) + (cpH_2O \Delta T + mH_2O\lambda) \quad (9)$$

Para calcular la energía necesaria que se necesita para vaporizar el aceite esencial se considera:

- Potencia: 1650 w = 1,650 kWh
- Tiempo operación: 30 min
- Rango de temperatura: 30°-100°C

De la ecuación 6 tenemos:

$$Q_{necesario} = 1485kj$$

$$MH_2O = 746mL \text{ en } m^3 \text{ es } 0.746Kg$$

90% H₂O: 0,67162 Kg evaporado

10% H₂O: 0,074625 kg líquido

Cp media: 4,183 kg. J /kg.c

Usando las ecuaciones 5y 8, obtenemos el calor necesario para el calentamiento de la biomasa:

$$Q_{H_2O} = 0,74625Kg * 4,183 \left(\frac{Kg}{KgC}\right) (100 C - 30C) + 0,67162Kg \left(\frac{2,344,900 J}{Kg}\right)$$

$$Q_{ac} = 1.485,000 J - 157,5099 J = 1327500 J$$

Se obtiene del balance que la energía necesaria para separar 1,354 g de aceite es de 1327,500KJ

Ajustando el balance para la materia vegetal en fresco se toma en cuenta la humedad de la planta de los análisis realizados experimentalmente se tiene que es de 0,6%, se tiene:

$$Q_{H_2O} = 0,2985Kg + 0,6Kg = 0,898Kg$$

Y considerando las mismas condiciones de operación en función al tiempo y la temperatura se obtiene de las ecuaciones 5 y 7:

$$Q_{H_2O} = 326048 \text{ kJ}$$

$$Q_{ac} = 1158,952 \text{ kJ}$$

Por lo tanto, para obtener 0,986 g de aceite de la planta son necesarios 1158,952 kJ

3.2.2. Impacto Ambiental del proceso de Hidrodestilación

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, es posible determinar que, el impacto generado al medio ambiente por la operación unitaria empleada es alto; teniendo en cuenta el gasto de 1,650 kWh se tiene una huella de carbono de entre 1320- 220 g de CO₂ [9].

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos mediante la extracción de hidrolatos asistida con microondas representa una opción con alto potencial, debido a que requiere de tiempos cortos y bajos consumos energéticos. Se encontró que para las tres biomasa (Hierbabuena, Limonaria y Eucalipto), tiempos de extracción de 45 minutos para 160 gramos se logra la máxima eficiencia en el proceso de hidrodestilación obteniéndose la mayor cantidad en volumen de hidrolatos.

Por otra parte, el índice de refracción para el agua de rosas fluctúa de acuerdo a la cantidad de masa; menor masa mayor índice de refracción. Para la Limonaria un aumento en el producto de masa por tiempo garantiza mayor obtención de hidrolatos, El índice de refracción varía de acuerdo a la cantidad de material vegetal utilizado para la destilación. El Eucalipto un aumento en la masa vegetal y en el producto de la masa y el tiempo garantiza mayor producción de hidrolatos y una disminución del tiempo.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de Santander UDES por proveer los equipos y materiales necesarios para completar la investigación. De igual forma se agradece al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS y a su

programa de Becas doctorales nacionales Francisco José de Caldas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Boucard, G.R. and Serth, R.W. Practical Design of a Continuous distillation plant for the separation of essential oils from aromatic raw materials. Technical Report; Texarome Inc. Texas, USA, 2005.
- [2] Zuluaga Germán MD. El Nuevo Libro de Las Plantas Para el Cuidado de La salud, Círculo de Lectores, 175-183 1996.
- [3] Bica, K., Gaertner, P., Rogers, R., 2011. Ionic liquids and fragrances-direct isolation of orange essential oil. Green Chem. 13, 1997e1999.
- [4] Lago, S., Rodríguez, H., Arce, A., Soto, A, Improved concentration of citrus essential oil by solvent extraction with acetate ionic liquids. Fluid Phase Equilib. 361, 37e44. 2014
- [5] Fengli, Yuangang Zu, Lei Yang. A novel approach for isolation of essential oil from fresh leaves of Magnolia sieboldii using microwave-assisted simultaneous distillation and extraction. Separation and Purification Technology 154. 271–280. 2015.
- [6] Zu, G., Zhang, R., Yang, L., Ma, C., Zu, Y., Wang, W., Zhao, C., Ultrasound assisted extraction of carnosic acid and rosmarinic acid using ionic liquid solution. From *Rosmarinus Officinalis*. Int. J. Mol. Sci. 13, 11027e11043. 2012.
- [7] Franco Vega Avelina, Nelly Ramírez-Corona, Enrique Palou, Aurelio Lopez-Malo. Estimation of mass transfer coefficients of the extraction process of essential oil from orange peel using microwave assisted extraction. Journal of Food Engineering 170 136e143. 2016.
- [8] Soto-Reyes N., R. Rojas-Laguna y M.E Sosa-Morales. N. Modelación del calentamiento dieléctrico (microondas y radiofrecuencia) en sistemas alimenticios modelo. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 6 - 2: 19 – 31. 2012.
- [9] L. Orio, G. Cravotto, A. Binello, G. Pignata, S. Nicola, F. Chemat, Sci. Food Agric. 92- 3085. 2012.