DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v2i3.0007>

EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE MANDARINA (*CITRUS RETICULATA*) Y PALO SANTO (*BURSERA GRAVEOLENS*) POR EL MÉTODO DE ARRASTRE DE VAPOR

EXTRACTION OF MANDARIN (*CITRUS RETICULATA*) AND PALO SANTO (*BURSERA GRAVEOLENS*) ESSENTIAL OILS BY THE VAPOR DRAWING METHOD

Briones-Sornoza Henry Ricardo^{1*}; Guerrero-Intriago Dumar Andrés²

¹Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.

²Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.

*Correo: hbriones9653@gmail.com

Resumen

Los aceites esenciales son fracciones líquidas volátiles, generalmente son mezclas homogéneas de hasta 100 compuestos químicos orgánicos, que se obtienen del material vegetal proveniente de los desechos. El presente trabajo tiene como objetivo extraer aceites esenciales de palo santo y de mandarina mediante el método de extracción por arrastre de vapor, para lo cual, se realizó el diseño, construcción y experimentación de un equipo a escala banco, implementando cálculos y fundamentos ingenieriles obtenidos de diferentes fuentes bibliográficas. Las pruebas que se realizaron en el equipo diseñado para la destilación por arrastre de vapor a escala banco presentaron los siguientes resultados: palo santo con rendimientos del 2,7985% y de 4,3425%, mientras que, la cáscara de mandarina obtuvo un rendimiento de 0,0816%, lo cual indica un resultado muy bajo en comparación al palo santo; sin embargo, comparado con otras investigaciones la extracción de aceite de mandarina obtuvo un mayor rendimiento.

Palabras clave: aceite esencial, arrastre de vapor, diseño, extracción, mandarina, palo santo.

Abstract

Essential oils are volatile liquid fractions, several are homogeneous mixtures of up to 100 organic chemical compounds, which are the products of plant material from waste. The objective of this work is to extract essential oils from palo santo and tangerine using the steam drag extraction method, for which purpose, the design and construction and experimentation of a bank-scale team, implementation of analysis and fundamentals of engineering from different bibliographic sources. The tests that are in the equipment designed for the distillation by steam dragging on a bench scale presented as results yields with the palo santo of 2.7985% and 4.3425%, however, the tangerine peel obtained a yield of 0.0816%, which indicating a very low result compared to palo santo, however, compared to other bibliographic sources, the extraction of tangerine oil obtained a higher yield.

Keywords: essential oil, steam entrainment, design, extraction, tangerine, palo santo.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 25 de octubre de 2018

Fecha de aceptación: 17 de diciembre de 2018

Fecha de publicación: 10 de enero de 2019

1. Introducción

Los aceites esenciales son fracciones líquidas volátiles, que generalmente son mezclas homogéneas de hasta 100 compuestos químicos orgánicos. Según Navarrete et al., (2010) los aceites esenciales son metabolitos secundarios sintetizados por las plantas, producidos al momento de activarse mecanismos de defensa con respuesta a factores ambientales y ecológicos.

La especie *Bursera Graveolens* (palo santo), ha sido objeto de estudio por varios investigadores, cuyos resultados obtenidos respecto a la composición de los extractos, del aceite y la actividad farmacológica reportados no son definitivos, mientras que de la naranja y la mandarina se extraen tres aceites esenciales: esencia de naranja o mandarina, que se obtiene de la cáscara del fruto; petigrain, que se obtiene de las hojas y ramillas; y esencia de neroli; extraída de las flores (Márquez, 2003).

La protección del medio ambiente se ha convertido en un tema prioritario para los sectores gubernamental e industrial, por ello el presente trabajo se enfoca en el aprovechamiento de

los subproductos agroindustriales, siendo estos materiales residuales potenciales de partida para la elaboración de productos comerciales importantes como lo son los aceites esenciales, los cuales pueden brindar rendimientos económicos que contribuirían a minimizar los gastos que supone la gestión de residuos.

2. Metodología

2.1. Procedimiento

En la figura 1, se muestra el diagrama de bloques para la extracción de aceites esenciales por el método de arrastre de vapor a escala intermedia o banco.

Figura 1. Diagrama de bloques para la extracción de aceites esenciales a escala banco

2.1.1. Materia prima

Para llevar a cabo el proceso de extracción de palo santo y mandarina en el extractor de aceites esenciales por arrastre de vapor a escala banco se realizó la colecta de las muestras de materia prima.

2.1.2. Triturado

La madera de palo santo se tritura hasta obtener astillas y virutas que pasaran por el tamizado respectivamente mientras tanto en la mandarina se le extrajo la cáscara para posteriormente secarla y utilizada en el proceso.

2.1.3. Tamizado

Se realiza el tamizado de las astillas con el tamiz N° 8 y el de las virutas con el tamiz N° 4 para obtener las partículas con el tamaño adecuado, logrando así la retención total de las mismas en la parte superior del tanque extractor, el tamizado en la cáscara de mandarina no fue necesario ya que el tamaño de las cáscaras era el adecuado para la rejilla que se encuentra en el equipo.

2.1.4. Extracción por arrastre de vapor

Una vez pesadas ambas materias primas se colocan en el equipo para proceder a la extracción por arrastre de vapor, este último proceso tomará un tiempo de 3 horas para una mayor eficiencia.

2.1.5. Separado

El método de separación empleado utiliza un embudo de decantación, el cual se deja reposando por un lapso de 1 hora, obtenidas las dos fases (aceite y agua) se procede a separar el agua del aceite lentamente.

2.1.6. Envasado

El aceite obtenido será envasado en frascos de color ámbar para preservar la esencia, y la composición.

2.2. Diseño del extractor por arrastre de vapor

Antes de realizar el diseño del extractor hay que tener en cuenta la tabla 1, correspondiente al uso de simbología y sus respectivos significados y unidades.

Tabla 1.
Simbología del proceso

Simbología	Significado	Unidades
Ve	Volumen del recipiente	m ³
r	Radio del recipiente	m
h	Altura del recipiente	m
Tvi	Temperatura vapor inicial	°C
Tac	Temperatura agua inicial	°C
Tvc	Temperatura vapor condensado	°C
Taf	Temperatura agua fría	°C
LN	Logaritmo neperiano	Asimétrica
mv	Masa de vapor requerida para la extracción	kg/s
Dv	Demanda de vapor densidad el agua	m ³ /s
ρ_{agua}	Densidad el agua	kg/m ³
Cmat	Masa de la materia prima	Kg
Fa	Factor de aproximación	2.5E-7 m ³ /s*kg
m_{ha}	Masa del agua	kg/s
m_h	Masa del material a calentar	Kg/s
λ	Variación de entalpías	(H ₁₁₀ -H ₃₀) kJ/kg
cp	Calor específico de agua	4.184 kJ/kg°C
ΔT	Variación de temperatura	°C
Qr	Calor requerido	kJ/s
ΔM	Área media	m
ΔTM	Variación de temperatura media	°C
U	Calor latente de vaporización	kJ/kg
D	Diámetro del intercambiador de calor	cm
Qc	Calor requerido para condensar a temperatura de 25 a 100 °C	J
Qe	Calor requerido para mantener la condensación	J
QT	Calor total	J
Qp	Calor que pierde	J
ε	Eficiencia del intercambiador de calor	%
Tce	Temperatura caliente de entrada	°C
Tcs	Temperatura caliente de salida	°C
Tfe	Temperatura fría de entrada	°C
Tfs	Temperatura fría de salida	°C

Para el diseño del equipo extractor se realizaron cálculos a partir de las ecuaciones de diseño planteadas en la tabla 2.

Tabla 2.
Ecuaciones para el diseño del extractor por arrastre de vapor.

Ecuaciones de diseño	
Variación de temperatura media logarítmica del intercambiador de calor	$\Delta TM = \frac{(T_{vi} - T_{ac}) - (T_{vc} - T_{af})}{\frac{LN(T_{vi} - T_{ac})}{T_{vc} - T_{af}}}$
Masa del agua	$m_{ha} = \frac{\dot{m} * \lambda}{\Delta T * cp}$
Calor requerido	$Q_r = \dot{m} * cp * \Delta T$
Área Media	$\Delta M = \frac{Q_r}{U * \Delta TM}$
Diámetro	$D = \sqrt{\frac{4(\Delta M)}{\pi}}$
Volumen del vapor requerido	$D_v = C_{mat} * F_a$
Masa del vapor requerido	$m_v = D_v * \rho_{H_2O}$
Volumen de recipientes cilíndricos	$V_e = \pi r^2 h$

2.3. Cálculos de balances

En la tabla 3 se pueden observar los cálculos para los respectivos balances de masa y de energía.

Tabla 3.

Ecuaciones de balance de masa y energía

Balance de masa	
Ecuación de igualación de masa del sistema	Masa entrada = Masa salida + Masa acumulada
Balance de energía en el generador de vapor	
Calentamiento	$Q_c = m \cdot c_p \cdot \Delta T$
Evaporación	$Q_e = m \cdot \lambda$
calor total consumido en el generador de vapor	$Q_T = Q_c + Q_e$

2.4. Rendimientos de la experimentación

La siguiente ecuación hace referencia a la cantidad de producto obtenido a partir de una determinada

cantidad de materia prima que ha sido sometida al proceso de extracción por arrastre de vapor.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{ae \times \rho_{ae}}{mmpu} \times 100$$

Donde:

ae: aceite esencial extraído (mL).

ρ_{ae} : Densidad del aceite esencial (g/mL).

mmpu: Masa de materia prima utilizada (g).

3. Resultados y discusión

3.1. Diseño del equipo de arrastre de vapor

Tabla 4.

Características del diseño del extractor

Ecuaciones de diseño	
Variación de temperatura media logarítmica del intercambiador de calor	$\Delta TM = 19.54^\circ C$
Masa del agua	$\dot{m}_a = 2.676737 \times 10^{-4} \text{ Kg/s}$
Calor requerido	$Q_r = 0.03919 \text{ KJ/s}$
Área Media	$A_M = 1.57336910^{-3} \text{ m}^2$
Diámetro	$D = 0.04475 \text{ m}$
Volumen del vapor requerido	$D_v = 1.25 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
Masa del vapor requerido	$m_v = 1.25 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
Volumen de recipientes cilíndricos	
a) Volumen del extractor	a) $V_e = 0.01039 \text{ m}^3$
b) Volumen del extractor	b) $V_e = 0.000318086 \text{ m}^3$

3.1.1. Cálculo de la masa

En el cálculo de la masa de los aceites esenciales se utilizó el volumen máximo extraído en las especies vegetales y las densidades fueron tomadas bibliográficamente de trabajos previamente realizados.

La densidad del aceite esencial de palo santo fue un dato bibliográfico que presentó un valor de 0,965 g/mL (Dellacassa, 2010).

La densidad del aceite esencial de mandarina fue un dato bibliográfico que presentó un valor de 0,816 g/mL (Fouad & da Camara, 2017; González, 2004).

3.1.1.1. Masa del aceite esencial de palo santo

$$m = \rho_{ae} * V$$

$$m = 0,965 \text{ g/mL} * 4,5 \text{ mL}$$

$$m = 4,3425 \text{ g}$$

3.1.1.2. Masa del aceite esencial de cáscara de mandarina

$$m = \rho_{ae} * V$$

$$m = 0,816 \text{ g/mL} * 0,5 \text{ mL}$$

$$m = 0,408 \text{ g}$$

Dónde:

ρ_{ae} : Densidad del aceite esencial (g/mL).

V : Volumen del aceite esencial (mL).

m : masa del aceite (g).

3.2. Dimensionamiento del extractor de aceite esencial

En la tabla 5 se encuentra el dimensionamiento del equipo extractor de aceites esenciales a escala banco realizado en el presente trabajo.

Tabla 5.
Dimensiones del equipo extractor

Material de construcción	Acero inoxidable AISI 304		
Dimensiones			
Elementos dimensiones	Diámetro (m)	Altura (m)	Volumen (m³)
Cámara extractora	0.21	0.30	0.01039
Intercambiador de calor	0.045	0.20	0.000318

3.3. Cálculos de balances

Tabla 6.
Resultados del balance de masa y de energía

Balance de masa	
Ecuación de igualación de masa del sistema	3500 g = 1275 g + 2225 g
Balance de energía en el generador de vapor	
Calentamiento	Qc = 1098300 J
Evaporación	Qe = 2876910 J
calor total consumido en el generador de vapor	QT = 3975210 J

3.4. Rendimientos

3.4.1. Rendimiento del palo santo

De los datos experimentales se obtuvo que cuando se trabaja con astillas (500gr) después de 3 horas de extracción, la cantidad de aceite esencial obtenido fue de 14,5 mL,

por lo tanto, el rendimiento se calculó de la siguiente forma:

$$\%R = \frac{14,5 \text{ ml} \times 0.965 \text{ g/mL}}{500 \text{ g}} \times 100 = 2,7985 \%$$

Cuando se trabajó con madera en forma de virutas (100gr) se obtuvieron 4,5 mL de aceite esencial recuperado, por lo tanto, el rendimiento del proceso se calculó así:

$$\%R = \frac{4.5 \text{ ml} \times 0.965 \text{ g/mL}}{100 \text{ g}} \times 100 = 4,3425 \%$$

3.4.2. Rendimiento de la cáscara de mandarina

En los datos experimentales se obtuvo 0,5 mL de aceite esencial después de una extracción de 3 horas, el rendimiento se lo determinó de la siguiente forma:

$$\%R = \frac{0.5 \text{ ml} \times 0.816 \text{ g/mL}}{500 \text{ g}} \times 100 = 0,0816 \%$$

3.4.3. Rendimiento del equipo extractor

Refleja que el desempeño del equipo extractor en cuanto al aprovechamiento del calor suministrado al sistema.

$$\varepsilon = 1 - \frac{Q_p}{Q_T} \times 100$$

Para el sistema se considera una pérdida del 10 %, por lo tanto:

$$Q_p = 0,1 Q_T$$

$$Q_p = 0,1 (3975210 \text{ J})$$

$$Q_p = 397521 \text{ J}$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{397521 \text{ J}}{3975210 \text{ J}} \times 100$$

$$\varepsilon = 90\%$$

3.4.4. Rendimiento del intercambiador de calor

$$\varepsilon = \frac{T_{ce} - T_{cs}}{T_{ce} - T_{fe}} \times 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{110 - 35}{110 - 20} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 83,33\%$$

3.5. Resultados obtenidos de las extracciones

El proceso de obtención de aceites a partir de palo santo se realizó tanto en astillas como en virutas según lo expuesto previamente; se pueden observar los rendimientos obtenidos a partir de astillas realizando 3 extracciones para las diferentes cantidades de materia prima a procesar.

Tabla 7.

Extracción de aceite palo santo en astillas durante 1 hora y 3500 mL de agua

PALO SANTO						
Materia prima (gr)	Destilado (ml)	Aceite recuperado (ml)			Aceite promedio recuperado (ml)	Rendimiento (%)
300	500	1.5	1.8	1.6	1.63	0.5243
400	500	3.7	3.5	3.6	3.6	0.8685
500	500	4.7	5.3	4.9	4.97	0.9592

En la producción de aceite de mandarina se utilizó la cascara seca, donde se realizaron 3 repeticiones a diferentes cantidades de materia prima observadas en la tabla 8, donde el tiempo de extracción fue de 3 horas.

Tabla 8.

Extracción de aceite de mandarina durante 3 horas y 3500 mL de agua

Mandarina						
Materia prima (gr)	Destilado (ml)	Aceite recuperado (ml)			Aceite promedio recuperado (ml)	Rendimiento (%)
300	1500	0.1	0.3	0.2	0.2	0.0544
400	1350	0.2	0.4	0.3	0.3	0.0612
500	1250	0.4	0.6	0.5	0.5	0.0816

En la tabla 9 se observan los resultados obtenidos durante las extracciones realizadas para el palo santo en forma de virutas con 3 repeticiones para cada cantidad de materia prima durante el tiempo de 3 horas de extracción.

Tabla 9.

Extracción de aceite de palo santo en tiempo de 3 horas y 3500 mL de agua

PALO SANTO						
Materia prima (gr)	Destilado (ml)	Aceite recuperado (ml)			Aceite promedio recuperado (ml)	Rendimiento (%)
500	1500	13.8	14	14.2	14	2.7985
300	1350	9.5	9.3	9.2	9.33	3.001
100	1250	4.6	4.2	4.7	4.5	4.3425

Las pruebas que se realizaron en el equipo diseñado para la destilación por arrastre de vapor a escala banco presentaron diferentes rendimientos para las dos materias primas empleadas. Con el aceite esencial de palo santo se obtuvo un rendimiento del 2,7985% para las astillas y 4,3425% para las virutas, comprobándose que la utilización de las virutas logra una mayor obtención de aceite esencial. Por lo tanto, en comparación a los datos expuestos por Mora (2014), de 2,77% en astillas y 3,49% en virutas, los rendimientos efectuados en el presente proyecto fueron superiores. Al trabajar con la cáscara de mandarina el rendimiento fue de 0,0816%, lo cual nos indica un resultado muy bajo en comparación con el rendimiento obtenido para el palo santo, esto es debido a que se trata de una materia prima de origen cítrico y además no posee

cantidades considerables de aceites esenciales (Navarrete et al., 2010).

Finalmente, con los datos expuestos se demuestra que la instalación del equipo extractor de aceites esenciales por arrastre de vapor para especies vegetales a escala banco tiene viabilidad satisfactoria para la producción de aceites, ya que se obtienen resultados positivos superando a los datos bibliográficos expuestos anteriormente.

4. Conclusiones

Los cálculos para el diseño del proceso se realizaron considerando la cantidad de materia prima a procesar y la cantidad de vapor que se va a condensar. En función de la cantidad de vapor que se genera se procedió a calcular el área del intercambiador de calor para que ocurra el proceso de condensación.

Las condiciones óptimas de operación para la extracción de aceites esenciales de especies vegetales (palo santo y mandarina) están relacionadas con respecto al tiempo y a la cantidad de materia prima que se introducirá en el tanque extractor, cabe considerar que la materia prima que contenga baja cantidad de aceites esenciales

producirá un rendimiento no favorable.

Se evaluó el rendimiento para cada una de las materias primas donde se realizaron extracciones por triplicado en diferentes concentraciones, estableciendo que el rendimiento obtenido en la extracción del aceite esencial de palo santo (*Bursera graveolens*) es mayor con respecto al de mandarina (*Citrus reticulata*).

Bibliografía

- Dellacassa, E. (2010). *Normalización de productos naturales obtenidos de especies de la flora aromática latinoamericana: proyecto CYTED IV*. 20. EdiPUCRS.
- Fouad, H. A., & da Camara, C. A. (2017). Chemical composition and bioactivity of peel oils from *Citrus aurantiifolia* and *Citrus reticulata* and enantiomers of their major constituent against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 73, 30-36.
- González-Villa, Á. (2004). *Obtención de aceites esenciales y extractos etanólicos de plantas del Amazonas*. Ingeniería Química.
- Márquez, L. (2003). Extracción del aceite esencial de mandarina (*Citrus reticulata*) utilizando

dióxido de carbono en condición supercrítica como solvente. Trabajo especial de Grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas-Venezuela.

Mora-Moscoso, G. A. (2014). Diseño de una planta para la extracción del aceite esencial de palo santo (*Bursera graveolens*) mediante destilación por arrastre de vapor (Bachelor's thesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador).

Navarrete, C., Gil, J., Durango, D., & Garcia, C. (2010). Extracción y caracterización del aceite esencial de mandarina obtenido de residuos agroindustriales. *Dyna*, 77(162), 85-92.