

Cinética y extracción de aceite de semillas de calabaza (*Cucurbita moschata* Duchesne) cv. Cehualca

R.M. Espinoza-Jaime, I.L. Camacho-Hernández, J.J. Caro-Corrales, R. Gutiérrez-Dorado, L.C. Soto-López, O.C. Caro-Hernández y M.F. Pacheco-Plata.
Posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma de Sinaloa. Av. de las Américas s/n, Ciudad Universitaria. Culiacán Sinaloa. spyrock8@gmail.com

RESUMEN: Las semillas de calabaza son una buena fuente de ácidos grasos saludables, especialmente ácido oleico y linoleico. El objetivo fue obtener parámetros cinéticos para la predicción del rendimiento de extracción de aceite de semillas de calabaza con hexano y evaluar el efecto de los factores: tiempo, temperatura, tamaño de partícula y volumen de disolvente sobre el rendimiento de extracción. Para conocer el efecto del tiempo se extrajo aceite a 60 °C, con diámetro de partícula de 1.65 a 2.23 mm por 1, 2, 10, 20, 30 y 60 min. Para el de temperatura se extrajo a 30, 40, 50 y 60 °C, por 60 min, con diámetro de 0.85-1.65 mm. Para el efecto del tamaño de partícula se emplearon 3 rangos de diámetro: menor a 0.85 mm, 0.85-1.65 mm y 1.65-2.23 mm, extrayendo a 60 °C por 60 min. Para el efecto del volumen del disolvente se empleó: 15, 20, 25, 30 y 35 mL de hexano a 60 °C por 60 min. Al incrementar la temperatura, tiempo y volumen de disolvente se incrementó el rendimiento; sin embargo, al aumentar el tamaño de partícula, disminuyó el rendimiento. El modelo cinético utilizado permitió estimar adecuadamente el rendimiento de extracción.

Palabras clave: Aceite, cinética, extracción.

ABSTRACT: Pumpkin seeds are a great source of healthy fatty acids, especially oleic and linoleic acid. The objective was to obtain the kinetic parameters for predicting the extraction yield of pumpkin seed oil with hexane and to evaluate the effect of the factors: time, temperature, particle size, and volume of solvent on the extraction yield. To know the effect of time, oil was extracted at 60 °C, with a particle diameter from 1.65 to 2.23 mm for 1, 2, 10, 20, 30, and 60 min. For that of temperature, oil was extracted at 30, 40, 50, and 60 °C, for 60 min, with a diameter from 0.85-1.65 mm. For the effect of particle size, three diameter ranges were used: less than 0.85 mm, 0.85-1.65 mm, and 1.65-2.23 mm, extracting at 60 °C for 60 min. For the effect of the solvent volume, 15, 20, 25, 30, and 35 mL of hexane were used at 60 °C for 60 min. Increasing temperature, time and volume of solvent, increased the yield; however, as the particle size increased, yield decreased. The kinetic model used allows to estimate adequately the extraction performance.

Keywords: Extraction, kinetics, pumpkin seed oil.

Área: Cereales, leguminosas y oleaginosas

INTRODUCCIÓN

La extracción de aceite es un proceso muy importante en la industria alimentaria, es necesaria para la obtención de aceites que se emplean cotidianamente como aderezos, aceite de cocina, jabones, lubricantes, entre otros. Existen diversas fuentes para extraer aceites como son las oleaginosas. La calabaza cehualca es una variedad con cáscara dura muy cultivada en el estado de Sinaloa, en donde es sembrada principalmente en terrenos de temporal. Ésta es conocida en diversas regiones como “sahualca”, “segualca”, “cehualca” y “sewalca”, dependiendo del lugar, es el nombre que se le da al producto (Delgado y *et al.*, 2007). Esta hortaliza posee un elevado contenido nutrimental de compuestos bioactivos como minerales, compuestos fenólicos y vitaminas A, B₂, C y E. Las semillas de esta variedad de calabaza son una gran fuente de ácidos grasos especialmente ácido oleico y linoleico. Existen diversos métodos para extracción de aceite de semillas como: prensado en frío, fluidos supercríticos y extracción con disolventes (éter de petróleo, etanol y hexano). La extracción con hexano ha demostrado ser en muchos casos el mejor disolvente obteniéndose los mejores rendimientos de aceite (Martínez y *et al.*, 2016).

En la actualidad no se cuenta con datos cinéticos para predecir la extracción de aceite de semillas de calabaza cehualca mediante disolvente, ni se conoce el comportamiento de la extracción frente a factores como temperatura, tiempo, volumen del disolvente y variaciones en el diámetro de las semillas usadas en la extracción. El objetivo del proyecto fue obtener parámetros cinéticos para la predicción del rendimiento de extracción de aceite de semillas de calabaza cehualca empleando hexano y evaluar el efecto que provocan los factores: tiempo, temperatura, tamaño de partícula y volumen del disolvente en el porcentaje de aceite extraído.

Los resultados indicaron que, al aumentar la temperatura se incrementó el rendimiento de extracción; existió un efecto positivo sobre la constante de extracción del aceite. Otro efecto favorable ocurrió con el tiempo de extracción, ya que, al aumentarlo, también se incrementó el rendimiento. Al aumentar el diámetro de partícula de la semilla, se observó una disminución en el rendimiento; al reducir el tamaño de la partícula, la superficie de contacto entre disolvente y muestra aumentó, lo que provocó una mayor interacción entre los mismos. Al aumentar el volumen del hexano, incrementó significativamente el rendimiento, debido a que provocó una mayor diferencia de concentraciones aumentando el flujo del aceite hacia el seno del disolvente. El modelo cinético propuesto fue adecuado para predecir el rendimiento de extracción en el rango de temperatura y tiempo estudiado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de la muestra

Se seleccionó calabaza cehualca de madurez comercial. Ésta se adquirió en el mercado de abastos de la localidad de Culiacán, Sinaloa. Las calabazas se seleccionaron con base en el grado de madurez, apariencia física (dureza, tamaño, color) y sin defectos. Las calabazas adquiridas se sometieron a un tratamiento de lavado y secado (papel secante), y fueron almacenadas en un lugar fresco (24 °C) hasta su utilización. Las semillas obtenidas de cada calabaza se lavaron y secaron durante 72 horas a 45 °C en una incubadora (Fisher Scientific, 625 D, USA) y se almacenaron en bolsas plásticas. Las semillas se descascarillaron manualmente para obtener las almendras. Estas se trituraron con una licuadora (Osterizer, 4127, MEX) y se tamizaron al diámetro de partículas requerido.

Extracción de aceite

La extracción se llevó a cabo en un matraz de 250 mL poniendo en contacto las muestras de 2 g de semilla con el hexano y agitación de 6000 rpm. Además, se colocó un recirculador para condensar el vapor de hexano generado. Después del tiempo de extracción, la mezcla se separó de las partículas drenadas con papel filtro #4 whatman y se llevó al rotavapor (Heidolph, Laborota 4011, USA) por 10 minutos a 60 °C, 180 rpm y un vacío de 0.59 atm para recuperar el hexano y el aceite por separado.

Cinética de extracción

La ecuación diferencial (Topallar y Gecgel, 2000) para predecir los parámetros cinéticos en la extracción del aceite de semillas de calabaza es:

$$\frac{dy}{dt} = ky^n \quad (1)$$

Donde “y” es el rendimiento de extracción, “k” la constante de extracción y “n” el orden de la reacción. La ecuación (1) se puede representar como:

$$\ln y = \left(\frac{1}{1-n}\right) \ln t + \left(\frac{1}{1-n}\right) \ln\{(1-n)k\} \quad (2)$$

Se usó un análisis de regresión para obtener los parámetros “k” y “n” y se emplearon en la ecuación (3) para predecir el rendimiento de extracción de aceite en el rango de tiempo y temperatura estudiado.

$$y = [(1-n)kt]^{1/(1-n)} \quad (3)$$

Efecto del tiempo

Las semillas trituradas fueron tamizadas para obtener partículas de 1.65 a 2.23 mm de diámetro y la extracción del aceite se realizó a 60 °C por 1, 2, 10, 20, 30 y 60 min, con una relación de 1:6 (g/mL) de hexano. En estas condiciones se empleó el modelo cinético de extracción para predecir el rendimiento y compararlo con los datos experimentales.

Efecto de la temperatura

Se realizó la extracción a 30, 40, 50 y 60 °C, por 60 min empleando partículas de 0.85 a 1.65 mm de diámetro.

Efecto del tamaño de partícula

En las extracciones se emplearon partículas de semillas trituradas a 3 diferentes diámetros: menor a 0.85 mm, de 0.85 a 1.65 mm y de 1.65 a 2.23 mm, aplicando 60 °C por 60 min.

Efecto del Volumen. Se extrajo aceite a 60 °C durante 60 min empleando 15, 20, 25, 30 y 35 mL de hexano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del tiempo. El rendimiento de extracción de aceite se incrementó al aumentar el tiempo de extracción como se muestra en la **Figura 1**, el rendimiento aumentó de 6.97 % para 1 min hasta 13.5 % para 60 min. Se observa una tendencia asintótica en el rendimiento a tiempos prolongados de extracción.

Cinética de extracción. En la **Figura 1**, se encontró que el modelo cinético propuesto tiene un comportamiento muy similar a los datos experimentales de la extracción. Al analizar los datos estimados contra los experimentales se obtuvo un coeficiente de determinación ajustado de 0.98; por esta razón, se puede decir que el modelo es adecuado para la predicción del rendimiento de extracción de aceite de semillas de calabaza cehualca para la temperatura y tiempos estudiados, al igual que lo reportado por Nwabanne (2012).

Efecto de la temperatura. En la **Figura 2**, se puede observar que el rendimiento aumentó al elevar la temperatura de extracción. El rendimiento se incrementó desde 12.9 % para 30 °C hasta 18.2 % para 60 °C. Al aproximarse a la temperatura de ebullición del disolvente (68 °C), aumentan tanto el coeficiente de difusión como la solubilidad del aceite en el disolvente, lo que mejora el rendimiento de extracción. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Sayyar y *et al.*, (2009).

Efecto del tamaño de partícula. Cuando se aumentó el diámetro de la partícula, disminuyó el rendimiento del aceite extraído (**Figura 3**). El rendimiento disminuyó desde 23.9 % con un diámetro menor de 0.85 mm hasta 13.5 % con un diámetro entre 1.65 y 2.23 mm. Al disminuir el tamaño de las partículas se incrementa la superficie de contacto entre disolvente y partícula aumentando la transferencia de masa desde el interior de la partícula hacia el seno del disolvente. Este resultado corresponde a lo reportado por Nwabanne (2012) quien encontró el mismo comportamiento.

Efecto del volumen de disolvente. Al aumentar la cantidad de disolvente en el proceso de extracción, se incrementó el rendimiento del aceite (**Figura 4**). El rendimiento aumentó de

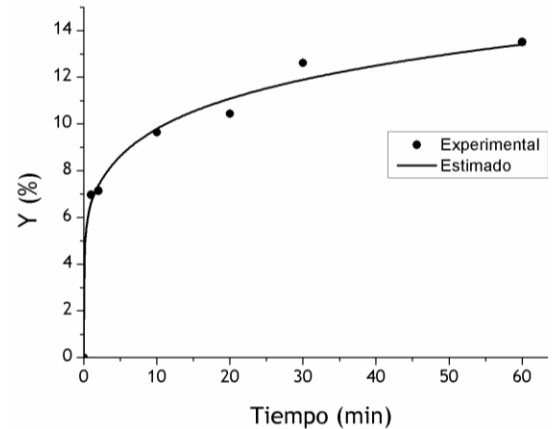


Figura 1. Efecto del tiempo en el rendimiento de extracción de aceite de semilla de calabaza.

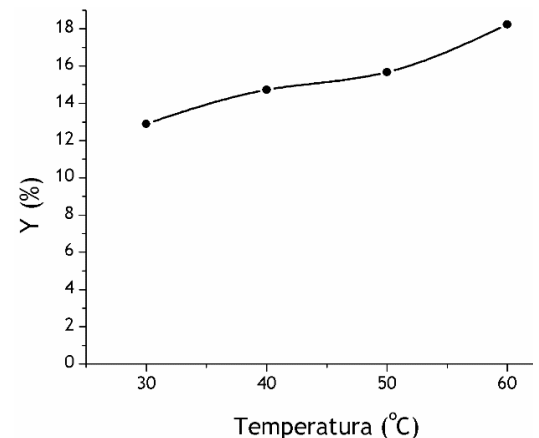


Figura 2. Efecto de la temperatura en el rendimiento de extracción de aceite de semilla de calabaza.

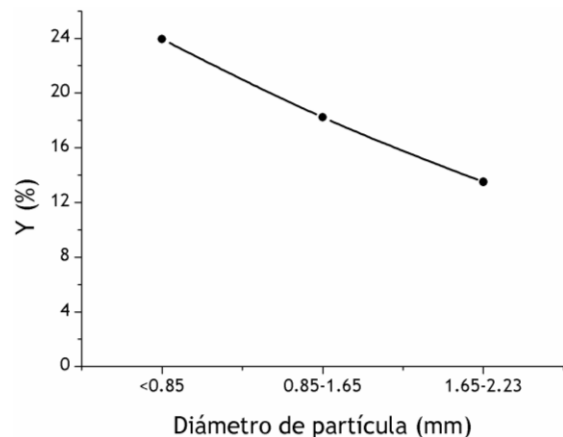


Figura 3. Efecto del tamaño de partícula en el rendimiento de extracción de aceite de semilla de calabaza.

23.9 % para 15 mL a 34.3 % para 35 mL de disolvente. A medida que se añade más disolvente, se incrementa la fuerza impulsora que es la diferencia en concentración en la extracción. Al contarse con una mayor cantidad de disolvente, éste puede penetrar más profundo en la partícula y puede disolver más cantidad de aceite de acuerdo con lo reportado por Meziance y Kadi (2008).

CONCLUSIONES

Los parámetros cinéticos obtenidos permitieron estimar adecuadamente el rendimiento de extracción de aceite de semillas de calabaza cehualca. Al incrementar la temperatura, tiempo y volumen de disolvente se provoca un efecto positivo en la extracción del aceite. Por el contrario, al aumentar el tamaño de las partículas de las semillas, disminuyó el rendimiento. Se recomienda realizar cinéticas de extracción a diferentes temperaturas para predecir la constante de extracción en función de la temperatura y estar en condiciones de predecir el rendimiento de extracción de aceite de semillas de calabaza para una temperatura, diámetro de partícula y relación de muestra/disolvente.

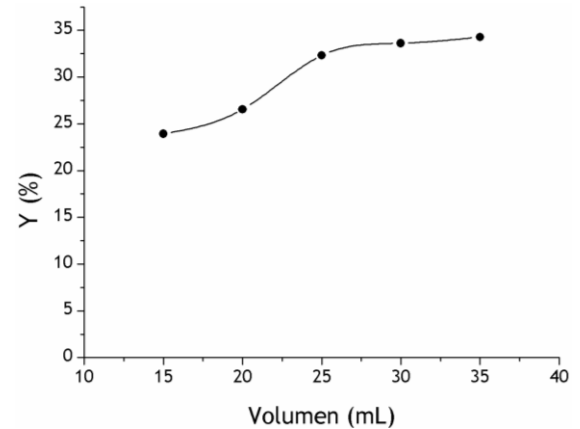


Figura 4. Efecto del volumen de disolvente en el rendimiento de extracción de aceite de semilla de calabaza.

BIBLIOGRAFÍA

- Delgado, C., Zazueta, J., Aréchiga, J., López, J., Camacho, I., Caro, J., Quintero, A. 2007. Utilización de la Metodología de Superficie de Respuesta para la Optimización del Proceso de Obtención de Harinas Precocidas de Calabaza (*Cucurbita moschata* Duchense) cv. Cehualca. VI Congreso del Noroeste. II, Nacional en Ciencias Alimentarias y Biotecnología. Universidad de Sonora. 398-419.
- Martínez, H., Molina, J., Vanegas, P. 2016. Comparación entre Métodos de Extracción de Aceite de Semilla de Zapallo (*Curcubita mochata*). *Agronomía Colombiana* 34(1):588-590.
- Meziane, S. y Hadi, H. 2008. Kinetics and thermodynamics of oil extraction from olive cake. *Journal of American Oil Chemist Society*, 85: 391-396.
- Nwabanne J. 2012. Kinetics and Thermodynamics Study of Oil Extraction from Fluted Pumpkin Seed. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*. 3: 11-15.
- Sayyar, S., Abidin, Z.Z., Yunus, R. and Mohamed, A. 2009. Extraction of oil from *Jatropha* seeds: optimization and kinetics. *American Journal of Applied Sciences* 6 (7): 1390-1395.
- Topallar, H., and Gecgel, U. 2000. Kinetics and thermodynamics of oil extraction from sunflower seeds in the presence of aqueous acidic hexane solutions. *Turk. J. Chem.* 24: 247-253.