

**Efecto de la temperatura de secado en la difusividad efectiva y fenoles totales en residuos de alcachofa criolla
(*Cynara scolymus*)**

**Effect of the drying temperature on the effective diffusivity and total phenols in residues of Creole artichoke
(*Cynara scolymus*)**

Acosta López, E⁽¹⁾, Castro Garay, A⁽²⁾

⁽¹⁾Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú.

⁽²⁾Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Centro del Perú.

Email: eacosta1981@uncp.edu.pe/acastrogaray@uncp.edu.pe

Resumen: El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la temperatura de secado en la difusividad efectiva y fenoles totales en residuos de alcachofa criolla (*Cynara scolymus*). Se realizó un secado convectivo con aire caliente a una velocidad $1,5 \text{ m/s} \pm 0,1$ a las temperaturas de $30 \text{ }^\circ\text{C}$, $40 \text{ }^\circ\text{C}$ y $45 \text{ }^\circ\text{C}$, los pesos fueron monitoreados cada 30 minutos hasta peso constante, las humedades obtenidas en los residuos secos fueron de 0,11; 0,11 y 0,10 g agua/g materia seca (g ms) respectivamente. Las curvas de secado fueron ajustadas al modelo difusional de la segunda ley de Fick obteniéndose las siguientes difusividades efectivas (D_{eff}) $0,8706 \times 10^{-10}$; $1,14 \times 10^{-10}$ y $1,156 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ con coeficientes de determinación R^2 de 0,9275; 0,8451 y 0,9135 para las temperaturas $30 \text{ }^\circ\text{C}$, $40 \text{ }^\circ\text{C}$ y $45 \text{ }^\circ\text{C}$ respectivamente. La energía de activación (E_a) fue de 16,085 kJ/mol en el rango de temperaturas de estudio. El análisis estadístico de la difusividad efectiva y fenoles totales indica que existe diferencia estadística significativa entre las temperaturas. Los fenoles totales disminuyeron después del secado en los tres tratamientos, siendo mayor la disminución a una temperatura de secado menor, el tiempo de secado en la investigación influyo en los fenoles totales, obteniéndose a la temperatura de $30 \text{ }^\circ\text{C}$ con un tiempo de secado de 14 horas 37,13 mg ácido gálico/g de muestra a $40 \text{ }^\circ\text{C}$ con un tiempo de 11 horas 45,54 mg ácido gálico/g de muestra y a $45 \text{ }^\circ\text{C}$ con un tiempo de 10 horas 46,74 expresados en mg ácido gálico/g de muestra.

Palabras clave: brácteas de alcachofa, fenoles, difusividad efectiva

Abstract: The objective of the research was to evaluate the effect of the drying temperature on the effective diffusivity and total phenols in residues of Creole artichoke (*Cynara scolymus*). Convective drying was carried out with hot air at a speed of $1,5 \text{ m/s} \pm 0,1$ at the temperatures of $30 \text{ }^\circ\text{C}$, $40 \text{ }^\circ\text{C}$ and $45 \text{ }^\circ\text{C}$, the weights were monitored every 30 minutes until constant weight, the humidities obtained in the dry residues were 0,11; 0,11 and 0,10 g water / g ms respectively. The curves of drying were adjusted to the diffusional model of the second law of Fick obtaining the following effective diffusivities (D_{eff}) 0.8706×10^{-10} ; 1.14×10^{-10} and $1.156 \times 10^{-10} \text{ m}^2 / \text{s}$ with coefficients of determination R^2 of 0,9275; 0,8451 and 0,9135 for the temperatures $30 \text{ }^\circ\text{C}$, $40 \text{ }^\circ\text{C}$ and $45 \text{ }^\circ\text{C}$ respectively. The activation energy (E_a) was 16,085 kJ / mol in the study temperature range. The statistical analysis of the effective diffusivity and total phenols indicates that there is a statistically significant difference between temperatures. The total phenols decreased after drying in the three treatments, the decrease being greater at a lower drying temperature, the drying time in the investigation influenced the total phenols, obtaining at the temperature of $30 \text{ }^\circ\text{C}$ with a drying time of 14 hours 37,13 mg gallic acid / g of sample at $40 \text{ }^\circ\text{C}$ with a time of 11 hours 45,54 mg gallic acid/ g of sample and at $45 \text{ }^\circ\text{C}$ with a time of 10 hours 46,74 expressed in mg of gallic acid/g of sample.

Key words: artichoke bracts, phenols, effective diffusivity

1. Introducción

La industrialización de la alcachofa (*Cynara scolymus*) en nuestro país ha logrado posicionarse en los mercados internacionales y genera residuos agroindustriales que son destinados para alimentación animal o son desechados en vertederos generando contaminación ambiental. Las brácteas constituyen uno de los residuos principales y poseen una concentración importante de compuestos fenólicos que tienen propiedades antioxidantes.

La importancia del modelamiento del secado con la difusividad efectiva permite simular y controlar el proceso, predecir el tiempo de secado. Los resultados del modelamiento son utilizados en el diseño de equipos, proceso de producción y evitan el uso indebido de energía, mano de obra que influye en los costos de producción.

La temperatura de secado de un alimento produce efectos diversos en el producto, causan pérdidas de micronutrientes como vitaminas, degrada componentes bioactivos, desnaturalizan proteínas, modifica propiedades fisicoquímicas y sensoriales como el color, sabor y olor. Conocer la temperatura de secado en la cual se logra la estabilidad de los componentes funcionales es de gran importancia para la industria alimentaria, farmacéutica y otras.

En el estado del arte no se ha encontrado referencias de secado con aire caliente de brácteas de alcachofa que evalúen la temperatura de secado en la difusividad efectiva y en fenoles totales

Cruzado (2012) reporto en brácteas de alcachofa la presencia de cinarina con una concentración de 219,3 mg/mL, cinaropicrina 25 mg/mL y fenoles totales 117,3 mg de ácido gálico por gramo de extracto y mediante un proceso de microfiltración, logra concentrar la cinarina 315,2 mg/mL y disminuye la concentración de cinaropicrina en 22,9 mg/mL. En el proceso de ultrafiltración los resultados mostraron una disminución de cinarina en 150,6 mg/mL.

Dueñas (2009) realizó la extracción y caracterización de principios activos en la estructura fenólicas con propiedades antioxidantes y antibacterianas de brácteas de alcachofa y caracterizaron compuestos fenólicos como: fenilpropanoides, taninos catéquicos, flavonoides y cumarinas además saponinas, carotenoides, azúcares reductores y esteroides. Presento 0,160 mg de equivalente

de Quercetina/100 g de brácteas secas en el extracto hidroalcohólico.

Bejar (2017) evaluó el contenido de polifenoles en brácteas secas de alcachofa encontró contenidos en el rango mínimo de 5,6053 mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/L y un máximo de 7.3425 mg EAG/L

Quimbiulco (2014) estudio el efecto de la temperatura y espesor en la capacidad antioxidante y polifenoles en el deshidratado de láminas de pulpa de tomate de árbol amarillo concentrada y sin concentrar, encontró que a temperaturas mayores de 50°C y grosor de 4 mm disminuye el contenido de los bioactivos.

Esparza - Martínez *et al.* (2016) al someter el residuo de mandarina al secado con tres temperaturas 60°C, 90°C y 120°C, el contenido de fenoles totales (FT) aumentó hasta un 30%, el contenido de flavonoides en un 25% y en taninos más del 100%, el mismo comportamiento ocurrió con la capacidad antioxidante evaluado por tres métodos.

Urrúa *et al.* (2012) Demostraron que la temperatura de secado influye en la degradación del contenido de polifenoles totales en el secado de zanahorias, observaron una importante degradación de polifenoles en el rango de temperaturas utilizados, 84.2% a 40°C, de 83.3% a 50°C, de 82.6% a 60°C, de 69.3% a 70°C, de 78.6% a 80°C y de 76.3 a 90°C, indicaron que la reducción de la concentración de polifenoles totales durante el secado se debe a su oxidación enzimática.

Cárdenas (2016) utilizó el método de Folin-Ciocalteu y determinó el contenido de polifenoles en alcachofas (*Cynara scolymus*) obteniendo, en la parte comestible 1,66 g%, brácteas, 5,10 g%; flavonoides totales por espectrofotometría en la parte comestible 0,67g% y en brácteas, 1,33 g%; vitamina C por el método de la AOAC para la parte comestible 0,975 g% y brácteas, 0,380 g%; para antocianinas, no detectaron su presencia. La capacidad antioxidante expresada como IC50 para la parte comestible 553,0 ug/mL y en brácteas, 137,52 ug/mL Previo al análisis las brácteas se estabilizaron a la temperatura de 40 ± 5 °C durante 48 horas, luego sometido a molienda y extracción

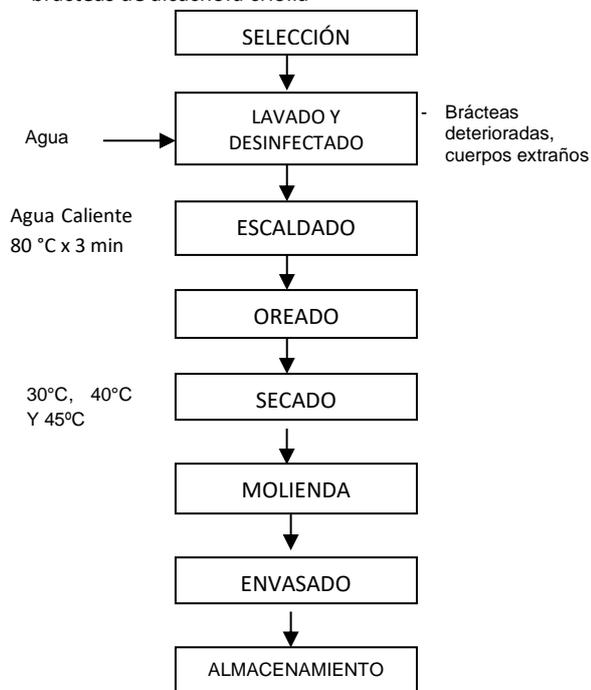
El objetivo del estudio fue Evaluar el efecto de la temperatura de secado en la difusividad efectiva y fenoles totales en residuos de alcachofa criolla (*Cynara scolymus*).

2. Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias y en el Centro de Producción de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias Tropical de la Facultad de Ciencias Agrarias Satipo de la UNCP. Se utilizó brácteas de alcachofa criolla con espinas (*Cynara scolymus*) proveniente de la provincia de Chupaca, Región Junín- Perú. Se determinó la humedad y los fenoles totales por el (Método Folin Ciocalteu). Las brácteas de alcachofa fueron seleccionadas, desinfectado, escaldado, oreado y secado a las temperaturas de 30°C, 40°C y 45°C con una la velocidad de 1,5 m/s ± 0,1. Durante el secado se midió la pérdida de peso (g) cada 30 minutos. Para calcular la Difusividad efectiva (Deff) se utilizó la ecuación difusional de la segunda Ley de Fick para una placa plana infinita y la dependencia de la difusividad efectiva con la temperatura se realizó a través de la ecuación de Arrhenius.

Procedimiento para el secado de brácteas secas de alcachofa criolla

La Figura 1, presenta el diagrama de flujo para el secado de brácteas de alcachofa criolla



Métodos de análisis

Contenido de Humedad, se determinó de acuerdo al método 925.10 de la AOAC (2004).

Fenoles totales

Método Folin Ciocalteu (Singleton, V.L. & Rosi, J. A. (1965) citado por (Rojas, 2012), forma un complejo de color azul con el reactivo. Se utilizó como estándar ácido gálico, las muestras se leen en un espectrofotómetro de luz visible (UV) a 755 nm. Los resultados se expresan en equivalentes de ácido gálico/100 g de muestra seca (mg EAG/g).

Difusividad efectiva (Deff)

Para calcular la Difusividad efectiva se utilizó la segunda Ley de Fick para una placa plana infinita (Crank, 1975). Se realizó una regresión lineal al modelo difusional y con la pendiente se calcula la difusividad efectiva para cada tratamiento.

$$E = \frac{X_{we} - X_{wt}}{X_{we} - X_{wo}} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{D_{eff} \pi^2 t}{4l^2}\right)$$

Dónde:

Xwt = humedad en g de agua/g de materia seca (ms) medido al tiempo

Xwe = humedad de equilibrio en g de agua/g (ms)

Xwo = humedad inicial g de agua/g de (ms)

Deff = Difusividad efectiva (m²/s)

t= tiempo (s)

l = mitad del espesor de la placa (m)

Energía de activación (Ea)

Se utilizo la ecuación de Arrhenius, la cual se linealiza y con la pendiente se mide la (Ea)

$$D_{eff} = D_o \exp\left(-\frac{Ea}{RT}\right)$$

Dónde:

D_o: factor pre-exponencial (factor de Arrhenius) m²/s

E_a: energía de activación (KJ/mol)

R: constante universal de los gases (8,3143 J/mol-K)

T: temperatura (K).

Análisis de datos

Para evaluar el efecto de la temperatura en la difusividad efectiva y en los fenoles totales en el secado de brácteas de alcachofa criolla se utilizó el Diseño completamente al azar (DCA) con 3 tratamientos y 2

repeticiones, los datos se procesaron con el software estadístico Minitab V16.

3. Resultados

Resultados del secado brácteas de alcachofa criolla (Cynara scolymus)

Las bracteas frescas de alcachofa criolla presentaron un contenido de humedad de $83,21 \pm 0,01\%$

En la tabla 1, se presentan los resultados del secado de brácteas de alcachofa criolla a las temperaturas de 30, 40 y 45°C.

Tabla 1. Tiempo de secado en horas y humedad final de la cascara de naranja valencia

°C	Tiempo (horas)	Humedad (%)	Humedad en base seca (g de agua/g de ms)
30	14	$9,83 \pm 0,02$	0,11
40	11	$9,55 \pm 0,01$	0,11
45	10	$9,41 \pm 0,02$	0,10

La tabla 1, muestra el tiempo de secado de las bracteas de alcachofa criolla que fueron de 14,0, 11,0 y 10 horas para 30, 40 y 45°C respectivamente con humedades de 9,83%, 9,55% y 9,41%.

En la figura 2, se muestra el comportamiento del secado de brácteas de alcachofa en función al tiempo

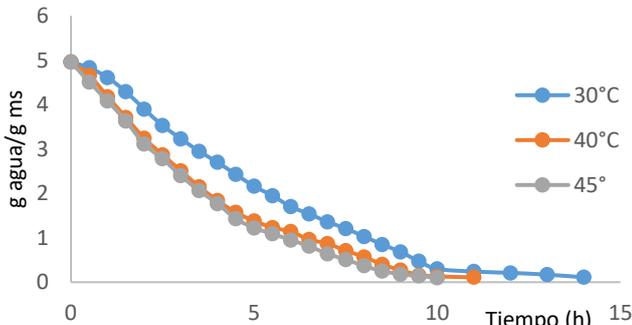


Figura 2. Humedad en base seca vs el tiempo durante el secado de bracteas de alcachofa a 30°C, 40°C y 45°C

Difusividad efectiva (Deff) del secado de brácteas de alcachofa criolla

En la Figura 3, se muestra el logaritmo de la relacion de humedad versus el tiempo de secado

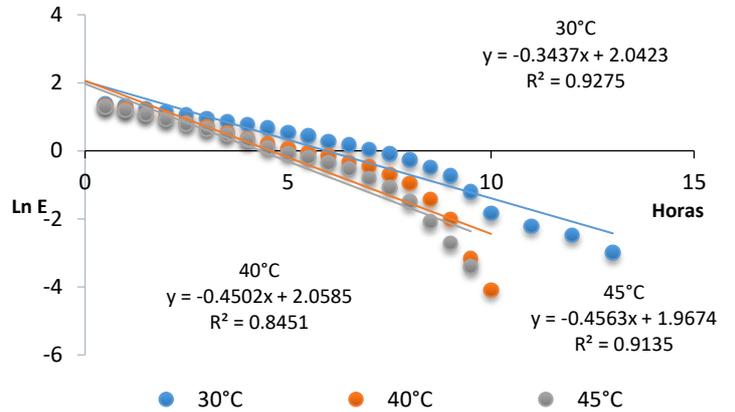


Figura 3. Logaritmo de la relacion de humedad (Ln E) versus tiempo de secado en bracteas de alcachofa criolla

En la Tabla 2, se presenta la Difusividad efectiva del secado de bracteas de alcachofa criolla para las tres temperaturas de secado.

Tabla 2. Difusividad efectiva (Deff) del secado de brácteas de alcachofa criolla para las tres temperaturas de secado

Temperatura de secado	R ²	D _{eff} (m ² /h)	D _{eff} (m ² /s)
30°C	0,9275	3,1342E-07	0,8706E-10
40°C	0,8451	4,1053E-07	1,14E-10
45°C	0,9135	4,1609E-07	1,156E-10

Efecto de la temperatura en la difusividad efectiva (Deff) en el secado de brácteas de alcachofa criolla

Tabla 3. Difusividad efectiva vs inversa de la temperatura absoluta del secado de brácteas de alcachofa criolla

°C	°K	1/T	D _{eff} (m ² /s)	Log (D _{eff})
30	303	0.00330	8.71E-11	-10.06018134
40	313	0.00319489	1.14E-10	-9.943095149
45	318	0.00314465	1.156E-10	-9.937042166

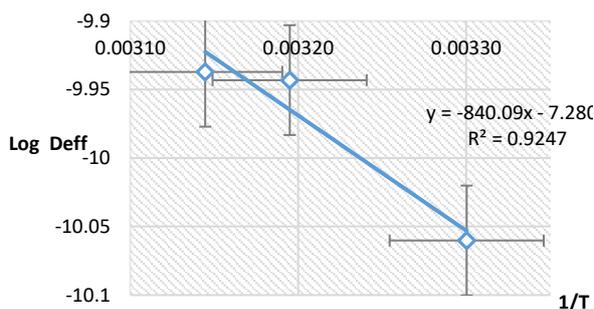


Figura 4. Efecto de la temperatura sobre la difusividad efectiva (Dwe) en el secado de brácteas de alcachofa criolla

La energía de activación (E_a) del secado de brácteas de alcachofa en el rango de temperaturas de 30°C a 45°C fue de 16,085 kJ/mol.

Influencia de la temperatura de secado en el contenido de fenoles totales

En la tabla 4 se muestra los fenoles totales en brácteas de alcachofa criolla secado por aire caliente.

Tabla 4. Fenoles totales en brácteas frescas de alcachofa criolla fresca y secado a las temperaturas 30 °C, 40 °C y 45 °C

Brácteas de Alcachofa	Tiempo de secado (horas)	Fenoles (mg EAG/g de muestra)
Frescas	0	50,23±0,03
Secado a 30°C	14,0	37,13±0,04
Secado a 40°C	11,0	45,54±0,03
Secado a 45°C	10,0	46,74±0,02

EAG = Equivalente de ácido gálico

En la Figura 5, se representa los fenoles totales de brácteas secas de alcachofa criolla.

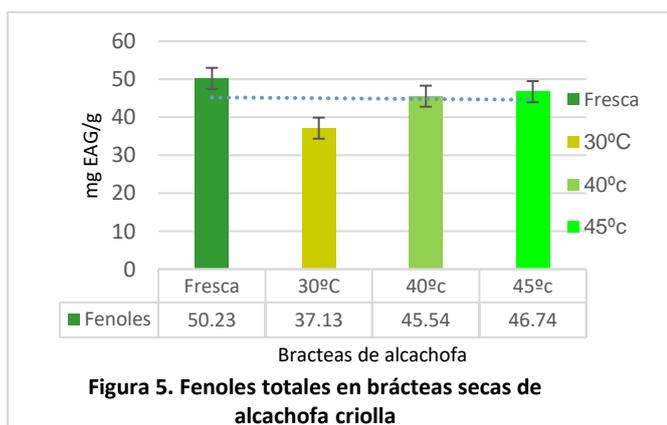


Figura 5. Fenoles totales en brácteas secas de alcachofa criolla

4. Discusión

La humedad de brácteas de alcachofa criolla fresca fue de 83,21%, valor que es diferente a lo reportado por Ricse *et al.*, (2013) de 87,332% y Cárdenas (2016) 71,84% las diferencias existentes pueden ser por la variedad y procedencia. Después del secado con aire caliente presento una humedad de 9,83%, 9,55% y 9,41% a las temperaturas de 30°C, 40°C y 45°C respectivamente. Ricse *et al.*, (2013) reportaron la humedad de 10,231% en harina de brácteas de alcachofas.

El secado de brácteas de alcachofa se realizó con una velocidad de aire de 1,5 ± 0,1 m/s. considerándose una masa de muestra de 174 ± 0,8 g, el proceso finalizó cuando se alcanzó peso constante. Se necesitó un tiempo de 10 a 14 horas incrementándose el tiempo al disminuir la temperatura, el producto seco presento un contenido de humedad de 9,83%, 9,55% y 9,41% para temperaturas de 30°C, 40°C y 45°C respectivamente. A mayor temperatura, la velocidad de evaporación del agua desde el alimento se incrementa y por lo tanto el tiempo de secado disminuye.

Las curvas de secado de brácteas de alcachofa que se muestran en las figuras 4 y 5 son semejantes a los reportados por Giraldo *et al* (2010), se observa la influencia de la temperatura sobre el secado, al aumentar la temperatura y disminuye el tiempo de secado (Vega y Lemus, 2006). Para obtener una humedad de equilibrio de 0,10 g agua/g ms, se requiere de 10 horas para la temperatura de 45°C.

En la tabla 2, se observa que al aumentar la temperatura de secado se incrementa la difusividad efectiva (D_{eff}), el aumento de la temperatura favorece la transferencia de masa y como consecuencia aumenta la difusividad efectiva Giraldo *et al* (2010). los valores encontrados fueron de 0,8706 x 10⁻¹⁰ m²/s – 1,156 x 10⁻¹⁰ m²/s en el rango de temperaturas de 30°C a 45°C, valores que se encuentran dentro de los reportados por Saravacos y Maroulis (2001). Al incrementar la temperatura de secado aumenta la velocidad de secado y disminuye el tiempo de secado.

En la regresión lineal Los valores de la difusividad efectiva para las temperaturas utilizadas presentan una R² igual o superior a 0,8451, que significa un buen ajuste. El análisis de varianza de la difusividad efectiva muestra que en las temperaturas de secado existe diferencia estadística significativa a un nivel de 0,05%. En la prueba de Duncan las

temperaturas de secado tienen efectos estadísticamente diferentes sobre la difusividad. Los tratamientos temperatura de secado a 45 °C y 40 °C no presentan diferencia estadísticas, pero son diferentes al tratamiento de 30 °C que es el que presentó el menor de difusividad.

La energía de activación (E_a) de brácteas de alcachofa secada a las temperaturas de 30°C a 45°C fue de 16,085 kJ/mol. Este valor se encuentra en el rango reportado por Zogzas N, Maroulis Z y Marinos-Kouris (1996) quienes mencionan que la energía de activación en el secado de productos alimenticios varían entre 13 a 110 kJ/mol, inclusive para el mismo alimento el valor puede variar y las diferencias de valores se atribuyen a la velocidad de secado. Sánchez (2016) en la cinética de secado de la Broza de café obtiene un valor de la energía de activación que sale del rango mencionado y atribuye a la alta velocidad de secado, humedad del producto, temperatura y humedad relativa, la energía de activación no es constante en todo el secado. En el secado de pimienta a las temperaturas de (50, 60, 70 y 80 °C) se obtiene una E_a 39,7 kJ/mol con un factor de Arrhenius (D_0) igual a $9,19 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ Vega, Andrés y Fito (2005), Vega y Lemus (2006) reportó la E_a 28,57 a 31,49 kJ/mol para el secado de papaya chilena en el rango de temperaturas de 40°C a 80°C valores que son mayores a los encontrados.

El contenido de fenoles totales en las brácteas de alcachofa criolla fresca fue de $50,23 \pm 0,03 \text{ mg ácido gálico/g}$ de muestra y en brácteas secas fue de 37,13; 45,54 y 46,74 mg ácido gálico/g de muestra, se observa mayor degradación de fenoles a menor temperatura de secado. Cárdenas (2016), reportó un contenido de 51,0 mg ácido gálico/g de muestra en alcachofa criolla con espinas, mientras que Cruzado (2012) reportó fenoles totales en brácteas de alcachofa de 117,3 ácido gálico/g de muestra el autor no menciona la variedad. Las diferencias en los fenoles y los valores de la literatura pueden ser a la variedad estudiada, grado de madurez, lugar de cultivo, tiempo de cosecha, entre otros En el proceso de secado a las diferentes temperaturas se observa que los fenoles totales disminuyen con el tiempo de secado para cada una de las temperaturas similar comportamiento reportó Uurrea D., V. Eim, C. Roselló, S. Simal. (2012) en la degradación de polifenoles durante el secado convectivo de zanahoria. Kyi *et al.* (2005), mencionan que la disminución de fenoles totales durante el secado puede ser por la oxidación enzimática, los fenoles de las brácteas de alcachofa en la

investigación son sensibles al tiempo largo de exposición 14 horas en el caso del secado a 30 °C presentó una disminución del contenido de fenoles totales de 26,08%. Al realizar el análisis de varianza para el contenido de fenoles las temperaturas de secado tienen efecto en el contenido de fenoles existe diferencia estadística significativa a un nivel de 0,05%. En la prueba de Duncan los tratamientos T3 y T2 no presentan diferencia estadística con un nivel de confianza de 5%, estos tratamientos presentaron mayor estabilidad en el contenido de fenoles totales, lo que puede suponerse que a menor temperatura de secado y mayor tiempo de exposición se presenta menor estabilidad de fenoles totales.

Conclusiones

- La difusividad efectiva (D_{eff}) para el secado de residuos de alcachofa criolla a las temperaturas de 30°C, 40°C y 45°C. fueron de $0,8706 \times 10^{-10}$; $1,14 \times 10^{-10}$ y $1,156 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ respectivamente; el incremento ligero en el valor a mayor temperatura es por la fuerza impulsora debido al gradiente de temperatura.
- La energía de activación en el rango de temperaturas de 30 °C a 45 °C para el secado de brácteas de alcachofa criolla con espinas fue de 16,085 kJ/mol.
- La temperatura de secado afectó ligeramente el contenido de fenoles totales en los residuos de alcachofa criolla. El tiempo de exposición durante el secado es el factor que influyó en los fenoles totales, obteniéndose menor contenido a menor temperatura con mayor tiempo de exposición. A la temperatura de secado de 30°C con un tiempo de exposición de 14 horas presentó un contenido de fenoles totales 37,13 a 40°C con un tiempo de secado de 11 horas 45,54 y a 45°C durante 10 horas presentó 46,74 expresados en mg ácido gálico/g de muestra.

Referencias bibliográficas

- Béjar Camapaza, Estefanía Ángela (2017). Determinación de ácido caféico, evaluación de la actividad antioxidante y contenido polifenólico en brácteas secas de *Cynara scolymus L.* (Alcachofa), Arequipa - 2013" Tesis Ingeniera Biotecnóloga Facultad de ciencias farmacéuticas, bioquímicas y biotecnológicas. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.
- Cárdenas T., Karen. (2017). Estudio químico - bromatológico, compuestos bioactivos, y evaluación de la capacidad

- antioxidante de *Cynara scolymus* "alcachofa" procedente de Huaral. Tesis. Universidad Nacional Mayor de san Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Lima, Perú.
- Clemente Polo Gabriela (2003) Efecto de la contracción en la cinética de secado de músculos de jamón. Tesis Doctoral, Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia, España
- Crank, J. 1975. The mathematics of diffusion. Pergamon Press. Oxford
- Cruzado Ore, Martin Carlos (2012). Obtención, caracterización y cuantificación de extractos de residuos de *Cynara scolymus* L. (alcachofa) ricos en metabolitos bioactivos. *Rev. Química* PUCP, 2012, vol. 26 n° 1-2, pag 50-51.
- Dueñas J. (2009) Extracción y caracterización de principios activos de estructura fenólica con propiedades antioxidantes y antibacterianas, a partir de residuos del procesamiento de alcachofas. [tesis] Ingeniería Biotecnología. Escuela politécnica del Ejército. Sangolqui.
- Esparza-Martínez F. J., Miranda-López R., Guzmán-Maldonado S. H. (2016). Efecto de la temperatura sobre los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en el residuo de la producción de jugo de mandarina (*Citrus reticulata* Satsuma). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Vol. 1, No. 1 (2016) 843-850.
- Giraldo Z., A., Arevalo P., A., Ferreira S., A., Ferreira S., P., Valdes S., J, y Pavlak de Meneses M. (2010) Datos experimentales de la cinética del secado y del modelo matemático para pulpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) en rodajas. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 30(1): 179-182, jan.-mar. 2010.
- Kyi, T., Daud W., Mohammad A., Samsudin M., Kadhum A., Talib M. (2005). The kinetics of polyphenol degradation during the drying of Malaysian cocoa beans. *International Journal of Food Science and Technology*, **40**,(8): 323–331.
- Montes, E. y Torres, R. (2008) Modelado de la cinética de secado de ñame (*Dioscorea rotundata*) en capa delgada. *REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN* Vol. 28 No. 2, agosto 2008 (45-52)
- Ocampo, A. (2006) Modelo cinético de la pulpa de mango. *Revista EIA*, ISSN 1794-1237 Número 5 p. 119-128
- Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia)
- Okos, M. R.; Narsimhan, G.; Singh, R. K. & Weitnauer, A. C. (1992). *Food dehydration. En Handbook of Food Engineering*. editado por D. R. Heldman y D.B. Lund. Marcel Dekker, New York
- Quimbiulco A., Y. (2014). Efecto de la deshidratación sobre la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles de la pulpa concentrada de tomate de árbol amarillo (*Solanum Betaceum*). Tesis, Facultad de ciencias de la Ingeniería, Carrera de ingeniería de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.
- Ricse C., Leyva M., Medina I., Miranda J., Saldarriaga L., Rodríguez J. y Siche R. (2013) Uso de residuos agroindustriales de La Libertad en la elaboración de un pan integral. *Agroind Sci* 3 (2013) 41- 46P
- Rizvil, S. H. (1995). Thermodynamic properties of food in dehydration. In M.A. Rao. y S.S.H. Rizvi (Eds). *Engineering Properties of Foods*. 2nd Edition Revised and Expanded. New York Marcel Dekker, Inc. pp 223-309.
- Sanchez Chinchilla Alvaro Eduardo (2016) Cinética de secado de la broza de café. Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura. Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Agrícola. Costa Rica
- Saravacos, G. D.; Maroulis, Z. B. (2001). *Transport properties of foods*, Marcel and Dekker Inc., New York, United States of America.
- Uurrea D., V. Eim, C.Roselló, S.Simal. (2012). Modelos cinéticos de degradación de carotenoides, polifenoles y actividad antioxidante Durante el secado convectivo de zanahoria (*Daucus carota* V. Nantesa). *Revista Alimentos Hoy* Vol 21, No 27 (2012), 68-101
- Vega, A. Andrés y P. Fito (2005) Modelado de la Cinética de Secado del Pimiento Rojo (*Capsicum annum* L. cv Lamuyo). *Inf. tecnol.* v.16 n.6 La Serena 2005
- Vega, A. y R. Lemus. 2006. Modelado de la cinética de secado de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*). *Revista Información Tecnológica*: 17(3), 23-31
- Zogzas N, Maroulis Z y Marinos-Kouris (1996) *Moisture Diffusivity Data Compilation in Foodstuffs. Drying technology*. 14(10). 2225-2253 (1996)