



## CINÉTICA DE SECADO DE FLORES DE CALÉNDULA (*CALENDULA OFFICINALIS* L.)

### Kinetics of drying of calendula (*Calendula officinalis* L.) flowers

Yaisely Orquídea Hernández Fernández<sup>1\*</sup>, Leonor Pérez Rodríguez<sup>2</sup>,  
Mirian Catalina Gordillo Orduño<sup>3</sup>, Michely Vega León<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento Producciones Especializadas, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). Calle 188 no. 38754 e/ 397 y Linderos, Santiago de las Vegas, Boyeros. La Habana, Cuba. E-mail: [quimicapost@inifat.co.cu](mailto:quimicapost@inifat.co.cu); [yaisely01@gmail.com](mailto:yaisely01@gmail.com)

<sup>2</sup>Departamento Producciones Especializadas, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). La Habana, Cuba. E-mail: [poscosechalp@inifat.co.cu](mailto:poscosechalp@inifat.co.cu)

<sup>3</sup>Departamento Producciones Especializadas, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). La Habana, Cuba. E-mail: [poscosecha2@inifat.co.cu](mailto:poscosecha2@inifat.co.cu)

<sup>4</sup>Departamento Producciones Especializadas, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt". (INIFAT). La Habana, Cuba. Email: [fpostcosecha@inifat.co.cu](mailto:fpostcosecha@inifat.co.cu)

**RESUMEN:** El objetivo de esta investigación fue caracterizar la cinética de secado bajo condiciones controladas de flores de caléndula (*Calendula officinalis* L.). En el proceso de secado artificial los parámetros termodinámicos fueron 40 °C de temperatura y una humedad relativa de 55 ± 5 %. La caracterización cinética se realizó a partir del ajuste matemático de los modelos de: Henderson y Pabis, Aproximación a la difusión y Modelo Dos Términos. Los resultados demostraron que el ajuste del modelo Dos Términos permitió la caracterización del proceso de secado artificial de flores de caléndula, donde el primer término de la ecuación describió la dinámica de salida del agua libre, mientras que el segundo representó la ligada. Se constató que un contenido humedad remanente, en los pétalos, superior al 15 % fue indicativo de la presencia de agua libre; por lo que el proceso de secado se continuó hasta alcanzar valores por debajo del 12 % y así evitar la contaminación de la droga seca.

**Palabras clave:** deshidratación artificial, difusión, dinámica de extracción, modelación matemática.

**ABSTRACT:** The aim of this research was to characterize the drying kinetics under controlled conditions of calendula (*Calendula officinalis* L.) flowers. In the process of artificial drying the thermodynamic parameters were 40 °C of temperature and a relative humidity of 55 ± 5 %. The kinetic characterization was carried out starting from the mathematical adjustment of the models: Henderson and Pabis, Approach to the diffusion and the Model Two Terms. The results demonstrated that the adjustment of the pattern Two Terms allowed the characterization of the process of artificial drying of calendula flowers, where the first term of the equation described the dynamics of exit of the free water, while the second it represented the bound one. It was found that a remaining moisture content, in the petals, greater than 15 % was indicative of the presence of free water; therefore, the drying process was continued until reaching values below 12 % and thus avoiding contamination of the dry drug.

**Key words:** artificial dehydration, diffusion, extraction dynamics, mathematical modeling.

\* Correspondencia a: [quimicapost@inifat.co.cu](mailto:quimicapost@inifat.co.cu); [yaisely01@gmail.com](mailto:yaisely01@gmail.com)

Recibido: 24/05/2024

Aceptado: 14/08/2024

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

**Contribución de autores:** Yaisely Orquídea Hernández Fernández: **Conceptualización. Curación de datos. Análisis formal. Escritura - borrador original. Escritura - revisión y edición.** Leonor Pérez Rodríguez: **Curación de datos.** Mirian Catalina Gordillo Orduño: **Investigación. Supervisión. Escritura- borrador original.** Michely Vega León: **Metodología. Escritura- borrador original.**



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



## INTRODUCCIÓN

En Cuba, a partir de la década del 90, un marcado déficit de los fármacos sintéticos encaminó el trabajo de la farmacopea cubana hacia la medicina natural y tradicional (Avello et al., 2021), siendo la caléndula (*Calendula officinalis* L.) una de las especies de plantas medicinales autorizadas por el Ministerio de Salud Pública (MINSAP) para la formulación de fitofármacos en la red de laboratorios del país.

En la actualidad, a partir de esta especie se elaboran extractos fluidos que son empleados en la obtención de jarabes y cremas (Cruz et al., 2017). Sin embargo, la materia prima a utilizar procede de flores secas donde es vital el método de secado, ya que del buen manejo de esta técnica dependerá la calidad del producto final.

El secado tiene como objetivo disminuir el contenido de humedad y la actividad de agua para evitar la consecuente degradación bioquímica y microbiológica durante el almacenamiento y posterior transformación o consumo; esto posibilita la reducción de gastos por pérdidas y el aumento de la calidad del producto final (Vega et al., 2019).

Este proceso puede realizarse de forma natural y artificial, pero en cualquiera de estos casos, el agua es el líquido evaporado y el aire es el agente secante que se emplea comúnmente. No obstante, es importante conocer que en la deshidratación intervienen diferentes aspectos tales como la tecnología, el órgano de la planta, las variables termodinámicas (temperatura y humedad relativa), la altura de la cama, el tiempo, el contenido de humedad del material, las características morfológicas de la especie, entre otros factores (Hernández et al., 2021).

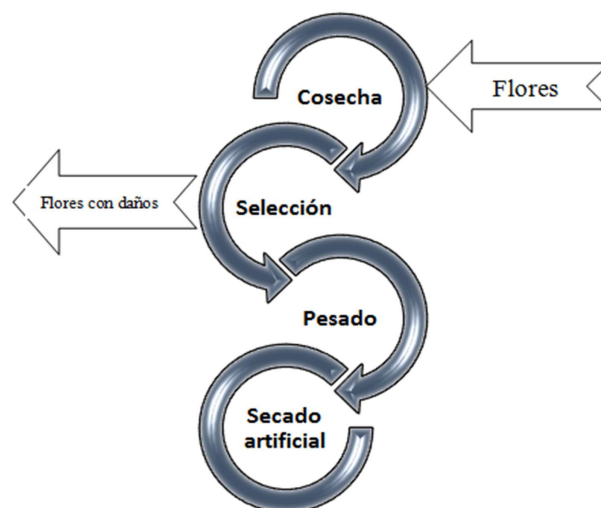
Internacionalmente, se reporta un estudio de cinética de secado para flores y pétalos enteros de caléndula para condiciones termodinámicas establecidas en un secador de laboratorio (Matouk et al., 2016), mientras que en Cuba, las investigaciones publicadas en este campo son muy escasas y han estado fundamentalmente orientadas a la comparación entre tecnologías de secado (Rodríguez et al., 2005). De ahí, la importancia de realizar estudios que permitan obtener una caracterización profunda de este fenómeno de manera individual en función de la

especie y por tipo de tecnología, para aportar criterios científico-técnicos para la mejora continua del secado en la base productiva y con garantías de calidad.

El objetivo de esta investigación fue caracterizar la cinética de secado, bajo condiciones controladas, de flores de caléndula (*Calendula officinalis* L.).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), ubicado en Santiago de las Vegas, La Habana, Cuba. La plantación se realizó por el método de trasplante en condiciones de cobertura natural y sobre sustrato a partir de humus de lombriz y Suelo Ferralítico Rojo en proporción 1:1. Se estableció el flujo de postcosecha en función de la planta a deshidratar y el órgano a cosechar (Figura 1).



**Figura 1.** Flujo de proceso de secado para flores de caléndula

La cosecha se inició a partir de los 105 días de establecido el cultivo. La cosecha de las inflorescencias o capítulos enteros (flores) se realizó en el horario de la mañana cuando se había eliminado el rocío y existía más del 80 % de la floración. Este procedimiento se efectuó de forma escalonada para realizar un total de cuatro cortes (Tabla 1) y cada uno de ellos conformó un proceso de secado, el cual inició con la determinación de la humedad mediante el método gravimétrico (AOAC, 1990).

**Tabla 1.** Momento de cosecha y conformación de los procesos de secado

Proceso de secado	Condiciones de cada proceso de secado	
	Masa vegetal (g)	Contenido de humedad inicial (% bh)
1	33,2	84,3
2	62,0	85,4
3	36,3	86,6
4	52,9	84,8

bh: base húmeda

En el secado, el equipo utilizado fue una estufa de marca MEMMERR con flujo de aire axial a 40 °C de temperatura y una humedad relativa de 55 ±5 %. Las flores se depositaron en pesafiltros de metal y éstos se ubicaron de forma uniforme en el interior de la cámara de secado.

En el llenado de los recipientes se tuvo en cuenta que la cantidad de material facilitara el intercambio de masa y energía al interior de la cámara de secado. La distribución de las flores en los frascos para la pesada se realizó de la siguiente manera: 0,9 ± 0,4 g (proceso 1), 1,7 ± 1,3 g (proceso 2), 1,7 ± 0,6 g (proceso 3) y 1,5 ± 0,5 g (proceso 4).

Durante el estudio se tomaron un mínimo de diez muestras por proceso a intervalos de 2 horas para evaluar la pérdida de humedad en el tiempo, para ello se utilizó una balanza con una precisión de 0,001 g. El tiempo fue medido con un cronómetro y se estableció como el período transcurrido desde la determinación del peso inicial hasta alcanzar el peso constante.

Una vez obtenidos los diferentes valores de pérdida de humedad (MR) en el tiempo (t), estos datos fueron ajustados a tres modelos experimentales para obtener la constante de secado (k) (Tabla 2). La calidad del ajuste se evaluó por medio del coeficiente de correlación lineal (R<sup>2</sup>) y el porcentaje de error medio relativo (% E).

Donde:

MR: contenido de humedad (g.g<sup>-1</sup> bs)

t: es el tiempo de secado (h)

k, k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>: es la constante de secado (h<sup>-1</sup>)

a, b, B: son los coeficientes de ajuste

bs: base seca

Todos los resultados fueron procesados estadísticamente, a través de una correlación entre las variables medidas y calculadas. El paquete estadístico utilizado fue el SPSS para Microsoft Windows versión 12.1 del 2004.

## RESULTADOS

Los coeficientes de cada uno de los procesos, así como los contenidos de humedad inicial y final se muestran en la Tabla 3.

El contenido de humedad de los capítulos florales en el momento de cosecha para los cuatro procesos evaluados, coincide con el rango propuesto por Matouk *et al.* (2016) para flores de caléndula fresca, el cual obtuvo valores entre 83,5 y 87,3 %. Los elevados contenidos de agua en las flores favorecen el crecimiento de los microorganismos y la hidrólisis de sus constituyentes. Es por ello, que el secado constituye una de las etapas del manejo postcosecha más importantes (Xu *et al.*, 2022), ya que en este proceso se reduce la actividad de agua (a<sub>w</sub>) en los productos y de esta manera se logra aumentar su tiempo de conservación.

En esta tecnología intervienen diversos factores como son las características de la planta u órgano a deshidratar, de ahí que de una especie a otra la cinética de proceso cambie.

**Tabla 2.** Modelos matemáticos para la descripción de las curvas de secado (Villalba y Arzola, 2015)

Ecuación	Modelo
$MR = ae^{-kt}$	Henderson y Pabis
$MR = ae^{-kt} + (1 - a)e^{-k_1t}$	Aproximación a la difusión
$MR = ae^{-k_1t} + be^{-k_2t}$	Modelo Dos Términos

**Tabla 3.** Coeficientes de cada una de las curvas obtenidas

Coeficientes	PROCESO 1			PROCESO 2			PROCESO 3			PROCESO 4		
	HP	AD	DT	HP	AD	DT	HP	AD	DT	HP	AD	DT
a (g.g <sup>-1</sup> bs)	5,1160	4,4559	5,1160	5,2930	6,6032	5,2930	6,5920	8,819	5,1632	5,0738	7,9621	4,9196
b (g.g <sup>-1</sup> bs)	-	-	-0,0368	-	-	0,41	-	-	1,46	-	-	0,4349
B	-	123,4	-	-	11,1	-	-	12	-	-	7,7	-
k (h <sup>-1</sup> )	0,1519	0,1470	-	0,0437	0,0610	-	0,0395	0,050	-	0,0339	0,0450	-
k <sub>1</sub> (h <sup>-1</sup> )	-	-	0,1519	-	-	0,0491	-	-	0,0409	-	-	0,0332
k <sub>2</sub> (h <sup>-1</sup> )	-	-	0,2234	-	-	0,12	-	-	0,0314	-	-	0,6002
R <sup>2</sup>	0,99	0,80	0,99	0,97	0,54	0,99	0,99	0,25	0,99	0,96	0,36	0,96
%E	3,70	189,49	3,59	8,41	130,62	4,12	2,13	233,4	2,10	13,53	176,38	12,31
H <sub>inicial</sub> (% bh)		84,3 b			85,4 ab			86,6 a			84,8 b	
H <sub>final</sub> (% bs)		3,10 b			11,91 c			1,83 a			2,39 ab	
t (h)		50 a			96 b			100 b			98 b	

Letras diferentes expresan diferencias estadísticas significativas (0,05)

**Leyenda:**

Modelos: HP, AD y DT

HP: Henderson y Pabis

AD: Aproximación a la difusión

DT: Dos Términos

t: es el tiempo de secado; k, k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>: es la constante de secado; a, b, B: son coeficientes de ajuste; H<sub>inicial</sub> (% bh): contenido de humedad inicial en base húmeda; H<sub>final</sub> (% bs): contenido de humedad final en base seca.

Los contenidos de humedad inicial en todos los casos disminuyeron hasta encontrarse por debajo del 12 % recomendado por [Avello et al. \(2021\)](#) para drogas vegetales, así como, tres de ellos estuvieron en el intervalo propuesto por la Norma Ramal de la Agricultura-315 ([NRAG-315, 2015](#)) para la caléndula (1,98 y 10 %). En Cuba, la humedad relativa ambiental promedio se encuentra por encima del 65 %, mientras que la temperatura supera los 24 °C, condiciones que favorecen la contaminación microbiana; de ahí la importancia de alcanzar contenidos de humedad en la droga seca que garanticen la máxima estabilidad durante el almacenamiento.

Las diferencias encontradas en la humedad final pudieran estar asociadas a la cantidad de flores a secar, el cual no fue el mismo en cada proceso. La masa de producto a deshidratar es otro de los factores condicionantes del secado, puesto que mientras mayor es el volumen a secar, mayor es la cantidad de energía por unidad de área a extraer ([Peng et al., 2022](#)). Esto puede derivar en un aumento de la energía de activación, retardos en la migración de la humedad, así como, generar un ambiente más húmedo que impida la transferencia de masa y retrase la deshidratación.

El hecho de que por cada proceso de secado el volumen de flor a deshidratar fuera diferente, generó una diferencia estadística significativa entre

el primer tiempo de secado y el resto de los demás procesos. [Peng et al. \(2022\)](#) y [Parhizi et al. \(2022\)](#) demostraron que el espesor del material genera una altura de cama de secado que interviene de forma directa en la deshidratación, puesto que determina la cantidad de energía en términos de humedad a extraer. En este sentido, [Guo et al., \(2022\)](#) y [Xu et al. \(2022\)](#) y plantearon que cuando los parámetros termodinámicos (temperatura y humedad relativa) son constantes, el tiempo de secado dependerá de las propiedades físicas del material, como el contenido de humedad inicial; y en este caso, las características de la flor en cuanto al número y grosor de los pétalos.

Por otra parte, la modelación matemática permite describir el fenómeno físico que ocurre durante el secado de un material vegetal. El ajuste de modelos cinéticos en el estudio facilitó la evaluación del intercambio de masa y energía que se generó al interior de la cámara de deshidratación. Sin embargo, factores tales como la temperatura y las características morfológicas de la especie, en este caso de la flor, fueron fundamentales a la hora de ajustar un modelo u otro. Ejemplo de ello es que autores como [Xu et al. \(2022\)](#) hayan obtenido, para flores de *Chrysanthemum morifolium* Ramat., el modelo Logarítmico para un intervalo de temperaturas de 55 a 75 °C.

Los resultados revelaron mayores constantes de secado ( $k_1$  y  $k_2$ ) para las flores deshidratadas procedentes de la primera cosecha en comparación con el resto. Este coeficiente está relacionado con la difusión líquida que controla el proceso y varía de acuerdo con la temperatura y la cantidad de agua inicial del producto. En relación con ello, mayores valores de  $k$  evidenciaron más agua difundida y por tanto menor duración del secado (Mahmoud *et al.*, 2021).

El Modelo Dos Términos mostró el mejor ajuste de los datos experimentales al obtener los mayores valores del coeficiente de correlación lineal ( $R^2$ ) y el menor porcentaje de error medio relativo (% E; Tabla 3). En la Figura 2 se evidenció la disminución del peso de las flores en el tiempo para cada uno de los procesos.

En las primeras 24 h se observó la disminución brusca de la pendiente, correspondiente a la extracción del agua libre de las flores. Dicho periodo de tiempo marcó la existencia de un punto de inflexión cuando el contenido de humedad se encontró entre 1,13 y 2,76  $g \cdot g^{-1}$ bs, aproximadamente.

La curva exponencial obtenida evidenció dos zonas marcadas por un punto de inflexión, donde se muestra una región de alta velocidad de secado (zona lineal de la curva) (Guiné *et al.*, 2019) y una de tasa decreciente (zona exponencial de la curva) (Salah *et al.*, 2020). En ese momento había sido evaporada casi totalmente la capa de humedad de la superficie, por lo que el tiempo de culminación del proceso dependió de la transferencia de masa en función de las características de la flor (Hernández *et al.*, 2021).

En la Tabla 4 se muestra el análisis estadístico realizado, el cual correlacionó significativamente de forma positiva el coeficiente de ajuste ( $b$ ) con la humedad inicial ( $hi$ ), mientras que de forma negativa la primera constante de secado ( $k_1$ ) con el tiempo ( $t$ ).

El modelo de Dos Términos ajustado presenta dos constantes de secado y cada una de ellas evidencia el comportamiento de la extracción de las dos aguas existentes en la flor. El primer término se relacionó con la dinámica de salida del agua libre y el segundo con la del agua ligada. De ahí, la correlación con un alto nivel de significación negativa obtenida entre la primera constante de secado ( $k_1$ ) y el tiempo ( $t$ ).

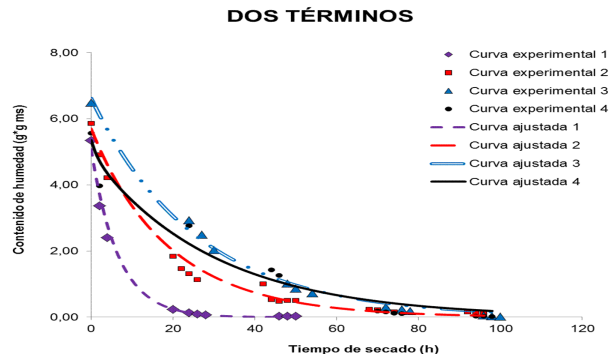


Figura 2. Curvas de secado de flores de caléndula (*Calendula officinalis* L.) ajustadas al Modelo Dos Términos

Esto demostró que la primera agua que se extrae durante la deshidratación es el agua libre, debido a que se encuentra menos ligada al sistema biológico. Por sus características esta agua es sensible a la temperatura, por lo cual cuando la flor se expuso al calor, este aumentó la energía cinética de las partículas, generando una mayor velocidad en la dinámica de salida de la humedad disponible en la caléndula y por ende, un menor tiempo de proceso.

En este sentido, extraer toda el agua libre del material vegetal es crucial en los procesos de secado, puesto que ésta es utilizada por los microorganismos para desarrollarse y comprometer la calidad del producto.

Por otro lado, el segundo término del modelo caracterizó la dinámica de salida del agua ligada. En este caso " $b$ ", coeficiente de esta parte de la ecuación, que depende de las características de la flor, mostró una correlación positiva con la humedad. Dicho resultado corroboró que el contenido de humedad de un material se compone tanto de la cantidad de agua libre como ligada presente en la composición (Tarun *et al.*, 2022).

No obstante, el cambio observado en la pendiente de las curvas constató que posterior a las 24 h en la mayoría de los casos, se superaba el 15 % de humedad remanente. Esto indicó la presencia de agua libre cuando se inició la extracción del agua ligada. Dicho comportamiento pudo estar asociado al volumen de flores con pétalos con cutículas de diferentes grosores. Autores como Tarun *et al.* (2022) plantean que una de las propiedades físicas que determinan en la deshidratación de un material son las características estructurales que éste posea.

**Tabla 4.** Correlaciones entre las variables medidas y calculadas

		a	b	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	t	H inicial	H final
a	Correlación de Pearson	1						
	Sig. (bilateral)							
	N	4						
b	Correlación de Pearson	,137	1					
	Sig. (bilateral)	,863						
	N	4	4					
k <sub>1</sub>	Correlación de Pearson	,084	-,635	1				
	Sig. (bilateral)	,916	,365					
	N	4	4	4				
k <sub>2</sub>	Correlación de Pearson	-,877	-,431	-,144	1			
	Sig. (bilateral)	,123	,569	,856				
	N	4	4	4	4			
t	Correlación de Pearson	,007	,680	<b>-,995 **</b>	,044	1		
	Sig. (bilateral)	,993	,320	,005	,956			
	N	4	4	4	4	4		
H <sub>inicial</sub>	Correlación de Pearson	,386	<b>,963 *</b>	-,624	-,600	,688	1	
	Sig. (bilateral)	,614	,037	,376	,400	,312		
	N	4	4	4	4	4	4	
H <sub>final</sub>	Correlación de Pearson	,719	-,268	-,141	-,300	,180	-,017	1
	Sig. (bilateral)	,281	,732	,859	,700	,820	,983	
	N	4	4	4	4	4	4	4

\*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

\*\*.. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Leyenda. H<sub>inicial</sub>: Humedad inicial (%); H<sub>final</sub>: Humedad final (%); t: tiempo de secado (h); k<sub>1</sub> y k<sub>0</sub>: constantes de secado (h<sup>-1</sup>); a y b: constantes del modelo (g)

## CONCLUSIONES

- El ajuste del modelo Dos Términos permite la caracterización del proceso de secado artificial de flores de caléndula, donde el primer término de la ecuación describe la dinámica de salida del agua libre, mientras que el segundo representa la ligada.
- Un contenido humedad remanente en los pétalos superior al 15 % es indicativo de la presencia de agua libre; por lo que el proceso de secado debe continuar hasta alcanzar valores por debajo del 12 % para evitar contaminación de la droga seca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. (1990). Association of Official Analytical Chemists. Official method of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>.

Avello, L.; Arencibia, R. y Hernández, A. I. (2021). Buenas prácticas agrícolas y de recolección para

plantas medicinales en Cuba. Ed. Agroecológica. 74 p. ISBN: 978-959-7248-26-2.

Cruz, D.; Bilbao, O.; Miranda, M.; Ruenes, M.; López, H.; Campos, M.; Tillán, J.; González, M.; Coimbra, M.; Linares, M.; Espronceda, A.; Peña de la Rosa, M.; Hernández, M.; Menéndez, R. y Martín, E. (2017). Formulario Nacional Fitofármacos y Apifármacos. 2da Edición La Habana Cuba. 186 pp. ISBN: 978-959-212-902-3; ISBN: 978-959-313-295-4.

Guiné, R.P.; Fontes, L. y Reis, M. J. (2019). Drying kinetics and mass transfer properties in the drying of thistle flower. *Brazil J. Food Technol.* 22:1-13. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.05119>

Guo, H. L.; Chen, Y.; Xu, W.; Xu, M.T.; Sun, Y.; Wang, X.C.; Wang, X.Y.; Luo, J.; Zhang, H. y Xiong, Y.K. (2022). Assessment of drying kinetics, textural and aroma attributes of *Mentha haplocalyx* leaves during the hot air thin-layer drying process. *Foods*. 11, 784. <https://doi.org/10.3390/foods11060784>

Hernández, Y.O.; Vega, M.; Gordillo, M. C.; Pérez, L. y Duarte, Y. (2021). Caracterización

- cinética del secado de flores de *Matricaria recutita* L. (manzanilla). Revista Cubana de Plantas Medicinales. 26 (2): 11p. Disponible en: <http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/38>
- IBM SPSS. (2004). Statistics Processor. versión 11.5 para Windows. Versión estándar. Disponible en: <https://ibm-spss-statistics-base.up-todown.com/windows>
- Mahmoud, A. M.; Gahory, A.A.; Salaheldin, S. y Saber, W. (2021). Differences in the aroma Profile of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) after different drying conditions. Sustainability.13: 9. <https://doi.org/10.3390/su13095083>
- Matouk, A.M.; El Kholi, M. M.; Tharwat, A. y Marwa, S. (2016). Drying of pot marigold whole flowers and petals under controlled drying air temperature and relative humidity. J. Soil Sci. Agric Eng.7(2):221-30. <http://doi.org/10.21608/jssae.2016.39372>
- NRAG-315. (2015). Plantas medicinales. Frutos y flores desecados. Especificaciones. 9 pp. Disponible en: [https://nconline.disaic.cu/index.php?page=m\\_search\\_norms\\_public.search\\_norms&Block=Cat%E1logo](https://nconline.disaic.cu/index.php?page=m_search_norms_public.search_norms&Block=Cat%E1logo)
- Parhizi, Z.; Karami, H.; Golpour, I.; Kaveh, M.; Szymanek, M.; Blanco-Marigorta, A.M.; Marcos, J.D.; Khalife, E.; Skowron, S. y Adnan, N. (2022). Modeling and optimization of energy and exergy parameters of a hybrid-solar dryer for Basil Leaf Drying Using RSM. Sustainability. 14, 8839. <https://doi.org/10.3390/su14148839>
- Peng, X.; Zhentao, Z.; Xueyuan, P.; Junling, Y.; Xiaoqiong, L.; Tiejian, Y.; Xiaohan, J.; Yaoyang, L.; Olim, A. y Janar, J. (2022). Study on vacuum drying kinetics and processing of the *Lonicera japonica* Thunb. aqueous extracts. LWT - Food Science and Technology. 167(113868): 9 pp. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113868>
- Rodríguez, C. A.; Carballo, C.; Hechevarría, I. y Acosta de la Luz, L. (2005). Ahorro de energía en el secado de plantas medicinales. Revista Cubana de Plantas Medicinales,10 (1). ISSN: 1028-4796.
- Salah, D., Khaled, L.; Fashafsha, M.; Mahmoud, M. y Odeh, S. (2020). Drying rates of Calendula Herb and antioxidant test of ascorbic acid. Proyecto de tesis de grado. An-Najah National University. 2 p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.11888/16824>
- Tarun, B.; Christian, C.; Prieto, M. A.; Rimantas, P.; Daglia, M.; Prasad, H.; Baldi, A.; Mohammed, S.; Gómez, L.; Mahmoud, M.; Campone, L.; Rastrelli, L.; Echave, J.; Mahdi, S. y Cravotto, G. (2022). Effects of different drying techniques on the quality and bioactive compounds of plant-based products: a critical review on current trends. Drying Technology. 24 pp. <https://doi.org/10.1080/07373937.2022.2068028>
- Vega, M.; Ortiz, Y.; Fresneda, J. A.; Morales, M.; Sánchez, Y.; Hernández, Y. O.; Dorado, M.; Torres, M.; Sagayo, I.; González, A. y Estrada, J. (2019). Good Agricultural Practices for Medicinal Plant Production. Editorial INIFAT. 100 p. ISBN: 978-959-7223-27-6.
- Villalba, J. A. y Arzola de la Peña, N. (2015). Modelos matemáticos y experimentales sobre el secado de biomasa. Revista Ingeniería y Desarrollo. 33(2): 30. <http://doi.org/10.14482/inde.33.2.5674>
- Xu, H.; Wu, M.; Wang, Y.; Wei, W.; Sun, D.; Li, D., Zheng, Z. y Gao, F. (2022). Effect of combined infrared and hot air drying strategies on the quality of Chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) cakes: Drying Behavior, Aroma Profiles and Phenolic Compounds. Foods. 11, 2240. <https://doi.org/10.3390/foods11152240>

