

## Caracterización cinética del secado natural de flores de *Calendula officinalis* L. (caléndula)

Kinetic characterization of the natural drying of flowers of *Calendula officinalis* L. (calendula)

Yaisely Orquídea Hernández Fernández<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4941-539X>

Michely Vega León<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9174-0829>

Mirian Catalina Gordillo Orduño<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7272-8098>

Leonor Pérez Rodríguez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0926-4224>

Yurisleisy Duartes Morales<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4599-7847>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt (INIFAT). La Habana, Cuba.

\*Autor para la correspondencia: [quimicapost@inifat.co.cu](mailto:quimicapost@inifat.co.cu)  
[yaisely01@gmail.com](mailto:yaisely01@gmail.com)

### RESUMEN

**Introducción:** Uno de los métodos de conservación más utilizado para la caléndula durante la poscosecha es el secado. La descripción matemática del proceso es aún temática en estudio, debido a que la caracterización del fenómeno físico depende de la especie vegetal, composición química, aspectos botánicos, entre otros.

**Objetivo:** Caracterizar la cinética del secado natural de flores de caléndula.

**Métodos:** En el proceso de secado natural los parámetros termodinámicos promedios fueron  $27,7 \pm 3,3$  °C de temperatura y  $82,6 \pm 10,6$  % de humedad relativa. Se determinó peso y humedad inicial de flores cosechadas, a través del método gravimétrico. Se aplicaron seis modelos matemáticos para la

caracterización cinética y el coeficiente de difusión se obtuvo a través de la solución analítica de la segunda ley de Fick.

**Resultados:** La dinámica de salida de humedad de capítulos florales comenzó con remoción del agua libre, extracción que tuvo diferentes tiempos de duración, evidenciado cambios en la pendiente de cada curva. En relación con los tiempos de proceso se constató que la humedad relativa limitó en mayor cuantía la capacidad de adsorción del aire y generó retrasos en migración del agua en el capítulo floral.

**Conclusiones:** La investigación demostró que el **modelo de doble** exponencial (Dos Términos) describe la cinética del secado natural de flores de caléndula, en que el primer término de la ecuación caracteriza la dinámica de salida del agua libre, y el segundo representó el agua ligada. Aunque la tecnología logró disminuir el contenido de humedad; este proceso se realizó en ambiente muy húmedo, donde el aire tuvo muy baja capacidad de adsorción y generó retrasos de migración del agua en el capítulo floral.

**Palabras clave:** dinámica de extracción; flores; deshidratación natural

## ABSTRACT

**Introduction:** The calendula is one of the medicinal plants of the Basic Square of Public Health of Cuba. One of the used conservation methods in this species during the period postharvest is the drying. The mathematical description of this process is still a topic under study, because the characterization of this physical phenomenon depends on the plant species, its chemical composition, botanical aspects, among others.

**Objective:** To characterize the kinetics of the natural drying of calendula flowers.

**Methods:** In the process of natural drying the parameters thermodynamic averages were  $27,7 \pm 3,3$  °C of temperature and  $82,6 \pm 10,6\%$  of relative humidity. It was determined the weight and the initial moisture of the harvested flowers, through the method gravimetric. The models were applied of: Lewis, Page, modified Page, Henderson and Pabis, Approach to the diffusion and Model Two

Terms for the kinetic characterization. The diffusion coefficient was obtained through the analytic solution of the second law of Fick.

**Results:** The dynamics of exit of humidity of floral chapters began with removal of the free water, extraction that had different times of duration, evidenced changes in the slope of every curve. Relating to times of process it was verified that the relative humidity limited in bigger quantity the capacity of adsorption of air and he generated delays in migration of the water in the floral chapter.

**Conclusions:** The investigation demonstrated that the pattern of Two Terms describes the kinetics of the natural drying of the calendula flowers, where the first term of the equation characterizes the dynamics of exit of the free water, while the second it represented the bound one. Nevertheless, although the technology achieved the decrease of the content of moisture; this process was carried out in a very humid atmosphere, where the air had very low capacity of adsorption and it generated delays in the migration of the water in the floral chapter.

**Keywords:** extraction dynamics, flowers, natural dehydration

Recibido: 24/11/2022

Aceptado: 29/05/2023

## Introducción

La *Calendula officinalis* L. (caléndula) es una de las plantas medicinales del Cuadro Básico de Salud Pública de Cuba.<sup>(1)</sup> Entre los métodos de conservación más utilizados de esta especie durante el período poscosecha se encuentra el secado. Dicho proceso logra la inhibición del crecimiento microbiano y previene ciertos cambios bioquímicos en la droga vegetal.

En este procedimiento intervienen diversos factores como son las características morfológicas de la planta u órgano a deshidratar. En este sentido, la forma aplanada de varias hojas provoca que estas se adhirieran

unas a otras y se limite el espacio para el paso del aire durante la deshidratación, lo cual genera variabilidad en la velocidad del proceso.<sup>(2)</sup> En cambio, las semillas tienen un comportamiento totalmente diferente, debido a que la migración de la humedad depende de la geometría del sistema, que en ese caso es radial por la forma esférica que presentan estos materiales.<sup>(3)</sup>

A su vez, en flores pertenecientes a diferentes familias se ha abordado la temática de la caracterización cinética, y para ello han utilizado la modelación matemática para describir el comportamiento del proceso de secado, independiente de si se emplea en la deshidratación una tecnología natural o artificial.<sup>(4)</sup>

El modelado de la cinética de secado no es sencillo y aún en la actualidad se continúan las investigaciones en este sentido. Esto se debe principalmente a la complejidad inherente al proceso simultáneo de transferencia de masa y energía que ocurre durante la deshidratación, así como a la variabilidad de los compuestos biológicos sobre los que se aplican estas funciones matemáticas. Estos modelos empíricos, semiempíricos y experimentales, son representaciones de los procesos reales con distintos niveles de descripción que relacionan siempre el carácter del fenómeno físico, en este caso el secado. Su ajuste matemático depende de la tecnología, los parámetros termodinámicos, la especie vegetal en estudio, su composición química y aspectos botánicos. De ahí la importancia que se realice la cinética de manera individual, por lo que el objetivo de la investigación fue caracterizar la cinética del secado natural de flores de caléndula.

## 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. En una primera etapa se establecieron los semilleros para la obtención de las posturas de caléndula. Las plántulas fueron trasplantadas a los 30 días cuando alcanzaron los 10 cm

de altura, en el mes de diciembre de 2020, hacia parcelas experimentales de 7 m<sup>2</sup> de dimensión.

Las tres cosechas de flores se efectuaron según las instrucciones descrita por el *Manual de Cultivo*.<sup>(5)</sup> Al inicio de cada proceso de secado se determinó el contenido de humedad por el método gravimétrico.<sup>(6)</sup> En los ensayos de secado natural se emplearon bandejas con fondo de malla metálica con orificios de 1 mm de abertura y dimensiones de 0,59 x 0,4 x 0,075 m cada una, donde se extendieron las flores frescas y se colocaron en un lugar con semisombra.

La pérdida de peso se evaluó cada 24 h, para ello se utilizó una balanza de marca OHAUS Explorer China con una sensibilidad de 0,001 ± 2 g. El tiempo de secado se midió con un cronómetro y se estableció a partir del periodo transcurrido entre la colocación inicial de las flores en las bandejas y el peso constante durante dos pesadas consecutivas (tabla 1).

**Tabla 1-** Condiciones utilizadas en el secado natural de la caléndula (*Calendula officinalis* L.)

Procesos	Peso inicial (g)	Contenido de humedad (% bh)	Parámetros termodinámicos empleados en cada proceso
1	117,2	85,95	27,7 ± 3, 3 °C de temperatura ambiental 82,6 ± 10,6 % de humedad relativa
2	182,5	86,10	
3	161,5	85,89	

### Cinética del proceso

Una vez obtenidos los diferentes valores de pérdida de peso en el tiempo de secado (t), se ajustaron los datos a varias funciones matemáticas experimentales para obtener el modelo de mejor comportamiento y, a su vez, la constante de secado (k) (tabla 2). La calidad del ajuste se evaluó por medio del mayor coeficiente de correlación lineal (R<sup>2</sup>) y el menor porcentaje de error medio relativo (% E).

**Tabla 2 - Modelos matemáticos utilizados para describir el proceso de secado**

Ecuación	Modelo <sup>(7)</sup>
$MR = e^{-kt}$	Lewis
$MR = e^{-kt^n}$	Page
$MR = e^{(-kt)^n}$	Page modificado
$MR = a * e^{-kt} + (1 - a) * e^{(-k*B*t)}$	Aproximación a la difusión
$MR = a * e^{-kt}$	Henderson y Pabis
$MR = a * e^{-k_1t} + b * e^{-k_2t}$	Modelo Dos Términos

Dónde: MR: pérdida de peso (g); t: tiempo de secado (h); k, k<sub>1</sub> y k<sub>2</sub>: constantes de secado (h<sup>-1</sup>)  
a, b, B y n: son coeficientes de ajuste.

### Coeficiente de difusión

En la determinación del coeficiente de difusión (D) se consideró que el movimiento difusional del agua en las flores se efectúa de manera plana y para ello se empleó la ecuación 1<sup>(8)</sup>

$$D_{eff} = \frac{k4\delta^2}{\pi^2} \quad (1)$$

Donde:

Donde:

D: coeficiente de difusión (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>); δ: espesor de la flor (m); π: constante

El espesor se determinó a partir de 50 flores colectadas y medidas con un pie de rey con 0,05 mm de precisión. Posterior al proceso de secado a las flores se les determinó la humedad nuevamente por el método gravimétrico.

Todos los resultados se procesaron estadísticamente, a través de la correlación entre las variables medidas y calculadas. El paquete estadístico utilizado fue el SPSS versión estándar 11.5 del 2004 para Windows.

En la tabla 3 se muestran los coeficientes obtenidos para cada modelo y proceso de secado, así como los estadígrafos correspondientes.

**Tabla 3** - Coeficientes de cada modelo matemático y parámetros cinéticos obtenidos en cada proceso de secado

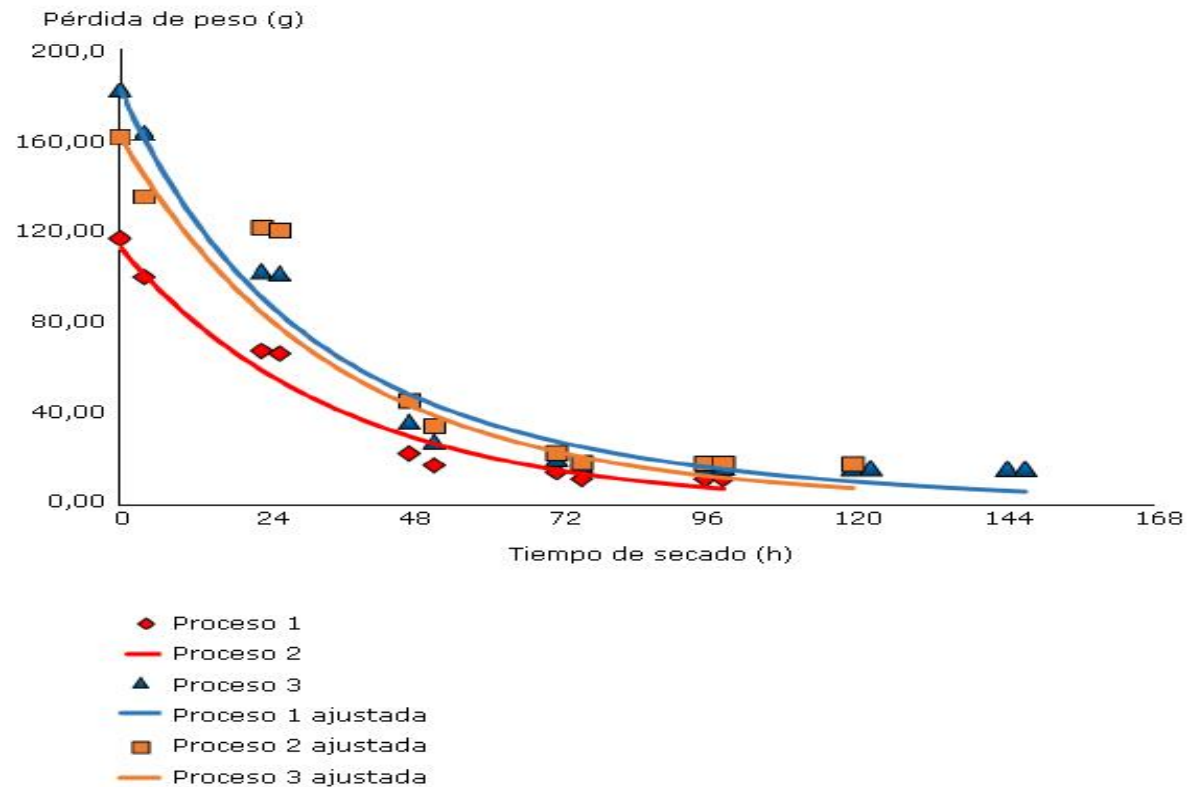
Modelos	1			2			3		
	Coeficientes	R <sup>2</sup>	%E	Coeficientes	R <sup>2</sup>	%E	Coeficientes	R <sup>2</sup>	%E
Lewis	k = 0,030	- 1,61	20,02	k = 0,005	- 0,82	75,83	k = 0,025	- 0,36	27,26
Page	k = 0,030 n = 0,49	- 1,62	98,34	k = 0,025 n = 0,05	- 0,83	76,25	k = 0,025 n = 0,05	- 0,37	98,63
Page modificado	k = 1*10 <sup>-4</sup> n = 1,00	- 1,59	95,75	k = 1*10 <sup>-5</sup> n = 1,00	- 0,82	74,65	k = 2,5*10 <sup>-5</sup> n = 1,00	- 0,36	97,12
Aproximación a la difusión	k = 0,030 a = 121,0 B = 44,0	- 0,07	31,98	k = 0,031 a = 200,0 B = 86,90	0,26	17,88	k = 0,030 a = 200,0 B = 19,0	0,19	35,66
Henderson y Pabis	k = 0,030 a = 117,22	0,86	22,37	k = 0,030 a = 182,50	0,97	27,65	k = 0,025 a = 161,54	1,00	25,80
Dos términos	k <sub>1</sub> = 0,030 k <sub>2</sub> = 0,025 a = 64,31 b = 48,84	0,87	22,00	k <sub>1</sub> = 0,045 k <sub>2</sub> = 0,018 a = 95,50 b = 86,90	0,97	22,47	k <sub>1</sub> = 0,030 k <sub>2</sub> = 0,010 a = 150,00 b = 12,00	1,00	25,46
Tiempo de secado (h)	98			147			119		

Humedad Final (%bs)	8,93	10,31	7,73
Coeficientes de difusión de acuerdo al modelo Dos Términos (m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )	D <sub>1</sub> = 4,99*10 <sup>-10</sup> D <sub>2</sub> = 4,15*10 <sup>-10</sup>	D <sub>1</sub> = 7,42*10 <sup>-10</sup> D <sub>2</sub> = 2,97*10 <sup>-10</sup>	D <sub>1</sub> = 4,94*10 <sup>-10</sup> D <sub>2</sub> = 1,65*10 <sup>-10</sup>

k, k<sub>1</sub> y k<sub>2</sub>: constantes de secado (h<sup>-1</sup>); a, b, B y n: son coeficientes de ajuste.

La figura 1 muestra las curvas de secado natural de flores de caléndula (*Calendula officinalis* L.) ajustadas al modelo (Dos términos) de mejor comportamiento





**Fig. 1** - Comportamiento de curvas del secado de flores de caléndula ajustadas al modelo Dos Términos.

La tabla 4 muestra la evidencia de resultados del modelo Dos Términos utilizado en cada proceso de secado según las correlaciones existentes entre las variables medidas y calculadas.

**Tabla 4:** Correlaciones entre las variables medidas y calculadas a partir del modelo Dos Términos en cada proceso de secado

Estadígrafos		P inicial	H inicial	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	a	b	Tiempo	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	H final
a	Correlación de Pearson	0,540	-0,423	-0,155	-0,993	1	-	-	-	-	-
	Sig. (bilateral)	0,637	0,722	0,901	0,075	-	-	-	-	-	-
	Covarianza	781,4	-0,020	-0,058	-0,323	1880,9	-	-	-	-	-
D <sub>1</sub>	Correlación de Pearson	0,735	0,966	1,000*	0,056	-0,173	0,879	0,897	1	-	-
	Sig. (bilateral)	0,474	0,168	0,011	0,964	0,890	0,316	0,292	-	-	-
	Covarianza	34,757	0,001	0,012	0,001	-10,6	46,680	31,243	2,010	-	-
D <sub>2</sub>	Correlación de Pearson	-0,640	0,308	0,032	1,000**	-0,992	0,520	-0,398	0,050	1	-
	Sig. (bilateral)	0,558	0,801	0,979	0,004	0,079	0,652	0,740	0,968	-	-
	Covarianza	-26,7	0,000	0,000	0,009	-53,82	24,3	-12,2	0,089	1,564	-
H final	Correlación de Pearson	-0,834	-0,912	-0,990	0,103	0,014	-0,793	-0,955	-0,987	0,109	1
	Sig. (bilateral)	0,373	0,269	0,090	0,934	0,991	0,417	0,191	0,101	0,931	-
	Covarianza	-11,8	0,000	-0,004	0,000	0,265	-12,6	-9,997	-0,596	0,058	0,181

\*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral) \*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

H<sub>inicial</sub> y H<sub>final</sub>: Humedad inicial y final (%); P<sub>inicial</sub>: Peso inicial (g); t: tiempo de secado (h) k<sub>1</sub> y k<sub>2</sub>: constantes de secado (h<sup>-1</sup>)

a y b: constantes del modelo (g); D<sub>1</sub> y D<sub>2</sub>: coeficientes de difusión (m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>)

## Discusión

El modelo Dos Términos seleccionado como el de mejor ajuste para describir el secado natural de flores de caléndula, no es más que una exponencial doble de cuatro parámetros. De esta manera se asoció el primer término de esta ecuación matemática a la dinámica de salida del agua libre ( $k_1$  y  $D_1$ ), mientras que el segundo caracterizó la ligada ( $k_2$  y  $D_2$ ).

Lo anterior se basa en que estos procesos de deshidratación en una primera etapa extraen el agua libre y se caracterizan por una tasa constante de secado, siempre y cuando haya la cantidad de agua suficiente en la superficie para acompañar la evaporación. En cambio, durante la salida del agua ligada ocurre una reducción de la migración de la humedad, lo cual provoca que la transferencia de calor no sea compensada con la transferencia de masa que al final deriva en un retardo en la culminación del secado.<sup>(9)</sup>

Las curvas resultantes presentaron un comportamiento decreciente, lo que demostró la irreversibilidad del proceso de deshidratación. Tampoco se constató el periodo de estabilización reportado para las isoterms típicas de secado, lo cual se debe a que este es un periodo de calentamiento inicial que no se evidencia en la mayoría de los materiales vegetales, debido a su corta duración.<sup>(10)</sup>

La dinámica de salida de humedad de los capítulos florales comenzó con la remoción del agua libre. Esta se encuentra menos ligada al sistema biológico y es sensible a cambios en los parámetros físicos como la fluctuación de la temperatura.<sup>(3)</sup> De ahí, que fuera la primera agua que se extrajo durante la deshidratación.

Este comportamiento se expresó como una línea recta al inicio del secado, debido a la alta velocidad de evaporación generada en ese momento. Dicha extracción tuvo diferentes tiempos de duración, evidenciado a través de un cambio en la pendiente de cada curva de proceso, lo cual pudo estar asociado a las variaciones identificadas en el peso y el contenido de humedad inicial de las flores.<sup>(2,3,4,5,6,7,8,9,10,11)</sup>

Luego del punto de inflexión de cada curva se constató el comienzo de la extracción del agua ligada. Esta, a diferencia de la libre, se encuentra entre el citoplasma y las vacuolas en sitios de adsorción con enlaces relativamente fuertes, por lo cual su remoción requirió de un mayor tiempo de proceso.<sup>(12)</sup> Sin embargo, posterior al cambio en la pendiente, la deshidratación continuó a menor velocidad y solo dependió de los parámetros termodinámicos del aire. Esto significó que la cantidad de vapor de agua presente en cada secado fue variable y no siempre incrementos de temperatura se asociaron a mayor velocidad.

Los tiempos de proceso alcanzados fueron menores a los obtenidos en otros estudios para esta misma especie en condiciones de secado al sol.<sup>(13)</sup> Los órganos frágiles como las flores se deben secar a temperaturas entre los 20 y 40 °C y con ello se garantiza la aceleración de la pérdida de peso. Sin embargo, cuando se depende de los parámetros termodinámicos ambientales, se pudo constatar que la humedad relativa jugó un papel fundamental, debido a que limita en mayor cuantía la capacidad de adsorción del aire y por tanto genera retrasos en la migración del agua en el capítulo floral.<sup>(11,14)</sup>

El análisis estadístico correlacionó significativamente los coeficientes de difusión con las dos constantes de secado ( $k_1$  y  $k_2$ ), de ahí que el proceso con mayor "k", fue en el que mayor cantidad de agua se difundió. Esto se debe a que este parámetro indica la velocidad de salida del agua asociada al incremento de la temperatura, lo cual puede o no favorecer el movimiento de la humedad a través de los capilares de la flor.<sup>(15,16)</sup>

Al igual que la *Matricaria recutita* L. (manzanilla) y el *Tagetes erecta* L. (marigol), la caléndula está compuesta por una inflorescencia en forma de capítulo y el ajuste matemático realizado demostró que para la descripción cinética del secado es necesario dos coeficientes de difusión, lo cual reafirma la heterogeneidad del sistema que forma la flor respecto a otros órganos de las plantas.<sup>(8,11)</sup>

Coefficientes de difusión menores a los obtenidos en el presente estudio son reportados para *Cynara cardunculus* L. (flor de cardo) y *Matricaria recutita* L. (manzanilla), durante el secado natural de ambas flores.<sup>(4,8)</sup> Dicho comportamiento

es característico de procesos de deshidratación llevados a cabo en ambientes muy húmedos, donde el aire tiene muy baja capacidad de adsorción.

En este sentido, la combinación de los factores alta humedad relativa y baja temperatura propiciaron un flujo lento de agua hacia la atmósfera exterior; lo cual unido a los elevados contenidos de humedad en la flor, redundaron en una mayor cantidad de agua a evaporar por unidad de energía.<sup>(2)</sup> Esto confirmó que la variabilidad en la difusión no solo depende de las condiciones de secado, sino también de la estructura y la composición del material vegetal.

Por otra parte, el contenido de humedad inicial mostró una alta correlación positiva no significativa con la primera constante de secado ( $k_1$ ). Este parámetro representa la velocidad del proceso de deshidratación y la correspondencia identificada indicó la salida de la humedad disponible en la caléndula, es decir, el agua libre.

De igual manera, la constante  $a$ , no mostró ningún nivel de significación, pero evidenció otra de las más altas correlaciones con los parámetros del segundo término del modelo, en este caso la constante de secado ( $k_2$ ) y el coeficiente de difusión ( $D_2$ ). Dicho parámetro depende de las características del producto, de ahí que las variaciones obtenidas se asociaran a la cantidad de agua ligada remanente en correspondencia con la presencia de pétalos con cutículas de diferentes grosores. En este sentido, el resultado definió la alta relación que existe entre la superficie y el volumen de la flor, factores que determinan el proceso de transpiración y por ende condicionaron la velocidad de salida del agua de la inflorescencia.<sup>(17)</sup>

En conclusión, el estudio demostró que el modelo de Dos Términos describe la cinética del secado natural de las flores de *Calendula officinalis* L. (caléndula), en el que el primer término de la ecuación caracteriza la dinámica de salida del agua libre, mientras que el segundo representó la ligada. No obstante, aunque la tecnología logró la disminución del contenido de humedad; este proceso se realizó en un ambiente muy húmedo, donde el aire tuvo muy baja capacidad de adsorción y generó retrasos en la migración del agua en el capítulo floral.

Esta investigación abre una nueva línea de trabajo que aporta elementos importantes para conocer la cinética de secado en las flores de *Calendula officinalis*

L. (caléndula), al definir aspectos técnicos a considerar a la hora de desarrollar o emplear la tecnología de deshidratación natural en esta especie en las diferentes fincas de plantas medicinales, donde se tenga como primicia la conservación del principio activo de interés en la droga.

## Referencias bibliográficas

1. Vega M, Ortiz Y, Fresneda JA, Morales M, Sánchez Y, Hernández YO, et al. Good agricultural practices for medicinal plant production. La Habana: Editorial INIFAT; 2019. pp.100
2. Hernández YO, Socorro A, Calderón S, Vega M. Caracterización de la cinética del secado solar en hojas de tilo (*Justicia pectoralis* J. var. *pectoralis*). Rev Cubana Física. 2018 [acceso 15/06/2022];35(2):102-7. Disponible en: <http://www.fisica.uh/biblioteca/revcubfi/index.htm>
3. Socorro A.; Vega M, Calderón S. Estudio de las propiedades termodinámicas del sistema semilla-atmósfera mediante modelos de equilibrio higroscópico. Rev Cubana Física. 2010 [acceso 15/06/2022]; 27(2b):257-62. Disponible en: <http://www.fisica.uh/biblioteca/revcubfi/index.htm>
4. Guiné RP, Fontes L, Reis MJ. Drying kinetics and mass transfer properties in the drying of thistle flower. Brazil J Food Technol. 2019;22:1-13.DOI: [10.1590/1981-6723.05119](https://doi.org/10.1590/1981-6723.05119)
5. Fuentes V, Lemes C, Rodríguez C, Germosén L. Manual de cultivo y conservación de plantas medicinales. 2d. Ed. La Habana: Centenario S.A.; 2000.152 p.
6. Association of Official Analytical Chemists. Official method of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. AOAC. 1990 [acceso 15/06/2022] Disponible en: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>.
7. Villalba JA, Arzola de la Peña N. Modelos matemáticos y experimentales sobre el secado de biomasa. Ingeniería y Desarrollo. 2015;33(2):30. DOI: [10.14482/inde.33.2.5674](https://doi.org/10.14482/inde.33.2.5674)

8. Hernández YO, Vega M, Gordillo MC, Pérez L, Duarte Y. Caracterización cinética del secado de flores de *Matricaria recutita* L. (manzanilla). Revista Cubana de Plantas Medicinales. 2021b [acceso 10/06/2022];26(2):11 p. Disponible en: <http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/38>
9. Otazu I. Influencia de la temperatura y tiempo de secado en la calidad de las hojas de *Cymbopogon Citratus* D.C. STAF. Brasil. Universidade Federal de Viçosa;2010. [acceso 15/07/2022];30 pp. Disponible en: <https://core.ac.uk>
10. Lisboa C, Gomes JP, Figueirêdo MF, Queiroz J de M, Diógenes A de M. G, Melo CS. Effective diffusivity in yacon potato cylinders during drying. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2018;22(8):564-569. DOI: [10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p564-569](https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p564-569)
11. Garnai M, Borda DD, Vizireanu C, Mihalcea LI. Temperature influence on the *Tagetes erecta* L. Flowers dehydratation process. J Agroalim Process Technol. 2017 [acceso 15/07/2022];23(1):52-8. Disponible en: [https://www.journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/57992LX10\\_Garnai\\_manuscrip\\_2017\\_52-58.pdf](https://www.journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/57992LX10_Garnai_manuscrip_2017_52-58.pdf)
12. Rodríguez CA, Carballo C, Hechevarría I, Acosta de la Luz L. Ahorro de energía en el secado de plantas medicinales. Revista Cubana de Plantas Medicinales. 2005 [acceso 25/08/2022];10(1):1028-4796. Disponible en: <https://scielo.sld.cu>
13. Khater ES, Bahnasawy AH, Hamouda RM. Dehydration of chamomile flowers under different drying conditions. J Food Process Technol. 2019;10(803):1-7 DOI: [10.4172/2157-7110.1000803](https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000803)
14. López N, Andrade MM, Martínez HA. Modelamiento matemático de la cinética de secado de espagueti enriquecido con pulpa de zapallo deshidratada (*Cucurbita moschata*). U.D.C.A. 2019;22(1):11. DOI: [10.31910/rudca.v22.n1.2019.1151](https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1151)
15. Goneli AL, Vieira MC, Vilhasanti CB, Gonçalves AA. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. Pesquisa Agropecuária Tropical. 2014;(44):56-64. DOI: [10.1590/S1983-40632014000100005](https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000100005)
16. Lara E, Osorio P, Jiménez A, Bautista S. Contenido nutricional, propiedades funcionales y conservación de flores comestibles. Revisión de Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2013 [acceso 9/09/2022]; 63(3): 197-208 p. Disponible en: <http://www.alanrevista.org>

17. Alves JJ, Cordeiro de Sousa F, Trindade AP, Nobre J, Palmeira J. Estudio da cinética de secagem de folhas de *Bauhinia Cheilantha* Bong. Steud. (mororó). Rev Cubana Plant Medic. 2015 [acceso 9/09/2022]; 20(4):397-408. Disponible en: <http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/241>

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

### **Contribuciones de los autores**

*Conceptualización:* Yaisely Orquídea Hernández Fernández.

*Análisis formal:* Yaisely Orquídea Hernández Fernández.

*Análisis formal:* Michely Vega León.

*Investigación:* Mirian Catalina Gordillo Orduño.

*Investigación:* Leonor Pérez Rodríguez.

*Investigación:* Yurisleisy Duartes Morales.

*Metodología:* Michely Vega León.

*Metodología:* Mirian Catalina Gordillo Orduño.

*Supervisión:* Yaisely Orquídea Hernández Fernández.

*Supervisión:* Mirian Catalina Gordillo Orduño.

*Redacción - borrador original:* Yaisely Orquídea Hernández Fernández.

*Redacción del borrador original:* Michely Vega León.

*Redacción del borrador original:* Mirian Catalina Gordillo Orduño.

*Redacción - revisión y edición:* Yaisely Orquídea Hernández Fernández.