

## Secado natural y calidad de extractos fluidos de *Caléndula officinalis* L. con composición cromática diferente

Natural drying and quality of fluid extracts of *calendula officinalis* L. with different colour composition

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>

Anilcie Eliany Calderón Inerarity<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2305-6280>

<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:** Los extractos fluidos a partir de flores de caléndula forman parte del arsenal terapéutico para diferentes formulaciones. De ahí, que sea de vital importancia conocer cómo la tecnología de secado puede influir en el cumplimiento de estándares de calidad de fitofármacos.

**Objetivo:** Caracterizar influencia del proceso de secado natural de flores de caléndula sobre la calidad del extracto fluido.

**Métodos:** Se utilizaron cuatro etapas en el manejo poscosecha: cosecha, separación por composición cromática, secado y obtención de extractos hidroalcohólicos por Soxhlet. La deshidratación temperatura y humedad relativa promedio fueron de  $28,3 \pm 0,7$  °C y  $60,4 \pm 9,6$  %, respectivamente y se evaluó intercambio masa-energía y mecanismos de difusión. Las soluciones hidroalcohólicas obtenidas de ambas flores

fueron caracterizadas a través de propiedades físico-químicas y fitoquímicas.

**Resultados:** En el secado se observó una pérdida por encima del 78 % del peso inicial de cada flor posterior a las 72 h. Los cambios identificados en composición cromática luego del secado evidenciaron oscurecimiento de pétalos por acción de parámetros termodinámicos. Los extractos presentaron olor aromático característico y transparencia definida. Los metabolitos secundarios evaluados que sufrieron alguna modificación fueron las cumarinas y saponinas, mientras el resto mantuvo composición química inicial independientemente de condiciones de secado.

**Conclusiones:** El gradiente térmico generado durante secado natural posibilita la deshidratación de flores y conservación de mayoría de metabolitos secundarios de interés como flavonoides en el extracto, por lo que cumplen con estándares de calidad para su uso como droga vegetal. Sin embargo, la utilización de flores amarillas de caléndula en la extracción con alcohol al 70 %, genera fitoextractos con mejores propiedades físico-químicas y fitoquímicas en estado fresco o seco con respecto a las anaranjadas.

**Palabras clave:** cinética; caléndula; deshidratación; extractos vegetales

## ABSTRACT

**Introduction:** Calendula is one of the 71 medicinal species authorized by the Basic Health Framework of Cuba. The fluid extracts of its flowers are part of the therapeutic arsenal to obtain different formulations. Hence, it is vitally important to know how drying technology can influence compliance with phytopharmaceutical quality standards.

**Objective:** To characterize the influence of the natural drying process of calendula flowers on the quality of the fluid extract.

**Methods:** Four stages were used in post-harvest handling: manual harvesting of flower parts, separation by chromatic composition, natural drying, and obtaining extracts by the Soxhlet method with 70% alcohol for 6 h. In dehydration, the average temperature and relative humidity were  $28.3 \pm 0.7$  °C and  $60.4 \pm 9.6$  %, respectively, and mass-energy exchange and diffusion mechanisms were evaluated. The hydroalcoholic solutions obtained from fresh and dried flowers were characterized through physicochemical and phytochemical properties.

**Results:** In drying observed him a loss over 78 % of the initial weight of every posterior flower to the 72 h. The changes identified in chromatic composition right after drying

evidenced darkening of petals for action of thermodynamic parameters. The abstracts presented aromatic characteristic odour and defined transparency. The evaluated secondary metabolites that suffered any modification were coumarins and saponins, while the rest held initial chemical composition regardless of conditions of drying.

**Conclusions:** The thermal gradient generated during natural drying allows the dehydration of flowers and the preservation of most of the secondary metabolites of interest such as flavonoids in the extract, so they meet quality standards for their use as a plant drug. However, the use of yellow calendula flowers in extraction with 70% alcohol generates phytoextracts with better physicochemical and phytochemical properties, both in fresh and dry state, compared to orange ones.

**Keywords:** kinetics; calendula; dehydration; plant extracts

Recibido: 24/07/2022

Aceptado: 29/05/2023

## Introducción

En la conservación de especies medicinales es muy común utilizar el secado para eliminar el exceso de humedad presente y así inhibir el crecimiento de los microorganismos que causan su deterioro.<sup>(1)</sup> La deshidratación resulta más o menos sencilla en función de la tecnología utilizada o del órgano a deshidratar. Las hojas y las flores son generalmente fáciles de tratar, no así los tallos y las ramas. No obstante, en cualquiera de los casos, el agua es el líquido evaporado y por lo general el aire es el agente secante que se emplea.

Las plantas medicinales se pueden deshidratar de forma artificial o natural, con una mayor ventaja para este último proceso, debido a su facilidad de realización y el mínimo de gastos en los que se incurre. Sin embargo, es necesario evitar este tipo de deshidratación cuando las condiciones de temperatura son bajas y la humedad relativa sea alta, debido a que se puede comprometerse la calidad.

La *Caléndula officinalis* L. (caléndula) es una especie medicinal perteneciente a la familia Asteraceae con amplias aplicaciones en el tratamiento de diferentes

dolencias.<sup>(2)</sup> Se caracteriza por presentar las flores dispuestas en una inflorescencia compuesta denominada capítulo, la cual se haya rodeada de una o más filas de brácteas.<sup>(3)</sup>

De acuerdo a las diversas coloraciones y características de la flor existen variedades tales como: *Alfa* (naranja oscuro), *Sun Glow* (amarilla brillante), *Lemon* (amarillo pálido), *Orange Prince* (naranja), *Indian Prince* (naranja rojizo oscuro), entre otros. En Cuba, el cultivo ampliamente difundido en las diferentes fincas de plantas medicinales es el *fiesta gitana*, el cual se caracteriza por presentar flores con colores que van desde el amarillo hasta el anaranjado.<sup>(3)</sup> En este sentido, la variabilidad de colores en esta planta obliga a determinar los estándares que garantizan un fitofármaco de calidad.

Por otro lado, los extractos fluidos de caléndula son una de las varias formulaciones reconocidas en el Formulario Nacional de Fitofármacos y Apifármacos de Cuba y pueden ser obtenidos mediante un proceso de extracción al que se somete la flor fresca o seca, con algún tipo de solvente.<sup>(4)</sup> Es por ello que la calidad del material es determinante en el proceso.

En la elaboración de dichas formulaciones cuando la materia prima procede de flores secas, el secado es un punto crítico en el procesamiento.<sup>(5)</sup> Esto se debe a que el contenido de humedad y los metabolitos secundarios son propiedades que determinan la calidad y cualquier afectación que sufran alguna de ellas, no es posible corregirla en etapas posteriores.<sup>(2)</sup> El empleo de materias primas deshidratadas tiene como ventaja fundamental la disminución de los riesgos asociados a la contaminación que pueden sufrir los capítulos florales debido a la cantidad de agua libre que poseen. El objetivo de esta investigación fue caracterizar la influencia del proceso de secado natural de las flores de caléndula sobre la calidad del extracto fluido.

## 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. Estas fueron trasplantadas cuando la plántula alcanzó 10 cm de altura.

El cultivo se estableció en el mes de diciembre en parcelas experimentales de 7 m<sup>2</sup>, con una mezcla de humus de lombriz con suelo ferralítico Rojo en proporción (1:1) y una distancia de siembra de 35 x 90 cm.

El órgano a cosechar fueron las flores (inflorescencias o capítulos enteros) y se inició a partir de los 105 días de establecido el cultivo según las instrucciones descrita por el *Manual de Cultivo*.<sup>(6)</sup> Este procedimiento se efectuó de forma escalonada a medida que las flores se abrían y cuando se había eliminado el rocío. Al inicio se les determinó contenido de humedad y color (composición cromática), a través de métodos gravimétrico<sup>(7)</sup> y de CIELAB, respectivamente.

Luego se realizó un agrupamiento de las flores con composición cromática similar y a partir de ellas se obtuvieron extractos fluidos por el método de Soxhlet con alcohol al 70 % durante unas 6 h.<sup>(8)</sup>

La solución derivada se caracterizó a partir de las técnicas analíticas siguientes:

### **Determinación del pH**

Se realizó por el método potenciométrico y para ello se empleó un pHmetro de marca HANNA Italia. El equipo se ajustó con las diferentes soluciones reguladoras de pH y posteriormente se determinó el valor del pH de la muestra.

### **Determinación del color:**

Las coordenadas de color se determinaron con el empleo del medidor espectral de colores Konica México Minolta CR - 400. El espacio que se utilizó para medir la composición cromática fue L\*a\*b\* (CIELAB), donde L\* indica la luminosidad, a\* y b\* son coordenadas de color.

### **Determinación de los sólidos totales**

Las soluciones se depositaron en una cápsula previamente tarada 5 mL del extracto fluido. Estas se colocaron en una plancha de calentamiento y se evaporó el solvente hasta la sequedad. Luego se dejó enfriar en una desecadora hasta que alcanzó la temperatura ambiente. Posteriormente se pesó el residuo y por diferencia de pesada se obtuvieron los sólidos totales.

## Determinación del índice de refracción

Sobre el prisma de medición del refractómetro manual de marca LABOLAN (REF: 343), se colocó una gota de extracto y se procedió a evaluar el índice de refracción. Luego se hizo la corrección matemática.

## Determinación de la densidad

La técnica operatoria para determinar la densidad fue la de picnometría, descrita en la Norma Ramal del Ministerio de Salud Pública.<sup>(9)</sup>

## Identificación de familia de compuestos

A partir de la técnica de tamizaje fitoquímico se realizó la identificación de familias de compuestos.<sup>(9)</sup> En cada uno de los ensayos se tomó como muestra entre 1 y 2 mL del extracto fluido.

## Proceso de secado

En los ensayos de secado natural se emplearon bandejas con fondo de malla metálica con 1 mm de abertura y dimensiones de 0,59 x 0,4 x 0,075 m cada una. En estas se extendieron 43,2 g de capítulos florales amarillos y en bandejas independientes se distribuyeron 13,3 g de flores anaranjadas, para una masa total de 56,5 g. Posterior a ello se colocaron en un lugar con semisombra. La temperatura ambiental promedio fue de  $28,3 \pm 0,7$  °C y la humedad relativa de  $60,4 \pm 9,6$  %.

En el proceso de secado se evaluó la pérdida de peso cada 2 h, para ello se utilizó una balanza de marca OHAUS Explorer con una sensibilidad de 0,001 g. El tiempo de secado se estableció como el período transcurrido desde la determinación del peso inicial hasta alcanzar el peso constante, medido con un cronómetro.

## Cinética de secado

En la caracterización cinética del proceso se ajustaron los valores de pérdida de peso (MR) en el tiempo (t) al modelo matemático

Dos términos (ecuación 1).<sup>(5)</sup>

$$MR = ae^{-k_1 t} + be^{-k_2 t} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

MR: pérdida de peso (g)

t: tiempo de secado (h)

$k_1$  y  $k_2$ : constantes de secado ( $h^{-1}$ )

a y b: constantes del modelo (g)

### Coefficiente 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, por lo cual se empleó la ecuación 2.<sup>(5)</sup>

$$D_{eff} = \frac{k_1 4 \delta^2}{\pi^2} \quad \text{ecuación (2)}$$

Donde:

D: coeficiente de difusión ( $m^2 \cdot s^{-1}$ )

$\delta$ : espesor de la flor (m)

$\pi$ : constante

t: tiempo de secado (s)

El espesor de las flores se determinó a partir de 50 flores colectadas y medidas con un pie de rey con 0,05 mm de precisión. El ajuste de los datos experimentales se evaluó mediante el cálculo del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y el error medio relativo (% E) Posterior al secado se caracterizó la droga, a través de los parámetros de color (composición cromática) y humedad. Además, se obtuvieron extractos hidroalcohólicos por el método anteriormente descrito, los cuales se evaluaron y compararon con los datos de referencia para caléndula<sup>(10)</sup> y así determinar la influencia de parámetros termodinámicos sobre propiedades físico-químicas.

Mediante un análisis de varianza múltiple, los resultados de las determinaciones que se realizaron a los extractos a base de flores frescas y secas fueron comparados para

determinar las diferencias estadísticas posible. Para ellos se utilizó el paquete estadístico de STATGRAPHICS Plus. Versión 5.0 para Windows.

## Resultados

Indicadores de calidad de las flores y extractos hidroalcohólicos de caléndula según resultados obtenidos (tabla 1)

**Tabla - 1:** Indicadores de calidad de las flores y extractos hidroalcohólicos de caléndula.

-	Propiedades	Caléndula anaranjada		Caléndula amarilla	
		Frescas	Secas	Frescas	Secas
Flores	H (% bh) / (% bs)	84,1	1,56	85,6	1,46
	Color (L*, a*, b*)	L* = 48,47 a* = 16,00 b* = 72,62	L* = 23,32 a* = 13,9 b* = 31,24 $\Delta E = 48,47$	L* = 37,65 a* = 5,72 b* = 61,05	L* = 36,59 a* = 14,65 b* = 49,72 $\Delta E = 14,47$
	pH	6,05 ± 0,40	5,82	6,15 ± 0,03	5,63
Extractos	ST (%)	2,92 ± 1,8	3,70 ± 0,2	3,60 ± 0,1	3,56 ± 0,4
	Índice de Refracción	1,3601 ± 0,0	1,3609 ± 0,0	1,3619 ± 0,0	1,3609 ± 0,0
	Color (L*, a*, b*)	L* = 24,74 ± 0,66 a* = 0,17 ± 0,81 b* = 11,56 ± 1,60	L* = 24,50 ± 0,06 a* = -0,42 ± 0,03 b* = 12,81 ± 0,76 $\Delta E = 1,40$	L* = 21,77 ± 0,13 a* = 1,00 ± 1,41 b* = 10,63 ± 2,69	L* = 21,65 ± 0,00 a* = -0,49 ± 0,00 b* = 15,91 ± 0,00 $\Delta E = 5,49$
	Familia de compuestos	F (+)	F (+)	F (+)	F (+)
		Q (-)	Q (-)	Q (-)	Q (-)
CF (+++)		CF (+++)	CF (+++)	CF (+++)	
AL (++)		AL (++)	AL (-)	AL (-)	
AR (+++)		AR (+++)	AR (+++)	AR (+++)	
C (++)	C (+)	C (++)	C (++)		
S (+)	S (-)	S (+++)	S (+)		

H (% bh) / (%bs): contenido de humedad en base húmeda y base seca; L\*: luminosidad; a\* y b\*: coordenadas de color;

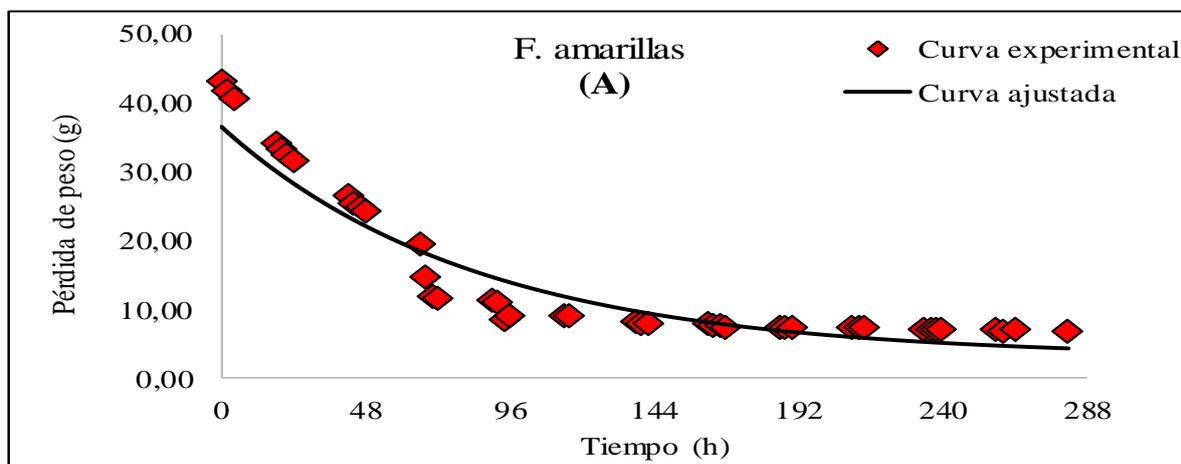
ST: sólidos totales; (-) No se detecta; (+) Baja Presencia; (++) Presencia Moderada; (+++)

Elevada presencia. C: Cumarina; Q: Quinonas; CF: Compuestos Fenólicos; AL: Aminoácidos Libres; AR;

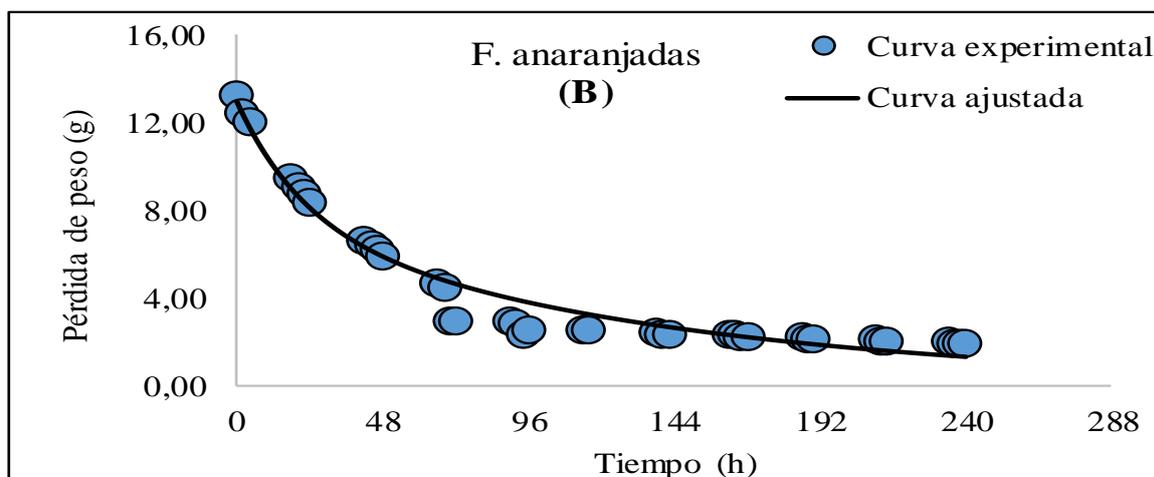
Azúcares Reductores; F: Flavonoides; R: Resinas; S: Saponinas

Las curvas de secado natural de las flores amarillas y anaranjadas se muestran en la figura. 1 A y B, respectivamente.

**Fig. - A**



**Fig. - B**



**Fig.-1- Curvas experimentales de secado.**

**A. Flores amarillas. B. Flores anaranjadas.**

En la figura.1 A y B para secado natural de las flores amarillas el modelo Dos Términos obtuvo 0,92 de  $R^2$  y un % E de 20,8, mientras que para las de color anaranjadas se alcanzó un  $R^2$  de 0,96 y un % E de 18.

**Tabla 2.-** Los resultados que esta muestra evidencian los coeficientes de cada una de las curvas del proceso.

**Tabla 2 -** Coeficientes de cada curva del proceso de secado de cada flor.

Leyenda: a y b: constantes del modelo en g;  $k_1$  y  $k_2$ : constantes de secado en  $h^{-1}$

Coeficientes	Caléndula anaranjada	Caléndula amarilla
a (g)	7,499	32,975
b (g)	5,447	3,519
$k_1$ ( $h^{-1}$ )	0,73	1,19
$k_2$ ( $h^{-1}$ )	4,59	0,04
T (h)	240	282
$D_1$ ( $10^{-10} m^2.s^{-1}$ )	1,19	1,93
$D_2$ ( $10^{-10} m^2.s^{-1}$ )	7,44	0,06

T: tiempo en h;  $D_1$  y  $D_2$ : coeficientes de difusión.

A continuación, se expresa el análisis de varianza múltiple realizado a los extractos tanto de flores frescas como secas (tabla 3).

**Tabla -3-** Análisis de varianza para los extractos hidroalcohólicos de flores frescas y secas de caléndula

-	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1850,77	8	231,347	17946	0,00
Intra-grupos	34,8072	27	1,28915		
Total	1885,58	35	-		

## Discusión

El exceso de agua de las flores en estado fresco favorece el desarrollo de hongos, debido a que estos organismos patógenos esporulan mejor a humedades altas. Por eso el secado es uno de los métodos más utilizados para asegurar la estabilidad e inocuidad de los extractos vegetales.<sup>(11)</sup>

En el secado natural se observó una pérdida del 78,9 % del peso inicial de las flores amarillas a las 96 h (punto de inflexión en la curva); mientras que en las naranjas el 78,0 % de la disminución del peso se constató a los 72 h. Posterior a ello la salida del agua fue más lenta en ambos casos. En las primeras horas de proceso, la velocidad de

evaporación solo depende de la temperatura y humedad del aire y es independiente del material, debido a que al inicio la superficie de las flores se encuentra muy húmeda.<sup>(12)</sup> Por tanto, la disminución brusca de la pendiente al comienzo de la deshidratación, evidenció la extracción del agua libre del capítulo floral.<sup>(13)</sup>

Una vez que se alcanzó el punto de inflexión y ha sido removida casi toda el agua libre de las flores, inicia la extracción del agua ligada a la estructura de los tejidos,<sup>(11)</sup> por lo que la finalización del secado dependió de las condiciones termodinámicas ambientales (temperatura y humedad relativa). En este caso, la saturación rápida del aire por la elevada humedad relativa, generó una menor capacidad de adsorción, lo cual trajo consigo que la remoción de agua durante el proceso fuese más lenta.

En comparación con un proceso de deshidratación artificial de flores de caléndula de diferentes colores se alcanzaron menores tiempos de secado a los reportados en este estudio.<sup>(14)</sup> La disminución significativa del tiempo del proceso puede estar asociado no solo a la composición cromática, sino también a la separación de los pétalos realizada, el empleo de temperaturas por encima de los 55 °C, humedades relativas alrededor del 28 %, entre otros. En este sentido, el análisis nos evidencia otros elementos a considerar en el procesamiento tecnológico de la planta.<sup>(14)</sup>

La caléndula está compuesta por una inflorescencia en forma de capítulo. Debido a ello, morfológicamente forman un sistema más heterogéneo que otros órganos como es el caso de las hojas, y puede ser la causa de que la descripción matemática conste de dos coeficientes de difusión. Los valores obtenidos fueron superiores a los reportados para *Tagetes erecta* L. (marigol)<sup>(12)</sup> y *Cynara cardunculus* L. (flor de cardo)<sup>(13)</sup> respectivamente, y confirmó que la variabilidad en la difusividad depende de las condiciones de secado, la estructura y la composición del material vegetal.

Por otra parte, los cambios identificados en la composición cromática luego del secado de ambas flores fueron mucho mayores en la cromaticidad  $b^*$ , lo cual acentúa el oscurecimiento de los pétalos por la acción de los parámetros termodinámicos (temperatura, humedad relativa y tiempo).

Dicha coordenada está relacionada con la componente amarilla, por lo cual una disminución en la cromaticidad  $b^*$  es un indicador de posible degradación de los pigmentos carotenoides en el capítulo floral fundamentalmente en las flores anaranjadas. Estos compuestos son altamente insaturados y se degradan básicamente

debido a procesos oxidativos, donde factores como la temperatura, la luz o el pH pueden producir importantes cambios cualitativos asociado a reacciones de isomerización.

Es por ello, que a pesar de que la deshidratación es fundamental para la inhibición de los microorganismos causantes del deterioro,<sup>(5, 15)</sup> es de gran importancia garantizar que durante el proceso no se afecte la calidad de la droga a emplear en la producción del extracto fluido.

Los extractos a base de flores secas de diferente composición cromática presentaron un olor aromático característico y una transparencia definida. Al igual que lo obtenido para esta especie,<sup>(16)</sup> el cambio de coloración ( $\Delta E$ ) en las soluciones hidroalcohólicas se asocia al ennegrecimiento de los pétalos producto a oxidaciones enzimáticas de los compuestos fenólicos durante el secado y evidenciado en la coordenada  $b^*$  antes descrita.

La caracterización de los extractos reveló que el índice de refracción no cumplió el estándar de calidad reportado para esta especie.<sup>(10)</sup> Sin embargo, dichos valores han sido alcanzados por otros autores<sup>(16, 17)</sup> para esta planta, así como, son mayores al obtenido para soluciones alcohólicas de *Tagetes Lucida* Cav. perteneciente a la misma familia,<sup>(18)</sup> y parámetro que da un criterio indirecto de la concentración, donde la diferencia puede estar asociada a sustancias disueltas y solubilidad de las mismas e incluso al método de extracción empleado.

El agrupamiento de los capítulos florales con composición cromática diferente mostró que el extracto a partir de flores amarillas frescas presentó un mayor índice de refracción con respecto a las anaranjadas. Este resultado pudiera ser un indicador de mayor concentración de carotenoides y flavonoides en dichas flores, y se sustenta en que ambos compuestos químicos son los responsables de la coloración amarilla en la especie.<sup>(19)</sup>

Al igual que en estudios conducidos por otros autores<sup>(17)</sup> para esta especie se constató una disminución del pH en los extractos realizados con flores secas. Esta ligera acidez, se corresponde con la reportada para la caléndula ( $\text{pH} > 5,5$ ), lo cual le confiere a la solución una mejor estabilidad y conservación en el tiempo, lo que constituye una garantía de la calidad y seguridad del fitoproducto.<sup>(20)</sup>

Los valores de pH obtenidos corroboran la presencia de sustancias con características ácidas débiles, tales como las saponinas, flavonoides y los fenoles.<sup>(10,17,21)</sup> El estudio

indicó la existencia de cierto balance entre las cantidades de compuestos ácidos y básicos, o que la mayoría de estos poseen un comportamiento neutro, lo que provocó una reducción de la catálisis ácida o básica, que habitualmente es la principal causa de la degradación hidrolítica de los principios activos.

Por otra parte, los sólidos totales mostraron diferentes comportamientos luego del secado de cada flor. En el caso de las anaranjadas se evidenció una mayor concentración en esta propiedad, mientras que en las amarillas se constató una mínima disminución respecto al estado fresco.

Las modificaciones en esta propiedad pueden estar asociadas al efecto de los parámetros termodinámicos al cual se expuso la flor fundamentalmente la temperatura.<sup>(22)</sup>

En los extractos los metabolitos secundarios que sufrieron alguna modificación fueron las cumarinas y las saponinas, mientras que el resto mantuvo la composición química inicial independientemente de las condiciones de secado.

Las saponinas constituyen un amplio grupo de heterósidos muy frecuentes en los vegetales y se caracterizan por sus propiedades tenso-activas. Tienen alto peso molecular por consistir de una fracción de azúcar ligada al triterpeno o aglicón esteroide, por lo que sobre la base de su estructura molecular se definen como triterpenos o glucósidos esteroides.

Luego del secado este metabolito disminuyó su concentración en los extractos a base de flores amarillas y se eliminó en las soluciones anaranjadas. Esto se debe a que dicho compuesto es sensible a los cambios de pH, valores altos en acidez o basicidad generan ruptura en los enlaces glucosídicos y por ende disminución de su concentración.

Otra causa asociada a la disminución pudiera ser la acción de la temperatura sobre los enlaces que conforman la estructura química de este metabolito o a factores como el cultivo, y estado fisiológico de las flores, entre otros.<sup>(19)</sup>

Por otro lado, el contenido de cumarinas solo disminuyó en los extractos de flores anaranjadas. Este compuesto lo conforman un grupo amplio de principios activos fenólicos que se caracterizan por ser fotosensibles y solubles en solventes apolares. Investigaciones<sup>(4)</sup> han demostrado que los extractos ricos en cumarina deben presentar un pH neutro; debido a que valores extremos de acidez o alcalinidad afectan a este

metabolito. Otros análisis justifican que, junto a los cambios de pH, la degradación enzimática producto de la incidencia de la luz y la temperatura, son los otros factores que limitan el desarrollo de este compuesto químico en un extracto vegetal. <sup>(23)</sup>

De ahí, que lo obtenido evidenció que la degradación constatada en el cambio de coloración ( $\Delta E$ ) de estas flores, sea resultado de la influencia negativa de los parámetros termodinámicos utilizados en el secado.<sup>(2)</sup> Es por ello, que tiene gran importancia considerar la transferencia de masa y energía que ocurre durante la deshidratación en etapa postcosecha, ya que la droga deja de ser funcional, si para desecar el material se expone a un ambiente en el cual se eliminen los metabolitos que le confieren sus propiedades medicinales.

El análisis de varianza múltiple realizado a los extractos tanto de flores frescas como secas corroboró las diferencias estadísticas existentes entre cada uno de ellos. Esto demuestra que el secado y la utilización de capítulos florales con composición cromática distinta, son factores que determinan la calidad de la solución hidroalcohólica. Por tanto, desde el punto de vista físico-químico es más recomendable utilizar flores de color amarillo en estas formulaciones.

En resumen, el gradiente térmico generado durante el secado natural posibilitó la deshidratación de las flores y la conservación de la mayoría de los metabolitos secundarios de interés como los flavonoides en el extracto, y hace que estos cumplan con los estándares de calidad para su uso como droga vegetal. Sin embargo, la utilización de flores amarillas de caléndula en la extracción con alcohol al 70 %, genera fitoextractos con mejores propiedades físico-químicas y fitoquímicas tanto en estado fresco como seco con respecto a las flores de caléndula anaranjadas.

## Referencias bibliográficas

1. Mahmoud AM, Gahory AA, Salaheldin S, Saber W. Differences in the Aroma Profile of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) after Different Drying Conditions. Sustainability. 2021;13: 9. DOI: [10.3390/su13095083](https://doi.org/10.3390/su13095083)
2. Vega M, Ortiz Y, Fresneda JA, Morales M, Sánchez Y, Hernández YO, Dorado M, Torres M, Sagayo I, González A, Estrada J. Good Agricultural Practices for Medicinal Plant Production. Editorial INIFAT. 2019;100 pp

3. Fuentes V, Lemes C, Reyes M, Méndez G, Alfonso JC, Rodríguez JC. Comparación entre 2 cultivares de *Calendula officinalis* L. Revista Cubana de Plantas Medicinales. 2000 [acceso 5/05/2022];5(1):14-16 Disponible en: <http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/5>
4. Hernández YO, Ortíz Y, Lara LE, Álvarez ME, Vega M. Evaluación de la calidad de extractos fluidos de hojas secas de *Justicia pectoralis* J. var. *pectoralis*. Revista Agrotecnia de Cuba. 2021a [acceso 5/05/2022];45 (2):34–41. Disponible en: <http://www.grupoagricoladecuba.gag.cu/>
5. 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 6/05/2022];26(2):11p. Disponible en: <http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/38>
6. Fuentes V, Lemes C, Rodríguez C, Germosén L. Manual de cultivo y conservación de plantas medicinales. 2d. Ed. Habana: Centenario S.A.;2000.
7. Association of Official Analytical Chemists. Official method of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. AOAC. 1990 [acceso: 20/05/2022]. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
8. Miranda M, Cuéllar A. Manual de prácticas de laboratorio. Farmacognosia y productos naturales. Cuba: Editorial Universidad de La Habana. 2000;125 pp.
9. NRSP-309. Norma Ramal Ministerio de Salud Pública. La Habana. 1992; 72 pp.
10. Cruz D, Bilbao O, Miranda M, Ruenes M, López H, Campos M, et al Formulario Nacional Fitofármacos y Apifármacos. 2<sup>da</sup> ed. La Habana Cuba. 2017; pp.186
11. Salah D, Khaled L, Fashafsha M, Mahmoud M, Odeh S. Drying rates of Calendula Herb and antioxidant test of ascorbic acid. Graduation projet 2. Csijordania: An-Najah National University; Chemical Engineering Department. Faculty of Engineering and Information Technology. 2020. [acceso 6/05/2022] 50 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.11888/16824>
12. Garnai M, Borda DD, Vizireanu C, Mihalcea LI. Temperature influence on the *Tagetes erecta* L. Flowers dehydration process. J Agroalim Process Technol. 2017. [acceso 5/05/2022];23(1):52-8. Disponible en: <https://www.journal-of-agroalimentary.ro>

13. 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)
14. Matouk AM, El Kholy MM, Tharwat A, Marwa S. Drying of pot marigold whole flowers and petals under controlled drying air temperature and relative humidity. J Soil Sci Agric Eng. 2016;7(2):221-30. DOI: [10.21608/jssae.2016.39372](https://doi.org/10.21608/jssae.2016.39372)
15. Avello L, Arencibia R, Hernández AI. Buenas Prácticas Agrícolas y de Recolección para Plantas Medicinales en Cuba. Editorial Agroecológica. 2021;74 pp.
16. Amaguaña, FJ, Churuchumbi EF. Estandarización fitoquímica del extracto de Caléndula (*Calendula officinalis* L.). [Tesis de Diploma]. Quito, Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingeniería en Biotecnología de los Recursos Naturales. 2018 [acceso 7/05/2022];94 pp. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16149>
17. Cañada A, Antúnez J, Escalona JC. Estandarización de parámetros para el control de la calidad del extracto blando de *Caléndula officinalis* L. Revista Cubana de Tecnología de la Salud. 2018 [acceso 7/05/2022];9(2):12 p. Disponible en: <http://www.revtecnologia.sld.cu>
18. Scull R, Gutiérrez Y, Sánchez A, Montes A. Análisis farmacognóstico de *Tagetes lucida* Cav. y sus extractos hidroalcohólicos. Revista de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias. 2016 [acceso 7/06/2022];2(1):13 pp. Disponible en: <http://www.rcfa.uh.cu>
19. Rojas L, Gómez C, Marín N. Extraction of metabolites from *Calendula officinalis* L. and evaluation of their colorant and antibacterial capacity. Revista Colombiana de Biotecnología. 2020;22(1): 60-69 pp. DOI: [10.15446/rev.colomb.biote.v22n1.79999](https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v22n1.79999)
20. Rodríguez AO, Fung Y, Ocho A, Ortiz E, Díaz U. Parámetros físicos, físicos-químicos y químicos de extractos de *Origanum majorana* L. cultivado utilizando agua magnetizada. Rev. Cubana Quím. 2018 [acceso 8/06/2022]; 30 0 (3):454-469. Disponible en: <http://ojs.uo.edu.cu/index.php/cq>
21. Arias D, Cancañon J, Chil I, Escalona JC, Cañada A. Caracterización de una jalea de *Calendula officinalis* L. al 1% para uso estomatológico. Ars Pharmaceutica. 2018;59(4):6 p. DOI [10.30827/ars.v59i4.7462](https://doi.org/10.30827/ars.v59i4.7462).

22. Chandra A, Dinh T, Andriana Y, Aiman M, Kormin F, Xuan D, Xuan N, Thai H, Thi D, Van P, Hai L, Ngoc T. Effects of Various Drying Methods on Selected Physical and Antioxidant Properties of Extracts from Moringa oliefera Leaf Waste. Sustainability. 2020;12(8586):12 p. DOI: [10.3390/su12208586](https://doi.org/10.3390/su12208586)
23. Moncada MJ. Síntesis y evaluación biológica de cumarinas con actividad tripanocida potencial en complejos de inclusión e hidrogeles supramoleculares. [Tesis doctoral]. Chile: Universidad de Santiago de Chile. Facultad de Química y Biología. 2018 [acceso 10/06/2022];122p. Disponible en: <http://www.repositorio.conicyt.cl/tesisdoctorado>

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener 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 y Anilcie Eliany Calderón Inerarity.

*Metodología:* Michely Vega León.

*Supervisión:* Yaisely Orquídea Hernández Fernández.

*Supervisión:* Mirian Catalina Gordillo Orduño.

*Redacción del 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.

### Financiación

Los autores declaran no hubo financiamiento externo al institucional para la investigación.