

Flores comestibles. Parte 2: métodos de conservación, infusiones, y su impacto en el contenido de compuestos bioactivos

Edible flowers. Part 2: preservation methods, infusions, and their influence on the bioactive compounds

Assof, Mariela^{1,2*}; Occhiuto, Patricia^{3*}; Jofré, Viviana^{1,2}; Quiroga, María Isabel²; Fanzone, Martín^{1,2,3}; Pávez Lunati, Francisco¹; Larrazábal, Franco¹; Gutiérrez, Teresa³

¹ Universidad Juan Agustín Maza. Facultad de Farmacia y Bioquímica; Argentina.

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria Mendoza; Argentina.

³ Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias; Argentina.

(*) ambas autoras contribuyeron igualmente a este trabajo.

DOI: <https://doi.org/10.59872/icu.v9i13.556>

Contacto: massof@profesores.umaza.edu.ar

Recepción: 14/03/2025; Aceptación: 08/05/2025;

Publicación: 03/06/2025

Palabras claves: Flores comestibles; Compuestos bioactivos; Conservación; Deshidratado; Radiaciones UV-C

Keywords: *Edible flowers; Bioactive compounds; Preservation; Drying; UV-C radiations*

Resumen

El trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia de diferentes métodos de conservación y el uso de infusiones de flores comestibles sobre el contenido de compuestos bioactivos. Se estableció que la vida útil para todas las especies en fresco se encuentra entre los 12 y 14 días. Las bandejas Rottlen sin perforaciones y bandejas de telgopor con film fueron más eficientes en preservar la calidad de las flores en fresco y sus compuestos bioactivos. La aplicación de UV-C en las flores en fresco, bajo las condiciones estudiadas, no resultó eficiente para prolongar su vida útil y afectó negativamente su aspecto visual. La deshidratación en estufa a 30 °C y la liofilización mostraron menor pérdida de compuestos bioactivos que los métodos restantes. *Viola tricolor* en polvo aportó mayor contenido de compuestos bioactivos a las infusiones que los tés y la yerba mate. El trabajo muestra resultados inéditos en relación a aplicación de radiaciones UV-C como método para prolongar la vida útil, y la comparación de infusiones tradicionales con infusiones florales.

Abstract

The study aimed to evaluate influence of different preservation methods and infusions of edible flowers on the bioactive compounds content. The shelf life for all fresh species ranged from 12 to 14 days. Non-perforated Rottlen package and polystyrene trays with film preserved the quality of fresh flowers and their bioactive compounds more effectively. The application of UV-C light, under the conditions tested, was ineffective in extending the shelf life of the flowers and adversely affected their visual quality. The lower loss of bioactive compounds was achieved with heating drying by the oven at 30 °C and lyophilization procedure. *Viola tricolor* powder provided more bioactive compounds to the infusions than teas and yerba mate. This study presents novel findings regarding the application of UV-C radiation to extend the shelf life, and the comparison between traditional and floral infusions.

Introducción

La florifagia, o consumo de flores comestibles, es una actividad que se remonta a épocas ancestrales en la antigua China y Roma (Skrajda-Brdak *et al.*, 2020; Stumpf, 2021). Su aporte de formas, colores y sabores ha permitido su uso en diversas preparaciones como licores, infusiones, ensaladas, jaleas, entre otras (Koike *et al.*, 2015, Guiné *et al.* 2020). Además de su uso en la gastronomía, textos antiguos demuestran su uso en medicina para el tratamiento de diferentes dolencias (Dhiman *et al.*, 2017; Kandyliis, 2022; Kumari *et al.*, 2021). Esto es debido a su riqueza en compuestos con actividad biológica como compuestos fenólicos, carotenoides, terpenoides, entre otros (Loizzo *et al.*, 2016; Benvenuti & Mazzoncini, 2021; Rao & Poonia, 2024). La preservación de esa riqueza fitoquímica se ve influenciada por las condiciones de conservación de las flores (Barani *et al.*, 2021; Purohit *et al.*, 2021). Su alto contenido en agua y la fragilidad de los pétalos las vuelven sensibles a la aparición de marchitamiento, pardeamiento, podredumbre, entre otros defectos (Lara-Cortés *et al.*, 2013; Rodrigo *et al.*, 2003; Shantamma *et al.*, 2021; Vidal & Montes, 2012).

La temperatura, el tipo de envase, los gases de envasado, son algunos factores que influyen en la aparición de defectos visuales, gustativos y pérdida de compuestos bioactivos durante la conservación. Tecnologías emergentes como el campo eléctrico pulsado o las altas presiones hidrostáticas (Falagán & Terry, 2018; Koike *et al.*, 2015; Kou *et al.*, 2012; Shantamma *et al.*, 2021; Simoni *et al.*, 2018)) muestran resultados promisorios en la conservación en fresco, sin embargo, tienen la desventaja de ser de muy alto costo. Una alternativa de bajo costo es la aplicación de radiaciones no ionizantes tipo UV-C, que si bien ha sido evaluada en frutas y hortalizas (Darré *et al.*, 2022; Fernandes *et al.*, 2017; Sonntag *et al.*, 2023), nada se conoce sobre su impacto en la conservación de flores comestibles.

Una forma de prolongar la vida útil de las flores es el deshidratado, teniendo como desventaja la pérdida de los caracteres de calidad en fresco. En el deshidratado, la temperatura juega un rol fundamental, ya que podría resultar desfavorable si no es aplicada en un rango óptimo (Mikołajczak *et al.*, 2020).

En base a lo expuesto, resulta fundamental contar con información que asegure una adecuada preservación sensorial y fitoquímica de las flores comestibles. Así, este trabajo propone evaluar la influencia de diferentes métodos de conservación y el uso de infusiones de flores comestibles sobre el contenido de compuestos bioactivos.

Materiales y métodos

Especies florales

Se emplearon 11 muestras de las especies florales: *Begonia sempervirens*: begonia roja (BEGO ROJA) y begonia rosada (BEGO ROSA) (Fig. 1 a y b), *Calendula officinalis*: caléndula anaranjada (CAL N) (Fig. 1 c), *Tagetes patula*: tagete anaranjado (TGT N) y tagete bordó (TGT B) (Fig. 1 d y e), *Viola tricolor*: pensamiento violeta oscuro (PVO) y medio (PVM) (Fig. 1 f y g), *Viola x wittrockiana*: viola color bordó (VxW) (Fig.1 h), *Dianthus barbatus*: clavelina rosa oscuro (CLA) (Fig.1 i), *Mathiola incana*: alelí rosa oscuro (ALE) (Fig. 1 j).



Figura 1: Flores comestibles: *Begonia sempervirens*: begonia roja y begonia rosada (a y b), *Calendula officinalis*: caléndula anaranjada (c), *Tagetes patula*: tagete anaranjado y tagete bordó (d y e), *Viola tricolor*: pensamiento violeta oscuro (f) y medio (g), *Viola x wittrockiana*: viola color bordó (h), *Dianthus barbatus*: clavelina rosa oscuro (i) y *Mathiola incana*: alelí rosa oscuro (j).

Cultivo y cosecha

El cultivo de flores comestibles se realizó en invernáculo empleando macetas de 20 L de capacidad, con un sustrato con un adecuado contenido de materia orgánica, porosidad y drenaje. La cosecha se realizó entre las 8 y 10 a.m. con manos y tijeras sanitizadas. Se seleccionaron aquellas flores que no mostraran rotura, marchitamiento y/o lastimadura de los pétalos. Las flores fueron colocadas en envases tipo Rottlen al resguardo de la luz hasta finalizar la colecta.

Caracterización química

Se evaluó el contenido de compuestos bioactivos (antocianinas, fenoles, flavonoides, carotenoides y clorofilas totales) y capacidad antioxidante.

Los compuestos bioactivos se extrajeron de la matriz floral por extracción selectiva con solventes según Jofré *et al.* (2020). En la fracción hidrofílica se evaluaron los compuestos fenólicos totales, antocianinas totales y flavonoides totales y capacidad antioxidante, mientras que en la fracción hidrofóbica se determinó el contenido total de carotenoides y clorofilas.

Se realizó la determinación de compuestos fenólicos y carotenoides totales mediante métodos descritos por Jofré *et al.* (2020), clorofila total mediante adaptación del método propuesto por Li *et al.* (2018), capacidad antioxidante y flavonoides totales mediante adaptación de método descrito por Urfalino (2019), y determinación del contenido total de antocianinas por el método publicado por Harbertson & Spayd (2006).

Vida útil de las flores en fresco

Las flores fueron colocadas en tres tipos de envase: envase tipo Rottlen con y sin perforaciones y bandejas de telgopor con film de cocina. Para evaluar la vida útil se colocaron 15 g de flores por cada envase. El ensayo se realizó por triplicado. Se efectuaron controles visuales (brillo, turgencia, aparición de pardeamiento, aparición de moho) y control de peso diario durante 14 días en base a estudios previos (datos no mostrados). Se consideró tiempo cero (t0) a la flor recién envasada, tiempo medio (t1/2) a los 7 días y tiempo final (tf) a los 14 días. Se evaluó el contenido de compuestos bioactivos en los tres momentos. El ensayo se realizó en cámara frigorífica a 4 °C con 90-95% de humedad relativa porcentual.

Aplicación de radiaciones UV-C en flores en fresco

Se colocaron 10 flores por réplica en rejillas plásticas con soporte a 10 cm de la base del sistema de aplicación de radiación UV-C. Para este estudio se emplearon alelíes y caléndulas anaranjada. Se evaluaron dos tiempos de exposición: 2 y 5 minutos. Finalizada la exposición de las flores, las especies florales se colocaron en envases Rottlen y conservadas en cámara a una temperatura de 4°C con 90-95% de humedad relativa porcentual. Se evaluó el peso del envase, la calidad visual de las flores (turgencia, aparición de manchas, aparición de moho) y la capacidad antioxidante a los 14 días. El ensayo se realizó por triplicado.

Métodos de deshidratado

Para este ensayo se emplearon 15 g de distintas muestras florales y se sometieron a: deshidratado en frío (liofilizado), deshidratado por calor en estufa de aire forzado a 30° y 60°C, y deshidratado en papel y prensa. El liofilizado se realizó a una presión de 6 mPa y a - 45°C de temperatura inicial del material. Para el deshidratado en estufa de aire forzado se colocaron las flores sobre recipientes de aluminio, se pesaron las flores junto con la bandeja y se controló el peso hasta corroborar estabilidad. El deshidratado en papel consistió en colocar las flores en papel y someterlas a una prensa botánica, controlando el peso hasta lograr su estabilidad. Los ensayos se realizaron por triplicado y se evaluó el contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante.

Infusiones monoflorales

Dado que la infusión es otra de las formas de consumo de las flores comestibles, se evaluó el impacto de este proceso en el contenido de compuestos bioactivos de forma comparativa con tres infusiones tradicionales: té verde, té negro y yerba mate. Nueve muestras de flores liofilizadas y molidas, muestras de té verde, té negro y yerba mate fueron infusionadas a partir de 100 mg y 10 mL de agua a 70 °C durante 5 minutos. Las infusiones se realizaron por triplicado. Se evaluó el contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante tanto de los deshidratados iniciales como de las infusiones obtenidas.

Análisis estadístico de los datos

Los datos obtenidos fueron evaluados mediante software Statgraphics Centurion XVI versión 6.1.11. (Stat Points, Technologies INC, Estados Unidos). Se realizaron estudios de normalidad de datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de las varianzas mediante el test de Cochran. Se empleó el análisis de varianza (ANOVA) y la comparación múltiple de medias por el test de Tukey HD, con un nivel de significancia del 95%. Los gráficos fueron desarrollados en el programa GraphPad 6.0.

Resultados y discusión

Vida útil de las flores en fresco y deshidratado

Conservación de flores en fresco

De los factores que tienen impacto directo en la conservación de las flores comestibles se evaluó previamente el empaque. En la Fig. 2 se observa que, en todas las flores evaluadas, hubo una reducción pronunciada del peso en los envases Rottlen con perforaciones, mientras que los envases sin perforaciones y la bandeja con film se comportaron de manera similar. La pérdida de peso se debe a la pérdida de humedad, por tanto, esta información se tuvo en cuenta para realizar el cálculo del contenido de compuestos bioactivos totales. Los compuestos bioactivos totales representan la suma de antocianinas, fenoles, carotenoides, clorofilas y flavonoides totales.

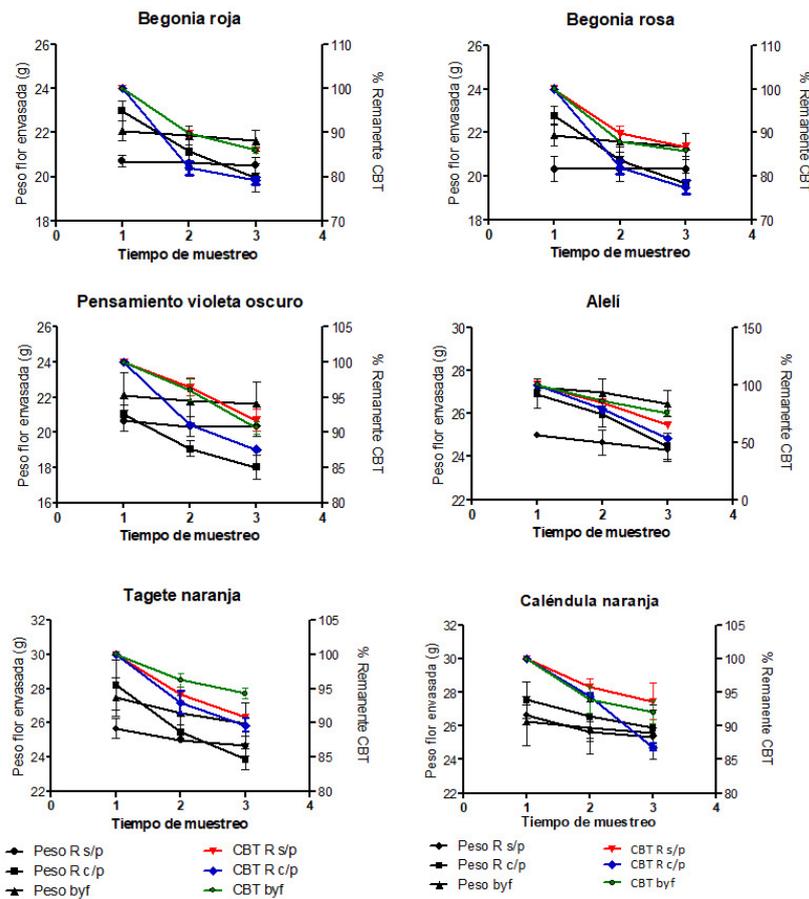


Figura 2: Evolución del peso de envase y contenido de compuestos bioactivos totales (CBT) empleando diferentes tipos de empaque. (CBT R s/p: compuestos bioactivos totales en envase Rottlen sin perforación, c/p con perforación y byf: bandeja y film. Tiempo de muestreo: 1: día cero, 2: día 7, 3: día 14.

Se evaluó el contenido de compuestos bioactivos en las flores empleadas para este estudio (día cero), a los 7 días y a los 14 días de conservación. En todos los casos, se observó una mayor pérdida de compuestos bioactivos de los 7 a los 14 días siendo más marcado en las flores con envase Rottlen con perforación (Fig. 2). El porcentaje de pérdida de compuestos bioactivos a los siete días para las flores envasadas en Rottlen sin perforaciones fue, en promedio, del 10% para BEGO ROJA, BEGO ROSA, 3% para PVO, entre 5 y 6% para TGT y CAL y 14% para alelí. Estos porcentajes son similares a los encontrados para todas las flores conservadas en bandeja+film y para CAL y TGT envasadas en Rottlen con perforación. En las restantes flores envasadas en Rottlen con perforaciones se observó una mayor pérdida de compuestos bioactivos totales, donde la pérdida para las BEGO fue, en promedio, del 18%, PVO 9% y ALE 20%.

El contenido de compuestos bioactivos totales analizados a los 14 días mostró diferencias (expresado como porcentaje de pérdida) entre los envases Rottlen sin perforación y bandeja+film, comportamiento que no se observó a los 7 días. Nuevamente se observó que ALE, a los 14 días, presentó los mayores porcentajes de pérdidas alcanzando un 34% para Rottlen sin

perforación, 45% Rottlen con perforación y 24% en bandeja con film. A la fecha, no se han encontrado trabajos que evalúen la conservación de estas especies florales en estos tipos de envases. Estas diferencias demuestran que la estructura de las flores, su composición química, así como el tipo de envase empleado impactan de manera directa en la vida útil y la composición fitoquímica (Demasi et al., 2021; Parada & Aguilera, 2007; Scariot et al., 2022; Zhang et al., 2021).

El control visual de las flores mostró que aquellas envasadas en envase Rottlen con perforación presentaron un mayor nivel de marchitamiento en sus pétalos que las envasadas en Rottlen sin perforación y en bandeja+film. A partir de la evaluación de aparición de pardeamiento, ablandamiento, marchitamiento y presencia de moho (Fig. 3), se estableció que la vida útil máxima de las flores conservadas a 4°C es de 14 días para BEGO ROSA, BEGO ROJA, VxW y PVO, mientras que para CAL N, TGT N y ALE es de 12 días.



Figura 3: Apariencia visual de pensamiento y alelí donde se observa pérdida de color en el margen de los pétalos y aparición de manchas marrón claro (pensamiento) y ablandamiento con amarronamiento (alelí) posterior a la fecha óptima de conservación.

De todas las flores evaluadas, el alelí presentó mayor sensibilidad a la conservación, teniendo un deshidratado más marcado y una mayor pérdida de compuestos bioactivos que las flores restantes.

Aplicación de radiaciones UV-C en flores comestibles en fresco

El estudio se realizó sobre dos especies florales disponibles con adecuada calidad postcosecha: caléndula en estadio previo a la apertura total de la flor y alelí.

En la Fig. 4 se observa la caléndula después de finalizadas las aplicaciones de UV-C. En el análisis visual se observó que ambas especies florales mostraron marchitamiento de sus pétalos en las flores tratadas y que este marchitamiento fue más evidente en los tratamientos de 5 minutos. Cabe destacar que ambas aplicaciones (2 y 5 minutos) en ambas especies florales no provocaron el pardeamiento de los pétalos una vez finalizadas las exposiciones. Transcurridos los 7 días, no se observó pardeamiento de sus pétalos, pero sí un leve incremento en el deshidratado, más notorio en aquellas sometidas al tratamiento de 5 minutos. A los 14 días, se observó amarronamiento de los bordes de los pétalos de ambas especies. En el caso de la caléndula no se observó aparición de moho, pero sí fue evidenciado en los alelíes después de los 14 días. La presencia de moho en los alelíes fue más evidente en las flores tratadas, esto podría deberse a que las radiaciones aplicadas fueron excesivas para esta especie floral provocando daño celular (Civello *et al.*, 2006; Costa *et al.*, 2006; Sonntag *et al.*, 2023).

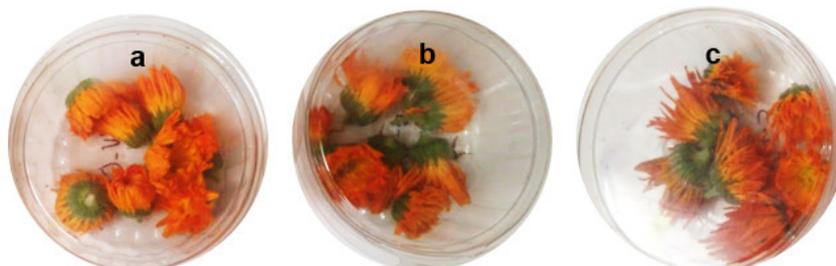


Figura 4: Aplicación de radiaciones UV-C sobre la calidad visual y capacidad antioxidante de flores comestibles: caléndula anaranjada (a: flor en fresco, b: 2 minutos de radiación, c: 5 minutos de radiación).

Dado que las flores se conservan a bajas temperaturas para prolongar su vida útil, resulta importante evaluar si la aplicación de UV-C incrementa la temperatura y su impacto en la calidad de las flores. Para ello se evaluó la temperatura pre y post aplicación de radiaciones y se observó un incremento, en promedio, de 2 °C para las aplicaciones de 2 minutos y 4°C aplicando UV-C 5 minutos. Este incremento de temperatura no es significativo, considerando que la temperatura final alcanzada por todas las flores no superó los 26°C y que se mantuvieron en esta temperatura por un corto período de tiempo, hasta ser colocadas a 4°C en cámara. Podría entonces considerarse que el efecto combinado de las radiaciones y el incremento de temperatura causaría el marchitamiento más severo en las flores con mayor tiempo de exposición a las radiaciones UV-C. Este fenómeno ha sido observado por otros autores en vegetales de hoja. Gogo et al. (2017) encontraron que las aplicaciones de UV-C en hojas de amaranto y belladonna africana tenía impacto sobre la pérdida de peso y que dicha pérdida fue constante en belladonna durante su conservación, mientras que en amaranto se produjo en los primeros días.

Tabla 1: Evaluación de la temperatura (ΔT) y del peso (Δp) de los envases que contienen las especies florales del ensayo de aplicación de radiaciones UV-C.

Especie floral	ΔT (°C)		Δp (g) 7 días			Δp (g) 14 días		
	2 min UV-C	5 min UV-C	Testigo	2 min UV-C	5 min UV-C	Testigo	2 min UV-C	5 min UV-C
Caléndula	2,20±0,52 a	4,07±0,49 b	0,72±0,02 a	0,82±0,18 a	1,27±0,26 b	0,84±0,21 a	0,93±0,18 a	1,82±0,38 b
Alelí	1,77±0,32 a	3,97±0,85 b	0,11±0,05 a	0,29±0,16 a	1,21±0,11 b	0,63±0,46 a	0,83±0,14 a	2,15±0,63 b

En cuanto a la capacidad antioxidante, los alelíes sin tratamiento mostraron mayor capacidad aceptora de radicales libres que las caléndulas (Fig. 5). Esto podría deberse a que poseen mayor contenido de compuestos fenólicos, que, en su conjunto, poseen mayor capacidad antioxidante que los carotenoides (Kandylis, 2022; Mertz et al., 2009).

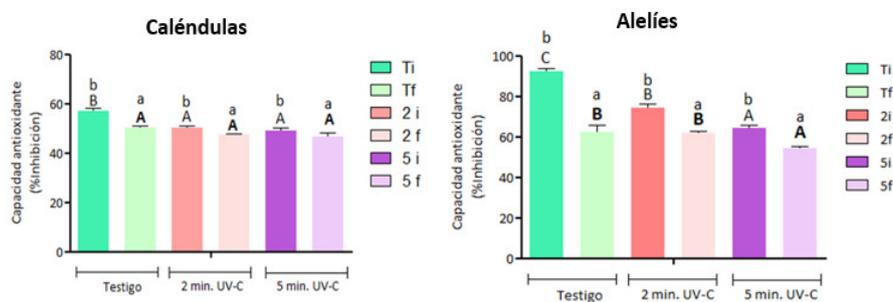


Figura 5: Aplicación de UV-C y evaluación de la conservación de caléndulas y alelíes a través de la capacidad antioxidante (expresado como % de inhibición del DPPH) para las muestras: Ti: testigo sin tratamiento inicial, Tf: testigo sin tratamiento después de 14 días, 2i: 2 minutos UV-C inicial, 2f: 2 minutos UV-C después de 14 días, 5i: 5 minutos UV-C inicial, 5f: 5 minutos UV-C después de 14 días. Estadística: letras mayúsculas corresponden a ANOVA para comparar estado inicial de flores con y sin tratamiento; letras mayúsculas en negrita corresponden a ANOVA para comparar estado final de flores con y sin tratamiento; letras minúsculas corresponden a ANOVA para comparar estado inicial y final dentro de un mismo tratamiento.

El ensayo realizado en caléndulas reveló que en el momento inicial de aplicados los tratamientos, la mayor capacidad antioxidante se encontró en las flores sin tratamiento. Las flores tratadas no mostraron diferencias significativas en este parámetro y tuvieron una menor caída (5%) a los 14 días que lo observado en las flores no tratadas (11%). Estudios realizados en mandarinas con aplicación de UV-C encontraron que la capacidad antioxidante aumentó en los primeros días de realizados los tratamientos. Sin embargo, alcanzando los 5 días de conservación este contenido se reducía, como ocurrió en otras frutas como uva y papaya (Phonyiam *et al.*, 2021).

En el caso de los alelíes, evaluando el contenido inmediatamente después de realizar el tratamiento y a los 14 días, se observó que para todas las flores (con y sin tratamiento) hubo una caída en la capacidad antioxidante. Esta caída fue mayor en las flores sin tratamiento (41%) respecto de las flores con tratamiento (17% para 2 min. y 14% para 5 min.).

Si bien diversos autores han observado que la aplicación de radiaciones UV-C favorece la síntesis de compuestos fenólicos por el estrés abiótico, estos fenómenos se han observado principalmente en frutas y hortalizas pulposas (Ivanova & Prosekov,

2022; Sonntag *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2021). La aplicación de radiaciones UV-C es un fenómeno superficial, pero, en el caso de las flores cuyo espesor de pétalos es en promedio 1 mm, el proceso realizado dosificaría radiaciones en exceso. Dosis excesivas de UV-C generarían la degradación de las clorofilas a feofitinas, hecho que podría explicar el amarronamiento prematuro en las flores tratadas (Costa *et al.*, 2006; Petrović *et al.*, 2017; Sonntag *et al.*, 2023).

Infusiones monoflorales

En la Fig. 6 se observa el aporte de antocianinas, fenoles y flavonoides totales de las diferentes especies florales y hierbas tradicionales infusionadas. Se evaluó la extractabilidad de compuestos bioactivos encontrando que el polvo de PVM aportó mayor contenido de fenoles totales a las infusiones que la yerba mate, té verde y té negro. Sin embargo, los polvos de yerba mate y té verde fueron los que mayor concentración presentaron (41,04±2,24 y 46,11±1,59 mg AG/g peso seco) respecto del PVM (29,35±1,02 mg AG/g peso seco). BEGO ROSA y VxW fueron las especies que aportaron mayor contenido de antocianinas totales respecto del contenido inicial del polvo deshidratado. En relación con la yerba mate, té verde y té negro, el té negro fue la única hierba en presentar antocianinas totales. El té negro pudo aportar a la infusión un porcentaje similar de antocianinas que los alelíes. Sin embargo, el alelí mostró una concentración mayor de antocianinas (2,19±0,02 mg malvidina-3-glucósido/g peso seco) respecto del té negro (0,08 mg/g peso seco).

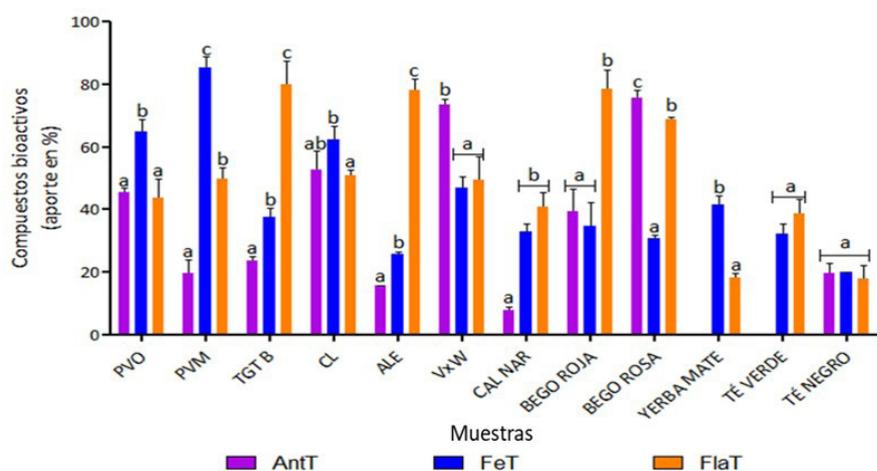


Figura 6: Aporte de compuestos bioactivos (en porcentaje) que hacen las flores comestibles e infusiones tradicionales respecto del contenido inicial del material en polvo.

En cuanto a los flavonoides totales, TGT B, ALE y BEGO ROJA fueron las especies florales que mayor aporte realizaron a las infusiones respecto del contenido inicial en los polvos. Sin embargo, el mayor contenido de flavonoides totales se encontró en las infusiones de yerba mate (21,85±0,83 mg CAT/g) y té verde (8,79±0,94 mg CAT/g), mientras que TGT B, ALE y BEGO ROJA mostraron un contenido de flavonoides menor a 7 mg CAT/g.

Cabe destacar que, a la fecha, no existen referencias respecto del contenido de antocianinas, fenoles y flavonoides totales aportados por estas especies de flores comestibles y su comparación con infusiones tradicionales. La única referencia en infusiones de las especies evaluadas es el trabajo realizado por Pires *et al.* (2017), donde evalúa el contenido de ácidos orgánicos, compuestos hidrofílicos y lipofílicos en caléndula.

Conservación de flores por deshidratado

Existen diferentes métodos de deshidratado para flores comestibles ya sea metodologías en frío o en caliente. Los métodos convencionales de deshidratado de las flores incluyen el deshidratado al sol, en papel, con aire caliente, en hornos con control de temperatura o deshidratadores. Estos métodos están ampliamente difundidos debido a su funcionamiento sencillo y relativo menor coste. El deshidratado por frío es la liofilización, metodología muy difundida y aplicada en el deshidratado de frutas y hortalizas debido a que se ha demostrado que preserva mejor las propiedades nutraceuticas y la anatomía de los tejidos (Bazylo *et al.*, 2014; Fernandes, *et al.*, 2019; Marchioni *et al.*, 2022; Mikotajczak *et al.*, 2020).

En el estudio realizado se evaluó el impacto del deshidratado por frío mediante liofilizado, el deshidratado en caliente mediante uso de estufa a 30°C y 60°C, y el tradicional deshidratado en papel (Fig. 7).

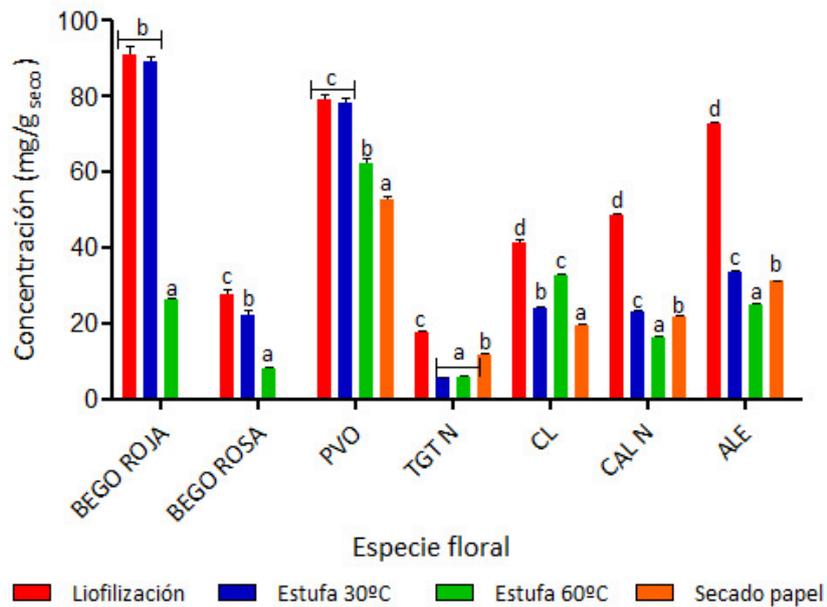


Figura 7: Impacto de diferentes métodos de deshidratado sobre el contenido total de compuestos bioactivos en flores comestibles.

En flores como la BEGO ROJA y PVO se observó que el contenido total de compuestos bioactivos no mostró diferencias significativas entre el deshidratado por liofilización y estufa a 30°C (Fig. 7). Asimismo, en todas las flores evaluadas, el deshidratado por frío mostró preservar de mejor forma los compuestos bioactivos que los métodos restantes. Estos resultados son consistentes con lo encontrado por Demasi *et al.* (2023), quienes demostraron que el deshidratado por frío favoreció la conservación de los compuestos bioactivos en *Bellis perennis L.*, *Centaurea cyanus L.*, *Dianthus carthusianorum L.*, *Lavandula angustifolia Mill.*, *Primula vulgaris Huds.*, *Rosa canina L.*, *Rosa pendulina L.* y *Viola odorata L.*



Figura 8: Efecto del deshidratado en frío (liofilizado), en caliente (estufa 30°C, estufa 60°C) y papel sobre los caracteres visuales de *Begonia sempervirens L.* de color rojo.

En relación a los métodos de deshidratación en caliente, los compuestos bioactivos se vieron menos afectados aplicando temperaturas de 30°C, excepto en clavelina (CL) donde el contenido de compuestos bioactivos fue mayor en las flores deshidratadas a 60°C. En TGT N, el deshidratado a 30 y 60°C no mostró diferencias significativas indicando que ambas temperaturas impactan de igual forma en los compuestos fitoquímicos. En ALE y CAL N, el deshidratado en papel fue más efectivo para preservar los compuestos bioactivos que deshidratando en caliente a 60°C. En el caso de las BEGO (roja y rosada), el deshidratado en papel no fue efectivo, ya que causó el amarronamiento de toda la flor como puede observarse en la Fig. 8.

Conclusiones

El trabajo aborda de forma integral la conservación de flores comestibles en fresco y deshidratado, y de forma inédita la aplicación de radiaciones UV-C y la comparación de infusiones tradicionales como té negro, té verde y yerba mate con infusiones de flores comestibles. Se mostró que, para una mejor conservación de las flores en fresco, los envases tipo Rottlen sin perforaciones o las bandejas de telgopor con film serían más efectivos comparados con los envases tipo Rottlen con perforaciones. Se estableció que el tiempo máximo de conservación en fresco depende de las diferentes especies y se encontraría entre los 12 y 14 días.

El deshidratado de flores evidenció que tanto el liofilizado como el deshidratado a 30°C resultan las alternativas más adecuadas para preservar los compuestos bioactivos, en comparación con temperaturas de 60°C o el tradicional secado en papel. El deshidratado en papel de las begonias no resulta efectivo ya que provoca el amarronamiento de los pétalos, afectando negativamente su calidad visual.

Infusionar las flores comestibles es una alternativa para consumir compuestos bioactivos. Si bien el contenido total de compuestos bioactivos en las infusiones tradicionales (té, yerba mate) resulta un 30% superior a las infusiones florales, las flores mostraron mayor extractabilidad desde el polvo a la infusión.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Juan Agustín Maza (Proyecto I+D-2022), a la Universidad Nacional de Cuyo (Proyecto 06/A032-T1) e INTA (D-E7-1153-001 y PE.1119) por el financiamiento para llevar a cabo este trabajo y a Lucía Valerga por su colaboración con el uso del equipo UV-C.

Referencias Bibliográficas

- Barani, Y. H., Zhang, M., & Wang, B. (2021). Effect of thermal and ultrasonic pretreatment on enzyme inactivation, color, phenolics and flavonoids contents of infrared freeze-dried rose flower. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(2), 995-1004. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00701-z>
- Bazylo, A., Parzonko, A., Jez, W., Osińska, E., & Kiss, A. K. (2014). Inhibition of ROS production, photoprotection, and total phenolic, flavonoids and ascorbic acid content of fresh herb juice and extracts from the leaves and flowers of *Tropaeolum majus*. *Industrial Crops and Products*, 55, 19-24. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.01.056>
- Benvenuti, S., & Mazzoncini, M. (2021). The Biodiversity of Edible Flowers: Discovering New Tastes and New Health Benefits. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 11). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.569499>
- Civello, P., A., V., & Gustavo, M. (2006). UV-C technology to control postharvest diseases of fruits and vegetables. Recent advances in alternative postharvest technologies to control fungal diseases in fruits and vegetables. In *Recent Advances in Alternative Postharvest Technologies to Control Fungal Diseases in Fruits & Vegetables* (Vol. 661, Issue 2). ISBN: 81-7895-244-0
- Costa, L., Vicente, A. R., Civello, P. M., Chaves, A. R., & Martínez, G. A. (2006). UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. *Postharvest Biology and Technology*, 39(2), 204-210. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.10.012>
- Darré, M., Vicente, A. R., Cisneros-Zevallos, L., & Artés-Hernández, F. (2022). Postharvest Ultraviolet Radiation in Fruit and Vegetables: Applications and Factors Modulating Its Efficacy on Bioactive Compounds and Microbial Growth. *Foods*, 11(5), 1-19. <https://doi.org/10.3390/foods11050653>
- Demasi, S., Caser, M., & Scariot, V. (2023). Hot and cold drying of edible flowers affect metabolite patterns of extracts and decoctions. *Folia Horticulturae*, 35(1), 193-207. <https://doi.org/10.2478/fhort-2023-0015>
- Demasi, S., Mellano, M. G., Falla, N. M., Caser, M., & Scariot, V. (2021). Sensory profile, shelf life, and dynamics of bioactive compounds during cold storage of 17 edible flowers. *Horticulturae*, 7(7), 1-26. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7070166>
- Dhiman, M. R., Kumar, S., Parkash, C., Kumar, R., Moudgil, S., & Sharma, S. (2017). Determination of Phytochemical and Antioxidant Activities in Edible Flowers. *International Journal of Horticulture*. <https://doi.org/10.5376/ijh.2017.07.0004>
- Falagán, N., & Terry, L. A. (2018). Recent advances in controlled and modified atmosphere of fresh produce. *Johnson Matthey Technology Review*, 62(1), 107-117. <https://doi.org/10.1595/205651318X696684>
- Fernandes, L., Casal, S., Pereira, J. A., Pereira, E. L., Ramalhosa, E., & Saraiva, J. A. (2017). Effect of high hydrostatic pressure on the quality of four edible flowers: *Viola x wittrockiana*, *Centaurea cyanus*, *Borago officinalis* and *Camellia japonica*. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(11), 2455-2462. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13530>
- Fernandes, L., Saraiva, J. A., Pereira, J. A., Casal, S., & Ramalhosa, E. (2019). Post-harvest technologies applied to edible flowers: A review: Edible flowers preservation. *Food Reviews International*, 35(2), 132-154. <https://doi.org/10.1080/87559129.2018.1473422>
- Gogo, E. O., Opiyo, A. M., Hassenberg, K., Ulrichs, C., & Huyskens-Keil, S. (2017). Postharvest UV-C treatment for extending shelf life and improving nutritional quality of African indigenous leafy vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 129, 107-117. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.03.019>
- Guiné, R. P. F., Florença, S. G., Moya, K. V., & Anjos, O. (2020). Edible flowers, old tradition or new gastronomic trend: A first look at consumption in Portugal versus Costa Rica. *Foods*, 9(8), 977. <https://doi.org/10.3390/foods9080977>
- Harbertson, J. F., & Spayd, S. E. (2006). Measuring Phenolics in the Winery - 281 Spectral Properties of Phenolics Red Wine Color Characteristics. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(3), 280-288.
- Ivanova, S., & Prosekov, A. (2022). Study of the Antioxidant Potential of UV-Treated Vegetables. *Nutraceuticals*, 2(4), 289-299. <https://doi.org/10.3390/nutraceuticals2040022>
- Jofré, V., Assof, M., Vargas, E., & Fanzone, M. (2020). Determinación simultánea de carotenoides y compuestos fenólicos en subproductos agroalimentarios: Microextracción Líquido-Sólido Asistida por Ultrasonido optimizada por metodologías de diseño experimental. *Investigación, Ciencia y Universidad*, 4, 20-28.
- Kandyliis, P. (2022). Phytochemicals and Antioxidant Properties of Edible Flowers. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/app12199937>
- Koike, A., Barreira, J. C. M., Barros, L., Santos-Buelga, C., Villavicencio, A. L. C. H., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). Edible flowers of *Viola tricolor* L. as a new functional food: Antioxidant activity, individual phenolics and effects of gamma and electron-beam irradiation. *Food Chemistry*, 179, 6-14. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.123>
- Kou, L., Turner, E. R., & Luo, Y. (2012). Extending the Shelf Life of Edible Flowers with Controlled Release of 1-Methylcyclopropene and Modified Atmosphere Packaging. *Journal of Food Science*, 77(5), 188-193. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02683.x>
- Kumari, P., Ujala, & Bhargava, B. (2021). Phytochemicals from edible flowers: Opening a new arena for healthy lifestyle. *Journal of Functional Foods*, 78(February), 104375. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104375>
- Lara-Cortés, E., Osorio-Díaz, P., Jiménez-Aparicio, A., & Bautista-Baños, S. (2013). Contenido nutricional, propiedades funcionales y conservación de flores comestibles. Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 63(3), 197-208.
- Li, Y., He, N., Hou, J., Xu, L., Liu, C., Zhang, J., Wang, Q., Zhang, X., & Wu, X. (2018). Factors influencing leaf chlorophyll content in natural forests at the biome scale. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6(JUN). <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00064>

- Loizzo, M. R., Pugliese, A., Bonesi, M., Tenuta, M. C., Menichini, F., Xiao, J., & Tundis, R. (2016). Edible Flowers: A Rich Source of Phytochemicals with Antioxidant and Hypoglycemic Properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(12), 2467-2474. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03092>
- Marchioni, I., Taglieri, I., Dimita, R., Ruffoni, B., Zinnai, A., Venturi, F., Sanmartin, C., & Pistelli, L. (2022). Postharvest Treatments on Sensorial and Biochemical Characteristics of Begonia cucullata Willd Edible Flowers. *Foods*, 11(10), 1-13. <https://doi.org/10.3390/foods11101481>
- Mertz, C., Gancel, A. L., Gunata, Z., Alter, P., Dhuique-Mayer, C., Vaillant, F., Perez, A. M., Ruales, J., & Brat, P. (2009). Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(5), 381-387. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.06.008>
- Mikołajczak, N., Sobiechowska, D. A., & Tańska, M. (2020). Edible flowers as a new source of natural antioxidants for oxidative protection of cold-pressed oils rich in omega-3 fatty acids. *Food Research International*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109216mil>
- Parada, J., & Aguilera, J. M. (2007). Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients. *Journal of Food Science*, 72(2), 21-32. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00274.x>
- Petrović, S., Zvezdanović, J., & Marković, D. (2017). Chlorophyll degradation in aqueous mediums induced by light and UV-B irradiation: An UHPLC-ESI-MS study. *Radiation Physics and Chemistry*, 141(May), 8-16. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2017.05.024>
- Phonyiam, O., Ohara, H., Kondo, S., Naradisorn, M., & Setha, S. (2021). Postharvest UV-C Irradiation Influenced Cellular Structure, Jasmonic Acid Accumulation, and Resistance Against Green Mold Decay in Satsuma Mandarin Fruit (Citrus unshiu). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5(June), 1-8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.684434>
- Pires, T., Dias, M. I., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2017). Nutritional and chemical characterization of edible petals and corresponding infusions: Valorization as new food ingredients. *Food Chemistry*, 220, 337-343. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.026>
- Purohit, S. R., Rana, S. S., Idrishi, R., Sharma, V., & Ghosh, P. (2021). A review on nutritional, bioactive, toxicological properties and preservation of edible flowers. In *Future Foods* (Vol. 4). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100078>
- Rao, V., & Poonia, A. (2024). Bioactive compounds, nanoparticles synthesis, health benefits and potential utilization of edible flowers for the development of functional dairy products: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 61(6), 1053-1068. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05853-6>
- Rodrigo, M. C., Lopez, D., Carazo, N., Fabra, M., Planes, A., Parc, E., De, M., Campus, T., & Upc, L. (2003). Conservación de flores comestibles 2 : Efecto de la temperatura. *Acta Horticulturae*, 1, 1202-1207.
- Scariot, V., Ferrante, A., & Romano, D. (2022). Editorial: Edible flowers: Understanding the effect of genotype, preharvest, and postharvest on quality, safety, and consumption. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1025196>
- Shantamma, S., Vasikaran, E. M., Waghmare, R., Nimbkar, S., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2021). Emerging techniques for the processing and preservation of edible flowers. *Future Foods*, 4(July). <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100094>
- Skrajda-Brdak, M., Dąbrowski, G., & Konopka, I. (2020). Edible flowers, a source of valuable phytonutrients and their pro-healthy effects - A review. *Trends in Food Science and Technology*, 103(July), 179-199. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.016>
- Simoni, N. K., Santos, F. F., Andrade, T. A., Villavicencio, A. L. C. H., & Pinto-e-Silva, M. E. M. (2018). The Use of Edible Flowers in Human Food: Sensory Analysis of Preparations. *ETP International Journal of Food Engineering*, 140-143. <https://doi.org/10.18178/ijfe.4.2.140-143>
- Sonntag, F., Liu, H., & Neugart, S. (2023). Nutritional and Physiological Effects of Postharvest UV Radiation on Vegetables: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(26), 9951-9972. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c00481>
- Stumpf, E. R. T. (2021). Edible Flowers: More Than A Gastronomic Trend. In *Ornamental Horticulture* (Vol. 27, Issue 4, pp. 437-437). <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i4.2404>
- Urfalino, D. P. (2019). *Deshidratado de ciruelas d'Agen en túneles de configuraciones inversas*. Tesis doctoral. Universidad Nacional Santiago del Estero. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/5176>
- Vidal, A. Z., & Montes, R. M. (2012). Aplicación de métodos de conservación para alargar la vida útil de la flor de cempasúchil (*Tagetes erecta* L. Asteraceae) y su posterior uso gastronómico. *Lacandonia*, 6(6), 59-66.
- Zhang, W., Jiang, H., Cao, J., & Jiang, W. (2021). Advances in biochemical mechanisms and control technologies to treat chilling injury in postharvest fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 113(1), 355-365. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.009>