

DOI: <https://doi.org/10.47300/actasidi-unicyt-2025-97>

ESTUDIO DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS DE DESHIDRATACIÓN CONVENCIONAL Y COMBINADO APLICADOS A LOS FRUTOS DE *BUTIA CAPITATA* SOBRE SUS PARÁMETROS DE COLOR

Buiese, Oriana

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), Facultad de
Ingeniería (FIO), Núcleo TECSE (Tecnología de Semillas y Alimentos)

Olavarría, Argentina

orianabuiese@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0761-2918>

Pagano, Ana María

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN), Facultad de
Ingeniería (FIO), Núcleo TECSE (Tecnología de Semillas y Alimentos)

Olavarría, Argentina

apagano@fio.unicen.edu.ar / anamariapagano@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7926-8269>

RESUMEN

El atractivo fruto amarillo-rojizo incluso naranja de *Butia capitata* (Mart.) Becc. comúnmente llamada palma jalea (nativa de Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay), valioso por sus propiedades nutricionales, funcionales, medicinales, es muy perecedero. Al momento, para preservar su vida útil, sólo se han reportado artículos sobre secado a alta temperatura. Por tanto, en este trabajo se desarrolló un innovador proceso combinado (DO-SAC) de deshidratación basado en ósmosis en solución de sacarosa (concentración C: 40 y 60 °Brix) a diferentes tiempos de inmersión (t_{DO} : 30 y 60 min), complementado por secado por aire caliente (temperatura T: 70 y 90 °C) durante diferentes tiempos (t_{SAC} : 15, 30, 45, 60 y 80 min), por duplicado, evaluando el efecto de estas variables sobre la variación global (ΔE) de parámetros de color CIELAB (L^* , a^* , b^*) del producto deshidratado, comparado con el obtenido por secado convencional por aire caliente (SAC). Estos parámetros se determinaron mediante captura de imágenes digitales del fruto en cabina con luz estandarizada (D-Light D60) y utilizando Adobe Photoshop® para analizar los datos. En los tratamientos, mediante Anova ($p < 0,05$) se demostraron efectos significativos de T y t_{DO} (en DO-SAC) y t_{SAC} (en SAC y DO-SAC) sobre ΔL^* , Δa^* y/o Δb^* . El proceso con menor efecto sobre la variación global del color (ΔE) fue DO-SAC en solución de C=40 °Brix, durante t_{DO} =60 min, complementado con secado por aire caliente a T=70 °C, contribuyendo a menor pérdida de luminosidad y de oscurecimiento del fruto durante el proceso de secado.

Palabras clave: *Butia capitata*, proceso de secado combinado, efecto sobre propiedades sensoriales, variación de color.

ABSTRACT

The attractive yellow-reddish fruit, even orange, of the species *Butia capitata* (Mart.) Becc., commonly called palm jelly (native to Argentina, Brazil, Uruguay and Paraguay), valuable for its nutritional, functional, and medicinal properties, is very perishable. To date, to preserve its shelf life, only articles on high-temperature drying have been reported. Therefore, an innovative combined dehydration process (DO-SAC) was developed in this work based on osmosis in

sucrose solution (concentration C: 40 and 60 °Brix) at different immersion times (t_{DO} : 30 and 60 min), supplemented by hot air drying (temperature T: 70 and 90 °C) during different times (t_{SAC} : 15, 30, 45, 60 and 80 min), in duplicate, evaluating the effect of these variables on the overall variation (ΔE) of CIELAB color parameters (L^* , a^* , b^*) of the dehydrated product, compared with that obtained by conventional hot air drying (SAC). These parameters were determined by capturing digital images of the fruit in a standardized light booth (D-Light D60) and using Adobe Photoshop® to analyze the data. In the treatments, significant effects of T and t_{DO} (in DO-SAC) and t_{SAC} (in SAC and DO-SAC) on L^* , a^* and/or b^* were demonstrated using Anova ($p < 0.05$). The process with the least effect on the overall color variation (ΔE) was DO-SAC in solution of C=40 °Brix, during t_{DO} =60 min, supplemented by drying by hot air at T=70 °C, contributing to less loss of luminosity and darkening of the fruit during the drying process.

Keywords: *Butia capitata*, combined drying process, effect on sensorial properties, variation of color.

1. INTRODUCCIÓN

La palmera de jalea o *Butia capitata* (Mart.) Becc. es originaria del sur de Brasil, este de Uruguay y Paraguay, y noreste de Argentina. En los últimos años se han realizado estudios de caracterización del fruto de *B. capitata* y desarrollo de algunos subproductos. El interés radica en sus propiedades nutricionales, funcionales y medicinales (alto contenido en carotenoides, polifenoles, vitaminas C y A, fibra alimentaria) (Zaccari *et al.*, 2012). El fruto es esférico u oblongo, de color amarillo o anaranjado, con pulpa jugosa abundante, crece arracimado formando “cachos”, la pulpa y su endocarpio leñoso son comestibles (Betancurt *et al.*, 2008); pero es un fruto muy perecedero.

En el área de influencia de UNICEN, existe un ecosistema ornamental de *Butia capitata* perfectamente adaptada (Azul, provincia de Buenos Aires, Argentina); no obstante el fruto no ha sido muy investigado o explotado. Por tanto, resulta interesante evaluar su aprovechamiento para obtener productos deshidratados tipo *snack* mediante la eliminación del agua de los frutos frescos por tratamientos de secado tradicionales e innovadores. El secado suele ser un proceso sencillo para eliminar el agua de una fruta, pero agresivo en cuanto a su efecto sobre atributos de calidad sensorial, como lo es el color. Los procesos osmóticos en soluciones concentradas de solutos (como p.e., sacarosa) a temperatura ambiente son lentos, pero menos agresivos que el secado convencional y generalmente mejoran los atributos del fruto (Kaleta *et al.*, 2013). Atento a ello, como objetivo de este trabajo se propuso desarrollar procesos de deshidratación (deshidratación combinada por ósmosis y secado por aire caliente, DO-SAC, comparado con secado convencional por aire caliente, SAC) aplicados al fruto fresco de *B. capitata*, evaluando el efecto de las variables tecnológicas concentración de solución osmótica y temperatura de secado a distintos tiempos de proceso sobre la reducción de humedad del fruto y la variación de color del producto como parámetro de calidad.

2. MARCO CONCEPTUAL

Actualmente no se han reportado estudios de secado de frutos de *Butia capitata* que evalúen su cinética de deshidratación y el efecto del proceso sobre parámetros sensoriales tales como el color del producto. Sólo algunos pocos artículos recientes evalúan el efecto del secado convencional por aire caliente de pulpa de *B. capitata* (Girelli *et al.*, 2023; Paiva *et al.*, 2023; Macedo *et al.*, 2020) y también sobre almacenamiento de frutos de *Butia* (Zaccari *et al.*, 2012) sobre ciertas propiedades (color, vitaminas, pH, °Brix, entre otros).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo la investigación desarrollada fue de tipo experimental, su alcance puede considerarse exploratorio y predictivo, dado que se ha basado en diseños experimentales para evaluar su efecto sobre propiedades del producto y modelar diferentes procesos.

Muestra: Se utilizaron frutos maduros de palma de jalea (*Butia capitata* (Mart.) Becc.) cosechados en el Parque Municipal de la ciudad de Azul (provincia de Buenos Aires, Argentina), los cuales se almacenaron en freezer (-18 °C) hasta los ensayos.

Caracterización de frutos frescos: se determinaron los siguientes parámetros característicos, por duplicado: peso promedio de fruto entero y de carozo (balanza analítica); diámetro ecuatorial y meridional (calibre); densidad real (picnometría líquida); contenido de humedad (estufa de conducción a 70 ± 1 °C hasta peso constante, AOAC, 1980); contenido de sólidos solubles (refractómetro ABBE, precisión ±0,01 °Brix, AOAC, 1980); pH (pHmetro, precisión ±0,1 unidades de pH); parámetros iniciales de color del espacio CIELAB (L_0^* , a_0^* , b_0^* , mediante captura de imagen digital en cabina con luz estandarizada D-Light D60 y procesamiento en software Adobe Photoshop®).

Deshidratación del fruto de palmera de jalea: se realizaron 10 experimentos empleando dos métodos de deshidratación:

1) **Secado convencional por aire caliente (SAC):** los frutos sin carozo cortados en mitades se secaron en estufa de convección forzada a alta temperatura (T: 70 y 90 °C) durante diferentes tiempos (t_{SAC} : 15, 30, 45, 60 y 80 min), por duplicado, a fin de analizar la influencia de T y t_{SAC} sobre el cambio de los parámetros de color de los deshidratados $\Delta L^* = L_f^* - L_0^*$, $\Delta a^* = a_f^* - a_0^*$ y $\Delta b^* = b_f^* - b_0^*$, siendo f: final, 0: inicial) y la variación global de color $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}^{1/2}$.

2) **Deshidratación combinada en dos etapas basada en pretratamiento osmótico seguido de secado por aire caliente, DO-SAC):** los frutos sin carozo cortados en mitades se llevaron a inmersión en solución concentrada de sacarosa (C: 40 y 60% p/p) a temperatura ambiente durante diferentes tiempos (t_{DO} : 30 y 60 min), complementado luego con secado por aire caliente a alta temperatura (T: 70 y 90 °C) a diferentes tiempos (t_{SAC} : 15, 30, 45, 60 y 80 min), por duplicado, analizando el efecto del proceso global sobre el cambio de parámetros de color (ΔL^* , Δa^* y Δb^*) y variación global de color (ΔE) de los productos. Asimismo en ambos procesos (SAC y DO-SAC), a fin de desarrollar su/s modelo/s cinético/s de secado, se evaluó la razón de humedad ($MR = M/M_0$) de las muestras en función del tiempo (t_{SAC}) a cada temperatura (T) (siendo M_0 : humedad inicial, M: humedad a cada t_{SAC}).

Como **objetivo** de este trabajo se planteó **seleccionar el tratamiento** que permita obtener un producto deshidratado de alta calidad sensorial en cuanto a lograr el **menor impacto** sobre el atributo de **color**.

Análisis estadístico y modelado: los datos experimentales de las muestras en cuanto a variación de parámetros de color (ΔL^* , Δa^* , Δb^*), variación global de color (ΔE) y razón de humedad (MR) obtenidos en los procesos SAC y DO-SAC se analizaron por ANOVA ($\alpha=0,05$) para evaluar el efecto de los factores T, C, t_{SAC} , t_{DO} sobre dichas variables dependientes. Mediante análisis de regresión no lineal de las curvas de secado, aplicando ecuaciones cinéticas clásicas de la literatura (Page, Wang-Singh, Lewis, Henderson-Pabis, Midilli *et al.*) (Simpson *et al.*, 2017; Kaleta *et al.*, 2013; Vega-Gálvez *et al.*, 2008) se determinaron sus parámetros y estadísticos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la caracterización de fruto entero se obtuvo: peso 11,56 ± 2,09 g; diámetros ecuatorial y meridional 2,15 ± 0,36 y 3,54 ± 0,35 cm; humedad 80,53 ± 0,27%; densidad 1,046 ± 0,006 g/mL; pH 4 ± 0,1 unidades; sólidos solubles 12,85 ± 1,2 °Brix. En cuanto al color, L_0^* 44 ± 2,83, a_0^* 41 ± 1,41 y b_0^* 47,33 ± 1,87.

Análisis del secado: mediante ANOVA, en SAC se observó influencia significativa ($p < 0,05$) de T , t_{SAC} y $T \times t_{SAC}$ sobre MR, mientras en DO-SAC todos los factores C , t_{DO} , T y t_{SAC} , y las interacciones $C \times T$, $T \times t_{SAC}$ y $C \times T \times t_{SAC}$, presentaron efecto significativo sobre MR.

En el análisis de regresión no lineal, en SAC para ambas temperaturas empleadas, el modelo más preciso fue Midilli *et al.* ($MR = a \cdot \exp(-k \times t_{SAC}^n + b \cdot t_{SAC})$) resultando $a = 0,991$; $k = 0,003$; $n = 2,096$; $b = 0,001$ ($S = 0,044$); mientras tanto en DO-SAC la mejor ecuación fue Wang-Singh ($MR = 1 + a \times t_{SAC} + a \times t_{SAC}^2$) con parámetros a entre $-0,009$ y $-0,02$ y b entre $-1,75 \times 10^{-5}$ y $0,004$ ($0,015 \leq S \leq 0,101$).

Análisis del efecto sobre parámetros de color: en los frutos sometidos a SAC sus parámetros de color presentaron efecto significativo ($p < 0,05$) de t_{SAC} sobre ΔE , Δa^* y Δb^* , mientras en DO-SAC hubo efecto de T , t_{SAC} , $T \times t_{SAC}$, $T \times t_{DO}$, $t_{SAC} \times t_{DO}$, sobre ΔE , además otros variados efectos sobre ΔL , Δa y Δb . No se observaron efectos significativos de C sobre estas variables. Las mejores condiciones de SAC resultaron para el fruto secado a $T = 70^\circ C$ ($\Delta E = 17,36$), mientras que para DO-SAC fue el ensayo realizado con solución osmótica $C = 40^\circ Brix$ durante $t_{DO} = 60$ min y secado a $T = 70^\circ C$ obteniendo $\Delta E = 16,21$ (Figuras 1 y 2).

Figura 1

Gráfico estrella de la variación total de color (ΔE) en el secado por aire caliente (SAC) a diferentes temperaturas y tiempos de proceso.

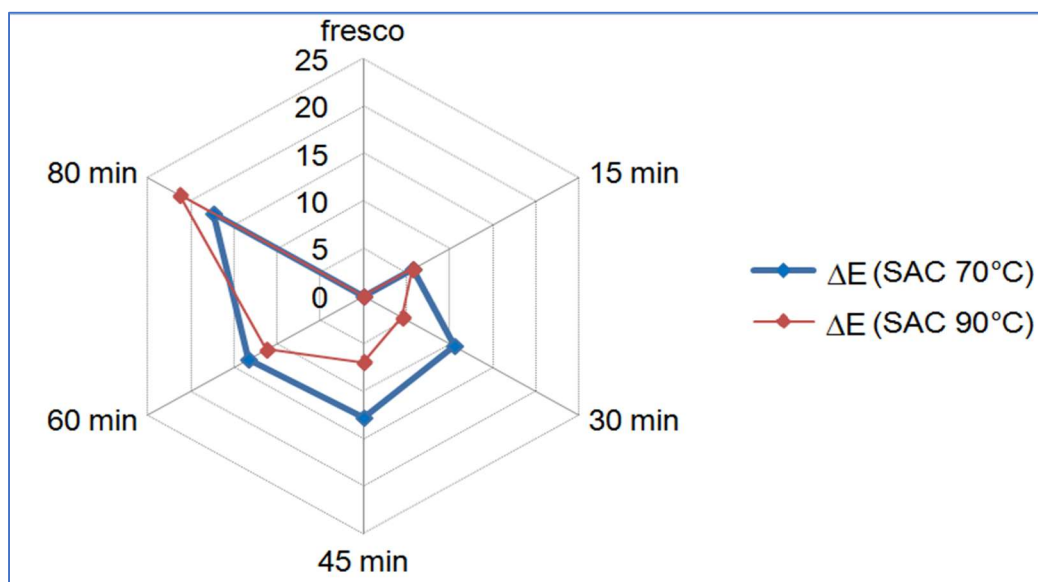
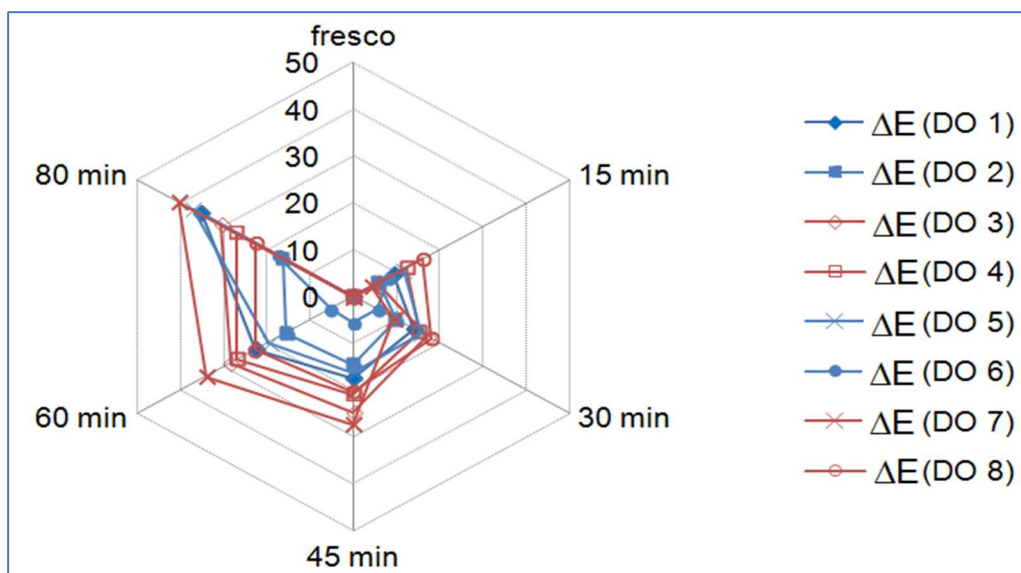


Figura 2

Gráfico estrella de la variación total de color (ΔE) del fruto en el proceso combinado de ósmosis seguido de secado por aire caliente (DO-SAC) a diferentes tiempos de pretratamiento.



Nota. DO 1: C=40 °Brix, T=70 °C, t_{DO} =30 min; DO 2: C=40 °Brix, T=70 °C, t_{DO} =60 min; DO 3: C=40 °Brix, T=90 °C, t_{DO} =30 min; DO 4: C=40 °Brix, T=90 °C, t_{DO} =60 min; DO 5: C=60 °Brix, T=70 °C, t_{DO} =30 min; DO 6: C=60 °Brix, T=70 °C, t_{DO} =60 min; DO 7: C=60 °Brix, T=90 °C, t_{DO} =30 min; DO 8: C=60 °Brix, T=90 °C, t_{DO} =60 min.

5. CONCLUSIONES

En función del análisis de los resultados obtenidos, las mejores condiciones de deshidratación del fruto de *B. capitata* que permiten conservar los atributos de color resultaron: C=40 °Brix, T=70 °C, t_{DO} =60 min, contribuyendo a una menor pérdida de color, oscurecimiento y luminosidad, demostrando que la aplicación de un tratamiento osmótico previo al secado por aire caliente del fruto protege sus atributos de color frente a condiciones severas de temperatura y tiempos de secado.

REFERENCIAS

- AOAC. (1980). AOAC: *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Washington DC, USA, 7, 56-132.
- Girelli, A., Snt'anna, V., & Klein, M.P. (2023). Drying of butiá pulp by the foam-layer method and characterization of the obtained powder. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 58, e03050, <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2023.v58.03050>.
- Kaleta, A., Górnicki, K., Winiczenko, R., & Chojnacka, A. (2013). Evaluation of drying models of apple (var. *Ligol*) dried in a fluidized bed dryer. *Energy Convers Manag*, 67, 179-185. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.11.011>
- Macedo, L.L., Corrêa, J.L.G., Fonseca, H.C., da Silva Araújo, C., Vimercati, W.C., & Gandia, R.M. (2020). Secado convectivo de pulpa de *Butia capitata*: efecto de la temperatura del aire sobre los parámetros cinéticos y de calidad. *Res Soc Develop*, 9(11). <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/10583/9296>
- Paiva, Y.F., Figueirêdo, R.M.F.D., Queiroz, A.J.D.M., Amadeu, L.T.S., Reis, C.G.D., Santos, F.S.D., Lima, A.G.B.D., Silva, W.P.D., Gomes, J.P., Leite, D.D.D.F., & Lima, T.L.B.D. (2023). Tropical red fruit blend foam mat drying: Effect of combination of additives and drying temperatures. *Foods*, 12(13), 2508. <https://doi.org/10.3390/foods12132508>
- Simpson, R., Ramírez, C., Nuñez, H., Jaques, A., & Almonacid, S. (2017). Understanding the success of Page's model and related empirical equations in fitting experimental data of diffusion phenomena in food matrices. *Trends in Food Sci Technol*, 62, 194-201. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.01.003>

- Vega-Gálvez, A., Lemus-Mondaca, R., Bilbao-Sainz, C., Yagnam, F., & Rojas, A. (2008). Mass transfer kinetics during convective drying of red pepper var. Hungarian (*Capsicum annuum* L.): mathematical modeling and evaluation of kinetic parameters. *J Food Proc Engng*, 31(1), 120-137. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00145.x>
- Zaccari, F., Crosa, M.J., & Irisity, M. (2012). Evolución de la calidad de frutos de butiá (*Butia capitata*, Mart. Becc.) en almacenamiento refrigerado. *Innotec*, 7, 31-37. <https://www.redalyc.org/pdf/6061/606166712004.pdf>

Los autores del trabajo autorizan a la Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología (UNICYT) a publicar este resumen en extenso en las Actas del Congreso IDI-UNICYT 2025 en Acceso Abierto (Open Access) en formato digital (PDF) e integrarlos en diversas plataformas online bajo la licencia CC: Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

La Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología y los miembros del Comité Organizador del Congreso IDI-UNICYT 2025 no son responsables del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en este artículo.