

Efecto de la luz UV en la calidad funcional de frutos de zarzamora en fresco y deshidratados

Effect of UV light on the functional quality of fresh and dehydrated blackberry fruits

*Yolanda Ruiz Suárez*¹

Tecnológico Nacional de México, México

yolanda.rs@losreyes.tecnm.mx

*Maria Fernanda López Téllez*²

Tecnológico Nacional de México, México

fernanda.lote26@gmail.com

*Yolanda Martínez Andrade*³

Tecnológico Nacional de México, México

yolanda.ma@zamora.tecnm.mx

*Juan Angel Ramos Ixta*⁴

Tecnológico Nacional de México, México

juan.ri@losreyes.tecnm.mx

Recepción: 08 Agosto 2024

Aprobación: 12 Septiembre 2024

Publicación: 31 Diciembre 2024



Acceso abierto diamante

Resumen

Las zarzamoras son frutos ricos en compuestos con actividad antioxidante como los fenoles. El contenido de estos compuestos es variable incluso entre variedades. Hay estudios que muestran que estas moléculas son producidas en las plantas como defensa ante la luz UV, sin embargo, no hay estudios previos en zarzamora que promuevan el incremento de fenoles aplicando estimulación con luz UV. El objetivo de este proyecto fue evaluar el efecto de la luz UV en la calidad funcional de los frutos de zarzamora en fresco y deshidratados.

Frutos de zarzamora de dos variedades (Elvira y Tupy) fueron expuestos a diferentes dosis de luz UV (5, 10 y 15 minutos a dos distancias distintas 15 y 30 cm). Se realizó la cuantificación de fenoles totales por el método Folin Ciocaltiu en los frutos antes y después de ser irradiados. La variedad Elvira mostró un promedio de fenoles totales de 15.158 mg/g, mientras que la variedad Tupy presentó 6.415 mg/g en promedio, esto indica que los frutos de la variedad Elvira cuentan con mayor cantidad de fenoles totales en comparación con los frutos de la variedad Tupy. Despues de la irradiación, los fenoles totales mostraron un incremento en los frutos

Notas de autor

- 1 *Tecnológico Nacional de México/ITS de Los Reyes / División de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Km. 3 Carretera Los Reyes-Jacona / 60300 / Los Reyes de Salgado / Michoacán / México. yolanda.rs@losreyes.tecnm.mx. 3511216449.*
- 2 *Tecnológico Nacional de México/ITS de Los Reyes / División de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Km. 3 Carretera Los Reyes-Jacona / 60300 / Los Reyes de Salgado / Michoacán / México. fernanda.lote26@gmail.com. 4531216873.*
- 3 *Tecnológico Nacional de México/ITES de Zamora/ División de Ingeniería en Industrias Alimentarias. km 7 Carretera, Zamora de Hidalgo-La Piedad/ 59716/ El Sauz de Abajo / Michoacán / México. yolanda.ma@zamora.tecnm.mx. 3511111836.*
- 4 *Tecnológico Nacional de México/ITS de Los Reyes / División de Ingeniería en Electromecánica. Km. 3 Carretera Los Reyes-Jacona / 60300 / Los Reyes de Salgado / Michoacán / México. juan.ri@losreyes.tecnm.mx. 3511043318.*

de la variedad Tupy, siendo el mejor tratamiento T3 (10 minutos a 15 cm) con un promedio de 13.542 mg/g, mientras que en los frutos de la variedad Elvira no se presentaron diferencias significativas. Posteriormente, Los frutos fueron deshidratados en un deshidratador por convección y se volvieron a cuantificar los fenoles totales para validar la conservación de estas moléculas. Los resultados mostraron que en frutos de la variedad Tupy hubo una disminución drástica de fenoles mientras que en la variedad Elvira se conservan; sin embargo, esta última variedad es poco apta para la deshidratación dada la baja firmeza de sus frutos.

Palabras clave: Luz UV, zarzamora, postcosecha, calidad funcional, antioxidantes, fenoles.

Abstract

Blackberries are rich in compounds with antioxidant activity, such as phenols. The content of these compounds varies even among different varieties. Studies show that these molecules are produced in plants as a defense against UV light; however, there are no previous studies on blackberries that promote the increase of phenols by applying UV light. The objective of this project was to evaluate the effect of UV light on the functional quality of fresh and dehydrated blackberry fruits.

Blackberries from two varieties (Elvira and Tupy) were exposed to different doses of UV light (5, 10, and 15 minutes at two different distances, 15 and 30 cm). The quantification of total phenols was carried out using the Folin-Ciocalteu method on the fruits before and after irradiation. The Elvira variety showed an average of 15.158 mg/g of total phenols, while the Tupy variety showed an average of 6.415 mg/g, this results suggest that the Elvira variety has a higher amount of total phenols compared to the Tupy variety. After irradiation, total phenols increased in the Tupy variety, the best treatment was T3 (10 minutes at 15 cm) with an average of 13.542 mg/g, while the Elvira variety showed no significant differences. Subsequently, the fruits were dehydrated in an industrial convection dehydrator, and total phenols were re-quantified to validate the preservation of these molecules. The results showed a drastic decrease in phenols in the Tupy variety, while the Elvira variety maintained its phenol content; however, this variety is less suitable for dehydration due to the low firmness of its fruits.

Keywords: UV light, blackberry, postharvest, functional quality, antioxidants, phenols.

INTRODUCCIÓN

Las zarzamoras destacan como una fuente de alimento funcional debido a su alta capacidad antioxidante y contenido fenólico, lo que las hace adecuadas para el consumo como producto fresco o como ingredientes en diversos productos comerciales (Memete, et al., 2023; Oszmia'nski, et al., 2015). El contenido y clases de compuestos bioactivos que se encuentran en las zarzamoras pueden variar significativamente entre diferentes cultivares; la genética, el clima, la disponibilidad de agua y el manejo de cultivos juegan un papel crucial en la determinación de la cantidad y distribución de estos compuestos en los frutos (Moyer et al., 2002; Paredes-López et al., 2010).

Los compuestos fenólicos son el grupo principal de fitoquímicos en las berries, incluidos los flavonoides (antocianinas, flavonoles, flavonas, flavonoles, flavanonas e isoflavonoides), estilbenos, taninos y ácidos fenólicos (Seeram, 2008). Estas moléculas protegen las plantas contra factores adversos como infecciones, daños físicos, radiación UV y otros factores.

La irradiación UV puede ocasionar un estrés abiótico en las plantas, lo que puede inducir reacciones complejas de adaptación metabólica durante el crecimiento de la planta, afectando así sus características nutricionales (Cisneros Zevallos, 2003) y procesos fisiológicos (Barka, 2001). La respuesta de las plantas superiores a la radiación UV depende de la longitud de onda, la dosis y la sensibilidad de la planta (Baka, et al., 1999; Mercier, et al., 2001). En los últimos años, la luz ultravioleta se ha utilizado principalmente en la conservación de frutas poscosecha ya que puede inducir reacciones fisiológicas y bioquímicas en las frutas, regular la producción de metabolitos secundarios y la expresión de genes de defensa para mantener y mejorar la calidad de los frutos poscosecha (Crupi, et al., 2013), retrasar la senescencia del fruto y mejorar la resistencia a enfermedades (Yang, et al., 2019). Sin embargo, el efecto de la luz UV en el contenido de fenoles totales en frutos de zarzamora no se encuentra bien caracterizado, por lo que se desconoce la dosis óptima necesaria para incrementar la cantidad de fenoles totales en frutos de zarzamora. Además, estos compuestos son susceptibles a las altas temperaturas por lo que pueden ser alterados durante operaciones de procesamiento térmico, como la deshidratación por convección. El objetivo de este estudio fue llevar a cabo la estimulación de frutos de zarzamora con distintas dosis de luz UV, para evaluar su efecto en el contenido de fenoles totales en frutos frescos y deshidratados de dos variedades distintas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Vegetal

Se utilizaron frutos de zarzamora variedad Tupy y Elvira, con madurez fisiológica, libres de enfermedades y fisiopatías aparentes, cultivados en macrotúnel en los campos de Los Reyes de Salgado, Michoacán, durante la temporada 2022.

Tratamientos de Luz UV

La exposición a Luz UV se realizó en un túnel con dos lámparas de luz UV de 30 w de marca Phillips modelo FL30GER durante 5, 10 y 15 minutos a dos distancias distintas de 15 y 30 cm. Los frutos se distribuyeron en charolas, girando los frutos periódicamente para lograr una exposición homogénea de toda la superficie del fruto a la luz UV. Los frutos irradiados se dejaron reposar a temperatura ambiente (25°C) durante 24 h para posteriormente llevar a cabo la determinación de fenoles totales.

Tabla 1
Tiempos y distancias de tratamientos de irradiación con luz UV

TRATAMIENTO	TIEMPO	DISTANCIA
T0	0	0
T1	5 min	15 cm
T2	5 min	30 cm
T3	10 min	15 cm
T4	10 min	30 cm
T5	15 min	15 cm
T6	15 min	30 cm

Determinación de fenoles totales

La determinación de fenoles totales se llevó a cabo con el método Folin Ciocalteu. Se utilizaron 5 g de frutos de zarzamora de cada tratamiento, se trituraron en un mortero de porcelana con 20 ml de metanol. A continuación se filtró la solución con filtros Watman #40. Se colocaron 5 mL de la solución filtrada en 3 tubos de ensaye y se adicionó a cada tubo 0.5 mL de Na₂CO₃ al 2%, después se agregaron a cada tubo 25 µl del reactivo Folin Ciocalteu (Sigma-Aldrich) y se realizó una mezcla por inversión. Los tubos se cubrieron con papel aluminio y se dejaron reposar por 30 minutos en oscuridad. Posteriormente, se midió la absorbancia a 750 nm en un espectrofotómetro UV-Visible (VELAB, modelo VE-5100UV). El cálculo de los compuestos fenólicos se realizó utilizando una curva estándar de ácido gálico (0 a 100 mg/L) y a siguiente ecuación $AG = \frac{Abs - b}{m}$ donde AG es el contenido de ácido gálico (mg/L), Abs es la absorbancia de la muestra, b es la intersección y m es la pendiente (mg/L AG). La curva estándar fue Abs=0.0004*(mg/L)+0.0788 ($R^2 = 0.9703$). Se realizaron cálculos de conversión de unidades para expresar el resultado en mg/g muestra.

Tratamiento de datos

Los datos obtenidos de la cuantificación de fenoles totales de los frutos tratados con luz UV se analizaron utilizando un diseño factorial 3x2 en el programa Minitab versión 2021 con la finalidad de identificar las mejores condiciones de irradiación UV (tiempo y distancia) para el incremento de fenoles totales en los frutos de zarzamora. Los frutos de zarzamora provenientes de los tratamientos que fueron identificados como los mejores se llevaron a deshidratación.

Deshidratación de frutos

Los frutos fueron cortados en rodajas de aproximadamente 1 mm de espesor y dispuestos en charolas de acero inoxidable. El deshidratado se llevó a cabo en un deshidratador industrial de bandejas (NOVATECH-Modelo: 915850734) a 68°C durante 6 horas. Una vez deshidratados los frutos, se llevó a cabo nuevamente la determinación de fenoles totales como se describió previamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de luz UV en la cantidad de fenoles totales en frutos de zarzamora

Los frutos expuestos a diferentes tiempos y distancias de la luz UV presentaron un comportamiento distinto en el contenido de fenoles totales en las dos variedades analizadas. Los diagramas de Pareto (Figura 1, incisos A y B) muestran que para la variedad Tupy la distancia fue el factor que afectó significativamente el contenido de fenoles totales, mientras que el tiempo no influyó de manera significativa. Por otro lado, en los frutos de la variedad Elvira, fue el tiempo y el factor de interacción entre tiempo y distancia los que tuvieron una influencia estadísticamente significativa en la cantidad de fenoles totales.

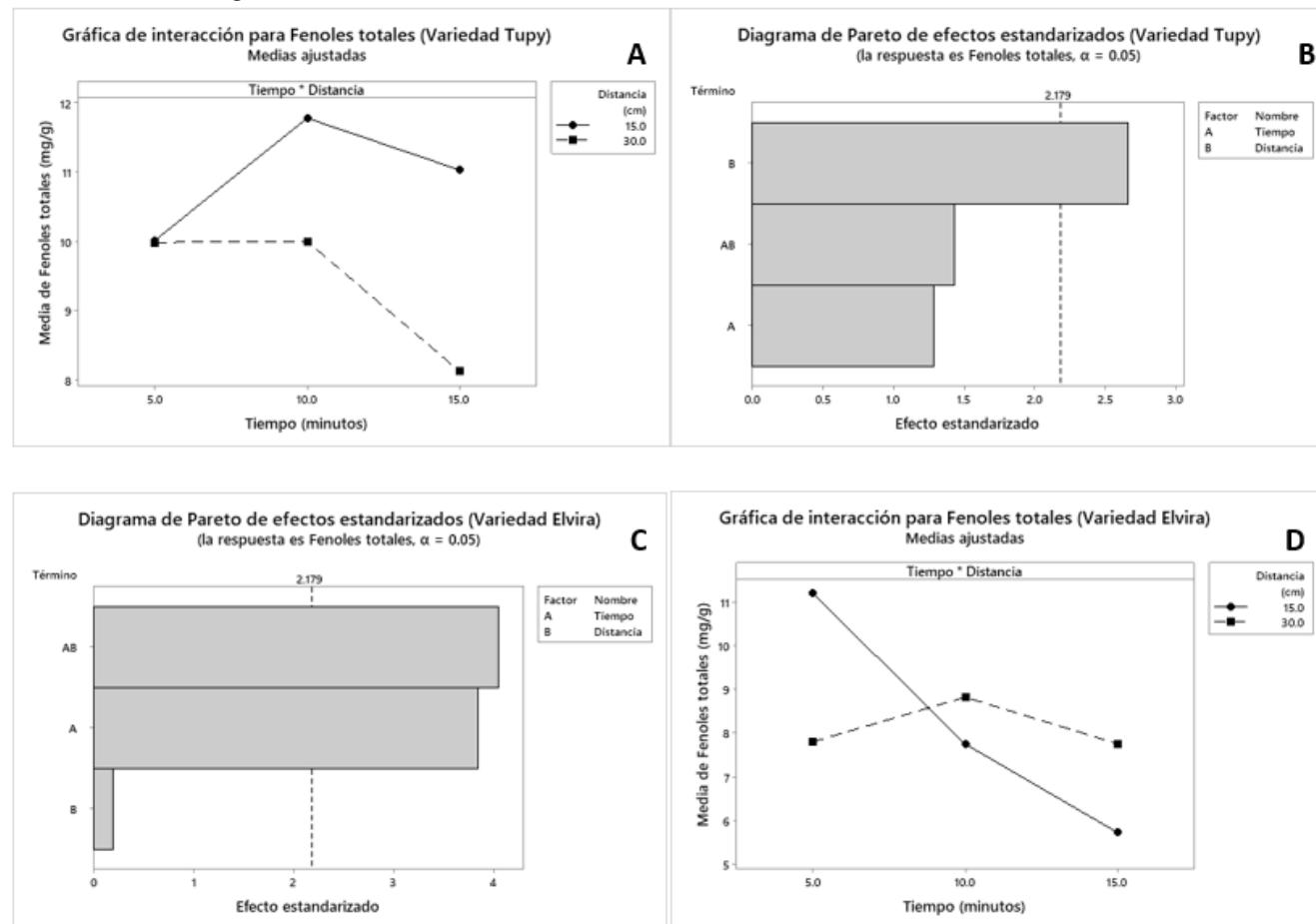


Figura 1

Gráficos de análisis del efecto de la luz UV en el contenido de fenoles totales en frutos de zarzamora. A) Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para la variedad Tupy. B) Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para la variedad Elvira. C) Gráfica de interacción entre tiempos y distancias de exposición a luz UV para Fenoles totales en frutos de zarzamora Variedad Tupy. D) Gráfica de interacción entre tiempos y distancias de exposición a luz UV para Fenoles totales en frutos de zarzamora Variedad Elvira.

En la gráfica de interacciones (Figura 1C) se muestra que a una distancia de 15 cm se da un incremento significativo de compuestos fenólicos al pasar de 5 a 10 minutos de exposición a la luz UV, en cambio a los 15 minutos los fenoles disminuyen, mientras que a una distancia de 30 cm las cantidades de fenoles totales en los frutos es menor que a 15 cm, a un tiempo de 5 a 10 minutos, los fenoles totales se mantienen sin cambio y al incrementar el tiempo de exposición a 15 minutos los fenoles disminuyen drásticamente. Estos resultados

muestran que a un tiempo de 10 minutos y una distancia de 15 cm de exposición a luz UV se presentaron los valores más altos de fenoles totales en los frutos de zarzamora de la variedad Tupy, por lo que se sugiere que estas condiciones son las más adecuadas para lograr un incremento de fenoles totales en zarzamora. Para la variedad Elvira, la cantidad mas alta de fenoles totales que se presentó fue a los 5 minutos de exposición y 15 cm de distancia a la luz UV (Figura 1D). La gráfica de interacciones (Figura 1D) muestra que a una distancia de exposición de 15 cm, el contenido de fenoles totales disminuye considerablemente al incrementar el tiempo de irradiación, mientras que a 30 cm de distancia, el contenido de fenoles totales se mantuvo sin variaciones importantes independientemente del tiempo de exposición. Los resultados ponen de manifiesto que las variedades de un cultivo pueden responder de manera distinta a los estímulos abióticos, de acuerdo a su capacidad metabólica implícita en su material genético, como lo señalan en sus estudios Moyer et al., 2002 y Paredes López et al., 2010.

Calidad funcional de los frutos de zarzamora irradiados con luz UV en fresco y deshidratados

Para evaluar la calidad funcional de los frutos de zarzamora se llevó a cabo la determinación de fenoles totales en frutos frescos y deshidratados de ambas variedades, irradiados con Luz UV a los tiempos y distancias que presentaron los mejores resultados en el experimento anterior y se compararon con la cantidad de fenoles totales en frutos sin irradiar. Los resultados obtenidos para frutos en fresco y deshidratados se muestran en el Cuadro 1 y Cuadro 2 respectivamente. En los frutos frescos de la variedad Elvira no se observó diferencia estadísticamente significativa entre los frutos que se sometieron a irradiación y los frutos testigo, sin embargo estos frutos presentaron una mayor cantidad de fenoles totales que los frutos de la variedad Tupy que no se sometieron a la irradiación a luz UV, mientras que los frutos de esta variedad que recibieron la exposición a luz UV, lograron duplicar el contenido de fenoles totales que los frutos testigo, esta respuesta concuerda con los resultados de otros estudios realizados en distintas berries como morera negra, arándanos y fresas (Ghafari et al., 2023; Gonzalez Villagra et al., 2020 y Li et al., 2019). Estos resultados sugieren que los frutos de la variedad Tupy respondieron favorablemente al estímulo con luz UV para incrementar el contenido de fenoles totales, a diferencia de la variedad Elvira que no presentó un incremento en la cantidad de estas moléculas. Respecto a los frutos deshidratados de ambas variedades, no se presentó diferencia estadísticamente significativa del contenido de fenoles totales entre los frutos con tratamiento de exposición a luz UV y los frutos testigo. Sin embargo, la cantidad de fenoles totales en los frutos de la variedad Elvira es muy superior en relación a los frutos de la variedad Tupy. Cabe señalar que los frutos deshidratados de la variedad Tupy mostraron una disminución drástica de su contenido de fenoles totales en comparación con los frutos en fresco, lo que coincide con lo reportado por Silva y colaboradores en 2018, donde se muestra que el proceso de deshidratación puede afectar desde un 20% hasta un 70% la capacidad antioxidante y el contenido de flavonoides; sin embargo, ese efecto negativo no se observa en los frutos de la variedad Elvira.

Cuadro 1

Fenoles totales en frutos de zarzamora en fresco. Se muestran las medias \pm desviación estándar (n=3). Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Variedad	Tratamiento con Luz UV (tiempo, distancia)	Absorbancia	Fenoles totales (mg/L)	Fenoles totales (mg/g)
Tupy	-	0.720 \pm 0.00	1603.83 \pm 6.29 b	6.41 \pm 0.02 b
Tupy	10 min, 15 cm	1.433 \pm 0.20	3385.50 \pm 522.57 a	13.54 \pm 2.09 a
Elvira	-	1.594 \pm 0.07	3789.66 \pm 188.05 a	15.15 \pm 0.75 a
Elvira	5 min, 15 cm	1.390 \pm 0.08	3279.66 \pm 217.79 a	13.11 \pm 0.87 a

Cuadro 2

Fenoles totales en frutos de zarzamora deshidratados. Se muestran las medias \pm desviación estándar (n=3). Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Variedad	Tratamiento con Luz UV (tiempo, distancia)	Absorbancia	Fenoles totales (mg/L)	Fenoles totales (mg/g)
Tupy	-	0.453 \pm 0.09	937.16 \pm 230.62 b	3.748 \pm 0.92 b
Tupy	10 min, 15 cm	0.511 \pm 0.07	1081.33 \pm 188.58 b	4.325 \pm 0.75 b
Elvira	-	1.811 \pm 0.21	4331.75 \pm 525.02 a	17.327 \pm 2.10 a
Elvira	5 min, 15 cm	1.782 \pm 0.73	4258.000 \pm 1831.40 a	17.032 \pm 7.32 a

CONCLUSIONES

Los frutos de zarzamora de las variedades Tupy y Elvira mostraron un comportamiento distinto en el contenido de fenoles totales al ser sometidos a los diferentes tiempos y distancias de irradiación con luz UV. Para la variedad Tupy el factor distancia fue el que influyó de manera significativa en el resultado, siendo el

mejor tratamiento el de 10 min de exposición a una distancia de 15 cm ya que se logró duplicar la cantidad de fenoles totales con respecto al testigo. Por otro lado, la variedad Elvira se mostró susceptible a la irradiación UV ya que sus compuestos fenólicos descendieron con los tratamientos de irradiación aplicados, en este caso la distancia no tuvo una influencia importante pero al incrementar el tiempo de exposición a luz UV, la cantidad de fenoles disminuyó. Sin embargo, los frutos de esta variedad presentaron un contenido de fenoles totales muy superior a los frutos de la variedad Tupy.

Los resultados mostraron que los fenoles totales pueden ser afectados por operaciones térmicas que se aplican a los frutos, como la deshidratación. Sin embargo, nuevamente se observó un comportamiento distinto entre los frutos de zarzamora deshidratados de las dos variedades evaluadas. Los frutos de la variedad Tupy sufrieron un descenso muy marcado de estos compuestos mientras que en los frutos de la variedad Elvira, estas moléculas no se vieron afectadas, es posible que la diversidad de compuestos fenólicos que existe entre variedades haya ocasionado tal diferencia, al ser algunas moléculas más susceptibles que otras a la temperatura, lo que resulta interesante estudiar en futuras investigaciones.

Literatura Citada

- Baka, M., Mercier, J., Corcuff, R., Castaigne, F., Arul, J. 1999. Photochemical Treatment to Improve Storability of Fresh Strawberries. *J. Food Sci.* 64:1068–1072.
- Barka, E.A. 2001. Protective enzymes against reactive oxygen species during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits in response to low amounts of UV-C. *Funct. Plant Biol.* 28:785–791.
- Cisneros Z., L. 2003. The Use of Controlled Postharvest Abiotic Stresses as a Tool for Enhancing the Nutraceutical Content and Adding-Value of Fresh Fruits and Vegetables. *J. Food Sci.* 68:1560–1565.
- Crupi, P., Pichierri, A., Basile, T., Antonacci, D. 2013. Postharvest stilbenes and flavonoids enrichment of table grape cv Redglobe (*Vitis vinifera L.*) as affected by interactive UV-C exposure and storage conditions. *Food Chem.* 141:802–808.
- Ghafari, H., Hassanpour, H., & Motafakkerazad, R. 2023. Post-harvest UV irradiation induces changes in physical-chemical properties and levels of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and gene expression in mulberry fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- González, V. J., Reyes-Díaz, M., Alberdi, M., Mora, M.L., Ulloa-Inostroza, E.M., Ribera-Fonseca, A. 2020. Impact of Cold-Storage and UV-C Irradiation Postharvest Treatments on Quality and Antioxidant Properties of Fruits from Blueberry Cultivars Grown in Southern Chile. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.* 20: 1751-1758.
- Li, M., Li, X., Han, C., Ji, N., Jin, P., & Zheng, Y. 2019. UV-C treatment maintains quality and enhances antioxidant capacity of fresh-cut strawberries. *Postharvest Biology and Technology.* 156:110945.
- Memete, A.R., Sărac, I.; Teusdea, A.C.; Budău, R.; Bei, M.; Vicas, S.I. 2023. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Several Blackberry (*Rubus spp.*) Fruits Cultivars Grown in Romania. *Horticulturae.* 9(5):556.
- Mercier, J., Baka, M., Reddy, B., Corcuff, R., Arul, J. Shortwave. 2001. Ultraviolet Irradiation for Control of Decay Caused by *Botrytis cinerea* in Bell Pepper: Induced Resistance and Germicidal Effects. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 126: 128–133.
- Moyer, R. A., Hummer, K. E., Finn, C. E., Frei, B., & Wrolstad, R. E. 2002. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium*, *Rubus*, and *Ribes*. *Journal of agricultural and food chemistry.* 50(3):519-525.
- Oszmiański, J., Nowicka, P., Teleszko, M., Wojdyło, A., Cebulak, T., Oklejewicz, K. 2015. Analysis of Phenolic Compounds and Antioxidant Activity in Wild Blackberry Fruits. *Int. J. Mol. Sci.* 16:14540–14553.
- Paredes-Lopez, O., M.L. Cervantes-Ceja, M. Vigna-Perez, and T. Hernandez-Perez. 2010. Berries: Improving human health and healthy aging, and promoting quality — A review. *Plant Foods Hum. Nutr.* 65:299–308.
- Seeram, PN. 2008. Berry fruits: compositional elements, biochemical activities, and the impact of their intake on human health, performance, and disease. *J Agric Food Chem* 56:627–629.
- Yang, J., Shi, W., Li, B., Bai, Y.; Hou, Z. 2019. Preharvest and postharvest UV radiation affected flavonoid metabolism and antioxidant capacity differently in developing blueberries (*Vaccinium corymbosum L.*). *Food Chem.* 301:125248.

Información adicional

redalyc-journal-id: 813

**Disponible en:**

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81381932005>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la
academia

Yolanda Ruíz Suárez, María Fernanda López Téllez,
Yolanda Martínez Andrade, Juan Angel Ramos Ixta

**Efecto de la luz UV en la calidad funcional de frutos de
zarzamora en fresco y deshidratados**

**Effect of UV light on the functional quality of fresh and
dehydrated blackberry fruits**

Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha

vol. 25, núm. 2, p. 150 - 158, 2024

Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.,

México

rebasa@hmo.megared.net.mx

ISSN: 1665-0204