

EL RIEGO Y ALMACENAMIENTO MODIFICAN EL CONTENIDO DE PIGMENTOS Y FENOLES DE LA TUNA 'ROJA LISA'

Raquel Karina Cruz Bravo
Valentín Melero Meraz
Jorge Artemio Zegbe Domínguez
Mayra Denise Herrera



*Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Zacatecas*

Calera de Víctor Rosales, Zacatecas.

Folleto Técnico Núm. 112

Diciembre 2022

ISBN: 978-607-37-1511-9

Registro de Derechos de Autor:03-2022-120610465200-01



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

ini:ap
Instituto de Investigación y Capacitación

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

DR. VÍCTOR MANUEL VILLALOBOS ARÁMBULA

Secretario

ING. VÍCTOR SUÁREZ CARRERA

Subsecretario de Autosuficiencia Alimentaria

M.V.Z. ARTURO MACOSAY CÓRDOVA

Coordinador General de Ganadería

DR. SALVADOR FERNÁNDEZ RIVERA

Coordinador General de Desarrollo Rural

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES

FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

DR. LUIS ÁNGEL RODRÍGUEZ DEL BOSQUE

Encargado del Despacho de los Asuntos Correspondientes
a la Dirección General del INIFAP

DR. ALFREDO ZAMARRIPA COLMENERO

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

DR. LUIS ORTEGA REYES

Coordinador de Planeación y Desarrollo

LIC. JOSÉ HUMBERTO CORONA MERCADO

Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE-CENTRO

DR. JOSÉ ANTONIO CUETO WONG

Director Regional

DR. FRANCISCO JAVIER PASTOR LÓPEZ

Director de Investigación

ING. RICARDO CARRILLO MONSIVÁIS

Director de Administración

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

DR. LUIS ROBERTO REVELES TORRES

Director de Coordinación y Vinculación

**El riego y almacenamiento modifican el contenido
de pigmentos y fenoles de la tuna 'Roja Lisa'**

Raquel Karina Cruz Bravo

Investigadora del Programa de Inocuidad de
Alimentos
Campo Experimental Zacatecas

Valentín Melero Meraz

Investigador del Programa de Frutales
Campo Experimental Zacatecas

Jorge Artemio Zegbe Domínguez

Investigador del Programa de Frutales
Campo Experimental Zacatecas

Mayra Denise Herrera

Investigadora del Programa de Frijol
Campo Experimental Zacatecas

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Zacatecas
Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México

Diciembre 2022

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina
Alcaldía Coyoacán, C. P. 04010 Ciudad de México.
Teléfono (55) 3871-8700

Derechos Reservados ©

Folleto Técnico No. 112

El riego y almacenamiento modifican el contenido de
pigmentos y fenoles de la tuna 'Roja Lisa'

ISBN: 978-607-37-1511-9

Registro de Derechos de Autor:
03-2022-120610465200-01

Primera Edición 2022

No está permitida la reproducción total o parcial de
esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o
por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico,
fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso
previo y por escrito de la institución.

Hecho en México

Contenido

1.	Introducción	1
2.	Antecedentes	2
3.	Procedimientos.....	4
3.1	Obtención del material vegetal	4
3.2	Manejo postcosecha de la tuna “Roja Lisa”	5
3.3	Extracción del jugo de tuna	6
3.4	Extracción y cuantificación de pigmentos (betalaínas totales).....	7
3.4	Cuantificación de fenoles totales.....	9
4.	Resultados.....	10
4.1	Concentración de betalaínas totales.....	10
4.2	Concentración de fenoles totales	14
5.	Conclusiones.....	16
6.	Bibliografía.....	18

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Variables del tratamiento postcosecha de la tuna "Roja Lisa"	6
Cuadro 2. Efecto de la condición de riego en la concentración de betalaínas totales (CBT) en el jugo de la tuna 'Roja Lisa'.	11
Cuadro 3. Efecto de la condición de almacenamiento en la concentración de betalaínas totales (CBT) en el jugo de la tuna 'Roja Lisa'.	13
Cuadro 4. Efecto del riego en el contenido de fenoles totales en jugo de la tuna 'Roja Lisa'.	15
Cuadro 5. Efecto del almacenamiento en el contenido de fenoles totales en jugo de la tuna 'Roja Lisa'.	16

Índice de Figuras

Figura 1. Tuna variedad 'Roja Lisa'.	5
Figura 2. Extracción del jugo (A) y separación de las semillas del jugo de la tuna (B) en el laboratorio de Fisiología Postcosecha.	7

1. *Introducción*

A nivel nacional, Zacatecas ocupa el tercer lugar en producción de nopal tunero aportando 102 mil 222 toneladas, donde el 97.3 % corresponde a tuna de temporal (SIAP, 2022). Sin embargo, el consumo de la tuna está limitado a su estacionalidad, calidad y corta vida de anaquel. Además, hay poco conocimiento en el manejo postcosecha de esta fruta, escasos canales de comercialización y desconocimiento de compuestos bioactivos. Estos últimos, pueden dar valor agregado a esta fruta, pero, además, incrementar su valor comercial, consumo, aprovechamiento y la comercialización de productos derivados de la tuna. Una alternativa a este problema es la promoción del consumo de tuna por sus propiedades nutracéuticas y a través de su transformación agroindustrial para darle valor agregado. Por otro lado, la implementación del riego en este cultivo por parte de los productores, ha sido en respuesta a mejorar el tamaño de la tuna y la productividad en busca de mercados internacionales. Con base en lo anterior, en este estudio se planteó el objetivo de evaluar la influencia del riego y condiciones de almacenamiento en la tuna variedad 'Roja Lisa' en

el contenido de pigmentos del jugo de tuna y compuestos fenólicos. Estos compuestos pueden ser utilizados en la industria alimentaria, principalmente, como fuente de antioxidantes o en la industria de colorantes naturales, de esta manera, se puede dar valor agregado a la tuna roja.

2. Antecedentes

Se denomina tuna al fruto del género *Opuntia* spp. (familia *Cactaceae*). México es uno de los centros de origen y dispersión de este género, y por su gran diversidad de especies y cultivares, es uno de los recursos vegetales más importantes para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas. En el Altiplano del territorio nacional se encuentran las principales áreas productoras de tuna, particularmente en los estados de México, Puebla, Zacatecas, Guanajuato, San Luis Potosí, Hidalgo y Jalisco, entre los más productivos (SIAP, 2022).

Por su composición química, la tuna es un fruto de alta calidad nutricional y por su contenido de fibra y polifenoles, se le considera un alimento funcional (Oniszczuk et al., 2020). Además de estas propiedades,

tiene uso medicinal, químico, industrial y ecológico, entre otros (Hmamou *et al.*, 2012; Oniszczyk *et al.*, 2020). En el aspecto agroindustrial, es importante indicar que los pigmentos responsables de la coloración de la tuna están relacionados con el contenido de betalaínas (Palmeri *et al.*, 2020), las cuales son hidrosolubles e incluyen a las betacianinas de color rojo-violeta y las betaxantinas de color amarillo.

El conocimiento de la influencia del riego y el almacenamiento de las tunas es de importancia para explorar la pertinencia de aplicarlos, de este modo, saber cómo estos influyen en la concentración de pigmentos en la obtención de compuestos de importancia industrial y nutracéutica, que contribuya en el incremento de la competitividad de esta fruta. Asimismo, se puede contar con alternativas de aprovechamiento de la fruta para reducir pérdidas postcosecha y desperdicio e incrementar su importancia comercial en beneficio de la salud del consumidor.

3. Procedimientos

3.1 Obtención del material vegetal

El nopal tunero de tuna "Roja Lisa" (Figura 1) se manejó en la localidad de "La Victoria" perteneciente al municipio de Pinos, Zacatecas, México (22° 22' de latitud norte, 101° 67' de longitud oeste, 2,161 m de elevación) con prácticas de poda, aclareo de frutos, riego por goteo, fertilización y control de malezas y plagas realizadas por el productor local durante el año 2018-2019. El establecimiento del experimento consistió en dos niveles de condiciones hídricas de cultivo: temporal y riego suplementario. El riego consistió en goteo de tres a cuatro veces en cada ciclo del cultivo durante los meses de abril a junio. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. Los frutos de la tuna 'Roja Lisa' fueron cosechados al envero (color verde-rojo) y trasladados al laboratorio para su manejo postcosecha y análisis posteriores.



Figura 1. Tuna variedad 'Roja Lisa'.

3.2 Manejo postcosecha de la tuna "Roja Lisa"

El manejo de los frutos se realizó en el laboratorio de Fisiología Postcosecha del INIFAP, Campo Experimental Zacatecas como sigue: las espinas de las tunas se removieron manualmente y tratadas con una solución de sulfato de cobre (2.5 mL L^{-1}) y cloro (1%). Para los objetivos de este trabajo, 72 frutos (seis frutos por repetición para cada tratamiento) fueron cosechados de plantas cultivadas bajo temporal y con riego suplementario. Tres lotes de 24 frutos cada uno por tratamiento fueron formados para analizar la fruta a la cosecha y los otros dos lotes fueron sometidos a un

proceso en almacenamiento a temperatura ambiente (25 ± 2 °C y $37 \pm 7\%$ de humedad relativa) por seis semanas para las tunas provenientes del tratamiento de temporal, nueve semanas en el caso de las tunas tratadas con riego suplementario, y refrigeración (7 °C y $90 \pm 4\%$ de humedad relativa) por once semanas (77 días) (Cuadro 1). El indicador para terminar el periodo de almacenamiento consistió en la pérdida del 8 % de la masa original de la fruta.

Cuadro 1. Variables del tratamiento postcosecha de la tuna "Roja Lisa"

Tratamiento	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Días de almacenamiento
Recién cosechada	-	-	-
Temperatura ambiente	25 ± 2	37 ± 7	28
Refrigeración	7 ± 2	90 ± 4	77

3.3 Extracción del jugo de tuna

Posteriormente, se formaron lotes de tres frutos (muestras compuestas) por repetición y por tratamiento, para separar la cáscara de la pulpa mediante un corte longitudinal de la parte apical a la parte basal de la fruta. La pulpa se licuó (Figura 2A) para extraer el jugo y eliminar las semillas (Figura 2B). El

jugo de tuna fue almacenado en viales estériles a -80 °C para posteriores análisis.

A



B



Figura 2. Extracción del jugo (A) y separación de las semillas del jugo de la tuna (B) en el laboratorio de Fisiología Postcosecha.

3.4 Extracción y cuantificación de pigmentos (betalaínas totales)

El proceso se realizó de acuerdo al protocolo descrito por Castellar *et al.* (2006). El jugo de la tuna se manejó protegido de la luz y se homogenizó durante 30

segundos en agua destilada en relación 1:5 (2 mL de jugo en 10 mL de agua destilada). La solución se centrifugó a 12,000 xg por 20 minutos. El sobrenadante se recuperó y se liofilizó durante 3 a 4 días.

Las muestras liofilizadas se re-suspendieron en 1 mL de agua destilada y se homogenizaron. Se determinó el contenido de betalaínas totales en las muestras por el método espectrofotométrico (Multiskan GO, Thermo Scientific. Vantaa, Finland) a través de la lectura de las absorbancias a 535 nm. El cálculo para cuantificar el contenido de betalaínas totales (CBT) se realizó de acuerdo con Castellanos-Santiago y Yahia (2008) con la siguiente ecuación:

$$BC \left[\frac{\mu g}{g} \right] = \frac{A(DF)(MW)Vd}{\epsilon LWd}$$

Donde:

A = absorbancia de la muestra,

DF = factor de dilución,

MW = peso molecular de la betanina (550 g/mol)

Vd = volumen de solución de pulpa seca,

€= coeficiente de extinción molar (60,000 L/(mol cm)

en agua,

L = longitud de la celda (1 cm),

Wd = peso de muestra seca (jugo liofilizado).

3.4 Cuantificación de fenoles totales

Del jugo de tuna previamente centrifugado se tomaron 100 μ L y se transfirieron a un vial protegido de la luz, al cual se le adicionó 1 mL de acetona acidificada, se homogenizó y la muestra se incubó por 24 h a temperatura ambiente y en agitación continua. Posteriormente, se realizó la reacción para cuantificar el ácido gálico de acuerdo a lo descrito por Singleton *et al.* (1999) y Dewanto *et al.* (2002), para después determinar las absorbancias de cada muestra a 765 nm. Las lecturas se usaron para estimar el contenido de fenoles totales con una curva de calibración de ácido gálico previamente obtenida. Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido gálico por mL de muestra.

3.5 Análisis estadístico

Los resultados se analizaron con base en un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial (JMP®

versión 10.1 del sistema de análisis estadístico (SAS)). Considerando como primer factor el riego (temporal y riego suplementario), y el segundo factor fue el almacenamiento postcosecha (recién cosechadas, temperatura ambiente, y refrigeración). La significancia de los valores medios se analizó por la prueba de Fisher ($p \leq 0.05$).

4. Resultados

4.1 Concentración de betalaínas totales

El análisis estadístico no detectó interacción entre los niveles del factor riego y almacenamiento ($p < 0.901$), sobre el contenido de betalaínas. El efecto principal de riego sugirió que las plantas de nopal tunero cultivadas en condiciones de temporal, produjeron fruta con la mayor concentración de betalaínas totales (Cuadro 2). Este comportamiento pudo deberse a un fenómeno de dilución (Zegbe, 2020), por efecto del tamaño de la pulpa de la fruta producida en temporal. Los valores medios de pulpa fueron 63.1 g y 80.3 g para la tuna de temporal y riego suplementario, respectivamente (Melero-Meraz *et al.*, 2022). Este mismo fenómeno

ocurre con la concentración de sólidos solubles totales, la cual disminuye en función del tamaño de la pulpa producida con diferentes tratamientos de riego (Zegbe, 2020).

Por otro lado, la formación de estos compuestos está directamente relacionada con la maduración del fruto, por lo que es una variable a considerarse para su conservación postcosecha (Varela-Gómez *et al.*, 2014).

Cuadro 2. Efecto de la condición de riego en la concentración de betalaínas totales (CBT) en el jugo de la tuna 'Roja Lisa'.

Tratamiento	CBT ($\mu\text{g/g}$)
Temporal	41.5 \pm 1 ^a
Riego suplementario	33.1 \pm 2 ^b

Los valores medios (\pm una vez el error estándar) en la columna con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos con base en la diferencia mínima significativa de Fisher ($p = 0.005$).

Este aspecto es importante, pues, para fines agroindustriales, las condiciones de temporal no solamente son convenientes en el aspecto económico, sino que también favorece que los frutos presenten mayor contenido de pigmentos y, por lo tanto, de compuestos antioxidantes, de los cuales, se ha reportado un efecto protector contra el daño en el

ADN, el estrés oxidativo, cardiovascular, así como efectos antiinflamatorio, antiespasmódico, antidiabético, antilipidémico, anticarcinogénico, antimicrobiano y hepatoprotector (Kaur *et al.*, 2018).

Actualmente, la fuente más importante de betalaínas es el betabel, en el que se han reportado concentraciones $>130 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Castellar *et al.*, 2006); sin embargo, este tubérculo presenta un aroma desagradable a tierra causado por un compuesto llamado geosmina (Acree *et al.*, 1976), lo que podría limitar su uso. En este sentido, la tuna 'Roja Lisa' puede ser una buena alternativa para fines agroindustriales.

Por otra parte, el efecto del almacenamiento de la tuna en la concentración de pigmentos (betalaínas totales) se presenta en el Cuadro 3. La concentración de estos compuestos, no se modificó por la condición de almacenamiento; y, por tanto, en promedio, la concentración se mantuvo similar a la fruta recién cosechada. Este aspecto es importante para mantener la estabilidad de los pigmentos.

Cuadro 3. Efecto de la condición de almacenamiento en la concentración de betalaínas totales (CBT) en el jugo de la tuna 'Roja Lisa'.

Tratamiento	CBT ($\mu\text{g/g}$)
Recién cosechadas	39.8 ± 2^a
Temperatura ambiente	37.8 ± 2^a
Refrigeración	34.4 ± 2^a

Los valores medios (\pm una vez el error estándar) en la columna con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos con base en la diferencia mínima significativa de Fisher ($p = 0.32$).

Los pigmentos se mantuvieron sin cambios significativos desde la evaluación de éstos en el jugo de fruta recién cosechada, así como en el jugo de la fruta almacenada a temperatura ambiente o en refrigeración, posiblemente, la estabilidad de las betalaínas pudo ser favorecida por el pH ácido de la fruta (Herbach *et al.*, 2006; Woo *et al.*, 2011), el cual es de aproximadamente 6 en la tuna Roja Lisa; además, estos compuestos suelen mostrar cierta estabilidad por debajo de los 60 °C (Chew *et al.*, 2019). En contraste, Ramírez-Ramos *et al.* (2015) indicaron que, a mayor tiempo de almacenamiento (a temperatura ambiente) estos compuestos aumentaron. Asimismo, Cruz-Bravo *et al.* (2019) señalaron que el almacenamiento de la

fruta en refrigeración promovió un aumento de betalaínas en el jugo de la misma variedad.

4.2 Concentración de fenoles totales

Al igual que en el contenido de betalaínas, no hubo interacción entre los niveles de riego y condición de almacenamiento de la fruta ($p < 0.9813$), por lo que, a continuación, se presenta el efecto de estos componentes sobre el contenido de fenoles totales en función de equivalentes de ácido gálico (Cuadros 4 y 5).

Los resultados sugieren que la aplicación del riego suplementario no influyó en el contenido de fenoles en la pulpa de la fruta (Cuadro 4). El contenido de fenoles suele relacionarse como una respuesta al déficit hídrico (Herrera *et al.*, 2021). Sin embargo, la evidencia sugiere que esta variable (en equivalentes de ácido gálico) no es modificada por efecto del riego; porque en esta estación de crecimiento las plantas cultivadas en temporal o riego suplementario recibieron 50 y 297 mm de aporte de agua vía precipitación y precipitación más riego suplementario, respectivamente.

Cuadro 4. Efecto del riego en el contenido de fenoles totales en jugo de la tuna 'Roja Lisa'.

Tratamiento	Fenoles totales (mg/mL)
Temporal	15.26 ± 0.22 ^a
Riego suplementario	15.20 ± 0.22 ^a

Los valores medios (\pm una vez el error estándar) en la columna con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos con base en la diferencia mínima significativa de Fisher ($p = 0.86$).

Por otra parte, se presenta el efecto del almacenamiento en diferentes condiciones sobre el contenido de fenoles totales (ácido gálico) en el jugo de tunas de la variedad 'Roja Lisa' (Cuadro 5). Como se puede observar, después de conservar la fruta por 11 semanas en refrigeración ($7\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $90 \pm 4\%$ de humedad relativa), el contenido de fenoles totales fue mayor, seguido de la fruta recién cosechada y finalmente por aquella que fue almacenada a temperatura ambiente ($25 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $37 \pm 7\%$ HR por siete a nueve semanas). Aunque el contenido fenólico de tuna 'Roja Lisa' fue mayor respecto a cosechas anteriores, esta tendencia en el contenido de dichos compuestos, respecto al almacenamiento, fue consistente a lo reportado previamente (Cruz-Bravo *et al.*, 2019). El aumento de fenoles puede deberse al control en la pérdida de masa

de la fruta debido a un menor déficit en la presión de vapor a baja temperatura y alta humedad relativa (Cruz-Bravo *et al.*, 2019), lo cual resulta benéfico si se busca incrementar el rendimiento en la extracción de estos compuestos nutraceuticos.

Cuadro 5. Efecto del almacenamiento en el contenido de fenoles totales en jugo de la tuna 'Roja Lisa'.

Tratamiento	Fenoles totales (mg/mL)
Recién cosechadas	15.28 ± 0.27 ^b
Temperatura ambiente	14.05 ± 0.27 ^c
Refrigeración	16.37 ± 0.27 ^a

Los valores medios (± una vez el error estándar) en la columna con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos con base en la diferencia mínima significativa de Fisher ($p = 0.001$).

5. Conclusiones

Con base en la estrategia experimental aplicada en este trabajo de investigación, la condición de temporal promovió una mayor concentración de betalaínas totales en la tuna "Roja Lisa", misma que no fue modificada por el tipo de almacenamiento postcosecha. Lo anterior, representa una ventaja desde el punto de vista económico; estos pigmentos pueden

ser utilizados tanto en la agroindustria como en la salud humana por su actividad antioxidante.

El contenido de compuestos fenólicos totales, a diferencia del riego, la refrigeración, como condición de almacenamiento, promovió un mayor contenido de compuestos antioxidantes, en términos de fenoles totales. Por lo tanto, invertir en esta condición de almacenamiento puede ser importante para conservar estos compuestos benéficos para la salud del consumidor y, que pueden aprovecharse para agregar valor a esta fruta.

6. Bibliografía

- Acree TE, Lee CY, Butts RM, and Barnard J. 1976. Geosmin, the earthy component of table beet odor. *Journal of Agric. Food Chem.* 24: 430-431.
- Castellanos-Santiago E, and Yahia EM. 2008. Identification and quantification of betalains from the fruits of 10 Mexican prickly pear cultivars by high-performance liquid chromatography and electrospray ionization mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 56: 5758-5764.
- Castellar MR, Obón JM, Alacid M, and Fernández-López JA. 2006. The isolation and properties of a concentrated red-purple betacyanin food colourant from *Opuntia stricta* fruits. *J Sci Food Agric.* 86 (1): 122-128.
- Chew YM, Hung CH, and King VA. 2019. Accelerated storage test of betalains extracted from the peel of pitaya (*Hylocereus cacti*) fruit. *J Food Sci Technol.* 56(3): 1595-1600.
- Cruz-Bravo RK, Guzmán-Maldonado SH, Araiza-Herrera HA, and Zegbe JA. 2019. Storage alters physicochemical characteristics, bioactive

compounds, and antioxidant capacity of cactus pear fruit. *Postharvest Biol Technol.* 150:105-111.

Dewanto V, Wu X, Adom K, and Lui R. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 50: 3010-3014.

Herbach KM, Stintzing FC, and Carle R. 2006. Betalain stability and degradation - Structural and chromatic aspects. *J Food Sci.* 71, R41–R50.

Herrera MD, Zegbe JA, Melero-Meraz V, and Cruz-Bravo RK. 2021. Functional Properties of Prickly Pear Cactus Fruit Peels Undergoing Supplemental Irrigation and Fruit Storage Conditions. *Plant Foods Hum Nutr.* 76(4):427-433.

Hmamou D, Salghi R, Bazzi LH, Hammouti B, Al-Deyab SS, Bammou L, Bazzi L, and Bouyanzer A. 2012. Prickly Pear Seed Oil Extract: A Novel Green Inhibitor for Mild Steel Corrosion in 1 M HCl Solution. *Int J Electrochem Sci.* 7: 1303-1318.

Kaur G, Thawkar B, Dubey S, and Jadhav P. 2018. Pharmacological Potentials of Betalains. *J. Complement. Integr. Med.* 15 (3).

Melero-Meraz V, Zegbe JA, Herrera MD, Guzmán-Maldonado SH, Medina-García G, Sánchez-Toledano

- Bl, Cruz-Bravo RK, and Servín-Palestina M. 2022. On-Farm Supplemental Irrigation of 'Roja Lisa' Cactus Pear: Pre- and Postharvest Effects. *Horticulturae*. 8(6):483.
- Oniszczyk A., Jtowicz A.W., and Oniszczyk T. 2020. Opuntia fruits as food enriching ingredient, the first step towards new functional food products. *Molecules*. 25: 916.
- Palmeri R, Parafati L, Arena E, Grassenio E, Restuccia C, and Fallico B. 2020. Antioxidant and Antimicrobial Properties of Semi-Processed Frozen Prickly Pear Juice as Affected by Cultivar and Harvest Time. *Foods*. 9(2):235.
- Ramírez-Ramos M, García-Mateos MR, Corrales-García J, Ybarra-Moncada C, y Castillo-González AM. 2015. Compuestos antioxidantes en variedades pigmentadas de tuna (opuntia sp.). *Rev Fitotec Mex*. 38(4): 349–357.
- SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera) Anuario estadístico de la producción agrícola 2003-2016. SAGARPA. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp (Consultado julio, 2022).

- Singleton VL, Orthofer R, and Lamuela RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 299: 152-178.
- Woo KK, Ngou FH, Ngo LS, Soong WK, and Tang PY. 2011. Stability of betalain pigment from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *Am J Food Technol.* 6(2): 140-148.
- Varela-Gómez Y, Caldera-Arellano, AK, Zegbe JA, Serna-Pérez A, y Mena-Covarrubias J. 2014. El riego en nopal influye en el almacenamiento y acondicionamiento de la tuna. *Rev Mex Cienc Pecu.* 5(8): 1377-1390.
- Zegbe JA. 2020. Quality and storability of cactus pear fruit as improved by supplemental irrigation. *J Prof Assoc Cactus Dev.* 22: 1-17.

La cita correcta de este folleto es:

Cruz-Bravo, R.K., Melero-Meraz, V., Zegbe-Domínguez, J.A. y Herrera, M.D. 2022. El riego y almacenamiento modifican el contenido de pigmentos y fenoles de la tuna 'Roja Lisa'. Folleto Técnico 112. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC, INIFAP. 21 pp.

Comité Editorial del CIRNOC

M.C. Yasmin Ileana Chew Madinaveitia
Dr. Esteban Salvador Osuna Ceja
Dr. José Ángel Sígala Rodríguez
Dr. Pedro Jurado Guerra
Dra. Blanca Isabel Sánchez Toledano
M.C. María Gabriela Ramírez Valadez
Dr. Arturo Corrales Suastegui

Comité Editorial del CE Zacatecas

Presidente: Dra. Blanca Isabel Sánchez Toledano
Secretario: Dr. Luis Roberto Reveles Torres
Vocal: MC. Mayra Denise Herrera
Vocal: Dr. Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez
Vocal: MC. Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez

Edición

Dra. Raquel Karina Cruz Bravo
Dr. Jorge Artemio Zegbe Domínguez

Diseño y fotografía

Dra. Raquel Karina Cruz Bravo
Dr. Jorge Artemio Zegbe Domínguez

Código INIFAP

MX-0-2302902-51-02-11-09-112

El proceso editorial de esta publicación y el formato electrónico se terminó en diciembre de 2022, en el Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera, Zacatecas, CP. 98500
Tel: 55-38-71-87-00 ext. 82328

Publicación Electrónica disponible en
la biblioteca digital del INIFAP:

https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content

www.gob.mx/inifap

Directorio del CE Zacatecas

Dr. Luis Roberto Reveles Torres
Director de Coordinación y Vinculación

Dr. Guillermo Medina García	Agrometeorología y Modelaje
Dra. Nadiezhda Y. Ramírez Cabral	Agrometeorología y Modelaje
MC José Israel Casas Flores	Agrometeorología y Modelaje
Dr. Alfonso Serna Pérez	Fertilidad de suelos y nutrición vegetal
Dr. Francisco G. Echavarría Cháirez	Fertilidad de suelos y nutrición vegetal
MC. José Ángel Cid Ríos	Fríjol y Garbanzo
Dr. Juan José Figueroa González	Fríjol y Garbanzo
MC. Mayra Denise Herrera	Fríjol y Garbanzo
Dr. Jorge A. Zegbe Domínguez	Frutales
MC Valentín Melero Meráz	Frutales
Ing. Manuel Reveles Hernández	Hortalizas
Dr. Miguel Servín Palestina	Ingeniería de Riego
Dra. Raquel Cruz Bravo	Inocuidad de Alimentos
MC Enrique Medina Martínez	Maíz
MC. Francisco A. Rubio Aguirre	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr. Ramón Gutiérrez Luna	Pastizales y Cultivos Forrajeros
MC. Ricardo A. Sánchez Gutiérrez	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr. Luis Roberto Reveles Torres	Recursos Genéticos: Forestales, Agrícolas, Pecuarios y Microbianos
Dr. Jaime Mena Covarrubias	Sanidad Forestal y Agrícola
Dra. Blanca I. Sánchez Toledano	Socioeconomía



www.gob.mx/inifap

El uso de diferentes condiciones de riego y de almacenamiento de los frutos de tuna debe estudiarse para determinar las condiciones para la obtención de compuestos de interés nutracéutico y agroalimentario. En este folleto se describe el efecto de estas condiciones sobre el contenido de pigmentos (betalaínas) y de compuestos fenólicos para definir el tipo de riego que deberá usarse, así como las condiciones postcosecha de las tunas, según sea conveniente.

