

Mejora del Proceso de Preenfriado y Sanitización para Prolongar la Vida de Anaquel de la Verdolaga

Dr. Alfredo Alejandro Guzmán Becerra¹, MIQ. José Muñoz Flores², Erandi Sánchez García³

Resumen: La sanitización química de alimentos es un proceso comúnmente utilizado para prolongar su vida útil. Sin embargo, es importante controlar adecuadamente las variables críticas, como la concentración del sanitizante, la temperatura y el tiempo de exposición, para evitar efectos adversos en la calidad del producto. Un ejemplo de alimento que se beneficia de la sanitización es la verdolaga. Para abordar este tema, se propuso diseñar una metodología que considerara diferentes tratamientos, controlando rigurosamente las variables involucradas, con el objetivo de evaluar su efecto sobre la vida útil de la verdolaga en anaquel. Se evitó la exposición de las hojas a flujos de aire externos a bajas temperaturas para minimizar su pérdida de masa y preservar su calidad. Como resultado, se encontró que la diferencia de peso entre las muestras tratadas y las muestras control (17.5%) fue significativamente menor en comparación con la pérdida de masa en las muestras testigo (10%). La pérdida de masa estuvo relacionada con signos de deshidratación, descomposición, baja coloración y disminución en el número de hojas, lo que indica la importancia de controlar adecuadamente los factores que afectan la vida útil de la verdolaga. En conclusión, el diseño adecuado de tratamientos químicos para la sanitización de alimentos es clave para asegurar la calidad del producto y la satisfacción del consumidor.

Palabras clave: Sanitización, Verdolaga, Tratamiento, Preenfriado, Anaquel.

Introducción

Puebla es uno de los estados líderes en producción de hortalizas gracias a la capacidad y eficiencia de sus productores, la variedad de sus cultivos y la inocuidad de estos mismos. Estas hortalizas se comercializan tanto en el mercado nacional como en el extranjero, donde empresas con certificaciones en estándares de calidad e inocuidad se encargan de su exportación. En la mayoría de los casos, las hortalizas reciben tratamientos estandarizados de sanitización antes de ser embarcadas, lo que ayuda a prolongar su vida útil en anaquel. Sin embargo, existen empresas que no aplican un tratamiento químico de sanitización específico en algunos de sus productos, como sucede con la verdolaga, como se muestra en la figura 1.

La verdolaga es una alternativa interesante como hortaliza debido a su potencial nutricional, productivo y económico (Lagunes, 2021). Su rendimiento está determinado principalmente por el desarrollo de los tallos y hojas, lo que ha despertado un mayor interés en su cultivo como alimento (Contreras, 2016).



Figura 1. Verdolaga (*Portulaca Oleracea*).

Según Kaşkar et al. (2009), la verdolaga es una gran fuente de ácidos grasos poliinsaturados (Omega 3, α -linolénico, LNA), vitaminas antioxidantes (α -tocoferol, ácido ascórbico y β -caroteno), algunos aminoácidos (isoleucina, lisina, metionina, cistina, fenilalanina, tirosina, treonina y valina) y minerales, especialmente potasio.

¹ El Dr. Alfredo Alejandro Guzmán Becerra es Docente/Investigador, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Complejo Regional Centro, correo electrónico: alfredo.guzmanb@correo.buap.mx.

² El MIQ. José Muñoz Flores es Docente/Investigador, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Complejo Regional Centro, correo electrónico: munoz.jose@correo.buap.mx (autor correspondiente)

³ Erandi Sánchez García es estudiante de Ingeniería Agroindustrial, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Complejo Regional Centro, correo electrónico: erandi.sanchez@alumno.buap.mx.

En México, la verdolaga es un cultivo importante que se siembra en alrededor de 500 hectáreas ubicadas en diferentes estados como Morelos, Ciudad de México, Baja California y Estado de México, con una capacidad de producción anual de más de 6 mil toneladas. Alrededor de una tercera parte de la producción se exporta, siendo Estados Unidos uno de los principales compradores en 2018 con una adquisición de 2,031 toneladas a un precio medio de un dólar por kilogramo, según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2019).

La conservación de la verdolaga es importante para mantener sus atributos de calidad, incluyendo su valor nutritivo, sabor, textura y color. Uno de los mayores desafíos es evitar el desarrollo de microorganismos, como *Aspergillus niger* y *Alternaria sp.*, que pueden inhibir la germinación, producir cambios de color, amohosado, apelmazado y podredumbre en semillas, tallos y hojas. Para lograr una conservación adecuada, se utilizan diferentes métodos en la industria, tales como la fermentación, secado solar, irradiación, atmosferas controladas, cambios de temperatura, desinfectantes y la deshidratación por congelación, según indica Guerrero (2015).

Como menciona Yañez (2015) y es resaltado en el Cuadro 1, la aplicación de frío o preenfriado en la postcosecha permite limitar el desarrollo de microorganismos y conservar la calidad de la verdolaga durante su transporte y almacenamiento. Además, esta técnica disminuye la producción de etileno en el producto, lo que se traduce en una mejor calidad y una menor pérdida de la verdolaga. En paralelo, el uso de tratamientos con agentes sanitizantes ayuda a mantener controlada la presencia de microorganismos. Los desinfectantes se hacen en solución acuosa por inmersión o aspersión. El alcance del tratamiento depende del compuesto desinfectante y de los microorganismos que se requiera eliminar. Su eficacia varía con la concentración del agente, y en mayor o menor medida con la temperatura, el pH, el tiempo de contacto y el contenido de materia orgánica (Rojas-Graü *et al.*, 2008).

Técnica de Preenfriado	Descripción
Preenfriamiento con Agua o Hydrocooling	Enfría el producto por el riego con agua fría o la inmersión por hundimiento.
Preenfriamiento con aire	Método que consiste en hacer pasar un flujo continuo de aire frío entre los paquetes colocados en el vehículo para transporte, ya sea en cuartos o en túneles de preenfriamiento.
Preenfriamiento con hielo	Se usa hielo molido o cubos de hielo, método efectivo en aquellos empacados que no pueden ser enfriados con aire forzado.
Preenfriamiento por vacío	Se basa en la evaporación de parte del agua del producto a muy baja presión atmosférica. Los productos que fácilmente liberan agua pueden ser enfriados en 20 o 30 minutos.

Cuadro 1. Comparación de técnicas de preenfriado para empaquetado de hortalizas.

Existen varios tipos de desinfectantes que se pueden utilizar para preservar la verdolaga, como los compuestos clorados (hipoclorito, dióxido de cloro y clorito de sodio), los compuestos de oxígeno activo (peróxido de hidrógeno y ácido peracético), los compuestos de amonio (sales cuaternarias) y los ácidos orgánicos (citrolac, ácido acético y citrosan). Para la elección del desinfectante, se debe tener en cuenta la eficacia y el tipo de microorganismos que se desea eliminar, así como la concentración y el tiempo de contacto (Silva *et al.*, 2019).

En el presente proyecto de investigación se llevaron a cabo pruebas en dos empresas distintas ubicadas en el estado de Puebla, México, las cuales se dedican a la exportación de frutas y hortalizas. Con el objetivo de mantener la confidencialidad de las empresas involucradas, se omitirán sus nombres y solo se mencionará su ubicación, la empresa A en el municipio de Acatzingo de Hidalgo y la empresa B en el municipio de Quecholac. De esta forma se protege la información privada de las empresas y se cumple con los protocolos éticos establecidos en la investigación.

Metodología

El objetivo de este proyecto fue mejorar las metodologías utilizadas en dos empresas de exportación de frutas y hortalizas, la Empresa A y la Empresa B, como se muestra en la Figura 2.

Este proceso incluye los siguientes pasos:

- a. Recepción de materia prima: se recibe la verdolaga y se verifica que cumpla con los requerimientos establecidos por la empresa, como apariencia fresca, ausencia de plagas y hongos, cumplimiento del intervalo de seguridad en cuanto a la aplicación de agroquímicos, tamaño, color, altura, grosor del tallo, transporte limpio, con techo, puertas y libre de objetos en cuanto al transportista uso de cofia y cubre bocas.

- b. Retiro de hojas inferiores del tallo: una vez recibido el producto, se realizan manojos de acuerdo con los requerimientos establecidos por la empresa y se retiran las hojas laterales de la rama, dejando únicamente las hojas en la parte superior, aproximadamente de 3 a 5 cm.
- c. Emparejado de la parte superior e inferior: se emparejan las partes superiores e inferiores del manajo y se amarran. Luego, se corta el exceso de tallo, que debe medir aproximadamente 12 centímetros, y se asegura de que el peso de cada ramo sea el solicitado por la empresa.
- d. Enjuague: se sumerge la verdolaga en agua a temperatura ambiente con ligeros movimientos para eliminar el exceso de tierra. El tiempo de enjuague varía según la cantidad de tierra presente en el producto.
- e. Preenfriado y/o sanitizado: en la Empresa A, se preenfría la verdolaga en una solución de agua con hielo y Citrosan (ácido cítrico) a una temperatura de 0°C a 6°C, mientras que en la Empresa B se utiliza una solución de Dioxy-san (clorito de sodio) a temperatura ambiente. Ambas soluciones son utilizadas para sanitizar el producto.
- f. Envasado: en la Empresa A se empaqueta la verdolaga en bolsas de polipapel, mientras que en la Empresa B se cubre con papel cera. En ambas empresas, se coloca dentro de una caja plástica para su almacenamiento.
- g. Almacenamiento en cámara frigorífica: en ambas empresas se almacena la verdolaga en una cámara frigorífica a temperatura variable debido a que no se cuenta con cuarto frío exclusivo para la verdolaga, ya que se almacena junto con otros productos y esto varía en el cambio de temperaturas.

A partir de esta descripción detallada del proceso, se identificó que la principal diferencia entre las metodologías de preenfriado utilizadas por ambas empresas es el tipo de solución y la temperatura utilizada para preenfriar y sanitizar la verdolaga.

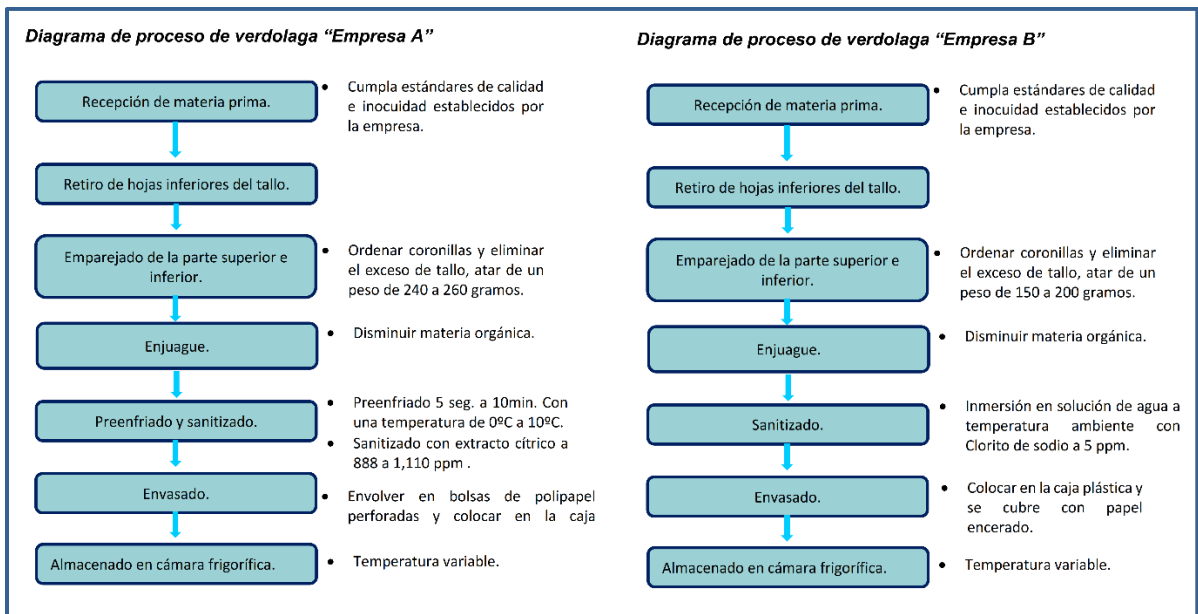


Figura 2. Diagramas de proceso de empaque de la verdolaga en dos empresas exportadoras

Descripción de la propuesta del Diseño

Se propone el siguiente diseño experimental que se encuentra en el cuadro 2 para mejorar las metodologías de envasado de la verdolaga en las empresas A y B. En ambas empresas se utilizan dos tipos de sanitizantes y temperaturas similares a las que se muestran en el cuadro. Las variables a evaluar en este diseño son el tipo de sanitizante y la temperatura con el fin de obtener una metodología idónea para prolongar la vida útil del producto y evitar su deterioro. Además, se consideró realizar un enjuague en todos los tratamientos para eliminar el exceso de materia orgánica presente en el producto. El tiempo de enjuague se eligió en base a la productividad de las empresas

y a los periodos cortos comúnmente utilizados en las empacadoras. Se utilizaron dos tipos de sanitizantes debido a que cada empresa utiliza uno diferente ("A" y "B"). Las concentraciones de los sanitizantes se tomaron en base a las recomendaciones de sus respectivas fichas técnicas.

Descripción de cada tratamiento aplicado.

Se llevará a cabo un diseño experimental por triplicado durante 12 días, utilizando muestras de manojo de 200 gramos cada una. Los tratamientos aplicados a cada muestra se describen a continuación y se presentan en el Cuadro 2 y la Figura 3.

Testigo: Las muestras serán enjuagadas y colocadas en una caja plástica para su almacenamiento.

Tratamiento 1 (T1): Las muestras serán enjuagadas, sanitizadas en una solución de clorito de sodio (Dioxy-san) a 5 ppm a temperatura ambiente, y colocadas en una caja plástica para su almacenamiento.

Tratamiento 2 (T2): Las muestras serán enjuagadas, sanitizadas en una solución de ácido orgánico (Citrosan) a 540 ppm a temperatura ambiente, y colocadas en una caja plástica para su almacenamiento.

Tratamiento 3 (T3): Las muestras serán enjuagadas, sanitizadas en una solución de ácido orgánico (Citrosan) a 1,110 ppm a temperatura ambiente, y colocadas en una caja plástica para su almacenamiento.

Tratamiento 4 (T4): Las muestras serán enjuagadas, preenfriadas, y sanitizadas en una solución de clorito de sodio (Dioxy-san) a 5 ppm a una temperatura de 4°C a 6°C, y colocadas en una caja plástica para su almacenamiento.

Tratamiento 5 (T5): Las muestras serán enjuagadas, preenfriadas, y sanitizadas en una solución de ácido orgánico (Citrosan) a 540 ppm a una temperatura de 4°C a 6°C, y colocadas en una caja plástica para su almacenamiento.

Tratamiento 6 (T6): Las muestras serán enjuagadas, preenfriadas, y sanitizadas en una solución de ácido orgánico (Citrosan) a 1,110 ppm a una temperatura de 4°C a 6°C, y colocadas en una caja plástica para su almacenamiento.

Tratamiento	Tiempo	Temperatura	Sanitizante	Concentración
Testigo	-	-	-	-
T1	Rango de 60 a 90 segundos	Temperatura Ambiente	Clorito de sodio (Dioxy-san)	5 ppm
T2			Ácido orgánico (Citrosan)	540 ppm
T3				1,110 ppm
T4		4° a 6° C	Clorito de sodio (Dioxy-san)	5 ppm
T5			Ácido orgánico (Citrosan)	540 ppm
T6				1,110 ppm

Cuadro 2. Propuesta de Diseño experimental.

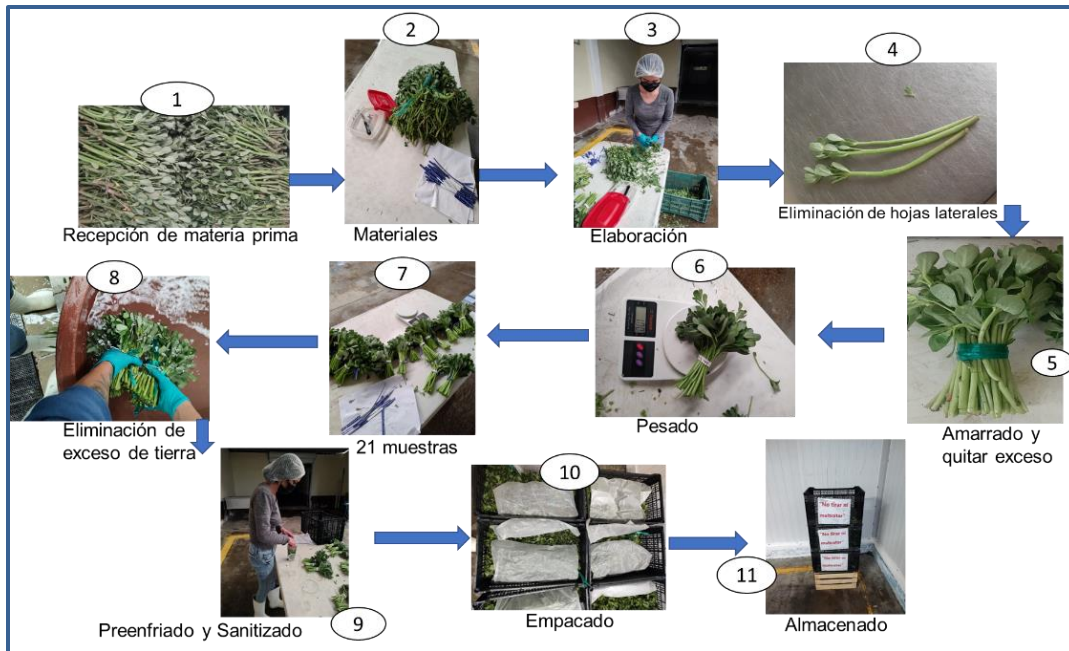


Figura 3. Descripción visual del diseño experimental del empaquetado de la verdolaga

Resultados y Análisis

Los resultados obtenidos (véase cuadro 3 y figura 4 y 5) muestran que el tratamiento 5 es el más eficaz en términos de apariencia, presentando una mejor coloración y textura en las hojas. Además, se observó una mínima presencia de pudrición después de 12 días de almacenamiento en 3 de 3 repeticiones, lo que sugiere que este tratamiento es el más adecuado para aumentar la vida útil del producto. El tratamiento 2 también obtuvo buenos resultados en términos de coloración y textura, con una buena cantidad de hojas sin signos de senescencia y una escasa presencia de pudriciones. Los tratamientos 3 y 4 mostraron resultados intermedios en términos de apariencia, con una mayor presencia de pudriciones y senescencia en las hojas. En cuanto al peso de las muestras, se encontró que el tratamiento 5 presentó las menores pérdidas de peso (10%) después de 12 días de almacenamiento, seguido por el tratamiento 2 (12.67%), el tratamiento 3 (13.83%) y el testigo con la mayor pérdida de peso (17.5%). En cuanto a la deshidratación, el tratamiento 5 también fue el más óptimo, con una menor pérdida de humedad en las hojas. Estos resultados sugieren que el uso del ácido orgánico (Citrosan) a 540 ppm y una temperatura de 4°C a 6°C es el método más eficaz para mantener la calidad y prolongar la vida útil de la verdolaga durante el almacenamiento.



Figura 4. Pérdida de peso en porcentaje de la Verdolaga.

Tratamiento	Perdida en porcentaje
Testigo	17.5%
1	14.335 %
2	12.67 %
3	13.835 %
4	14.5 %
5	10 %
6	17%

Cuadro 3. Porcentaje de perdida de Verdolaga por cada tratamiento.



Figura 5. Apariencia y evaluación de los diferentes tratamientos

Conclusiones

Es importante destacar que la elección del tipo de sanitizante y su concentración deben ser cuidadosamente evaluados para evitar dañar el producto fresco y garantizar la seguridad alimentaria. En este estudio, los tratamientos con soluciones de ácido orgánico (Citrosan) a una concentración de 540 ppm y un preenfriado a 4-6°C demostraron ser efectivos para la conservación de la verdolaga durante un período de 12 días, pero se debe tener en cuenta que estos resultados pueden variar según la calidad inicial del producto, la manipulación y el almacenamiento.

Además, es importante destacar que la apariencia del producto es un factor clave para su comercialización y que el peso puede estar directamente relacionado con la pérdida de agua, lo que puede afectar la calidad del producto y su vida útil. En este sentido, el tratamiento T5 se mostró más efectivo en términos de apariencia y pérdida de peso, lo que sugiere que esta combinación de sanitizante y preenfriado puede ser recomendable para mantener la calidad y la vida útil de la verdolaga.

En general, se puede concluir que el uso de soluciones de ácido orgánico a una concentración adecuada y un preenfriado adecuado pueden ser una buena opción para la conservación de la verdolaga y otros productos frescos. Sin embargo, es importante seguir investigando y evaluando otras alternativas para garantizar la seguridad alimentaria y la calidad de los productos frescos.

Referencias

- Alzamora, E., Tapia, M. S., López-Malo, A., & Welte-Chanes, J. (2003). Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. Roma: FAO. Recuperado de <https://www.fao.org/3/y5771s/y5771s.pdf>
- Berdonces, J. L. (2009). Gran diccionario de las plantas medicinales (4.ª ed.). Barcelona, España: Editorial Océano.
- Contreras-Ortega, C., Martínez-Damián, M. A., Cruz-Valenzuela, M. R., & Rivera-Cabrera, F. (2016). Conservación de verdolaga mínimamente procesada proveniente del suelo e hidropónica, desinfectada con un agente a base de compuestos bioactivos. *IDCyT-Revista de Ciencia y Tecnología*, 1(3), 80-96. Recuperado de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/3/80.pdf>
- Cortés, L. (2019). Preelaboración y conservación de alimentos (4.ª ed.). Recuperado de <http://docplayer.es/82958132-Preelaboracion-y-conservacion-de-hortalizas.html>
- FAO. (1989). Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de frutas y hortalizas (Serie Tecnología Postcosecha No. 7). Santiago de Chile: FAO. Recuperado de <https://www.fao.org/3/x5056s/x5056S00.htm#Contents>
- FAO. (1993). Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala (Serie Tecnología Postcosecha No. 1). Santiago de Chile: FAO. Recuperado de <https://www.fao.org/3/x5062s/x5062S00.htm#Contents>
- FAO. (2003). La clave está en el color. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Recuperado de <http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/fruitveg3.htm>
- Fonseca, J. (2011). Clave para alargar la vida de anaquel de productos hortícolas. *Hortalizas*. Recuperado de <https://www.hortalizas.com/poscosecha-y-mercados/clave-para-alargar-la-vida-de-anaquel-de-los-productos-hortícolas/>
- Garmendia, G., & Silvana, V. (2006). Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas. *Horticom*. Recuperado de http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh197/18_27.pdf
- Guerrero, M. (2015). Tipos de conservación de frutas y hortalizas. *Medium*. Recuperado de https://medium.com/@maria97_07/tipos-de-conservación-de-frutas-y-hortalizas-ae098541f466
- IAUSA. (s.f.). La importancia de las hortalizas en México. *Agricultura, fertilizantes*. Recuperado de <https://iausa.com.mx/la-importancia-de-las-hortalizas-en-mexico/>
- Kaşkar, C., Fernandez, J., Ochoa, J., Niñirola, D., Conesa, E., & Tuzel, Y. (2009). Agronomic behaviour and oxalate and nitrate content of different purslane cultivars (*Portulaca oleracea*) grown in a hydroponic floating system. *Acta Horticulturae*, 807, 521-526. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.807.76>
- Lagunes, E., et al. (2021). La densidad de siembra en el crecimiento de la verdolaga. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(2).
- Mera, L., Bye, R., Castro, D., & Villanueva, C. (2011). Documento de diagnóstico de *Portulaca oleracea*. Universidad Autónoma de Chapingo. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/231822/Documento_de_diagnostico_de_portulaca_oleracea.pdf
- Montoya-García, C. O., et al. (2017). Respuesta de la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) a la fertilización con NPK. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(3), 325-332. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/610/61050549008/html/>

- Noticias UCC. (2018). Inocuidad en frutas y verduras. Recuperado de <https://www.ucc.edu.ar/noticiasucc/inocuidad-en-frutas-y-verduras/>
- Rojas-Graü, M. A., Oliveira, A. F., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2008). Apple puree-alginate edible coating as carrier of antibrowning agents and calcium chloride in fresh-cut Fuji apples. *Journal of Food Science*, 73(6), E303-E310. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00814.x>
- SIAP. (2019). Boletín de exportaciones verdolaga. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/475409/Exportaciones_verdolaga_2019.pdf
- Silva, A. S., Oliveira, W.P., Massaretto, I. L., Mantovani, C. V., Pereira, R. G. F. A., & Ferreira, M. D. (2019). Edible coatings based on modified starches and natural gums to preserve the quality of minimally processed cactus pear. *Journal of Food Quality*, 2019, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2019/3432716>
- Yáñez, M. L. (2015). Preenfriamiento, tipos y aplicaciones. *Revista Mundo HVACR*. Recuperado de <https://www.mundohvacr.com.mx/2015/06/preenfriamiento-tipos-y-aplicaciones>

Notas Biográficas

El Dr. Alfredo Alejandro Guzmán Becerra es Ingeniero Agrónomo egresado de la Universidad Veracruzana, y tiene el Doctorado en Gestión Ambiental para el Desarrollo por la Universidad Popular Autónoma de Veracruz.

El MIQ. José Muñoz Flores es Ingeniero en Alimentos egresado de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, y tiene la Maestría en Ingeniería Química por la Facultad de Ingeniería Química, BUAP.