

Serie “Reportes de Investigación”, Diciembre de 2002

Caracterización, poscosecha, aprovechamiento e industrialización de pitayas y pitahayas

Joel Corrales García

El CIESTAAM es un Centro de Investigación y de Posgrado de Alto Nivel, con sede en la Universidad Autónoma Chapingo, que desde 1990 estudia los problemas económicos, sociales y tecnológicos de la agroindustria y la agricultura mundial, generando y difundiendo conocimientos a través del trabajo interdisciplinario, con una visión integral, crítica y propositiva, priorizando las necesidades de la sociedad rural y los intereses de los grupos mayoritarios.

Serie Reportes de Investigación, fundada en 1991 por:

Manuel Ángel Gómez Cruz y Rita Schwentesius Rindermann

Caracterización, poscosecha, aprovechamiento e industrialización de pitayas y pitahayas

Joel Corrales García¹

Comité Editorial

Rita Schwentesius Rindermann

Manuel Ángel Gómez Cruz

Elba Pérez Villalba

Claudio A. Flores Valdez

Jorge G. Ocampo Ledesma

Fernando Cervantes Escoto

J. Reyes Altamirano Cárdenas

Primera edición en español, Año 2002

ISBN: 968-884-890-5

© Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM-Programa Nopal), Universidad Autónoma Chapingo, km. 38.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Chapingo, estado de México.

E-mail: rsr@avantel.net, ciestaam@avantel.net, <http://www.chapingo.mx/ciestaam/>

Derechos reservados conforme a la ley
Impreso y hecho en México.

¹ Profesor-Investigador del Departamento de Ingeniería Agroindustrial, y Miembro del Programa Nopal-CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo. E-mail: joelcorrales@hotmail.com

Caracterización, poscosecha,
aprovechamiento e industrialización
de pitayas y pitahayas

Joel Corrales García

Reporte de Investigación

65

Caracterización, poscosecha, aprovechamiento e industrialización de pitayas y pitahayas

Joel Corrales García



**Centro de Investigaciones Económicas, Sociales
y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura
Mundial (CIESTAAM)**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Diciembre, 2002



ÍNDICE

	Pág.
Introducción	9
Pitayas	10
<i>Características generales</i>	10
<i>Fisiología y manejo poscosecha</i>	12
<i>Frutos mínimamente procesados</i>	14
<i>Técnicas de procesamiento y transformación industrial</i>	18
Pitahayas	24
<i>Características generales</i>	24
<i>Fisiología y manejo poscosecha</i>	26
<i>Técnicas de procesamiento</i>	29
Bibliografía	32

INTRODUCCIÓN

Muchas frutas de la familia de las cactáceas son comestibles. Las especies cactáceas de mayor importancia económica (por sus frutas) pertenecen a los géneros *Opuntia*, *Stenocereus*, *Hylocereus*, (Bravo-Hollis, 1991) o *Selenicereus* (Rodríguez, 2000). Los géneros de *Stenocereus*, *Hylocereus*, o *Selenicereus* incluyen especies que producen frutas denominadas comúnmente “pitayas” o “pitahayas”, nombres genéricos para frutas cactáceas jugosas y dulces con delicado sabor y pequeñas semillas, y “xoconostles” cuando son agrias (Bravo-Hollis, 1978). Sin embargo, estas últimas pueden ser confundidas con la “tuna” una especie de *Opuntia* también llamada xoconostle (Cruz, 1985).

Para referir y reconocer frutas de diferentes géneros, de acuerdo con Ortiz (1999), llamaremos “pitayas” a las frutas de *Stenocereus* y “pitahayas” o “pitajayas” a las frutas de *Hylocereus* o *Selenicereus* (Rodríguez, 2000). A las pitayas también se les conoce como cactáceas columnares y a las pitahayas como cactáceas de enredadera, aludiendo a su hábito trepador (Nerd, *et al.* 2002). Las frutas de ambos tipos son altamente valoradas y consumidas principalmente en fresco. Sin embargo, también son altamente perecederas y su vida de anaquel es corta. Además, conforme más se van reconociendo por su sabor y valor nutritivo, va aumentando el interés en expandir sus posibilidades de aprovechamiento.

Se sabe que su transformación en productos de calidad, con mayor vida de almacenamiento puede incrementar su valor comercial. Desafortunadamente, el conocimiento y la investigación en fisiología y tecnología poscosecha, así como sobre el procesamiento y transformación industrial de estas frutas han sido muy escasos, y muy poca información documental en estos temas está disponible. En el siguiente capítulo se da un resumen de las características generales y atributos de calidad, fisiología y manejo poscosecha, usos, y algunas de las técnicas más viables de procesamiento de pitayas y pitahayas. Sin embargo, dado que estas frutas son completamente diferentes entre sí, en este trabajo se consideran por separado.

PITAYAS

Características generales

Las pitayas (*Stenocereus sp*) son frutas exóticas de la familia de las cactáceas nativas de los trópicos secos de México (Benson, 1982; Bravo-Hollis, 1978; Sánchez-Mejorada, 1984). Muchas de estas frutas son cosechadas de plantas silvestres o de selecciones de *S. griseus*, *S. stellatus*, y *S. Pruinusus* cultivadas principalmente en los estados de Puebla y Oaxaca (Cruz, 1984; Llamas-Llamas, 1984, Piña-Luján, 1977) o de *S. queretaroensis*, cultivadas en los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato y Querétaro, entre otros (Sánchez-Mejorada, 1984). Dentro de las pitayas también está incluido el género *Cereus*. La especie *Cereus peruvianus* es considerada como otra cactácea columnar (Nerd *et al.*, 2002); este frutal es de reciente domesticación, de origen posiblemente brasileño y actualmente ya se cultiva con cierto éxito en Israel, donde se le denomina comercialmente “Koubu” (Mizrahi y Nerd, 1999).

Los frutos de *S. griseus* son bayas poliespermáticas, cuyo aspecto es generalmente globoso, con un delgado pericarpio que es liso, pues así queda después de que los manojos de espinas caen de las areolas durante la maduración (Bravo-Hollis, 1978). Los frutos, redondos u ovalados, varían en peso desde 100 hasta 400 g en algunas especies.

La pigmentación interna y externa de las frutas puede variar de tonalidades blancas a rojas en la pulpa y de tonalidades amarillas a rojas en la cáscara, con una considerable variación de la morfología y pigmentación de las espinas. Estas pitayas han sido estudiadas principalmente desde una perspectiva etnobotánica y taxonómica (Benson, 1982; Nabhan, 1985; Sánchez-Mejorada, 1984) aunque también han sido tema de algunas investigaciones hortícolas (Cruz, 1984; 1985; 1997; 1998; Llamas-Llamas, 1984; Tapia, 1984).

En algunas especies de *Stenocereus*, al crecer la fruta, el porcentaje de su gruesa cáscara decrece, mientras que el de la pulpa se incrementa (Cruz, 1985; Ojeda y Barrera, 1988). Cuando el fruto madura, la cáscara representa el 22% del peso total; generalmente, frutos con baja proporción de cáscara tienen alto porcentaje de jugo y bajo porcentaje de semillas (Cruz, 1985). También se ha observado que en la parte final del proceso de maduración se incrementan tanto el contenido de sólidos solubles totales (SST) como el pH

(Cruz, 1985; Del Toro y Castellón, 1986; Ojeda y Barrera, 1988). En un estudio, Cruz (1985) observó que los frutos de *S. stellatus* mostraron a lo largo de su desarrollo, desde la floración hasta el final del proceso de maduración, un incremento en su pH, de 3.5 a 4.5, sin embargo, los frutos maduros de *S. griseus* llegan a alcanzar un pH de 5.2 (Piña-Luján, 1977).

Los frutos que alcanzan su desarrollo completo, aún siendo de la misma especie, pueden presentar diferencias importantes en tamaño, color y composición, de acuerdo con la selección o tipo de que se trate. De acuerdo con Benito *et al.* (1997), el fruto de pitaya (*S. griseus*), en general, tiene una forma ovoide, con diámetro ecuatorial (transversal) de entre 5 y 12 cm y peso desde 150 hasta 500 g; su cáscara es lisa, de color verde o rojo, dependiendo del tipo y grado de maduración.

De manera más específica, Cruz (1985) encontró que en cuatro tipos de pitayas (*S. Stellatus*) los frutos del tipo amarillo fueron los que mostraron dimensiones significativamente mayores a los demás (diámetro transversal, 6.23 cm; diámetro longitudinal, 6.82 cm, y peso, 148 g), mientras que los del tipo rojo mostraron las menores dimensiones (diámetro transversal, 4.43 cm; diámetro longitudinal, 4.43 cm, y peso, 69.29 g). El más alto porcentaje de peso de semilla (2.74%) con respecto al peso total del fruto correspondió al tipo rojo y el más bajo, al blanco (1.96%).

En cuanto al contenido de glucosa, mismo que fluctuó en el rango de 6.89 a 7.04%, así como al contenido de azúcares totales, que fluctuó de 9.56 a 11.16%, no hubo diferencias significativas entre los cuatro tipos de frutos estudiados. Sin embargo, el tipo blanco presentó el contenido de fructosa significativamente más alto (4.26%), mientras que el tipo solferino registró el más bajo (2.52%). El contenido de sacarosa, así como de azúcares totales fue similar en los cuatro tipos, fluctuando desde 2.44 hasta 4.76% y desde 12.58 hasta 15.92%, respectivamente. Finalmente, la acidez titulable de los tipos rojo y amarillo (0.53 y 0.50% respectivamente) resultó significativamente mayor que la del tipo blanco (0.39%).

Martínez-González y Cruz-Hernández (1995) encontraron una amplia variabilidad en algunas características del fruto en 17 tipos diferentes de *S. griseus* colectados en la región mixteca: el peso medio del fruto varió desde 100 g (tipo *Tepeyahualco*) hasta 290 g (tipo *Espina Negra*); el contenido de sólidos solubles totales (SST) varió desde 9.9 °Brix (tipo *Vidriosa*) hasta 13.4 °Brix (tipo *Amarilla*), observando la tendencia de que a mayor SST, mayor pH; la jugosi-

dad varió desde 69.4 % (tipo *Enana*) hasta 79.0% (tipo *Amarilla*). Los autores concluyeron que los frutos de bajo índice de redondez presentaron el mayor peso, mientras que los frutos de alto índice de redondez (más esféricos) tuvieron menor peso; los tipos de pitaya Amarilla, Boluda y Roja de Tepeyahualco presentaron los más altos registros de firmeza, SST y jugosidad, pero cáscara más delgada.

En general, la pulpa jugosa de las pitayas es de color rojo intenso, muy dulce, y contiene numerosas semillas pequeñas de fácil digestión, negras o cafés. Las frutas de pitaya han generado interés y tienen potencial comercial por su excelente calidad y atractivo visual (Cruz, 1997; Mizrahi *et al.*, 1997; Pimienta-Barrios y Nobel, 1994).

Fisiología y manejo poscosecha

De acuerdo con Cruz (1985), el comportamiento respiratorio en poscosecha del fruto de cuatro selecciones (Amarilla, Blanca, Solferino y Roja) de pitaya (*S. stellatus*) corresponde, como en el caso de los frutos de tuna, al patrón no-climatérico, empezando con un rango de 24 a 31 mg de $\text{CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ y terminando en el rango de 16 a 22 mg de $\text{CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Los autores no encontraron diferencias significativas entre las cuatro selecciones estudiadas en cuanto a sus niveles de respiración.

Sin embargo, Cantwell y Robles-Contreras (comunicación personal) en otros frutos de pitaya (*S. thurberi* Engleman) colectadas en Sonora, México, después de 20 horas de cosechados y durante 8 días de almacenamiento a 20°C, encontraron que la producción de etileno y bióxido de carbón mostró un patrón climatérico, comenzando con una tasa de respiración de aproximadamente 35 ml. de $\text{CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ al tercer día, después de eso, los autores observaron un descenso continuo en las tasas de respiración, hasta registrar alrededor de 60 ml de $\text{CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ al final del almacenamiento. Los autores mencionados también indicaron que los frutos experimentaron cambios externos dramáticos durante el proceso de maduración: las areolas con espinas comenzaron a caer dos días después de la cosecha; el color de la epidermis cambió, dependiendo del tipo de pitaya, del verde a tonalidades amarillas o rojas; en general, la caída de espinas ocurrió antes del cambio completo de color, aunque en algunos frutos estos procesos ocurrieron simultáneamente; así, tanto la caída total de espinas como el cambio completo de color ocurrieron alrededor de los 6 ó 7 días después de cosecha. El comienzo de la caída de espinas y del cambio externo de color fueron acompañados por incrementos

en respiración y en la producción de etileno; las tasas de producción de etileno iniciaron en aproximadamente $4 \mu\text{L de C}_2\text{H}_4 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, alcanzando el máximo ($70 \mu\text{L de C}_2\text{H}_4 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) cuando concluyó la caída de espinas y el cambio externo de color.

En otras frutas de pitaya (*S. queretaroensis*) almacenadas durante 6 días a temperatura ambiente natural (20°C) Magaña-Benitez (1999) encontró que el patrón de respiración de estas frutas mostró una tendencia general de disminución en función del tiempo, correspondiendo al que presentan las frutas no-climatéricas. La producción de etileno descendió durante los primeros tres días desde aproximadamente 25 hasta $12 \mu\text{L de C}_2\text{H}_4 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, para mantenerse en ese nivel con pequeños altibajos durante otros cuatro días.

Como se puede ver, es poco lo que se conoce acerca del comportamiento poscosecha y de los parámetros de calidad que presentan diferentes especies, como tampoco se conoce con precisión sobre las condiciones óptimas de almacenamiento o sobre la respuesta de los frutos de pitaya a la frigoconservación en atmósferas controladas o modificadas, en virtud de que se han realizado pocos estudios que aborden el problema de la alta perecibilidad de estas frutas y todavía no se han desarrollado tecnologías apropiadas para su manejo poscosecha.

El momento oportuno de cosecha (que ocurre generalmente durante abril y mayo) es definido principalmente por el cambio externo de color (de gris pálido a rosa) o por la caída de algunas espinas (Díaz, 1995).

Aunque el criterio de corte ya se ha definido empíricamente para frutos de *Stenocereus*, lo cierto es que las frutas cosechadas después de que han desarrollado completamente su color en la planta, son más dulces que las frutas cosechadas en etapas de desarrollo más tempranas (Pimienta-Barrios y Nobel, 1994).

El manejo poscosecha de frutos de pitaya es simple, y aún no se ha tecnificado completamente. Estos frutos son cosechados manualmente con ganchos de acero, hechos con tres o cuatro pequeñas varillas soldadas en la base, que se van abriendo hacia el exterior, formando una pequeña canastilla, la cual está amarrada con alambre a una pértiga de madera. El fruto, primero se ubica dentro de la canastilla, después se hace girar hasta desprenderlo de la planta, quedando sujeto dentro de la canastilla y finalmente se baja cuidadosamente, para depositarlo en un recipiente de recolección.

La cosecha se lleva a cabo normalmente en la mañana (al amanecer). La remoción de espinas y areolas se realiza manualmente con la ayuda de un cuchillo o con pinzas para pan (alicates), esto es completamente necesario para la comercialización de los frutos. Sin embargo, Rebollar *et al.* (1997) recomendó no remover las espinas antes del transporte de los frutos, con el propósito de evitar la fricción entre frutas, pues las pitayas son muy susceptibles a este tipo de lesiones.

Salcedo y Arreola (1991) reportaron que los frutos de *S. queretaroensis* son tan perecederos que se deben comercializar el mismo día en que fueron cosechados, ya que aun en refrigeración no se pueden mantener en condiciones aceptables de comercialización por más de tres días; por otro lado, los frutos de *S. griseus* se pueden almacenar en condiciones aceptables por 3 ó 4 días a temperatura ambiente, por lo cual se asume que los frutos de esta especie son menos perecederos que los frutos de *S. queretaroensis* (Cruz 1997).

Magaña-Benitez *et al.* (1999) reportaron que los frutos de *S. queretaroensis* empacados en cajas de cartón almacenadas por 11 días a 9 °C resultaron tener menos pérdida de calidad que las almacenadas a 11 °C.

Frutos mínimamente procesados

A diferencia de otros frutos, las pitayas (y también las pitahayas) no se prestan a la industrialización, en virtud de que su alta jugosidad, alto contenido de mucílago, así como su delicado sabor (que se pierde con relativa facilidad en procesos térmicos), contribuyen a dificultar su procesamiento industrial. Todo esto hace que la tecnología del procesamiento mínimo ofrezca una alternativa interesante para el aprovechamiento y comercialización de estas frutas, sin embargo, las pitayas se han estudiado muy poco como productos cortados frescos.

En general, los productos hortofrutícolas mínimamente procesados o cortados frescos son preparados y manejados para mantener su condición fresca, pero al mismo tiempo para proporcionar al comerciante y al consumidor final importantes ventajas. Aunque son más caros que el producto a granel, los productos cortados frescos (de gran éxito actualmente) a la larga resultan ser más económicos, debido a la reducción de basura. Para referirse a los productos cortados frescos también se usan otros términos, tales como productos "mínimamente procesados", "ligeramente procesados", "parcialmente procesados", "procesados frescos", o "pre-preparados". El cortado en fresco o el

procesamiento mínimo incluyen acciones de manejo, preparación y distribución de productos hortícolas en estado fresco, listos para su consumo, con una vida útil o de anaquel generalmente muy corta. El procesamiento mínimo, además, permite proveer valor agregado, preparación y calidad nutritiva a los productos (Wiley, 1994).

La preparación de los productos cortados frescos implica acciones de limpieza, lavado, recortado, descorazonado, rebanado, cortado en tiras, y otros países relacionados, muchos de los cuales incrementan la perecibilidad de los artículos producidos. Los consumidores esperan que los productos mínimamente procesados sean visualmente aceptables y apetitosos. Los productos cortados frescos deben tener aspecto fresco, ser de calidad consistente dentro del empaque, y estar razonablemente libres de defectos. Con base en lo publicado por Cantwell (1992), adelante se explican algunas de las implicaciones tecnológicas del procesamiento mínimo de frutas y hortalizas que deberán tomarse en cuenta para la implementación de estas tecnologías en las pitayas.

Los productos cortados frescos generalmente tienen mayores tasas de respiración que los mismos productos intactos. Las tasas de respiración elevadas indican mayor actividad metabólica y usualmente tasas más aceleradas de deterioro. También las altas tasas de respiración pueden resultar en una pérdida más rápida de ácidos, azúcares y otros componentes, lo que reduce la calidad organoléptica y el valor nutritivo de la fruta. El incremento en la demanda de oxígeno, debido a las mayores tasas de respiración de los productos cortados frescos, implica que se requieran películas de empaque con suficiente permeabilidad al oxígeno, para prevenir la fermentación y malos olores.

El daño físico y las lesiones causadas (por la manipulación) incrementan en pocos minutos la respiración y la producción de etileno, con el consecuente incremento de las tasas de otras reacciones bioquímicas responsables de cambios en color (incluyendo el oscurecimiento) de sabor y gusto, de textura y de calidad nutricional (contenido de azúcares, ácidos y vitaminas). El grado de procesamiento y la calidad del equipo (*i.e.* el filo de las cuchillas), afectan significativamente la respuesta al daño.

Para minimizar las elevadas tasas de respiración y de actividad metabólica de los productos cortados frescos se requiere de la frigoconservación, en la cual es necesario un estricto control de temperatura. También se debe consi-

derar que a mayor grado de procesamiento y manipulación del producto se tienen mayores tasas de respiración inducida. En general, todos los productos cortados frescos se deben almacenar dentro del rango de 0 °C a 5 °C (32-41 °F) para mantener su calidad, inocuidad y vida de anaquel.

Para muchos productos cortados frescos el empackado en atmósfera modificada es un suplemento de la frigoconservación que resulta efectivo para reducir en forma más eficiente su tasa de deterioro. El empackado con películas plásticas también reduce la pérdida de agua de las superficies cortadas. Recientemente ha habido muchas mejoras e innovaciones, específicamente dirigidas a productos cortados frescos, tanto en lo que respecta a las películas plásticas como en el equipo de empackado.

Los productos cortados frescos se empackan en diversos materiales plásticos. Las atmósferas que contienen de 2 a 8% de O₂ y de 5 a 15% de CO₂, generalmente resultan benéficas para los productos cortados frescos (Cantwell, 1996). Las atmósferas modificadas benefician a los productos cortados frescos reduciendo las tasas de respiración y retardando la decoloración, entre otros efectos. Cantwell (1996) consideró que todos los productos mínimamente procesados se deben almacenar a temperaturas lo más cercanas a los 0°C, para mantener su calidad y alargar su vida de anaquel. La atmósfera que rodea a un producto es afectada por su tasa de respiración, por la temperatura de almacenamiento y por la permeabilidad del material plástico que lo envuelve (Kader, 1992).

Hay varios aspectos microbiológicos relacionados específicamente con los productos cortados frescos: estos productos generalmente se consumen crudos, sin pasar por ningún proceso o acción específicamente aplicada para matar patógenos, además, durante la distribución y exposición del producto puede ocurrir que prevalezcan temperaturas inadecuadas y, en consecuencia, se pueden desarrollar algunos microorganismos de cuidado, aun bajo condiciones de refrigeración y atmósferas modificadas. Debido a estos riesgos potenciales, la calidad microbiológica y la seguridad de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas son de alta prioridad. La Asociación Internacional de Productos Cortados Frescos ha preparado guías voluntarias específicas para mantener altos de niveles de seguridad microbiológica durante el procesamiento mínimo de frutas y hortalizas frescas (Zagory y Hurst, 1996). Como parte integral de estas guías se tiene la implementación de los principios para

las buenas prácticas de manufactura y para el análisis de riesgos y control de puntos críticos.

El crecimiento microbiano en los productos mínimamente procesados se controla principalmente con el buen manejo de la sanidad y temperatura en todo el proceso. La sanitación de todo el equipo y el uso de agua clorinada deben ser prácticas comunes.

Los microorganismos difieren en su sensibilidad a las atmósferas modificadas. Las atmósferas con bajo oxígeno (1%) generalmente tienen poco efecto en el crecimiento de hongos y bacterias. Para tener efectividad en el control del crecimiento microbiano generalmente se necesitan niveles de concentración de CO₂ de 5-10%. Altas concentraciones de CO₂ pueden afectar indirectamente el crecimiento microbiano retardando el deterioro (ablandamiento, cambios composicionales) del producto; también pueden tener una consecuencia directa al bajar el pH celular y afectar el metabolismo de los microorganismos. Los hongos generalmente son muy sensibles al CO₂ mientras que las levaduras son relativamente resistentes a este gas.

Los materiales de empaque modifican la humedad y la composición atmosférica que rodea a los productos mínimamente procesados y pueden modificar el perfil microbiano. Las atmósferas modificadas pueden causar cambios en la composición de la microflora de los productos cortados frescos.

Aunque no hay una etapa específica del proceso para matar microorganismos, se usan varias barreras a fin de mantener la calidad microbiana de los productos cortados frescos. Combinar un proceso higiénico de corte de los productos con procedimientos estrictos de sanidad, con un empaque en atmósfera modificada apropiado y con el uso de bajas temperaturas durante el procesamiento y la distribución no solamente favorece la alta calidad sensorial de los productos cortados frescos, sino que también sirve para minimizar los riesgos microbiológicos.

Con base en lo anterior, en seguida se describe un procedimiento general para el procesamiento mínimo de pitayas: primeramente se debe desinfectar la superficie exterior de los frutos, después se mondan y luego se pueden lavar y empacar o bien pasar por un cortador/rebanador, o cortar manualmente. Los productos se pueden empacar en bolsas de plástico o en contenedores rígidos, que se pueden cubrir con una película plástica, misma que debe permitir el desarrollo de una atmósfera modificada apropiada. Un problema

que se presenta comúnmente durante el almacenamiento y manejo de este tipo de productos es la salida de fluido (jugo de drenado) que en el caso de la pitaya de pulpa roja es particularmente indeseable por su color parecido al de la sangre.

En el Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo se han hecho algunos estudios preliminares (en proceso de publicación) sobre frutas y hortalizas cactáceas mínimamente procesadas, específicamente en nopal verdura, tunas y pitayas. Con base en los resultados de estos estudios más adelante se hacen algunas propuestas específicas para implementar de la mejor manera el procesamiento mínimo de las pitayas.

Los cambios de calidad de pitayas (*S. griseus* y *S. queretaroensis*) mínimamente procesadas en respuesta al empaque en diferentes películas plásticas y temperaturas de almacenamiento fueron estudiados por Corrales *et al.* (en revisión). Para este estudio, los frutos se cosecharon en estado de madurez comercial y de inmediato se transportaron a la Universidad. Al llegar fueron refrigerados a 5 °C; al día siguiente se les quitaron las espinas, fueron lavados con agua clorinada, mondados y embolsados bajo condiciones estrictas de higiene; en seguida se almacenaron a 2 ± 1 °C y 7 ± 2 °C durante 10 y 15 días. Para ambas especies, el polietileno de 35 µM de espesor resultó ser el material de empaque con el que los frutos presentaron la mejor calidad después de 10 días a 7 °C, porque presentaron los menores cambios en color y firmeza, la menor pérdida de jugo, y las menores concentraciones de metabolitos anaerobios (acetaldehído y etanol). Para ambas especies, a temperatura de 2 °C se registró la mayor cantidad de jugo drenado y la menor intensidad de color (croma) lo cual es indicativo de algún tipo de daño por frío, sin embargo, la producción de etanol fue menor que a la temperatura de 7 °C. En general, la pitaya mínimamente procesada de *S. griseus* tuvo mayor calidad que la de *S. queretaroensis*, aunque esta última presentó las menores concentraciones de volátiles fermentativos en el jugo.

Técnicas de procesamiento y transformación industrial

Aunque las pitayas se consumen principalmente como fruta fresca, las que se procesan industrialmente por lógica tienen mayor vida de anaquel que las frescas, lo que permite su venta en mercados lejanos. Con la industrialización también se puede extender el abasto a otros meses, además se pueden controlar mejor tanto los precios como la calidad del producto. Otra ventaja del procesamiento es el valor agregado que se le da al producto y que con la di-

versidad de productos obtenidos con la industrialización se hace posible la diversificación de mercados. Además, la industrialización hace posible la generación de empleo rural, lo cual contribuye a aumentar el ingreso en beneficio de las comunidades productoras.

Sin embargo, en la actualidad no hay productos de pitaya industrializados comercialmente disponibles y poco se conoce sobre las posibilidades de industrialización de los frutos de pitaya. El procesamiento de este fruto representa un gran reto tecnológico, dado que en forma natural presenta ciertas características que resultan desventajosas, como alto pH, es decir, baja acidez, lo cual, unido a un alto contenido de azúcares, principalmente glucosa y fructosa, hacen al fruto muy susceptible, principalmente al desarrollo de microorganismos. Por otra parte, la gran cantidad de mucílago que contiene la pitaya le confiere una alta viscosidad y una no muy agradable consistencia al jugo. El mucílago es una sustancia compuesta de polisacáridos complejos y está presente en cantidades importantes en las platyopuntias, imbibie (retiene) grandes cantidades de agua, formando coloides viscosos y gelatinosos (Amin *et al.* 1970; McGarvie y Parolis 1979^{a,b}, 1981; Paulsen y Lund 1979; Trachtenberg y Mayer 1981; Sáenz *et al.* 1992 y 2002). Si no se tiene suficiente cuidado en la manipulación del jugo de la pitaya se corre el riesgo de que el sistema coloidal se precipite, formando aglomerados, cuya viscosidad se incrementa considerablemente, y se hace muy difícil su manipulación posterior.

Mermelada

Del Toro-Magaña y Castellón-Anaya (1986) estudiaron algunos factores de la elaboración de mermelada de pitaya (*S. griseus*, tipos rojo y amarillo). Probaron 4 niveles de pectina (0, 5, 10, y 15 g/kg de azúcar) y 4 niveles de pH (natural, 4.5, 3.5 y 2.5, añadiendo ácido málico) con y sin semillas. La pulpa y el azúcar (sacarosa) estuvieron en proporción 1:1. La pulpa fue calentada (en baño maría) a 80°C y el azúcar y el ácido málico fueron añadidos, mezclándolos gradualmente durante 5 minutos para una mejor solubilidad de la pectina. La mermelada fue envasada en frascos previamente lavados y esterilizados. Los frascos fueron sellados al vacío (por agotamiento), después fueron esterilizados por 30 minutos a 80°C y presión atmosférica local. Finalmente los frascos fueron enfriados por inmersión en agua.

Los tratamientos fueron evaluados sensorialmente por color, sabor, aspecto y consistencia, usando escalas hedónicas y la prueba de Quade. El tratamiento mejor calificado fue el que usó pitayas del tipo rojo, sin semillas, a pH

natural y 15 g de pectina por kg de sacarosa usado, seguido por el tratamiento que usó pitayas del tipo amarillo, sin semillas, a pH natural y 15 g de pectina por kg de sacarosa usado. También se observó que bajo estas condiciones no se obtuvo más de 60 °Brix de concentración, así que ninguno de los tratamientos alcanzó la consistencia de una mermelada comercial. Una consistencia más alta fue lograda calentando a vacío y añadiendo sólidos (almidón de maíz).

Siguiendo el principio de elevado contenido de sólidos y alta acidez, con el propósito de facilitar la formación del gel pectina-azúcar-ácido, y de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana para elaboración de mermelada, Benito *et al.* (1995) elaboraron mermelada de tres diferentes frutas: pitayas, tunillos y jiotillas (*Escontria chiotilla*). Los autores indicaron que es necesario ajustar el pH (con ácido cítrico) entre 3.2 y 3.5, para la conveniente inversión de sacarosa, y usar benzoato de sodio como un conservador.

En general, los productos alcanzaron entre 64 y 67°Brix, así como alta calidad microbiana y en cuanto a características sensoriales. La mermelada de las tres frutas tuvo características similares, con escasas variaciones en los requerimientos de pectina y ácido cítrico para ajustar el pH y formar el gel. Arnaud *et al.* (1997) propusieron que la mermelada puede ser elaborada de acuerdo con el diagrama mostrado en la Figura 1, con la posibilidad de empaquetar el producto tanto en frascos de vidrio, como de resinas PET de los números 15-47 o 15-71. De la evaluación sensorial, y de acuerdo a las calificaciones de los parámetros medidos, los autores concluyeron que las mermeladas de pitaya más preferidas fueron aquellas con alta cantidad de pulpa, con contenidos de pectina entre 0.5-1.0%, 0.5% de ácido cítrico (pH 3.2-3.5) y SST entre 64 y 67 °Brix.

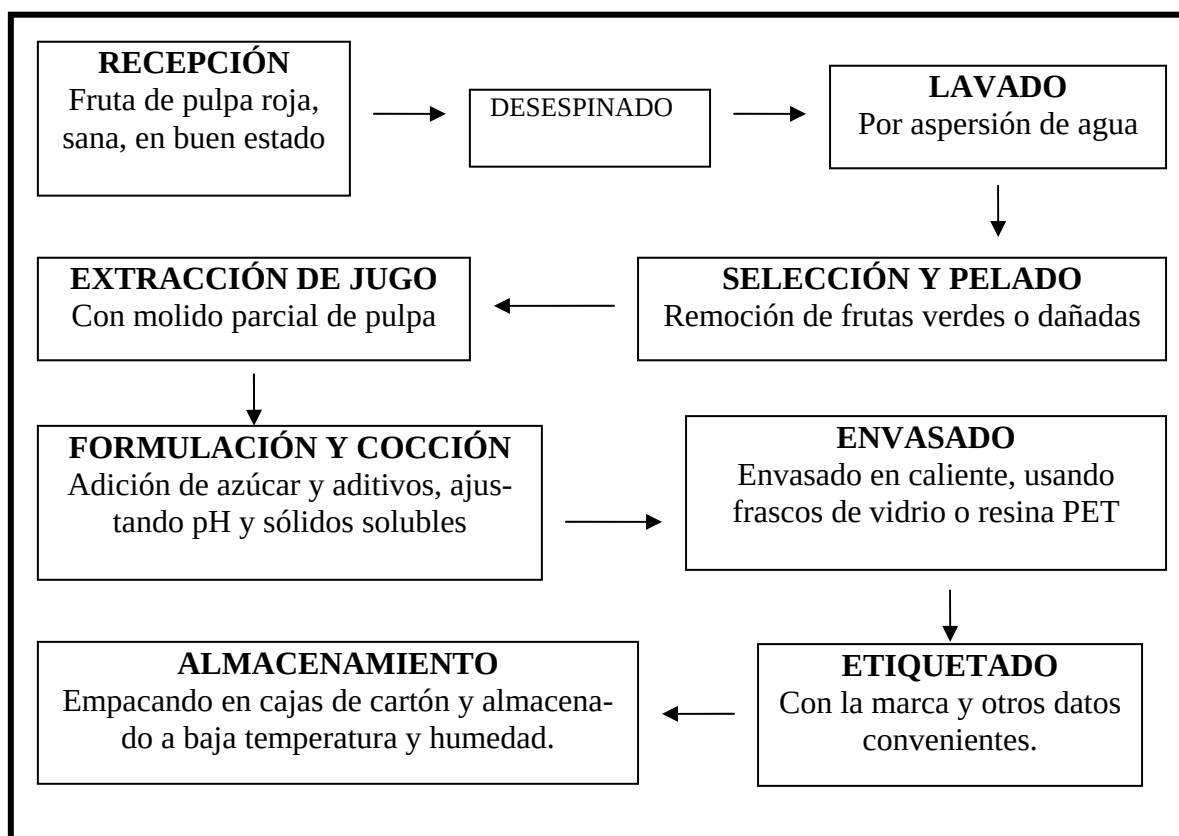
Arnaud y Morán (1995) estudiaron el potencial industrial del fruto de “tunillo” (*S. stellatus*) colectado en Oaxaca, México, elaborando jarabe, mermelada y barras de fruta deshidratada. Después de la evaluación sensorial los autores concluyeron que estos productos tienen un potencial interesante para los mercados doméstico e internacional.

Licor

Los licores son bebidas alcohólicas que contienen azúcar y productos aromáticos, tales como extractos de plantas y frutas, el destilado de éstas, zumos de frutas y aceites esenciales. El contenido alcohólico oscila entre 20 y 58% del

volumen total. Lo normal es aproximadamente un contenido de 25% (Paczka, 1934; Herbert, 1989).

Figura 1. Diagrama de los pasos de la elaboración de mermeladas, hecha con frutas de pitaya.



Fuente: Adaptado de Arnaud *et al.* (1997).

De acuerdo con Varnam y Sutherland (1997) los licores son destilados alcohólicos que se han endulzado y aromatizado con sustancias de sabores compatibles. Otra definición refiere a los licores como bebidas espirituosas, con contenido de alcohol de 20 a 35% del volumen total, y 220 a 500 g/L de azúcar o jarabe de almidón, que se aromatiza con frutas, especias, extractos o esencias.

El alcohol fue por muchos años el factor determinante en los licores, pero hoy en día la tendencia va cada vez más hacia el aroma, especialmente en licores de frutas, y cada vez menos hacia el alcohol. De acuerdo con Herbert

(1989) el azúcar y el aroma son los grandes seductores actuales de los licores, lo que permite saborearlos mejor y sin que resulten tan embriagantes.

Los licores tienen sus orígenes en Italia, donde en el siglo XIII no eran otra cosa más que medicamentos endulzados. La palabra “licor” tiene su etimología en la palabra italiana “liquore” que significa “líquido”. Los franceses, a través de nuevas y refinadas mezclas, llegaron a desbancar a los italianos de tal modo que hoy en día siguen estando a la cabeza (Herbert, 1989).

Vargas y Corrales (2000) probaron diferentes formulaciones para la elaboración de licor de frutos de pitaya (*S. queretaroensis*). Después de tres pruebas preliminares, tres formulaciones finales (20/36, 22/34, y 25/31 de proporciones porcentuales de alcohol/azúcar) fueron evaluadas física, química y sensorialmente. La evaluación sensorial (mediante pruebas afectiva de ordenamiento por preferencia) fue llevada a cabo por un panel de 100 jueces (consumidores de licores de fruta). Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas de preferencia entre los licores (los tres fueron bien aceptados). También notaron que cuando se incrementó la proporción de alcohol o se disminuyó la proporción de azúcar en las formulaciones, hubo un decremento normal de densidad (de 1.134 a 1.097 g/ml), de viscosidad (de 23.545 a 14.565 centipoises), de SST (de 47.85 a 43°Brix), del ángulo de tono del color (de 25°16' a 24°10'), y hubo un incremento de la brillantez (de 24.7 L* a 24.82 L*) y de la intensidad del color o croma (de 38.1 a 40.02). El valor de pH no fue afectado notablemente.

Para la elaboración de licor de pitaya se propone lo siguiente, de acuerdo con la metodología general propuesta por Hebert (1989): Partiendo del jugo espeso, obtenido en una despulpadora mecánica con molienda parcial de la pulpa, primeramente se filtra para separar las semillas, luego se obtiene, por infusión, el extracto alcohólico, mezclando en proporción 1 a 1 el jugo espeso (sin semillas) con alcohol etílico de caña, propio para el consumo humano, diáfano y exento de tufo, con una concentración que puede estar en el rango de 70 a 96%. Esta operación se debe hacer en recipientes de vidrio o de acero inoxidable, para evitar reacciones químicas indeseables con las sustancias del recipiente con las que se pone en contacto el extracto. También se propone hacer la infusión por maceración (a temperatura ambiente por un período de aproximadamente 30 días) y no por digestión para no alterar el delicado sabor y aroma de la pitaya.

Jarabe

Con el propósito de lograr productos estables, pero similares en sabor a los que están acostumbrados los consumidores que usan la pulpa de estas frutas cactáceas en diferentes bebidas, helados, y otros productos regionales, Benito *et al.* (1997) elaboraron un jarabe base, con un contenido de entre 60 y 65°Brix, usando azúcar invertida mezclada con el jugo y ácido cítrico a temperaturas de 92 a 95°C durante 15 minutos.

De acuerdo con los autores, este jarabe se puede embotellar en frascos de vidrio, polietileno o de resinas PET, obteniendo una alta estabilidad microbológica y una excelente calificación sensorial, y rendimientos de dilución de 1:6. Los autores enfatizaron que esta presentación puede ser usada como sustituto de concentrados de fruta similares para la elaboración de varios productos alimenticios.

Jugos concentrados y polvos solubles

De acuerdo con Benito *et al.* (1997) otra alternativa para el uso de la pulpa de pitaya, que mantiene sus atributos de aroma, color y contenido de sólidos, son los jugos concentrados y polvos solubles obtenidos por secado por aspersión. El proceso consiste en extraer el jugo usando un extractor con cedazos de 30 y 40 fibras por pulgada² y benzoato de sodio como un conservador, finalmente envasar en frascos de vidrio, polietileno o botellas PET y almacenar en cuarto frío a 4 o 5°C. Para la obtención de polvos deshidratados, el jugo concentrado se hace pasar a través de un secador por aspersión. En general, los productos obtenidos tienen alta calidad sensorial, con alto nivel de reconstitución. Pueden ser consumidos directamente o añadidos a otros productos alimenticios como alternativa a los que ya están en el mercado.

Colorantes

La extracción de colorantes naturales para la industria alimenticia es otra opción para el procesamiento de pitaya. De acuerdo con Cuevas y Lugo (1997) el color del fruto de pitaya (*Stenocereus sp*) se debe a la presencia de diferentes proporciones de pigmentos rojos y amarillos (ambos son pigmentos de tipo betalaína). Las betalaínas son pigmentos hidrosolubles que se pueden dividir en dos grupos estructurales grandes: betacianinas (rojas) y betaxantinas (amarillas) (Mabry y Dreiding, 1968). Arceta *et al.* (1997) extrajeron, purificaron e identificaron parcialmente betacianinas de frutos de pitaya (*S. queretaro-*

ensis) concluyendo que estos frutos contienen betanidina, un tipo de betacianina común al encontrado en las remolachas.

La estructura molecular de las betalainas se define por núcleos pirimídicos e indol unidos por enlaces glucosídicos a un monosacárido, dejando tres grupos carboxílicos y un nitrógeno cuaternario libre, responsables del carácter polar y anfótero de los pigmentos.

Estos pigmentos son solubles al pH ácido, termolábiles, solubles en agua y frecuentemente fotosensibles. Para su comercialización, estos colorantes tienen presentaciones en polvo y concentrados líquidos que pueden ser empleados principalmente en la industria de caramelos, postres, y gelatinas, entre otras industrias. La obtención de colorantes de pitayas implica el molido parcial de la pulpa, extracción por centrifugación, fermentación para eliminar azúcares, precipitación de compuestos orgánicos extraños, concentración del colorante, purificación y secado (Benito *et al.*, 1997). Los resultados de estos autores mostraron que las pitayas contienen pigmentos comparables con los extraídos de la remolacha, y que los pigmentos rojos de los frutos de la “jiotilla” pueden ser extraídos y usados como colorantes en la industria alimenticia, además, que este frutal es un cultivo prometedor en zonas áridas y semi-áridas.

El cultivo de tejidos de *Stenocereus queretaroensis* para la producción de colorante es una nueva técnica, la cual ya ha empezado a ser evaluada (Alatorre y Vigueras, 1995; Chávez *et al.*, 1997; Cuevas y Lugo, 1997).

PITAHAYAS

Características generales

Las pitahayas cultivadas se clasifican en dos géneros botánicos: *Selenicereus* e *Hylocereus*. El tipo Amarillo de pitahaya, que pertenece al primer género (*S. megalanthus*), se cultiva en Colombia, Ecuador e Israel. Las pitahayas de epidermis o cáscara roja, incluyendo a las de pulpa roja o blanca, y el tipo blanco (que pertenecen al segundo género) se cultivan en Nicaragua, Guatemala, Vietnam, Taiwán, Tailandia, Camboya, Filipinas, México, Israel, y El Salvador. Por su hábito de crecimiento trepador, a las pitahayas en general también se les conoce como cactáceas de enredadera (Nerd *et al.*, 2002).

Todas estas pitahayas muestran gran variabilidad: la cáscara de las especies del género *Hylocereus* tienen brácteas que contribuyen al aspecto atractivo de las frutas, en tanto que la cáscara de *S. megalanthus* está cubierta de tubérculos espinosos, aunque las espinas se caen fácilmente al momento de la cosecha. Los frutos cultivados del género *Hylocereus* generalmente son grandes (hasta de 1000 g), dos o tres veces más grandes que los de *S. megalanthus*. De acuerdo con Nerd y Mizrahi (1997) estos últimos (frutos de pitahaya amarilla) son alargados y pequeños (con peso alrededor de 250 g); el fruto es una baya oblonga de tamaño mediano, con una cáscara espinosa amarilla y pulpa de sabor dulce con numerosas semillas comestibles muy pequeñas de color negro.

El peso del fruto de *Hylocereus undatus* varía desde 350 hasta 700 g, aunque puede alcanzar hasta 970 g, muestra tonalidades rojo-moradas, con brácteas verde-amarillas que también pueden variar en número y longitud. Otras especies de *Hylocereus* muestran frutos rojos, rosas o amarillos, con brácteas (Font Quer, 1979) de tonalidades que van del rojo al amarillo (Rodríguez *et al.*, 1993; Hessen y Téllez, 1995; Castillo y Cáliz de Dios, 1995).

Las frutas de *Hylocereus undatus* tienen un alto valor nutritivo porque son ricas en calcio, fósforo, vitaminas A y C (Olaya, 1991), y potasio (Becerra, 1994; Castillo y Cáliz de Dios, 1995). En otras especies de pitahaya, como *Selenicereus megalanthus*, el contenido de vitamina C también es alto (24 mg/100 gramos de pulpa, según Becerra, 1986). Sin embargo, la compañía de exportación de fruta en Guatemala “FRUTESA” y Barbeau (1990) señalaron que el contenido de vitamina C en la pulpa de *Hylocereus undatus* es sólo de 4 a 8 mg/100 gramos. La composición química de las pitahayas más importantes está resumida en el Cuadro 1, en donde es notorio el máximo contenido de grados Brix en la pitahaya amarilla.

Cuadro 1. Composición química de tres tipos de pitahayas importantes

Parámetro	Pitahaya amarilla	Pitahaya roja con pulpa roja	Pitahaya roja con pulpa blanca
-----------	-------------------	------------------------------	--------------------------------

H	-	3.7	5.4
°Brix	19	12	10.6
Total de Sólidos (%)	-	12	12.5
Agua	85.35	86	87.5
Cenizas	0.5	0.70	0.90
Grasas	0.13	0.40	0.90
Proteína	0.40	1.50	1.20
Fibra cruda	0.70	0.60	1.20
Carbohidratos	9.91	13.20	8.30
Vitamina A (IU/100g)	0.0	Trazas	7400.8
Vitamina C (mg/100g)	-	0.50	0
K (mg/100g)	74.88	2.40	272.6
Mg (mg/100g)	11.43	-	36.6
Ca (mg/100g)	3.47	50	7.5

Fuente: Adaptado de Rodríguez (2000), con datos de Restrepo y Vidal (1989), Becerra (1994), Stubbart y Mojica (1997) y Castillo *et al.* (1996).

Fisiología y manejo poscosecha

La maduración del fruto de la pitahaya amarilla (*S. megalanthus* Scum. Ex Vaupel) fue estudiada por Nerd y Mizrahi (1998) quienes describieron algunas características físicas y los cambios que presentan los frutos cosechados en varios estados de maduración, abarcando desde cuando éstos presentan un color verde brillante (aproximadamente 80 días después de la anthesis) hasta el desarrollo completo del color; esta descripción se sintetiza como sigue: “El desarrollo del color amarillo durante la maduración se ve claramente determinado por la disminución del ángulo de tono de la cáscara (desde aproximadamente 125° hasta 80°).

La proporción de la pulpa (en porcentaje del peso fresco de la fruta) se incrementó significativamente desde la etapa 1 (verde brillante) hasta la etapa 3 (correspondiente a cuando la mitad del fruto presenta cáscara amarilla), luego hubo leve incremento hacia la etapa 4 (cuando casi toda la fruta estaba amarilla), alcanzando en ésta alrededor de 48% del peso fresco del fruto.

El porcentaje de agua en la pulpa se incrementó paralelamente con el incremento de la pulpa, mientras que el porcentaje de agua en la cáscara decreció levemente”. Los mismos autores describen los cambios químicos, organolépticos y fisiológicos que ocurrieron durante la maduración de estos frutos como sigue: “La concentración de sólidos solubles totales (SST) y de azúcares solubles de la pulpa se incrementaron marcadamente desde la etapa 1 hasta la etapa 3 y luego permanecieron sin cambio. El incremento en los azúcares solubles fue acompañado por un decremento en la concentración de almidón. Aunque los azúcares solubles son el principal componente de los SST, su concentración (con base en peso fresco) fue de alrededor de la mitad

de los SST. Esto puede ser explicado por el alto contenido de semillas presentes en la pulpa, lo que contribuyó al peso de la pulpa usada para la extracción de azúcares (los SST fueron medidos en el jugo de la pulpa). La acidez titulable de la pulpa permaneció sin cambios entre las etapas 2 y 4, después disminuyó en la etapa 5 (cuando la cáscara está completamente amarilla).

Las pruebas organolépticas mostraron que las frutas de la etapa 4 fueron las más aceptadas, seguidas por las frutas de la etapa 5, mientras que las de las etapas 1 y 2 fueron las menos aceptadas. Las tasas de producción de etileno y CO₂ permanecieron bajas y no se elevaron durante la maduración, variando desde 0.01 hasta 0.03 mL de etileno · kg⁻¹ · h⁻¹ y desde 0.6 hasta 1.2 mL de CO₂ · kg⁻¹ · h⁻¹, para las primera y últimas etapas, respectivamente. Este hallazgo indica que el fruto de la pitahaya amarilla es del tipo no-climatérico”.

Nerd *et al.* (1999) estudiaron el proceso de maduración y el comportamiento poscosecha de frutos de dos especies de pitahayas (*H. undatus* y *H. polyrhizus*) a 26.6 ± 2.1 °C (en promedio) cultivados en Beer-Sheva (desierto Israelí de Negev) bajo condiciones de invernadero. Los autores concluyeron que el primer cambio en el color de la cáscara se registró de 24 a 25 días después de la anthesis en *H. undatus* y de 26 a 27 días en *H. polyrhizus*. En ambas especies la cáscara se volvió completamente roja a los 4 o 5 días después del primer cambio de color. El cambio de acidez, previo al cambio de color, indicó el comienzo del proceso de maduración. Para *H. polyrhizus*, que tiene una pulpa rojo-violeta, el incremento en el pigmento de la pulpa fue paralelo al desarrollo del color de la cáscara. Finalmente, de acuerdo con los autores, ambas especies (*H. undatus* y *H. polyrhizus*), al igual que otras frutas cactáceas, se pueden considerar como frutas no-climatéricas.

Centurión *et al.* (1999) estudiaron los principales cambios en poscosecha de los frutos de *H. undatus* cosechados 26 días después de floración (estado en que la cáscara es de color verde claro) y después de 30 días (estado en que la cáscara es de color rosa). Los autores notaron un decremento en acidez y en el contenido de vitamina C, independientemente del grado de madurez al momento de la cosecha. Sin embargo, los azúcares reductores y totales resultaron levemente menores en los frutos de menor desarrollo que en los frutos cosechados en el estado en que la cáscara era de color rosa y concluyeron que los cambios de las principales características de la calidad de la fruta dependen del grado de madurez al momento de la cosecha.

Para los frutos de pitahaya, al igual que para los de pitaya, poco se sabe acerca de las posibles variaciones en el comportamiento poscosecha, así como de los parámetros de calidad de las diferentes especies cultivadas; no se conocen las temperaturas óptimas de almacenamiento ni la respuesta del fruto a las atmósferas controladas o modificadas.

Pocos estudios han abordado el problema de la alta perecibilidad de estos frutos y aún no se han desarrollado tecnologías apropiadas de manejo poscosecha. Los índices de cosecha se han establecido bien para frutos de *S. megalanthus* (Nerd y Mizrahi, 1998, y 1999). Estos autores también observaron que el fruto de la pitahaya amarilla puede persistir en la planta por varios meses después de desarrollar completamente su color, pero el sabor se deteriora con el tiempo.

De acuerdo con los citados autores, este fruto acumula almidón, que es degradado a azúcares solubles durante la maduración, y concluyeron que estos frutos cosechados en el estado del cambio de color (al comienzo de su proceso de maduración) y luego almacenados, desarrollaron las mismas propiedades físicas que los frutos madurados en la planta, pero sus azúcares solubles y sus niveles de acidez fueron significativamente más bajos, por lo que presentaron un sabor inferior. Los frutos cosechados en estado de coloración avanzada (con buena calidad comestible) mejoraron su aspecto durante el almacenamiento en términos del color de la cáscara y de la proporción pulpa/cáscara, aunque sus niveles de azúcares solubles y su acidez, así como la calidad de su sabor disminuyeron.

Los mismos autores concluyeron que, en virtud de la menor pérdida de peso, el mayor contenido de azúcar y la menor susceptibilidad a patógenos de los frutos cosechados en estado de coloración avanzada, comparada con los frutos cosechados en el estado del cambio de color, sugieren que la primera es la etapa de maduración más apropiada para la cosecha, tanto para mercados locales como distantes. El almacenamiento a 10 °C de los frutos de coloración avanzada atenuó su pérdida de peso y la disminución de sus componentes del sabor, acidez y azúcares solubles.

En cuanto al manejo poscosecha se ha concluido (Nerd *et al.*, 1999), para los frutos de las dos especies (*H. undatus* y *H. polyrhizus*), que cuando se cosechan lo más cercano al estado de completa coloración los frutos mantienen su calidad comercial si se mantienen dos semanas a 14 °C o al menos una semana a 20 °C. El almacenamiento a 6 °C no se recomienda, porque la transferen-

cia de esa temperatura a condiciones ambientales (25 °C), causa que los frutos pierdan rápidamente su firmeza y sabor, además de que estas frutas, al igual que las de *S. megalanthus*, son susceptibles a daños por frío, cuyos síntomas se manifiestan en obscurecimiento y pudriciones en la cáscara.

Vidal y Abello (1999) probaron un tratamiento de vapor caliente en frutos de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw) con el propósito de controlar la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata*) y la mosca sudamericana (*Anastrepha fraterculus*). Concluyeron que el tratamiento a 46 °C y 95% de humedad relativa durante 20 minutos es efectivo contra todos los estados inmaduros de la mosca del mediterráneo y que para el control de la *A. fraterculus* es suficiente alcanzar la condición de 46 °C y 95% de humedad relativa.

Técnicas de procesamiento

La planta de pitahaya juega un rol ornamental durante todo el año, en muros, troncos de árboles, tapias y rocas (Ortiz *et al.*, 1993; Rodríguez, 2000). Además, *H. undatus* tiene propiedades medicinales (Jorge y Ferro, 1989; Rodríguez *et al.*, 1993; INRA-CEE, 1994). De acuerdo con Echeverri (1990) y Becerra (1994), la gente ha usado el fruto de la pitahaya como tónico cardíaco, como un laxante para estimular el estómago y como medicamento para disolver piedras en el riñón. En su trabajo, estos autores discuten la técnica de extracción de captina, una sustancia que causa una reacción cardíaca positiva.

Mendieta y Del Amo (1981) indican que las flores de *H. undatus* se pueden preparar por infusión y administrarse oralmente para el tratamiento y control de algunas enfermedades del corazón. Rodríguez *et al.* (1993) mencionan que en Yucatán los brotes tiernos y flores de *H. undatus* se usan para curar problemas de riñón y para elaborar champú casero para el tratamiento y control de la caspa y dolores de cabeza. Los colorantes obtenidos de la pitahaya roja se pueden usar como aditivos naturales en la industria de los alimentos y farmacéutica (Becerra, 1994).

Para el procesamiento de la pulpa de la pitahaya, de acuerdo con Pertz (1994) es posible aplicar los principios del congelamiento, concentración, deshidratación, fermentación, calor o preservación química, para lo cual ya existen tecnologías caseras o industriales disponibles.

De acuerdo con Ortiz (1999), en Tabasco, México, la compañía “Carla”, productora de cócteles exóticos, en 1995 colocó exitosamente en el mercado

local un licor ligero llamado crema de pitahaya, elaborado con frutas de *Hylocereus undatus*. Sin embargo, otro producto de la misma compañía, el bocadillo o botana de pitahaya deshidratada, no tuvo éxito, porque al estar constituida la fruta en su mayor parte por agua, el producto deshidratado resulta ser más semilla que pulpa, además de que, cuando el producto deshidratado tiene contacto con el aire, toma una consistencia de “chicle”.

La pulpa congelada es el producto principal elaborado con el fruto de pitahaya. Nicaragua, país apoyado por la Comunidad Económica Europea, exporta pulpa congelada (con y sin semillas) a los Estados Unidos (INRA-CEE, 1994; Hessen y Téllez, 1995). Sin embargo, aunque es muy necesario estudiar y conocer a fondo los aspectos relacionados con las propiedades de calidad final, en textura y color, de estos productos, en relación con las condiciones y tipo del congelamiento, aún no hay estudios técnicos específicos publicados.

Con la idea de mostrar un panorama sobre los aspectos técnicos involucrados en el congelamiento de alimentos, a continuación se precisan algunos principios generales. De acuerdo con Heldman (1975), el congelamiento es uno de los procesos más comunes para la preservación de alimentos. Es bien sabido que al bajar la temperatura se reduce la actividad de microorganismos y de los sistemas enzimáticos, previniendo así el deterioro del producto alimenticio. En adición a la influencia que las bajas temperaturas ejercen en la reducción de microorganismos y enzimas, la cristalización de agua en el producto tiende a reducir la cantidad de agua líquida en el sistema, y a inhibir el crecimiento de microorganismos o la actividad enzimática como acción secundaria. Un aspecto del congelamiento de alimentos que no se puede subestimar es el rol que juegan las propiedades del producto.

Hay varias propiedades únicas de los alimentos congelados que merecen consideración adicional. Por ejemplo, es de particular importancia el rol que juega el agua y sus cambios de estado durante los procesos de congelamiento. De acuerdo con Heldman (1975), como es de esperarse, el proceso de congelamiento en los productos alimenticios es algo más complejo que el congelamiento de agua pura. En virtud de que prácticamente todos los productos alimenticios contienen cantidades relativamente grandes de agua, en la cual se encuentran presentes varios solutos (y de mucílago en el caso de pitayas y pitahayas), el punto de congelamiento real o inicial del agua del producto es menor al del agua pura.

Por otra parte, la manera en que los cristales de hielo se forman en un producto alimenticio es de gran importancia debido a la estrecha relación entre la tasa de congelamiento y la influencia de éste en la calidad del producto. También es de gran importancia el tamaño de los cristales de hielo que existen al final del proceso de congelación o cuando el producto alcanza la temperatura final de dicho proceso, debido a la influencia que tienen sobre la calidad final del producto.

Además, para cualquier discusión sobre congelación de alimentos se requiere de una definición técnica suficientemente clara de lo que es un congelador. Primero, es esencial distinguir entre congelamiento y almacenamiento congelado. El Congelamiento se refiere al proceso real de congelación durante el cual el agua contenida en el producto se vuelve hielo y su temperatura se reduce desde la ambiental hasta la del nivel de almacenamiento. Almacenamiento congelado es el almacenamiento de un producto a una determinada temperatura constante, generalmente de -18°C o menor. Sin embargo, en Europa se usa generalmente -23°C , temperatura con la que se puede dar una vida de almacenamiento más prolongada. Por lo anterior se debe concebir al congelador como una máquina de procesamiento de alimentos, diseñada ingenierilmente, que desempeña la función de congelamiento y que comúnmente se instala en línea para dar continuidad a la fase preparatoria del productos, ya sea antes o después del empacado.

BIBLIOGRAFÍA

- Alatorre G., S. E. y A. L. Vigueras G. 1995. "Evaluación de un medio para la obtención de colorante mediante semillas de *S. queretaroensis* (Web) Buxbaum", en: D. Granados S. et al. (eds.) *Memoria del I Simposium Internacional. Sobre pitayas y frutos afines*. División de Ciencias Forestales y del Ambiente, UACh, Chapingo, México, pp. 46-47.
- Arceta G., I. E.; F. López-Dellamary T.; A. Chávez L.; E. Lugo C. y J. Villafaña R. 1997. "Extracción, purificación y parcial identificación de betacianinas en la pitaya (*Stenocereus queretaroensis*)", en: R. Vázquez A. et al. (Comps.). *Memoria del 7° Congreso Nacional y 5° Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. Facultad de Agronomía, Univ. Aut. de Nuevo León, Monterrey, N. L., México, pp. 312-313.

- Amin, El-S.; O. M. Awad y M. M. El-Sayed. 1970. "The mucilage of *Opuntia ficus-indica*". Carbohydrate Research 15: 159-161.
- Arnaud V., M. del R. y N. Morán P. 1995. "Potencial productivo e industrial del tunillo (*Stenocereus stellatus*) en el estado de Oaxaca", en: D. Granados S. *et al.* (eds.) *Memoria del I Simposium Internacional. Sobre pitayas y frutos afines. (Resúmenes)*. División de Ciencias Forestales y del Ambiente, UACH, Chapingo, México. 48 p..
- Arnaud V., R.; P. Santiago G. y P. Benito B. 1997. "Agroindustria de algunos frutos", en: C. Valles S. (ed.). *Suculentas mexicanas. Cactáceas*. CVS Publicaciones S. A. de C. V. pp. 79-85.
- Barbeau, G. 1990. *La pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique*. Fruits 45 (2): 141-147.
- Becerra L., A. 1986. *El cultivo de la pitaya*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Bogotá, Colombia. 19 p.
- _____.1994. "El cultivo de la pitaya (*Selenicereus megalanthus*)", en: Villegas *et al.* (eds.). *Primera Reunión Internacional y Segunda Reunión Nacional: Frutales Nativos e Introducidos con Demanda Nacional e Internacional*. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México, México, pp. 123-142.
- Benito B., P.; P. Santiago G.; M. del R. Arnaud V.; A. Poblano V. y F. Hernández C. 1995. "Aprovechamiento agroindustrial de los frutos de pitaya (*Stenocereus griseus* Haw, Buxbaum), tunillo (*Stenocereus griseus*, Pfeiffer, Riccobono) y jiotilla (*Escontria chiotilla*, Weber, Rose)", en: D. Granados S. *et al.* (eds.) *Memoria del I Simposium Internacional sobre pitayas y frutos afines. (Resúmenes)*. Div. de Ciencias Forestales y del Ambiente, UACH, Chapingo, México. 45 p.
- _____.1997. Agroindustrial use of some cacti fruits. en: C. Valles S. (ed.). *Suculentas mexicanas. Cactáceas*. CVS Publicaciones S. A. de C.V., pp. 130-131.
- Benson, L. 1982. *The cacti of the United States and Canada*. Stanford Univ. Press, Stanford, CA. pp. 575-580.
- Bravo-Hollis, H. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 764 p.
- _____.1991. *Las cactáceas de México*. Vol. III. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 643 p.

- Cantwell, M. 1996. "Fresh-cut product biology and requirements", en: M. Cantwell (Comp.). *Fresh-cut products: Maintaining Quality and Safety*. Postharvest Horticulture Series N° 10. University of California, Davis. Section 4, pp. 1-7.
- Castillo M., R. y H. Calix de Dios. 1995. "Valores nutricionales del género *Hyloceus* ("pitahaya")", en: D. Granados S. *et al.* (eds.) *Memoria del I Simposium Internacional sobre Pitaya y Frutos Afines. (Resúmenes)*. Div. de Ciencias Forestales y del Ambiente, UACh, Chapingo, México.
- Castillo M., R.; H. Cáliz de D. y A. Rodríguez C. 1996. *Guía técnica para el cultivo de la pitahaya*. CONACYT, Universidad de Quintana Roo, INIFAP y Universidad Autónoma Chapingo. Chetumal, Q. R. México.
- Centurión Y., A.; S. Solís P.; E. Mercado S.; R. Báez S.; C. Saucedo V. y E. Sauri D. 1999. "Caracterización y evaluación de la conservación de pitahaya (*Hyloceus undatus*) a bajas temperaturas", en: Saucedo V. C. y R. Báez (eds.). *Requerimientos de tratamientos cuarentenarios en frutas tropicales y subtropicales*. Programa Iberoamericano de Ciencia Tecnológica para el desarrollo (CYTED)- CONACYT Proyecto XI.10, pp. 29-39.
- Chávez L., A. I.; I. E. Arceta G.; F. López-Dellamary T.; E. Lugo C. y J. Villafaña R. 1997. "Estudio comparativo del pigmento extraído de los cultivos de callos de *Stenocereus queretaroensis* (pitaya) y del fruto", en: R. Vázquez A. *et al.* (comps.). *Memoria del 7° Congreso Nacional y 5° Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. Facultad de Agronomía, Univ. Aut. de Nuevo León, Monterrey, N. L., México, pp. 245-246.
- Cruz H., J. P. 1984. Algunas características del cultivo de la pitaya *Stenocereus spp.* En el Estado de Puebla. Addendum de la Memoria del Simposio "Aprovechamiento del Pitayo", Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco e Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. México, 13 p.
- Cruz H., J. P. 1985. Caracterización del fruto de 4 tipos de pitaya (*Stenocereus stellatus* Riccobono). Tesis de M.C., Centro de Fruticultura, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México, 89 p.
- _____. 1997. "Otras cactáceas de importancia económica en México por su producción de frutos comestibles", en: R. Vázquez A. *et al.* (Comps.). *Memoria del 7° Congreso Nacional y 5° Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N. L., México, pp. 70-80.

- _____. 1998. "La pitaya (*Stenocereus sp*) y otras cactáceas con potencial frutícola", en: *Segundo Simposium Nacional del cultivo del pitayo*. Techaluta de Montenegro, Jalisco, pp. 22-24.
- Cuevas A., E. y E. Lugo C. 1997. "Estudio de la influencia de diferentes factores nutricionales en el crecimiento y acumulación de pigmento y células en suspensión de *Stenocereus queretaroensis*", en: R. Vázquez A. *et al.* (Comps.). *Memoria del 7° Congreso Nacional y 5° Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N. L., México, pp. 279-280.
- Del Toro-Magaña, E. y J. P. Castellón A. 1986. "Fisiología del desarrollo del fruto del pitayo (*Stenocereus griseus* Haworth) y su aprovechamiento en la elaboración de mermelada". Tesis Profesional, Depto. de Industrias Agrícolas, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, 87 p.
- Díaz C., J. L. 1995. "Conocimiento del manejo, comercialización y utilización de la pitaya (*Stenocereus sp*) en el municipio de Huetamo, Michoacán". Tesis Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Uruapan, Mich. México, 80 p.
- Echeverri A., C. 1990. *El cultivo de la pitaya*. Instituto de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente. Investigaciones Forestales de Colombia No. 35. p.19.
- Font Quer, P. 1979. *Diccionario de Botánica*. 7ª reimpresión. Editorial Labor, S. A., 1244 p.
- Hebert, G. 1989. *Elaboración artesanal de licores*. Ed. Acribia, S. A. Zaragoza, España.
- Heldman, D. R. 1975. *Food process engineering*. AVI Publ. Co., Wesport, CT, pp. 151-198.
- Hessen, A. J. y A. L. Téllez A. 1995. *¡La pitahaya se abre paso! Cultivo exótico con potencial para exportación para las regiones tropicales de América Latina*. Agricultura de las Américas (marzo-abril). pp. 6, 8 y 10.
- INRA-CEE. 1994. *Guía tecnológica para la producción de pitahaya*. Instituto Nicaragüense de Reforma Agraria, Comunidad Económica Europea. 2ª. Edición Proyecto CEE.ALA 86/30. INRA-INTA-CEE. San Marcos, Carazo, Nicaragua, pp. 9-12.

- Jorge, L. I. F. y V. Ferro e O. 1989. *Aspectos anatómicos e fitoquímicos de Hyloceus undatus (Haworth) Britton & Rose*. Rev. Farm. Bioquimic. Univ. S. Paulo 25:123-136.
- Kader, A. A. 1992. "Postharvest biology and technology: An Overview", en: A. A. Kader (ed.) *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, pp. 15-20.
- Kerbel L., A. 1993. "Pre-cut and minimal processing of fruits and vegetables", en: E. Bósquez M. et al. (eds.) *Memoria de la I Reunión Latinoamericana de Tecnología Postcosecha*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, D. F., pp. 185-196.
- Llamas-Llamas, J. 1984. "El cultivo del pitayo en Huajuapán de León Oaxaca", en: *Memoria del Simposio "Aprovechamiento del Pitayo"*, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco e Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca, México, pp. 28-35.
- Mabry T., J. y A. S. Dreiding. 1968. "The betalains", en: R.E. Alston y V. C. Runeckles (eds.). *Recent advances in phytochemistry*. Vol. 1. Appleton Century Croft, N.Y. pp. 146-181.
- Mabry T., J.; H. Wyler; I. Parikh y A. S. Dreiding. 1976. *The conversion of betanin to neobetanin derivatives*. Tetrahedron 23: 3111-3127.
- Magaña-Benitez, W.; J. Corrales-García; T. Colinas-León y P. Cruz-Hernández. 1999. *Tipos de empaque y temperaturas de frigoconservación en pitaya (Stenocereus queretaroensis)*. Horticultura Mexicana 7: 426-430.
- Martínez-González, J.C. y Cruz-Hernández, J. P. 1995. "Caracterización de frutos de pitaya *S. griceus* H. , en la Mixteca". *Rev. Chapingo. Serie Horticultura*, Vol. 1. Núm. 4: 77-81.
- McGarvie, D. y P. H. Parolis. 1979a. *The mucilage of Opuntia ficus-indica*. Carbohydrate Research 69: 171-179.
- _____. 1979b. *The mucilage of Opuntia ficus-indica. Part 2. The degraded polysaccharide*. Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 1: 1464-1466.
- _____. 1981. *Methylation analysis of the mucilage of Opuntia ficus-indica*. Carbohydrate Research 88: 305-314.

- Mendieta R. M. y S. del Amo R. 1981. *Catálogo de las plantas medicinales del estado Yucatán*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Jalapa, Veracruz. Editorial CECSA, México, 428 p.
- Mizrahi, Y.; A. Nerd y P. S. Nobel. 1997. *Cacti as crops*. Hort. Rev. 18: 291-320.
- Nabhan, G. P. 1985. *Gathering the Desert*. Ch. 4. Organ-pipe cactus. Univ. Arizona Press, Tucson. pp. 77-90.
- Nerd, A. y Y. Mizrahi. 1997. *Reproductive biology of cactus fruit crops*. Horticultural Reviews. 18: 321-346.
- _____. 1998. *Fruit development and ripening in yellow pitaya*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123 (4): 560-562.
- _____. 1999. *The effect of ripening stage on fruit quality after storage of yellow pitaya*. Postharvest Biology and Technology 15: 99-105.
- Nerd, A., F. Gutman y Y. Mizrahi. 1999. *Ripening and postharvest behaviour of fruit of two Hylocereus species (Cactaceae)*. Postharvest Biology and Tech. 17: 39-45.
- Nerd, A.; N. Tel-Zur y Y. Mizrahi. 2002. *Fruits of vine and columnar cacti*, en: P.S. Nobel (ed.) *Cacti. Biology and Uses*. University of California Press. Berkeley, L.A., London, pp. 185-197.
- Ojeda C.; A. J. y M. Barrera L. 1988. "Caracterización química del fruto del pitayo *Stenocereus thurberi* y su potencial de industrialización." Tesis Profesional. Departamento de Ciencias Químicas y Biológicas, Universidad de Sonora. Sonora, México, p. 46-52.
- Olaya C., I. 1991. *Frutas de América Tropical y Subtropical, historia y usos*. Editorial Norma S. A., Santa Fé de Bogotá, Colombia, pp. 112-123.
- Ortiz H., Y.; G. Martínez G.; y R. Pérez P. 1993. "Hylocereus, género con potencial ornamental y frutícola en Oaxaca", en: de la Cruz *et al.* (eds.). *Memoria del Primer Simposio Nacional sobre Plantas Nativas de México con Potencial Ornamental*. 1992. AMEHOAC-UPAEP, Puebla, México, pp. 174-176.
- Ortiz H., Y.; M. Libera M.; y L. Tirado T. 1994. "El cultivo de la pitahaya (*Hylocereus spp*) y sus perspectivas en México", en: A. Villegas M. *et al.* (eds.). *Memoria de la Primera Reunión Internacional y Segunda Reunión Nacional sobre Frutales Nativos e Introducidos con Demanda Nacional e Internacional*. Montecillo, Edo. de México, México, pp. 111-122.

- Ortiz H., Y. D. 1999. *Pitahaya: a new crop for México*. Ed. Limusa-Grupo Noriega Editores. México, D.F. 124 pp.
- Paczca, A. 1934. *Manual práctico de la conservación y aprovechamiento de productos alimenticios*. México.
- Paulsen, B. S., y P. S. Lund. 1979. *Water-soluble polysaccharides of Opuntia ficus-indica* cv. "Burbank's spineless". *Phytochemistry* 18: 569-571.
- Pertz, G. A. 1994. "El potencial industrial de la pitahaya roja (*H. undatus*)", en: J. Hessen *et al.* (eds.). *Memoria del Primer Encuentro Nacional del Cultivo de Pitahaya*. San Marcos Carazo, Nicaragua. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agrícola, Proyecto CEE-ALA 86/30 y Asociación de Productores y Exportadores No-Tradicionales. pp. 184-196.
- Pimienta-Barrios, E. y P. S. Nobel. 1994. *Pitaya* (*Stenocereus* spp., *Cactaceae*): *An ancient and modern fruit crop of México*. *Econ. Botany* 48: 76-83.
- Piña-Luján, I. 1977. *Pitayas y otras cactáceas afines del estado de Oaxaca*. *Cact. Suc. Mex.* 22 (1): 3-13.
- Rebollar A., A.; J. Romero P.; P. Cruz H. y H. Zepeda C. 1997. *El cultivo de pitaya (Stenocereus spp.), una alternativa para el trópico seco del estado de Michoacán*. Centro Regional Universitario Centro Occidente. Dir. Centros Regionales, Universidad Autónoma Chapingo. México, pp. 57-59.
- Restrepo, P. y P. Vidal A. 1989. Caracterización química y determinación de la toxicidad aguda oral, en ratones, de la parte comestible de la pitaya amarilla. Tesis Profesional. Universidad Nacional, Bogotá, Colombia. p.17.
- Rodríguez C., A.; J.C. García A.; M. G. González S.; C. Jiménez R.; M. C. Moreno G.; L. J. Pallares H.; V. Ramírez L.; L. Rosas M., R. Rueda R.; E. Trejo T.; S. Velazco G., y E. Zárate E. 1993. *El cultivo de la pitahaya en Yucatán*. Universidad Autónoma de Chapingo-Gobierno del estado de Yucatán. D. Talleres Gráficos del sudeste, S. A. de C. V. Mérida, Yucatán, México. 53 p.
- Rodríguez C., A. 2000. *Pitahayas, estado mundial de su cultivo y comercialización*. Fundación Yucatán PRODUCE, AC.- Universidad Autónoma Chapingo. México. 153 pp.
- Sáenz, C., M. Vásquez, S. Trumper, y C. Fluxá. 1992. "Extracción y composición química de mucílago de tuna (*Opuntia ficus indica*)", en: *Actas: II Congreso Internacional de la tuna y cochinilla*. Santiago, Chile, pp. 93-96.

- Sáenz-Hernández, C., J. Corrales-García, y G. Aquino-Pérez. 2002. Nopalitos, mucilage, fiber, and cochineal. en: P.S. Nobel (ed.) *Cacti. Biology and Uses*. University of California Press. Berkeley, L.A., London. pp. 211-234.
- Salcedo P., E.; y H. J. Arreola. 1991. *El cultivo de la pitaya en Techaluta*. Cac. Suc. Mex. 36 (4): 84-90.
- Sánchez-Mejorada, R. H. 1984. "Origen, taxonomía y distribución de las pitayas en México". *Memoria del Simposio "Aprovechamiento del Pitayo"*. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco and Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. México. pp. 6-21.
- Stubbert, K.; y C. Mójica. 1997. "Mercado de la pitahaya", en: *Nicaragua for Export. (marzo)*. Managua, Nicaragua, APENN. Pp. 8-11.
- Tapia S., A. E. 1984. "Consideraciones prácticas sobre el cultivo de la pitaya". *Memoria del Simposio "Aprovechamiento del Pitayo"*, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco and Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. México. pp. 22-27.
- Trachtenberg, S. y A. M. Mayer. 1981. *Composition and properties of Opuntia ficus-indica mucilage*. *Phytochemistry* 20: 2665-2668.
- Vargas C., A. y J. Corrales. 2000. "Avances en la formulación y caracterización (física, química y sensorial) de licor de pitaya (*Stenocereus queretaroensis*)", en: E. Pimienta-Barrios *et al.* (Comps.) *Resúmenes del Simposio Internacional sobre el Cultivo y Aprovechamiento de la Pitaya (Stenocereus) y la Pitahaya (Hylocereus y Selenicereus)*. Universidad de Guadalajara, México. p. 37.
- Vernam, A. H. y J. P. Sutherland. 1997. *Bebidas. Tecnología, química y microbiología*. Ed. Acribia, S. A., Zaragoza, España.
- Vidal C., G. M.; y J. Abello S. 1999. "Metodología para la aplicación del tratamiento de vapor caliente en pitaya (*Selenicereus megalanthus* Haw) contra la mosca del mediterráneo", en: C. Saucedo y R. Báez (eds.) *Requerimientos de tratamientos cuarentenarios en frutas tropicales y subtropicales*. Programa Iberoamericano de Ciencia Tecnológica para el desarrollo (CYTED)-CONACYT Proyecto XI.10. pp: 73-81.
- Wiley, R. C. (ed.). 1994. *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. Chapman & Hall, Nueva York. 368 p.

Zagory, D. y W. C. Hurst (eds.). 1996. *Food Safety Guidelines for the Fresh-cut Produce Industry*. 3rd ed. International Fresh-cut Produce Association, Arlington, VA. 125 p.

Se Terminó De Imprimir
En El Mes De Diciembre Del Año 2002
En Los Talleres De Impresos
Studio Litográfico.
Tel/fax: (01 55) 59 35 28 95
Con Un Tiraje De 500 Ejemplares
Mas Sobrentes .

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
CENTRO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, SOCIALES Y
TECNOLÓGICAS DE LA AGROINDUSTRIA Y LA AGRICULTURA MUNDIAL
(CIESTAAM)

DIRECTORIO DE LA UACH

Dr. Gerardo Gómez González

Rector Interino

Dr. Edgardo R. Escalante Rebolledo

Director General Académico

Ing. Nicolás Cerda Ruíz

Director de Administración

Dr. Bernardino Mata García

Director de Difusión Cultural

Ing. Raúl Reyes Bustos

Director de Patronato Universitario

Dra. Consuelo Lobato Calleros

Directora de Investigación

Dra. Rita Schwentesius Rindermann

Directora del CIESTAAM

FUNDADORES DEL CIESTAAM

Dr. Manuel Ángel Gómez Cruz

Dr. Gerardo Gómez González

Dr. José Luis Calva Téllez

M.C. Emilio López Gámez

Dr. Horacio V. Santoyo Cortés

M.C. Juan de la Fuente Hernández

INFORMACIÓN Y VENTAS:

Universidad Autónoma Chapingo

Área de Publicaciones del CIESTAAM

Carretera México-Texcoco km. 38.5, C.P. 56230 Chapingo, Edo. de México

Teléfono: 01(595)952-15-00 ext. 5483, Fax: 01(595)952-16-13/955-21-74

E-mail: ciestaam@taurus1.chapingo.mx, <http://www.chapingo.mx/ciestaam/>

Sistema de pago para envíos foráneos

1. Devolver su orden de pedido indicando las publicaciones que desea adquirir.
2. Realizar depósito en cualquier sucursal de Banca Serfin, S.A. a la cuenta CIESTAAM-UACH 09095476096 Sucursal 75, Texcoco, por la cantidad total del monto de su compra, más el costo del envío.
3. Hacer llegar -vía fax-, copia de la ficha de depósito a la atención del Área de Distribución y Venta de Publicaciones del CIESTAAM.
4. A vuelta de correo, según el tipo de mensajería que elija, recibirá su pedido.

**Caracterización, poscosecha, aprovechamiento
e industrialización de pitayas y pitahayas**

Edición del Área de Publicaciones del CIESTAAM a cargo de Gloria Villa H.
Corrección de estilo: Salvador Bravo G., Formación y diseño: Gloria Villa y Lidia Ordaz G.

Se terminó de imprimir en diciembre de 2002

Tiraje: 500 ejemplares más sobrantes para reposición.

Otras publicaciones del CIESTAAM

Libros

- Frutas y hortalizas. *Estado actual y nuevas alternativas en México.*
- El suministro de agua potable en México: *una alternativa para financiarlo y optimizar el uso del recurso.*
- Manual para la evaluación de programas de desarrollo rural. *2da. edición*
- El mercado de fertilizantes en México a finales del siglo XX.
- Mercados e instituciones financieras rurales. Una nueva arquitectura financiera rural para México.
- El mercado del trigo en México ante el TLCAN.
- Estrategias para el cambio en el campo mexicano.
- Perspectivas y nuevas tendencias del desarrollo agroindustrial de México.
- El litchi – *La fruta más fina de mundo*, 2ª. edición.
- Internacionalización de la horticultura.
- Desafíos de la agricultura orgánica. *Certificación y comercialización. 2ª. Reimpresión.*
- La destrucción de las Indias y sus recursos renovables.
- TLCAN y agricultura – NAFTA and agriculture. Experiencia a cinco años. *Memoria del Seminario.*
- Ganar-Ganar en el medio rural. *El arte de la venta de servicios profesionales con valor agregado.*

Reportes de Investigación

- Inocuidad en Hortalizas. *¿Beneficio para el consumidor o nueva barrera al comercio?* Reporte 64.
- Producción y comercialización de pitaya (*stenocereus sp.*) en México. Reporte 63.
- Agricultura Orgánica. *Mercado internacional y propuesta para su desarrollo en México.* Reporte 62.
- Tomate verde: *Factores que determinan los niveles de productividad y rentabilidad en la Región Centro de México.* Reporte 61.
- Los sectores agroalimentarios de México, Estados Unidos y Canadá ante el TLCAN. Reporte 60.
- El nopal y la lucha contra la desertificación. Reporte 59.
- Producción, industrialización y comercialización de nopalitas. Reporte 58.
- La política macroeconómica de la globalización. Reporte 57.
- Asociación y codesarrollo como alternativas a la globalización –Lecciones y alternativas del Euromediterráneo–. Reporte 56.
- La agroindustria azucarera de México: Reformas estructurales y sus implicaciones para el mercado de los edulcorantes. Reporte 55.
- Fisiología y tecnología postcosecha del fruto de tuna y del nopal verdura. Reporte 54.