

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS CÓRDOBA

MAESTRÍA TECNOLÓGICA EN AGROINDUSTRIA

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, SENSORIAL, NUTRITIVA
Y NUTRACÉUTICA DE FRUTOS DE PITAYA (*Stenocereus pruinosus*)
COSECHADOS EN LA REGIÓN DE HUITZILTEPEC, PUEBLA.**

MA. VICTORIA BALDERAS GUERRERO

TESINA

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRÍA TECNOLÓGICA EN AGROINDUSTRIA

AMATLÁN DE LOS REYES, VERACRUZ, MÉXICO

FEBRERO DE 2017

La presente tesina, titulada: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, SENSORIAL, NUTRITIVA Y NUTRACÉUTICA DE FRUTOS DE PITAYA (*Stenocereus pruinosus*) COSECHADOS EN LA REGIÓN DE HUITZILTEPEC, PUEBLA**, realizada por el alumno: **MA. VICTORIA BALDERAS GUERRERO**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA TECNOLÓGICA
AGROINDUSTRIA

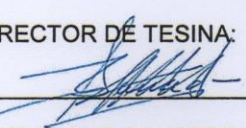
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



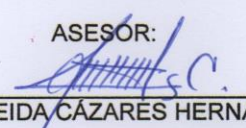
DRA. ADRIANA CONTRERAS OLIVA

DIRECTOR DE TESINA:



DR. CRESCENCIANO SAUCEDO VELOZ

ASESOR:



DRA. ALEIDA CÁZARES HERNÁNDEZ

ASESOR:



DR. JOSÉ ANDRÉS HERRERA CORREDOR

Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, 27 de Febrero de 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la salud para cerrar este ciclo.

A mis consejeros por su apoyo para la realización de este trabajo.

Un agradecimiento especial a la Doctora Adriana por el gran apoyo brindado.

A mis compañeros Liliana Palafox y Alfredo Salvador Castro Díaz por su colaboración y en especial a Lili por darme ánimo para culminar este proceso.

Al Colegio de Postgraduados por todas las facilidades prestadas.

DEDICATORIA

A Paquito, mi inspiración.

CONTENIDO

RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	2
OBJETIVO GENERAL:	2
OBJETIVOS PARTICULARES:	2
HIPÓTESIS	3
REVISIÓN DE LA LITERATURA	4
LAS CACTÁCEAS.....	4
EL FRUTO	6
CLASIFICACIÓN DE LA PITAYA	7
IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA.....	8
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	11
IMPORTANCIA ECONÓMICA.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
A. VARIABLES ESTUDIADAS	15
B. TAMAÑO DE MUESTRA	16
C. OBTENCIÓN DE DATOS	16
1. Determinación de peso total	16
2. Diámetros ecuatorial y polar.....	17
3. Sólidos solubles totales.....	17
4. pH.....	18
5. Acidez titulable	18
6. Humedad.....	19
7. Azúcares totales	19
8. Vitamina C	20
9. Compuestos fenólicos totales.....	21
10. Capacidad antioxidante total, DPPH.....	21
11. Color.....	22
12. Relación °Brix/Acidez	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
PROPIEDADES FÍSICAS	23
PROPIEDADES SENSORIALES	25
PROPIEDADES NUTRICIONALES.....	27
CONCLUSIONES	29
LITERATURA CITADA.....	30

Lista de Tablas

Tabla 1. Propiedades físicas de pitaya roja (<i>Stenocereus pruinosus</i>) del municipio de Dolores Hidalgo Huitziltepec, Puebla.....	24
Tabla 2. Propiedades sensoriales de pitaya roja (<i>Stenocereus pruinosus</i>) de Dolores Hidalgo Huitziltepec, Puebla.....	26
Tabla 3. Propiedades nutricionales de pitaya roja (<i>Stenocereus pruinosus</i>) de Dolore Hidalgo Huitziltepec, Puebla.....	28

Lista de figuras

Figura 1. Forma de medición de diámetro ecuatorial y polar de la pitaya (<i>S. pruinosus</i>).	17
--	----

RESUMEN

Se evaluó la variedad de pitaya roja (*Stenocereus pruinosus*) producida en el municipio de Dolores Hidalgo Huitziltepec, Puebla, estudiando parámetros físicos como peso, diámetros ecuatorial y polar, porcentaje de pulpa, de cáscara y semillas, así como algunos fisicoquímicos y nutricionales como son sólidos solubles totales (SST) (10.2 ± 0.43), azúcares totales, Vitamina C, compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante total (DPPH). Se encontró que la calidad de la pitaya de ésta región es similar a la de otras especies y de otras regiones. Además de que dicho fruto constituye una fuente natural de antioxidantes ($76.4\% \pm 3.8$) y nutrientes importantes para el consumo humano (azúcares totales de $11.1\% \pm 0.08$ y 7.78 ± 0.80 mg de Vitamina C/100 mL de jugo).

Palabras claves: DPPH:2,2-difenil-1-picrilhidrazil, SST: Solidos solubles totales

ABSTRACT

Red pitaya fruit variety (*Stenocereus pruinosus*) produced in Dolores Hidalgo Huitziltepec Puebla was evaluated, studying physical parameters such as weight, equatorial and polar diameters, percentage of pulp, peel and seeds, as well as some physico-chemical and nutritional as total soluble solids such SST (10.2 ± 0.43), total sugars, vitamin C, total phenolic compounds and total antioxidant capacity (DPPH). It was found that the quality of the pitaya of this region is similar to that of other species and other regions. Besides that the fruit is a natural source of antioxidants ($76.4\% \pm 3.8$) and important nutrients for human consumption (Total Sugars $11.1\% \pm 0.08$ to 7.78 ± 0.80 mg and Vitamin C / 100 mL of juice).

Keywords: DPPH: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, SST: Total soluble solids.

INTRODUCCIÓN

Las pitayas son frutos provenientes de plantas conocidas como órganos, pertenecientes a la familia cactaceae. El género *Stenocereus* comprende varias especies, de las cuales *pruinus* ha venido expandiéndose de forma considerable. El cultivo de esta especie se extiende desde el Sudoeste de Estados Unidos hasta Venezuela y el Caribe. En México, esta fruta se produce desde Veracruz hasta Tamaulipas y por el pacífico desde Chiapas hasta Sonora. La Mixteca Baja, comprendida por los estados de Puebla y Oaxaca, es la segunda región productora de pitaya en México (Bonilla *et al.*, 2001). En el municipio de Dolores Hidalgo Huitziltepec, Puebla, se tiene registrado una superficie sembrada de 25 Ha aproximadamente, con una producción de 5 ton de pitaya/Ha, de manera que representa un ingreso económico importante para los productores. La mayor parte del fruto se comercializa en fresco principalmente en la central de abasto de Huixcotla, Puebla, por pieza, Kg o por caja, con un precio que varía de 20 a 30 pesos /Kg, la de tamaño grande.

El contenido de antioxidantes reportado en frutos con alto contenido de pigmentos rojos le confiere a la pitaya un gran valor nutritivo, dados los problemas de salud de la sociedad moderna asociados con los efectos atribuidos a los radicales libres. Por eso el interés de generar conocimiento que proponga formas de industrializar el producto que aporte beneficios económicos extras al productor.

Los frutos de pitaya contienen azúcares, ácidos orgánicos, sales minerales, fibra (celulosa), vitaminas y pigmentos. Existen diferentes estudios que reportan diversos parámetros fisicoquímicos de la pitaya (Beltrán-Orozco *et al.*, 2009); sin embargo, se detecta la falta de algunos estudios para tener un estudio completo de la especie *Stenocereus pruinus*. Siendo el objetivo del presente trabajo aportar información que contribuya a tener un mejor conocimiento de la especie mencionada. Para ello se utilizaron frutos de pitaya de la especie *Stenoceureus pruinus* cultivados en Dolores Hidalgo Huitziltepec, Puebla, en los cuales se estudiaron diversas características físicas y fisicoquímicas al momento de la cosecha.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la calidad física, sensorial, nutritiva y nutracéutica de frutos de pitaya al momento de la cosecha en Dolores Hidalgo Huitziltepec, Puebla.

OBJETIVOS PARTICULARES:

Objetivo particular 1:

Evaluación de la calidad física en función de peso, tamaño, diámetro longitudinal, ecuatorial, porcentaje de pulpa y cáscara, humedad.

Objetivo particular 2:

Evaluación de la calidad física y sensorial en función del contenido de sólidos solubles, acidez titulable, color y pH.

Objetivo particular 3:

Evaluación de la calidad nutritiva con base en el contenido de vitamina C.

Objetivo particular 4:

Evaluación de la calidad nutracéutica con base en el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante total.

HIPÓTESIS

Se presume que la calidad física, sensorial, nutritiva y nutracéutica de la pitaya (*Stenocereus pruinosus*) cosechada en Dolores Hidalgo Hitziltepec, Puebla es similar a la cosechada de otras regiones y a la de otras especies. Esta hipótesis se probará a partir de los resultados obtenidos al realizar las pruebas de los análisis correspondientes para definir la calidad de la pitaya comparando estos resultados con los reportados en la bibliografía citada en este documento.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

LAS CACTÁCEAS

Las cactáceas son plantas originarias del continente americano y se encuentran distribuidas a todo lo largo y ancho del mismo. México durante varios años ha sido un centro de establecimiento y diferenciación muy importante para estas familias, encontrándose una gran cantidad de endemismo y una variación indiscutible de formas, adaptaciones y tipos biológicos, acordes con la gran diversidad climática del país. (Mandujano, 2006).

De acuerdo con Granados *et al.* (1999), la teoría más aceptada sobre el origen de las cactáceas es la de Buxbaum (1953), que establece que las formas ancestrales fueron plantas foliadas que vivieron en territorios emergidos del Caribe y que actualmente están extinguidas. Plantas mesófilas que a finales del terciario habitaban regiones con clima subtropical más o menos cálido húmedo y que gradualmente fueron adquiriendo sus características xerófilas, al ir disminuyendo la humedad y formándose los desiertos.

Los datos arqueológicos obtenidos en excavaciones en el Valle de Tehuacán, Puebla y en Tamaulipas indican que el consumo de cactáceas se realizaba desde los años 6500 A.C. Por medio de los restos semifosilizados de tallos, frutos y semillas se pueden identificar gran parte de especies de cactáceas. Así se llegó a identificar al pitayo (*Stenocereus* sp.) y al nopal tunero (*Opuntia* sp.), (Mercado y Granados, 1999).

El origen de los ancestros de *Stenocereus* se localiza en el Caribe y al Norte de Sudamérica y se considera que emigraron al Norte de esta región hasta México, donde influenciados por las condiciones ecológicas, se establecieron y evolucionaron en formas muy diversas de acuerdo con los restos más antiguos encontrados de este género, y corresponden con los hallazgos hechos en Tehuacán, Puebla, en las especies *S. treleasei* y *S. pruinosus*, a cuyos restos se les atribuye una antigüedad de 3500 a 2300 y de 6500 a 4500 años A. C., respectivamente (Bravo, 1978). Sin embargo,

autores recientes invalidaron este nombre adoptando el de *Stenocereus*, que a la fecha incluye a 24 especies, las cuales se distribuyen desde el sur de los Estados Unidos hasta Perú, Venezuela y las Antillas. El género *Stenocereus* se distribuye desde Arizona en el Sudoeste de Estados Unidos de Norteamérica, México, Guatemala, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Costa Rica hasta el Norte de Sudamérica en Colombia y Venezuela, así como en el Caribe. Pese a su amplia distribución, la mayor abundancia y diversidad de especies se concentran en México, ya que de las 24 especies de este género, 22 son nativas, y de éstas, 20 son endémicas del país. (Martínez, 2005).

Un ejemplo de una cactácea son los pitayos los cuales producen un fruto llamado pitaya. El término pitaya o cualquiera de sus variantes regionales (pitalla, pitahaya, pitahalla, pitajaya o pitajaya) proviene de la lengua antillana. Fue introducida al territorio mexicano por medio de los conquistadores españoles y posteriormente por los colonizadores (Martínez, 2005).

La importancia de estas especies en la vida de diversas civilizaciones y tribus de México quedó manifiesta en sus códices; como alimento, para sus usos medicinales y otros usos, como representaciones simbólicas y en ceremonias religiosas (Granados *et al.*, 1999).

Los principales usos que se le ha dado a las cactáceas además de ser una fuente de alimento son como forraje, planta medicinal, para la protección de suelos, combustible, material de construcción (cerca viva), planta de ornato e incluso para la obtención de colorantes (Granados *et al.*, 1999; Mercado y Granados, 1999).

EL FRUTO

La pitaya es el fruto de la planta rustica xerofítica de las familias de las cactáceas; originaria de América tropical, fueron observadas por primera vez en forma silvestre por los conquistadores españoles en México, Colombia, Centroamérica y las Antillas, que le dieron el nombre de pitaya que significa fruta escamosa. Actualmente se comercializa pitaya amarilla y pitaya roja (Martínez, 2005).

La pitaya es un fruto climatérico que crece en regiones subtropicales, tal es el caso de la región de Dolores Hidalgo Huitziltepec, Puebla. En esta región existen familias que se dedican al cultivo de pitaya, principalmente para su comercialización y consumo. (Ruiz, 2015). Los frutos que se analizaron en el presente trabajo se obtuvieron de este lugar.

La pitaya de mayo (*Stenocereus griseus* H.) es una cactácea columnar que se encuentra en zonas áridas y semiáridas de México. Sus frutos son jugosos y de coloraciones que van desde el naranja hasta el púrpura. (García-Cruz *et al.*, 2013).

La pitaya de mayo (*Stenocereus griseus* H.) es una cactácea columnar originaria de México. Sus frutos son bayas poliespermáticas de forma globosa u ovoide, con espinas caducas; la pulpa puede ser de color anaranjado, rojo o púrpura. (García-Cruz *et al.*, 2013).

Los pitayos, son cactus nativos de las regiones subtropicales de México que producen frutos comestibles llamados pitayas. La pitaya es un cultivo perenne que se adapta a zonas calientes y con poca disponibilidad de agua. En la región de Dolores Hidalgo Huitziltepec, la producción de *S. pruinosus* inicia en abril y termina en mayo. Se ha reportado que las pitayas, se pueden considerar como un alimento funcional ya que protege a quien lo consume de enfermedades crónicas, debido a su elevada capacidad para reducir la propagación de radicales libres en el organismo, por su contenido de fenoles totales y ácido ascórbico (Martínez, 2005).

CLASIFICACIÓN DE LA PITAYA

La sub-tribu de mayor importancia por la producción de pitayas es la *Stenocereinae* que está representada por 5 géneros. El género *Stenocereus* presenta una distribución más amplia, tiene más especies y es muy común el aprovechamiento de sus frutos, encontrándose entre estos de acuerdo a Ruiz (2015).

- *Stenocereus thurberi*, en los Estados de California, Sonora y parte de Sinaloa.
- *Stenocereus montanus*, en la vertiente del Pacífico, desde Sonora hasta Nayarit.
- *Stenocereus queretaroensis*, en la subcuenca de la laguna de Sayula en el Estado de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro y los altos de Jalisco.
- *Stenocereus quevedonís*, desde Sinaloa hasta Guerrero.
- *Stenocereus griseus*, se le reporta en los Estados de Guerrero, Tamaulipas y Puebla (Piña, 1977 y Bravo, 1978).
- *Stenocereus aumortieri*, en Hidalgo, Morelos, Puebla, Oaxaca y Chiapas (Bravo, 1978).
- *Stenocereus weberi*, en Puebla, Oaxaca y Guerrero (Bravo, 1978).

IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA

La pitaya (*Stenocereus pruinosus*), es una fruta tropical, de color rojo característico, su cáscara se encuentra cubierta por formaciones salientes llamadas brácteas. (Martínez, 1993), menciona que no menos importantes son los pitayos que proporcionan deliciosos frutos llamados pitayas, tales como *Stenocereus queretaroensis*, *S. pruinosus*, *S. griseus* y *S. quevedonis*, entre otras; las cuales, se encuentran en su máxima expresión en condiciones de sequía, en el mes de mayo, y es justamente cuando se ofrecen sus frutos jugosos, dulces y de un sabor agradable para consumo en fresco (Martínez, 1993).

El fruto de la “pitaya de mayo” se considera una baya unilocular polispermica, que se origina de una flor con ovario ínfero (Bravo, 1978). El fruto presenta diversas formas, desde el redondo hasta el de forma de pera, con un diámetro polar y ecuatorial medio de 8.3 y 6.3 cm, respectivamente, y con una relación diámetro ecuatorial/polar de 0.57 a 0.87 cm. El peso medio del fruto es de 185.90 g, variando de 100.40 a 290.90 g en los tipos más comunes de la Mixteca y con un máximo histórico de 760 g en el tipo “Espina Negra” registrado en la feria de la pitaya en Tianguistengo, Oaxaca (Martínez, 1993).

Al madurar el fruto las espinas se desprenden fácilmente y la pulpa es muy jugosa y dulce (Martínez, 1993). Su vida de anaquel es muy corta, generalmente varía de tres a siete días según el tipo de pitaya, a una temperatura de 21°C y una humedad relativa menor de 25%. Su color más común es el rojo, aunque van desde el rosa, amarillo, anaranjado y púrpura, la pulpa y la cáscara en la madurez generalmente son del mismo color (Martínez, 1993). La pulpa o mesocarpio es de color rojo jugosa y aromática, el contenido de sólidos solubles totales es de 10 ° Brix, al llegar la madurez comercial es de sabor agridulce. La pulpa y la semilla en conjunto son la parte comercial (Martínez 2005).

La planta es de tipo arbórea de 1.8 a 7 m de altura y de crecimiento vertical columnar; la ramificación en estado silvestre es del tipo mesótono, en cambio, en forma cultivada es

del tipo basítono, debido principalmente al tipo de reproducción que es vegetativa por medio de fracciones de tallos, los cuales producen una ramificación a corta altura, incluso este tipo de ramificación se induce por medio de fracciones intermedias o apicales de corta longitud (40 a 50 cm) o fracciones apicales de mayor longitud plantados con una ligera inclinación a favor de la pendiente del terreno, para romper la dominancia apical y estimular la brotación lateral basal (Martínez, 2005).

Las ramas generalmente son erectas, pero a veces son flexuosas de color verde más o menos glauco; los tallos presentan de cinco a seis costillas, con un rango de cuatro a siete. Dichas estructuras provienen de los podarios de la yema apical de la plántula, ordenándose en series ortósticas verticales (Bravo, 1978). Los tallos generalmente son vigorosos con un perímetro medio de 40.3 cm (Martínez, 1993). En los bordes de las costillas aparecen las areolas, las cuales distan en promedio 3.1 cm y miden 8 mm de longitud con fieltro moreno y con el tiempo cambian a un color grisáceo (Bravo, 1978).

Las areolas presentan espinas radiales y centrales; el número de espinas radiales más frecuentes es de siete, ocho o nueve con un rango de cinco a doce y con una longitud media de 1.0 cm. Las espinas centrales en las areolas pueden ser de una o tres, siendo más frecuente sólo una, las cuales miden en promedio 1.9 cm (Martínez, 1993). Las areolas que originan las flores generalmente se encuentran en la porción terminal de los tallos; es decir, en areolas jóvenes (Martínez, 2005).

Martínez (2005), menciona que se han encontrado tallos con mayor crecimiento vegetativo debido a una fertirrigación y acolchado; además, produjeron mayor número de flores y frutos. El eje floral generalmente presenta una zona pedicelar corta, la pericarpelar es proporcional al tamaño del ovario y la receptacular se alarga hacia arriba a expensas del meristemo circular, con lo que adquiere la forma de tubo o campana, y desarrolla en la cara interna a los estambres y en la externa a los órganos foliares (Buxbaum, 1953).

La flor mide hasta 12 cm de longitud y 6.5 cm de diámetro en la parte terminal, siendo los segmentos exteriores del perianto rojizos y los interiores generalmente blancos. En la parte superior se encuentra el estigma integrado por ocho a diez lóbulos regulares, los cuales están revestidos de papilas que segregan un líquido azucarado, en donde se adhieren los granos de polen al efectuarse la polinización. En general, después de la fecundación el perianto se marchita y cae, desprendiéndose arriba del pericarpelo y dejando una cavidad umbilicada (Martínez, 2005).

El periodo de la brotación floral, floración y maduración del fruto en clima templado subhúmedo ocurren progresivamente de la segunda quincena de diciembre a la primera de enero, de la segunda quincena de febrero a la segunda de marzo y de la segunda quincena de abril a la primera de junio, respectivamente. En clima semicálido, estos eventos inician generalmente una semana después y termina dos semanas antes. Cuando la fruta ya está madura se corta el pedúnculo con tijeras, cuidando no afectar la corteza. Lo mejor es hacerlo por la tarde. El fruto sazonado tarda diez días en madurar; el pinto tarda de seis a ocho días (Martínez, 2005).

El instrumento para el corte de los frutos se le denomina “horqueta” que consiste en un tubo metálico ligero o una vara de otate de 2 a 4 m de longitud, que lleva en la parte terminal una horqueta con cuatro varillas lisas de 15 cm de longitud, las cuales abren hacia arriba, en la que se acomoda el fruto y con un leve empujón se desprende del tallo y queda en la horqueta; el corte es por fruto individual, y los recipientes más utilizados son canastas de carrizo y cajas de plástico; es común el uso de carretillas para el traslado de frutos de la huerta al lugar de empaque (Martínez, 2005).

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Stenocereus spp, conocida como pitaya agria, crece de forma natural en México en los estados de Oaxaca, Puebla, Querétaro. En la actualidad, su explotación comercial se realiza en los estados de Oaxaca, Puebla, Morelos, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Querétaro, Guanajuato, Nayarit. En la región sureste de la mixteca baja (Oaxaca y Puebla) se cultiva principalmente la pitaya que corresponde a la especie de *Stenocereus stellatus* y madura sus frutos en los meses de mayo a octubre. En la región del norte (Zacatecas y San Luis Potosí) se cultivan diferentes especies; *S. stellatus*, *S. queretaroensis* y *S. griseus*, que varían entre sí por el color, tamaño y consistencia de la pulpa (Pimienta, 1999).

Esta particularidad del cultivo de Pitaya se ha tratado de resolver cultivando la fruta en diferentes zonas altitudinales, para extender la producción a un período más largo en el año. Los cultivos de Puebla son los primeros en entrar en cosecha (Ruiz, 2015).

En México se cultivan alrededor de 2000 Ha de pitaya, de las cuales se obtiene una producción de 6 mil 400 ton, con un valor estimado en 80 millones de pesos. Los estados que destacan en la producción son Querétaro, Guanajuato, Oaxaca, Jalisco, Yucatán, Quintan Roo y Puebla (SAGARPA 2010).

En México, la producción de pitaya primeramente se obtuvo de plantas silvestres; posteriormente se fueron introduciendo plantas en huertos familiares o en linderos de algunos predios (albarradas), mismas que fueron cuidadas hasta hacerlas más productivas, seleccionando el material que presentara las características deseadas por los productores y los consumidores (Ruiz, 2015).

Actualmente, la pitaya se produce en 24 de las 31 entidades federativas de México que presentan selvas caducifolias y sub caducifolias, caracterizadas como zonas subtropicales (Aguascalientes, Campeche, Chiapas, Colima, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, los desiertos de Sonora y Baja California,

Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y sur de Zacatecas), que en conjunto presentan una gran diversidad de tipos por características de tallos, flores y frutos (Ruiz, 2015).

IMPORTANCIA ECONÓMICA

Stenocereus spp, conocida como pitaya agria, crece de forma natural en México en los estados de Oaxaca, Puebla, Querétaro. En la actualidad, su explotación comercial se realiza en los estados de Oaxaca, Puebla, Morelos, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Querétaro, Guanajuato, Nayarit. En la región sureste de la mixteca baja (Oaxaca y Puebla) se cultiva en primer lugar la pitaya que corresponde a la especie de *Stenocereus stellatus* y madura sus frutos en los meses de mayo a octubre. En la región del norte (Zacatecas y San Luis Potosí) se cultivan diferentes especies. Las especies más comunes son: *stellatus*, *queretaroensis* y *griseus*, que varían entre sí por el color, tamaño y consistencia de la pulpa (Pimienta, 1999). Esta particularidad del cultivo de Pitaya se ha tratado de resolver cultivando la fruta en diferentes zonas altitudinales, para extender la producción a un período más largo en el año. Los cultivos de Puebla son los primeros en entrar en cosecha.

El fruto de la Pitaya es obtenido principalmente de huertos familiares, en superficies pequeñas, totalmente dispersas, con niveles de productividad sumamente bajos, con presentación y calidades muy diversas y con severos problemas fitosanitarios y la producción no es la principal fuente de ingresos de las familias. Se estima que en todo el país existen 100 Ha cultivadas en estas condiciones, superficie en la que se obtienen aproximadamente 300 ton al año, que equivalen aproximadamente 3 ton por Ha. Le siguen en importancia el estado de Tabasco, principalmente en la zona de la Chontalpa; el estado de Puebla, en las zonas de la Cañada, el Valle de Tehuacán y la Mixteca; el estado de Oaxaca, en la zona de la Cañada, y el estado de Jalisco, en las localidades de Autlán y Sayula. La Mixteca poblana es la principal región donde se produce éste fruto; 90 ton (25.5 Ha) es la producción de pitaya en territorio poblano (Ruiz, 2015). Siendo Huitziltepec el principal productor alcanzado un valor de la producción de \$ 1 millón 913 mil 125 pesos; seguido por los municipios como Xochitlán Todos Santos, Yehualtepec, Coxcatlán, San Gabriel Chilac, San José Miahuatlán, Tepeyahualco, Tepexi de Rodríguez, Ixcaquixtla, Coyotepec, Totoltepec de Guerrero, Santa Inés Ahuatempan y Zinacatepec (SAGARPA, 2015).

Es importante resaltar que en 2010 se producían 60 ton en una extensión de 15 Ha lo que significa un incremento productivo del cultivo; además que la sociedad se ha interesado en el cultivo y se ha incrementado en un 40% la producción a lo largo de un año de trabajo. En el estado de Puebla la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA, ha confiado y creído en productores quienes se han interesado en detonar ésta producción la cual tiene un gran potencial de crecimiento (SAGARPA, 2010). La pitaya se vende en los mercados locales en montones, siendo estos de 10 pitayas chicas, con un precio de \$15.00 o \$20.00 (pesos mexicanos).

Los esquemas de intermediación, del productor al consumidor final, incrementan considerablemente el primer precio vigente en las comunidades productoras: de \$1.00 a \$3.00 por fruta en las comunidades, puede alcanzar en los mercados o supermercados de las ciudades el precio de \$5.00 a \$ 8.00 pesos por fruta y de \$26.00 a \$56.00 el kg de fruta, respectivamente (Bonilla *et al.*, 2001).

Desde los años 80 se han establecido plantaciones comerciales, por lo que se puede considerar a la pitaya como especie productiva en transición de un estado silvestre a un cultivo comercial (Ruiz, 2015). En el estado de Puebla en Huitziltepec se tienen producciones por Ha de 3 a 8 ton (Ruiz, 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló en el laboratorio de la carrera de Procesos Alimentarios de la Universidad Tecnológica de Tecamachalco.

Los frutos de pitaya que se utilizaron para realizar este estudio se obtuvieron de pequeñas huertas familiares de la población de Dolores Hidalgo, perteneciente al municipio de Huitziltepec, Puebla, situado a 18° 45' 06" y 97° 55' 00", una altura de 1,940 m.s.n.m., un clima predominante templado subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura media anual de 12 a 18 °C.

Se eligió el fruto rojo de la especie *Steneocereus pruinosus*, con características de madurez comercial, cosechados en el mes de mayo de 2016 y se trasladaron en cajas de madera a temperatura ambiente a la Universidad Tecnológica de Tecamachalco en donde fueron conservadas en refrigeración a 4 °C ± 1.

A. VARIABLES ESTUDIADAS

Las variables estudiadas en el fruto de pitaya fueron las siguientes: peso total del fruto, peso de la cáscara (pericarpio), peso de la pulpa y semilla, sólidos solubles totales (SST) en el jugo, pH y acidez titulable, relación °Brix/Acidez, porcentaje de azúcares totales, Vitamina C, contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante total (DPPH) y color.

B. TAMAÑO DE MUESTRA

Se utilizaron tres lotes de frutos de pitaya de la especie *Stenocereus pruinosus* de la parcela ubicada en Dolores Hidalgo Huitziltepec previamente elegida para el estudio, frutos con características de madurez comercial. Se tomó una muestra de aproximadamente 10 kg de pitaya. Posteriormente se realizaron los análisis a 10 frutos de la muestra tomada, elegidos completamente al azar. Esto se realizó en 3 fechas diferentes. Cada observación es el promedio de las determinaciones efectuadas.

C. OBTENCIÓN DE DATOS

1. Determinación de peso total

Para la determinación del peso se utilizó una balanza marca VELAB, modelo VE-300 (China) con una aproximación de 0.001 g y capacidad para 300 g. Se registraron los pesos de cada uno de los frutos en una bitácora y se obtuvieron los valores promedio.

El porcentaje de cáscara y semilla se determinó en función al peso total del fruto mediante las fórmulas:

$$\text{Porcentaje de pulpa y semilla} = \frac{\text{Peso de la cáscara}}{\text{Peso total del fruto}} \times 100$$

$$\text{Porcentaje de pulpa y semilla} = \frac{\text{Peso de la pulpa y semilla}}{\text{Peso total del fruto}} \times 100$$

2. Diámetros ecuatorial y polar

Los diámetros se midieron con un vernier marca Mitutoyo graduado en milímetros, desde la base a la punta del fruto y de la misma forma se obtuvo el valor en la parte media transversal, tal como se muestra en la figura 1.

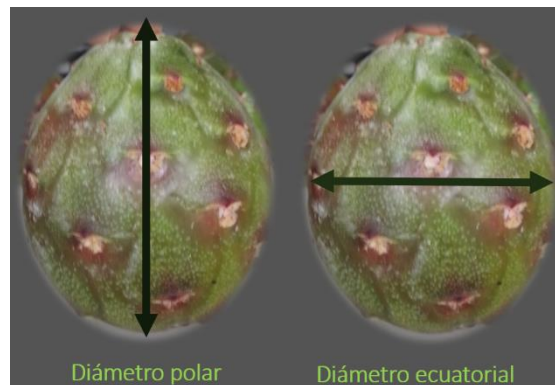


Figura 1. Forma de medición de diámetro ecuatorial y polar de la pitaya (S. pruinosus).

3. Sólidos solubles totales

El contenido de sólidos solubles se determinó en la pulpa de pitaya con ayuda de un refractómetro digital marca ATAGO modelo PAL-1 (Japón), con una escala de 0 a 30 grados Brix (°B). La pulpa de la pitaya se obtuvo retirando la cáscara y posteriormente se realizó la homogeneización de la pulpa en una licuadora. El refractómetro se calibra con agua destilada a cero, se coloca la muestra de pulpa en el refractómetro y se registra el valor. El análisis se realizó por triplicado.

4. pH

El valor de pH en la pulpa se determinó utilizando un potenciómetro marca HANNA modelo 101 (México). Se utilizó la misma pulpa obtenida de la licuadora para realizar la medición de este parámetro.

5. Acidez titulable

Se colocaron 10 mL de jugo de pitaya en un vaso de precipitado y se tituló con NaOH 0.1 N con la ayuda de una bureta automática, usando 1 mL de fenolftaleína al 0.5% como indicador, deteniendo el proceso de titulación al alcanzar un pH de 8.3, con ayuda de un potenciómetro marca HANNA modelo 101 (México). Se expresaron los resultados como porcentaje de ácido málico (miliequivalente 0.064).

$$\% \text{ Acidez} = \frac{PV * N * 0.064}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

V, ml NaOH usados para la titulación

N, normalidad del NaOH

6. Humedad

La humedad se calculó por diferencia de peso por el método AOAC 32.1.03, 1995. Se pusieron tres charolas de aluminio con arena lavada a peso constante. Posteriormente se colocó en cada una de ellas un peso conocido de pulpa de pitaya (aproximadamente 1 g). Se introdujeron las charolas en una estufa a 100 ± 2 °C y se mantuvieron ahí por 24 h. Transcurrido ese tiempo se colocaron las charolas en un desecador durante 20 min. Posteriormente se pesaron en una balanza analítica y se registró el peso. Los porcentajes de humedad de las muestras se determinaron por triplicado. Se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo del porcentaje de humedad.

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra húmeda}} \times 100$$

7. Azúcares totales

La cuantificación de azúcares totales se realizó de acuerdo al método colorimétrico de Antrona, siguiendo la metodología de Montreuil *et al.* (1997) con modificaciones para un micro-método.

Se tomaron g de muestra de pitaya fresca, se pasaron a un tubo de ensayo. Se agregan 3 ml de etanol al 80% y se meten a baño María a 80°C por 10 minutos. Se realiza el primer lavado pasando el líquido a otro tubo. Se hace el segundo lavado agregando 3 ml de etanol al 80% y así los lavados subsecuentes hasta que la muestra quede blanca. El extracto se coloca a evaporación en estufa a 50 °C por 24 h. Después de esto se agrega 1 ml de agua destilada a la muestra. Se pasan 300 µL de la muestra anterior a otro tubo con 300 mL de agua destilada y 3 ml de la solución de antrona, agitando la mezcla. Los tubos se colocan en un frasco de vidrio con hielo y el frasco se coloca en agitación por 5 min. Después de ese tiempo los tubos se colocan a ebullición por 10 min. Otra vez se colocan en hielo durante 5 min. Se retiran del hielo y se colocan a temperatura ambiente para su medición. Las lecturas de absorbancia se hicieron en un

espectrofotómetro marca Spectronic modelo 4001/1 (EE.UU.) a 625 nm de longitud de onda.

8. Vitamina C

El análisis de Vitamina C se realizó de acuerdo al método USP 30, por titulación volumétrica de óxido reducción. Se utiliza la pulpa obtenida de la licuadora y se filtra con ayuda de una gasa. Se pone en un matraz Erlenmeyer 10 ml de pulpa, 15 ml de agua destilada, 0.25 ml de HCl (15% v/v) que actúa como indicador. Llenar la bureta con 15 mL de disolución de yodo. Titular lentamente y agitando hasta el vire al azul.

Los cálculos se realizaron mediante la siguiente ecuación.

$$\frac{g}{L} = 0,424 \times \frac{\text{Volumen yodo consumido}}{\text{volumen de la muestra}}$$

Donde:

El volumen de yodo consumido es el volumen añadido al matraz erlenmeyer desde la bureta al titular el preparado de vitamina C.

El volumen de la muestra es el volumen de pulpa que se puso en el erlenmeyer con una concentración de vitamina C desconocida.

9. Compuestos fenólicos totales

La cuantificación de compuestos fenólicos totales se realizó de acuerdo al método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, utilizando ácido gálico como sustancia de referencia con un espectrofotómetro marca Spectronic modelo 4001/1 (EE.UU.) a una longitud de onda de 760 nm. A 100µL del extracto se añadieron 125 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu 1 N (dilución 1:2 del reactivo comercial 2N), se agitó y dejó reaccionar por 6 min, para luego neutralizar la reacción con la adición de 1250 mL de carbonato de sodio (Na₂CO₃) al 19% (p/v); luego se aforó a 3 mL con agua destilada, se agitó y se dejó reposar a temperatura ambiente en la oscuridad por 90 min. Las muestras se centrifugaron a 15300 g por 10 min para eliminar la turbidez. La absorbancia se midió con un espectrofotómetro marca Spectronic modelo 4001/1 (EE.UU.) a una longitud de onda de 760 nm. Se elaboró una curva patrón de ácido gálico para expresar el contenido de FST en función de éste ácido (García-Cruz *et al.*, 2013).

10. Capacidad antioxidante total, DPPH

La determinación de la capacidad antioxidante total se realizó de acuerdo al método establecido por Brand *et al.* (1995). La absorbancia se midió en un espectrofotómetro marca Spectronic modelo 4001/1 (EE.UU.). Los valores obtenidos de absorbancia se utilizaron para determinar el porcentaje de captación de radicales libres (DPPH).

La curva estándar se obtuvo graficando el porcentaje de inhibición del radical DPPH en función de la concentración de Trolox, en µm equivalentes de Trolox (µm ET).

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{abs inicial} - \text{abs final}}{\text{abs del inicial}} \times 100$$

11. Color

Para la determinación de color se utilizó un colorímetro marca KONICA MINOLTA modelo CR-400 (Japón). El colorímetro cuenta con un azulejo calibrado en una escala que mide L (Luminosidad, blanco-negro), a (verde-rojo) y b (amarillo-azul). Se registraron los parámetros L (luminosidad), a (rojo) y b(amarillo) de la Escala de Hunter. Se tomaron 2 puntos para cada fruta. Se tomaron 5 frutas. A partir de los parámetros se determinaron: la saturación (C) y el tono (h) con las siguientes fórmulas.

$$C = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$h = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right)$$

12. Relación °Brix/Acidez

Este parámetro se calculó a partir de la concentración de SST, expresados como grados Brix con respecto al valor de acidez titulable obtenida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PROPIEDADES FÍSICAS

El valor para el peso de la pitaya grande de Huitziltepec, Puebla, se encontró en $151.4 \text{ g} \pm 12.3$. García *et al.* (2013) reportaron un valor promedio de $180.9 \text{ g} \pm 72.6$ para la pitaya roja de la misma especie, pero de la región de Tepexi de Rodríguez, Puebla. Los mismos autores reportan una desviación estándar mayor que la obtenida para Huitziltepec, debido a que en éste trabajo se clasificó y solamente se reporta la pitaya grande. Aunque las dos regiones forman parte de la Mixteca poblana, la distancia entre ambas regiones es de poco más de 50 km.

Cuando el fruto madura, la cáscara presenta el 22 % del peso total, generalmente, frutos con baja proporción de cáscara tienen alto porcentaje de jugo y bajo porcentaje de semillas (Cruz, 1985). Esta característica podría ser un factor de calidad en el manejo de la fruta, debido a que los frutos de cáscara delgada pueden ser más sensibles a problemas de agrietamiento y daños en postcosecha (Nerd *et al.*, 1999). La pitaya no debe sobrepasar el índice de madurez, cuando más gruesa sea la cáscara, es posible que los daños mecánicos sean menores (Ruiz, 2015).

El peso de la cáscara ($46.6 \text{ g} \pm 7.7$) fue similar a lo reportado por García *et al.* (2013) ($50.3 \text{ g} \pm 29.0$). En los parámetros anteriores nuevamente se puede observar el impacto que tiene la clasificación del fruto, dado el valor de la desviación estándar que se presenta en el estudio de referencia, para ambas variables.

Para el caso del diámetro ecuatorial y polar los resultados obtenidos fueron de $7.4 \text{ cm} \pm 0.97$ y $7.7 \text{ cm} \pm 0.44$ respectivamente, similares a los que reporta García *et al.* (2013) de 6.9 cm y 7.9 cm. La diferencia con respecto al peso y diámetros radica en el proceso de clasificación que se llevó cabo al momento del corte, dado que tanto Tepexi como Huitziltepec, Puebla tienen condiciones ambientales similares.

En el caso del peso de pulpa y semillas se obtuvo un valor similar a $104.7 \text{ g} \pm 7.29$. El valor que reportan García *et al.* (2013) para la pitaya de la misma especie pero de Tepexi de Rodríguez es de $130.6 \text{ g} \pm 55.0$.

El valor de la humedad se encontró en promedio de $87.64 \% \pm 0.95$, el cual coincide con el valor reportado por García *et al.* (2013) de 87.1% y Cruz (1985) de 86.36%.

Tabla 1. Propiedades físicas de pitaya roja (*Stenocereus pruinosus*) de Dolores Hidalgo Huitziltepec, Puebla

Variable	Resultado promedio
Peso del fruto (g)	151.4 ± 12.3
Diámetro ecuatorial (cm)	7.4 ± 0.97
Diámetro Polar (cm)	7.7 ± 0.44
Pulpa y semilla (%)	69.1 ± 3.05
Cáscara (%)	31.3 ± 2.24
Humedad (%)	87.6 ± 0.95

PROPIEDADES SENSORIALES

El valor de pH de la pitaya de Huitziltepec, Puebla, fue de 5.1 ± 0.26 . Este valor es similar al reportado por Cruz (1985), entre 4 y 5, para la especie de *Stenocereus stellatus* RICCOBONO del municipio de Totoltepec en el Estado de Puebla, ambos lugares pertenecientes a la Zona Mixteca.

El porcentaje de acidez expresado como ácido málico fue de $0.14 \% \pm 0.04$, valor muy similar al reportado por García *et al.*, (2013), de 0.17% para la pitaya roja de Tepexi de Rodríguez, Puebla.

Con respecto al contenido de sólidos solubles totales, la pitaya de Huitziltepec y de Tepexi de Rodríguez fueron $10.2 \text{ }^\circ\text{Bx} \pm 0.43$ y $9.3 \text{ }^\circ\text{Brix} \pm 1.1$, respectivamente. Se observa una similitud entre los dos valores considerando que la madurez del fruto para ambos estudios fue semejante.

Garnica y Quintero (1994) encontraron un comportamiento similar de la variable medida y concluyeron que los grados Brix no varían significativamente durante el almacenamiento de la fruta, indicó que esta característica no contribuye a la identificación del grado de maduración de la fruta, teniendo en cuenta que los sólidos solubles totales ($^\circ\text{Brix}$), varían con el tamaño de la misma.

El contenido de azúcares de frutos de una especie particular puede variar considerablemente con la variedad, suelo y condiciones climáticas. Además, los frutos climatéricos en particular pueden exhibir cambios considerables en contenido de azúcar entre la cosecha y la madurez de su consumo (Ruiz, 2015).

En cuanto a la relación $^\circ\text{Brix}/\text{Acidez}$ se obtuvo un valor de 69.09 ± 18.15 , congruente con el valor reportado en García *et al.* (2013).

En la tabla 2 se muestran las propiedades sensoriales de la pitaya roja de Huitziltepec, Puebla.

Tabla 2. Propiedades sensoriales de pitaya roja (*Stenocereus pruinosus*) de Huitziltepec, Puebla

Variable	Resultado promedio
Ph	5.1 ± 0.26
Acidez (% ácido málico)	0.14 ± 0.04
SST (°Brix)	10.2 ± 0.43
Relación °Brix/Acidez	69.09 ± 18.15
Luminosidad (%)	18.44 ± 0.89
Angulo Hue (grados)	18.98 ± 2.21
Croma	8.88 ± 2.07

Con respecto a las determinaciones de color efectuadas, para el caso de la luminosidad de la pitaya se obtuvo un valor de 18.44 ± 0.89 , lo cual coincide con el resultado reportado por García *et al.* (2013), en donde se indica que este valor se considera bajo. En el caso del ángulo Hue se obtuvo un valor de 18.98 ± 2.21 , el cual corresponde al color Magenta, dicho resultado coincide con lo reportado por García *et al.* (2013). Para el croma el resultado obtenido fue de 8.88 ± 2.07 , el cual, de acuerdo con García *et al.* (2013), presenta una menor saturación de acuerdo a los autores mencionados.

PROPIEDADES NUTRICIONALES

Los valores presentados en la tabla 3 corresponden a los parámetros nutricionales obtenidos de la pitaya de Huitziltepec, Puebla. El porcentaje de azúcares totales que se obtuvo para el fruto en cuestión fue $1.1 \% \pm 0.08$, muy similar al que reporta Granados (1999) de 12.58 % para la especie *Stenocereus stellatus*. García *et al.* (2013) reportan un valor de carbohidratos de $10.2 \% \pm 0.24$; estos resultados son equiparables, debido a que el grado de madurez de los frutos es similar tanto en el presente estudio como en la fuente de referencia.

El valor de la vitamina C se encontró en 7.78 mg/100 mL de jugo. Los resultados se compararon con el valor reportado por Figueroa *et al.* (2010), quienes establecen que para 12 especies diferentes de tuna se tiene un rango de 5.31 a 25 mg/100mL de Vitamina C. Ambos frutos pertenecen a la familia de las cactáceas, por lo que el valor obtenido es congruente con los datos reportados por los autores antes mencionados. Tomando en cuenta la recomendación de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), quien sugiere un consumo de 10 mg de Vitamina C para mantener a un individuo saludable, por lo que basta con la ingesta de un fruto de pitaya diario para cubrir la recomendación establecida.

El valor de fenoles totales fue de 1.6 mg de ácido gálico/g de muestra fresca, el cual coincide totalmente con el valor reportado por García *et al.* (2013) en la pitaya de Tepexi de Rodríguez, Puebla.

El valor de la capacidad antioxidante se encontró en $76.4 \% \pm 3.8$. Este valor es congruente con el reportado por Li *et al.* (2016) para frutos de pitahaya.

Tabla 3. Propiedades nutricionales de pitaya roja (*Stenocereus pruinosus*) de Huitziltepec, Puebla.

Variable	Resultado promedio
Azúcares Totales (%)	11.1 ± 0.08
Vitamina C (mg/100 mL de jugo)	7.78 ± 0.80
Fenoles totales (mg ácido gálico/g muestra fresca)	1.6 ± 0.04
Inhibición del radical DPPH (%)	76.4 ± 3.8

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que la pitaya (*Stenocereus pruinosus*) producida Huitziltepec, Puebla, al ser rica en Vitamina C, compuestos fenólicos y poseer un alto valor antioxidante, es una fuente importante de nutrientes para el ser humano y conocer los parámetros físicos favorece el manejo postcosecha de este fruto clasificado como grande.

La comercialización del producto en fresco representa un ingreso importante para la economía de las familias de la región de la Mixteca Poblana, por lo cual es necesario seguir evaluando las propiedades funcionales y nutracéuticas que ya están reportadas para los frutos de pitaya de otras especies y de otras regiones para complementar el conocimiento que ya se tiene sobre este fruto.

LITERATURA CITADA

- AOAC. (1998). Official methods of analysis of AOAC international. Association of Official Analytical Chemists, Maryland.
- AOAC 32.1.03. (1995). Official methods of analysis of AOAC international.
- Beltrán-Orozco, M.C., T.G. Oliva-Coba, T. Gallardo-Velázquez y G. Osorio-Revilla. (2009). *Ascorbic Acid, Phenolic Content and Antioxidant Capacity of red, cherry, yellow and white types of Pitaya Cactus fruit (Stenocereus stellatus Riccobono)*. *Agrociencia* 43(2):153-162.
- Bonilla B., J.J., J.C. Martínez G., R. Roa D., C. Juárez P. y A. López M. (2001). Informe final del proyecto 4538. Estudio del potencial y perspectivas de la fruticultura de caducifolios y cactáceas. SAGARPA-INIFAP-CIRCE-CETECA. s/p.
- Brand, W., M.E. Cuvelier y C. Berset. (1995). *Juice of Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity*. *LWT-Food-Science and Technology* 28(1):25-30.
- Bravo, H. H. (1978). *Las cactáceas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 2ª ed. vol. I. 743 p.
- Buxbaum, F. (1953). *Morphology of cacti*. Section II. The flower. Abbe Garden Press. E.U.A. 177-223 p.
- Capítulo 11. Recuperado el 20 de Octubre de 2016 de <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0f.htm#bm15>.
- Cruz, J.P. (1985). *Caracterización del fruto en cuatro tipos de pitaya (Stenocereus stellatus RICCOBONO)*. Tesis de Maestría en Ciencias Especialista en Fruticultura. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.
- Figuroa, I., M. Martínez, E. Rodríguez, M. Colinas, S. Valle, S. Ramírez y C. Gallegos. (2010). *Pigments content, other compounds and antioxidant capacity in 12 cactus pear cultivars (Opuntia spp.) from México*. *Agrociencia* 44: 763-771.

- García-Cruz, L., S. Valle-Guadarram, Y. Salinas-Moreno y E. Joaquín Cruz. (2013). Physical, chemical, and antioxidant activity characterization of pitaya (*Stenocereus pruinosus*) fruits. *Plant Foods Hum Nutr* 68: 403-410.
- Garnica, G. y E. Quintero. (1994). *Estudio preliminar de la influencia de las bajas temperaturas sobre algunas características de la maduración de la pitaya amarilla (Acanthocereus pitajaya)*. Bogotá. Tesis (Magister en Ciencias Farmacología). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. 43 p.
- Granados, S., B. Mercado, y R. López. (1999). *Las Pitayas de México*. *Ciencia y Desarrollo* 145(2): 58-67.
- Li, X., Q. Long, F. Gao, C. Han, P. Jin y Y. Zheng. (2016). *Effect of cutting styles on quality and antioxidant activity in fresh-cut pitaya fruit*. [versión electrónica]. *Postharvest Biology and Technology* 124: 1–7.
- Luna, C., J. Aguirre y C. Peña. (2001). *Cultivares tradicionales mixtecos de Stenocereus pruinosus y S. stellatus (Cactaceae)*. [versión electrónica]. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 72(2): 131-155.
- Mandujano, R. R. R. (2006). *Estudio preeliminar de los pigmentos presentes en la cáscara de pitaya (Stenocerus stellatus) de la región Mixteca*. Tesis Profesional. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Huajuapán de León, Oaxaca.
- Martínez, G. J. C. (1993). *Caracterización de tipos de pitaya Stenocereus griseus Ha worth en al Mixteca*. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 125 p.
- Martínez, G. J. C. y José J. B. B. (2005). *Situación de la pitaya de mayo (Stenocereus pruinosus) (Otto) Baubbaum en tres localidades de la Mixteca Baja*. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 79-90 p.
- Martínez, E., E. Sandoval, M. Tornero, E. Herrera y M. Goytia. (2009). *Huertas tradicionales de pitaya: Alternativa de producción agroecológica*. [versión electrónica]. *LEISA. Revista de Agroecología* 25(1):15-17.

- Mercado, B. A. y D. Granados. (1999). La Pitaya. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Montreuil, J., G. Spik, B. Fournet y T. Toillier. (1997). *Nonenzymatic determinations of carbohydrates. In: Analysis of Food Constituents*. JL Multon (ed). Wiley-VCH. Inc. New York. USA. 112-114 p.
- Nerd, A. y Y. Mizrahi. (1999). *The effect of ripening stage on fruit quality after storage of yellow pitaya*. *Postharvest Biology Technology* 15: 99–105.
- Parra, F., M. Pérez, R. Lira, D. Pérez y A. Casas. (2008). *Population genetics and process of domestication of Stenocereus pruinosus (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, México*. [versión electrónica] *Journal of Arid Environments* 72: 1997-2010.
- Piña, L. I. (1977). *Pitayas y otras cactáceas afines del estado de Oaxaca*. *Cac. Suc. México* 22(1): 3-13.
- Pimienta B. E. (1999). El pitayo en Jalisco y especies afines en México. Universidad de Guadalajara, Fundación Produce Jalisco, A. C. Guadalajara, Jal. México. 234 p.
- Ruiz, V. J. (2015). Tesina. Caracterización fisicoquímica básica y microbiológica de la pitaya (*Stenocereus pruinosus*) de la región de Dolores Hidalgo Huitziltepec. Universidad Tecnológica de Tecamachalco. 19 p.
- Singleton, V.L. y J.J.A. Rossi. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. [versión electrónica]. *American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144–158.
- USP 30. (2007). The United States Pharmacopeia. NF 25. The National Formulary.