



PRODUCCIÓN Y USOS DEL NOPAL PARA VERDURA

Ricardo David Valdez Cepeda¹, Fidel Blanco Macías², Rigoberto E. Vázquez Alvarado³ y Rafael Magallanes Quintanar⁴

¹Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Apartado Postal 196, CP 98001. Zacatecas, Zac. México. vacrida@hotmail.com

²Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Apartado Postal 196, CP 98001. Zacatecas, Zac. México. Estudiante de Doctorado en Ciencias en la Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. Marín, Nuevo León, México. fiblama63@gmail.com

³Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. CP 66700. Marín, Nuevo León, México. r_vazquez_alvarado@yahoo.com.mx

⁴Universidad Autónoma de Zacatecas. Unidad Académica de Ingeniería. Cuerpo Académico de Sistemas Complejos. Ave. R. López Velarde 801, CP 98000. Zacatecas, Zac., México. tiquis@gmail.com

RESUMEN

La dieta humana es ahora más diversa y requiere de más verduras y frutas. El consumidor urbano demanda calidad en los productos alimenticios. La calidad es considerada por los consumidores como el atributo más importante de aceptabilidad. Otros atributos de los productos que aprecian los consumidores son el precio, la reputación de la marca y la frescura, entre otros. En muchos países, pero particularmente en México, el nopalito, las pencas maduras y muchos derivados de tales partes de la planta de nopal se han consumido desde la época prehispánica. Actualmente, se han identificado propiedades funcionales en dichos componentes, de manera que el nopal se ha convertido en materia prima para las industrias alimentarias, medicinal, cosmética, y artesanal, entre otras. En este documento se describe una amplia gama de productos con base en nopalitos y cladodios maduros (e.g. nopalitos en salmuera y en escabeche, jugos, mermeladas, confitados y harina).

INTRODUCCIÓN

'El nopal: un tesoro con espinas'

De un total aproximado de 104 especies de *Opuntia* y 10 de *Nopalea*, en nuestro país se utilizan para forraje 15 de ellas, por su fruta cinco y como verdura cuatro (tres de *Opuntia* y una de *Nopalea*) (Bravo, 1978). En México, *Opuntia ficus-indica* se usa para producir nopalito (hortaliza) en 10,500 ha, mientras que en Estados Unidos de América se cultiva con tal propósito en 200 ha.

La dieta humana es ahora más diversa y requiere de más verduras y frutas. El consumidor urbano demanda calidad en los productos alimenticios (Valdez-

Cepeda *et al.*, 2004). La calidad es considerada por los consumidores como el atributo más importante de aceptabilidad (Figura 1) (Traill, 1999). Otros atributos de los productos que aprecian los consumidores son el precio, la reputación de la marca y la frescura, entre otros (Valdez-Cepeda *et al.*, 2004).

Independientemente de si los productos alimenticios se destinan al mercado interno o a la exportación, la calidad determina el éxito en el mercado (Valdez-Cepeda *et al.*, 2004). De acuerdo a Abakala (1999), los atributos determinantes de la calidad de los alimentos pueden ser agrupados en las diferentes propiedades que se aprecian en la Figura 2.

Calidad de los productos alimenticios

Entre las determinantes de la calidad de los productos alimenticios están las propiedades nutricionales caracterizadas por el contenido de ciertos constituyentes como las proteínas, grasa/aceite, componentes minerales y vitaminas. El contenido de fibras, así como el de energía son parámetros ampliamente usados en la dieta de los seres humanos (Valdez-Cepeda *et al.*, 2004). El contenido de elementos nutritivos como las proteínas, es usado en muchos países como la base en programas o sistemas de ayuda, así entonces, es en cierta manera un factor económico (Abakala, 1999; Krauss, 2000).

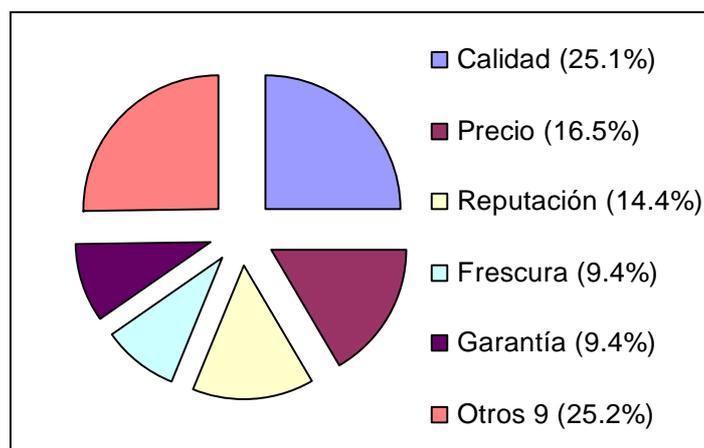


Figura 1. Importancia relativa de los atributos de los alimentos en la aceptabilidad por los consumidores (Traill, 1999).

Las propiedades funcionales involucran aspectos como el contenido de azúcares en remolacha y caña, el contenido de fibra y calidad de la misma en algodón y el contenido de almidón en papa (Abakala, 1999; Krauss, 2000), por citar algunos ejemplos. Actualmente, la tendencia general en el consumo de alimentos es buscar un buen aporte de nutrientes en los alimentos sean beneficiosos para la salud.

Por otra parte, las propiedades higiénicas implican el que las plantas se desarrollen con base en una nutrición balanceada para proveerles la capacidad de resistencia y tolerancia a plagas y enfermedades (Abakala, 1999; Krauss, 2000),

para con ello evitar la aplicación de productos agroquímicos con efectos residuales. Con este precepto se facilitaría el acceso a los mercados cumpliendo las regulaciones sanitarias y fitosanitarias.

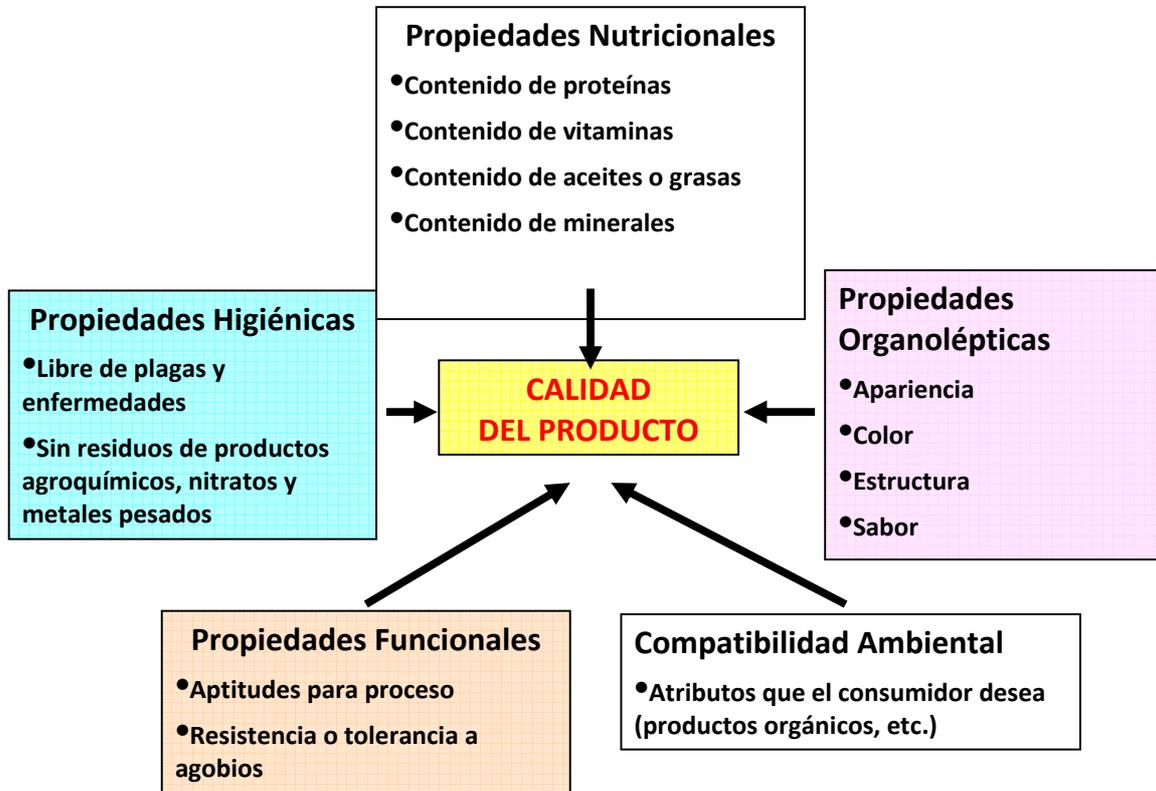


Figura 2. Propiedades determinantes de la calidad de los productos alimenticios (Abakala, 1999).

La compatibilidad ambiental es un aspecto tendiente a satisfacer la inquietud creciente de los consumidores, quienes cada vez más preguntan si el producto es obtenido en el contexto de prácticas agrícolas en armonía con la naturaleza (Abakala, 1999; Krauss, 2000). Sin duda alguna, la producción orgánica, entonces, cubre cabalmente este aspecto y tiende a cumplir con las propiedades higiénicas *per se*.

Las propiedades organolépticas están relacionadas al sabor, aroma y apariencia (forma, color, etc.), entre otros atributos (Abakala, 1999; Krauss, 2000). Cabe resaltar que algunos mercados son muy exigentes con respecto a la forma y tamaño de los productos. En este contexto, la tecnología de análisis de imágenes ha permitido facilitar el proceso de selección de productos alimenticios por color, tamaño y forma.

En resumen, la calidad de los productos alimenticios provenientes de la agricultura de cosecha depende en grado importante de una nutrición balanceada de las

plantas, la cual a su vez está en función de la fertilidad del suelo y del manejo de éste en términos de las prácticas de fertilización y abonado que se practiquen, según sea el sistema productivo.

EL CASO DEL NOPAL Y SUS DERIVADOS

La evidencia del conocimiento y uso del nopal por los primeros pobladores mexicanos se encuentra en las excavaciones de Tamaulipas y Tehuacán, Puebla, donde se encontraron semillas y cáscaras de tuna, así como fibras de pencas de nopal fosilizadas cuya antigüedad es de siete mil años (Flores-Valdés, 2003). Desafortunadamente, se ha estudiado poco el cambio de las características de los nopalitos o pencas de nopal en función de la heterogeneidad de ambientes y de la diversidad de sistemas de manejo del cultivo, aunque se sabe que por la riqueza de especies, los atributos físicos y químicos difieren entre genotipos. Por ejemplo, los nopalitos de *O. leucotricha* (nopal duraznillo) es dulzón, aspecto particular de la especie.

Valor nutritivo de nopalitos y pencas o cladodios

En los Cuadro 1 y 2 se presenta información de atributos químicos de pencas de nopal. Son material de interés desde el punto de vista industrial ya que cuando los brotes son tiernos (10-15 cm) se usan como verdura (nopalitos). Cuando están parcialmente lignificados (cladodios de 1 a 3 años) se usan para la producción de harina y otros productos.

En el Cuadro 2 se observa la variación de la composición de los cladodios de distintas edades. El análisis de la composición de tallos (suberificados), cladodios maduros (penca anual) y cladodios jóvenes (brotes) en 20 variedades de nopal. Dicha información permite acotar que: el contenido de proteínas es mayor en los brotes o renuevos; la fibra cruda aumenta con la edad del cladodio, llegando a 16.1% en los tallos suberificados, pero siendo cercana a 8%, en promedio (Flores *et al.*, 1995). Esto también lo observó Tegegne (2002) en nopales que crecen y se desarrollan en Etiopía. El contenido de cenizas no presenta la misma tendencia, pues los renuevos presentan un contenido menor de cenizas que los tallos y pencas.

La composición química de los nopalitos frescos es principalmente agua (91%) y 1.5% de proteínas; 0.2% de lípidos; 4.5% de hidratos de carbono totales; 1.3% de cenizas, de la cual 90% es calcio; además de 11 mg/100 g de vitamina C y 30 µg/100 g de carotenoides; el 1.1% de fibra hace al nopalito comparable con la espinaca (Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988).

Los nopalitos

Al igual que otras verduras, los nopalitos contienen una gran proporción de agua y son bien cotizados por su contenido en fibra; forman parte de la dieta común del pueblo mexicano y están siendo ampliamente consumidos en el sur de Estados Unidos de América por la población de ascendencia mexicana. Esta verdura, es

rica en fibra dietética y su contenido es comparable al de varias hortalizas, entre ellas la espinaca, la alcachofa, la acelga, la berenjena, el brócoli, el rábano y otras.

Cuadro 1. Composición química de pencas de nopal (*Opuntia* spp.) con base en 100 g de materia fresca (Villegas y de Gante, 1995).

Componentes	Pencas
Energía (kcal)	27.00-37.00
Proteína (g)	1.10-1.70
Extracto Etéreo (g)	0.40
Hidratos de carbono (g)	5.60-8.80
Cenizas (g)	0.90
Calcio (mg)	93.00-110.00
Fósforo (mg)	20.00
Hierro (mg)	0.50
Vitamina A (µg eq)	41.00-50.00
Tiamina (mg)	0.04
Riboflavina (mg)	0.04
Niacina (mg)	0.20
Ácido ascórbico (mg)	19.00

Cuadro 2. Composición química de cladodios de distintas edades (porcentaje materia seca).

Edad (años)	Descripción	Proteína	Grasa	Cenizas	Fibra cruda	Extracto no nitrogenado
0.5	Renuevos nopalitos	9.4	1.00	21.0	8.0	60.6
1	Penca	5.4	1.29	18.2	12.0	63.1
2	Penca	4.2	1.40	13.2	14.5	66.7
3	Penca	3.7	1.33	14.2	17.0	63.7
4	Tallos suberificados	2.5	1.67	14.4	17.5	63.9

Fuente: López *et al.* (1977) citados por Pimienta (1990).

Muñoz de Chávez *et al.* (1995) consignaron que, al igual que otras hortalizas, los nopales tienen un alto contenido de agua (90.1%), bajo contenido de lípidos, hidratos de carbono y proteínas, así como un alto contenido de fibra (0.3; 5.6; 1.7 y 3.5%, respectivamente). Los nopalitos son ricos también en minerales, entre ellos el calcio y el potasio (93 y 166 mg/100 g), respectivamente; y tienen bajo contenido de sodio (2 mg/100 g), lo que es una ventaja para su consumo por seres humanos. Sin embargo, McConn y Nakata (2004) señalan que el calcio presente no está disponible para su aprovechamiento por el cuerpo humano, ya que se encuentra en forma de cristales de oxalato de calcio. También tienen cantidades moderadas de carotenoides (30 µg/100 g) y de vitamina C (11 mg/100 g) (Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988).

Cantwell (1999) indica que se puede comparar el valor nutritivo de los nopalitos frescos con el de la lechuga o de la espinaca, con la ventaja de que pueden ser

producidos en forma rápida y abundante por plantas expuestas a altas temperaturas y con poca agua, condiciones en general desfavorables para la producción de hortalizas de hoja (Cantwell, 1999).

Propiedades funcionales de los cladodios

Los compuestos funcionales son aquellos que tienen efectos beneficiosos para la salud. Tanto los frutos como los cladodios son una fuente interesante de tales componentes, entre los que destacan la fibra, los hidrocoloides (mucílagos), los pigmentos (betalaínas y carotenoides), los minerales (calcio, potasio), y algunas vitaminas como la vitamina C, importante por sus propiedades antioxidantes. Todos estos compuestos son muy apreciados como parte de una dieta saludable y como ingredientes para el diseño de nuevos alimentos (Sáenz, 2004). Los alimentos funcionales se definen como 'alimentos o bebidas que proporcionan un beneficio fisiológico, que fortalece la salud, ayuda a prevenir o tratar enfermedades o mejora el rendimiento físico o mental por la adición de un ingrediente funcional, por la modificación de un proceso o por el uso de la biotecnología' (Sloan, 2000). Entre los compuestos funcionales del nopal, la fibra dietética es el componente más estudiados desde el punto de vista de la nutrición y la relación que existe entre fibra y salud. Por ejemplo, para el control del colesterol y prevención de algunas enfermedades como diabetes y obesidad (Hollingsworth, 1996; Grijspaardt-Vink, 1996; Sloan, 1994).

La fibra dietética está constituida por diferentes componentes resistentes a las enzimas digestivas, entre ellos la celulosa, la hemicelulosa y la lignina (Spiller, 1992; Periago *et al.*, 1993). Según su solubilidad en agua, la fibra se clasifica en soluble e insoluble; la primera la conforman los mucílagos, las gomas, las pectinas y las hemicelulosas; la insoluble es principalmente celulosa, lignina y una gran fracción de hemicelulosa (Atalah y Pak, 1997). Estas fracciones de fibra tienen efectos fisiológicos distintos. La fibra soluble se asocia con la reducción de los niveles de glucosa y colesterol, así como con la estabilización del vaciamiento gástrico; mientras que la fibra insoluble se relaciona con la capacidad de retención de agua (aumento del peso de las heces), el intercambio iónico, la absorción de ácidos biliares, los minerales, las vitaminas e interacciona con la flora microbiana.

Los cladodios son una fuente importante de fibra, de calcio y de mucílagos; los tres son componentes necesarios para integrar una dieta saludable (Sáenz, 2004). La presencia de polifenoles, aunque son antioxidantes, causan oscurecimiento lo que genera problemas en algunos procesos de conservación de estos productos (Rodríguez-Félix, 2002). Debido al tipo de metabolismo con base en el ácido crasuláceo, los nopalitos presentan una acidez variable durante el día. Ello debe ser tomado en cuenta para definir el momento de la cosecha, ya que habrá que conjugar el efecto de la acidez en los procesos de conservación con la aceptación de los productos por parte de los consumidores.

POTENCIAL DE LA UTILIZACIÓN INTEGRAL DEL NOPAL

Los nopales son dignos de ser considerados para la industrialización. Entre los alimentos elaborados con base en los cladodios se encuentran: encurtidos, jugos, mermeladas y productos mínimamente procesados, entre otros. Además, en las pencas de nopal existen valiosos y atractivos compuestos funcionales que pueden ser extraídos y utilizados para formular y enriquecer nuevos alimentos; para formar parte de la cada vez más cotizada gama de aditivos naturales (gomas, colorantes) en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética; para formular suplementos alimenticios ricos en fibra o con fines de control de la diabetes o la obesidad, entre otros. También es importante el uso indirecto de la planta como hospedero de la cochinilla del carmín para producir colorantes naturales. La posibilidad de utilización integral de esta especie es de especial atractivo e interés. Enseguida se enumera una serie de sectores industriales que pueden obtener y/o beneficiarse con productos obtenidos a partir de los nopales:

- agroindustria de alimentos y bebidas para consumo humano (producción de diversos alimentos, bebidas alcohólicas y analcohólicas de tuna y nopalitos);
- agroindustria de alimentos para animales (suplementos y piensos de cladodios y de desechos de la industria procesadora de tuna, como las cáscaras y semillas);
- industria farmacéutica (protectores gástricos de extractos de mucílagos; cápsulas y tabletas de polvo de nopal);
- industria cosmética (cremas, champúes, lociones de cladodios);
- industria de suplementos alimenticios (fibra y harinas de cladodios);
- industria productora de aditivos naturales (gomas de cladodios; colorantes de la fruta);
- sector de la construcción (compuestos ligantes de los cladodios);
- sector energético (producción de biogás a partir de las pencas);
- sector productor de insumos para la agricultura (productos del nopal como mejoradores del drenaje de suelos);
- sector turismo (artesanías en base a cladodios lignificados);
- industria textil (uso de colorantes naturales como el carmín de cochinilla).

Los cladodios son una fuente importante de fibra, la que se obtiene al secarlos y molerlos para obtener polvo. Este polvo o harina se destina a las industrias de alimentos, complementos alimenticios y farmacéutica. Las tabletas y cápsulas de nopal se encuentran en el mercado mexicano desde hace años y se ofrecen como un modo de controlar la obesidad y la diabetes. En México se efectuaron, en el decenio de 1980, numerosos estudios al respecto, tanto en *Opuntia ficus-indica* como en *O. streptacantha*. Uno de los trabajos publicados con relación al control de la diabetes se refiere a una evaluación del consumo de cápsulas comerciales de cladodios de *Opuntia-ficus indica* deshidratados. Ello se hizo en pacientes con *Diabetes Mellitus* (Fрати-Munari *et al.*, 1992); los resultados indican que las dosis recomendadas (30 cápsulas diarias) son imprácticas para lograr un efecto positivo a largo plazo. Varios estudios de estos y otros autores indican resultados variables dependiendo de las dosis, el modo de ingerir el producto y el tipo de *Opuntia* que se utiliza; aparentemente son superiores los resultados logrados con *Opuntia*

streptacantha. Trejo-González *et al.* (1996) confirmaron evidencias de la acción hipoglucemiante de los cladodios de *Opuntia fulginosa*. A la fecha no se dispone de resultados concluyentes sobre el mecanismo de acción y el agente activo con efecto hipoglucemiante.

Varios autores han encontrado otros efectos fisiológicos, que sugieren nuevos productos farmacéuticos con base en extractos de cladodios y de la cáscara de los frutos: Galati *et al.* (2002) acerca del poder protector de la mucosa gástrica, mediante el cual se podrían prevenir las úlceras gástricas; Loro *et al.* (1999) sobre la actividad antiinflamatoria de un extracto de cladodios; Lee *et al.* (2002) acerca de la actividad antioxidante; Ahamd *et al.* (1996) estudiaron las propiedades antivirales de un extracto de *Opuntia streptacantha*. Un producto elaborado en Estados Unidos de América, calificado como un suplemento de la dieta y elaborado con base en un extracto deshidratado de la cáscara de frutos de *Opuntia ficus-indica*, en forma de gelatina, actúa moderadamente sobre los efectos posteriores a la ingestión de alcohol (Wiese *et al.*, 2004). Este aspecto de los nopales es de especial interés médico para la humanidad.

Por otro lado, los mucílagos se presentan tanto en los cladodios como en la cáscara y pulpa de la fruta, aunque en muy diversas proporciones. Sáenz y Sepúlveda (1993) indicaron que el rendimiento en todos los casos es bajo: 0.5% en la cáscara y 1.2% en los cladodios. Estos hidrocoloides son interesantes porque se pueden extraer de las pencas maduras o de pencas provenientes de la poda de plantas. Estos hidrocoloides pueden ser agentes espesantes de amplio uso en la industria de alimentos y farmacéutica. Su viscosidad está siendo estudiada (Cárdenas *et al.*, 1997; Medina-Torres *et al.*, 2000; Goycoolea *et al.*, 2000; Medina-Torres *et al.*, 2003) con resultados interesantes, por lo que podría competir con gomas que ya están en los mercados (goma garrofín y el guar).

Rwashda, citado por Garti (1999), ha estudiado la capacidad como agente emulsionante de la goma o mucílago de *Opuntia ficus-indica* y encontró que:

1. reduce la tensión superficial e interfacial;
2. estabiliza emulsiones del tipo aceite-agua;
3. forma gotas de aceite pequeñas;
4. absorbe hacia la interfase aceite-agua y no contribuye a la viscosidad de los sistemas; y
5. los sistemas no floculan.

Espinosa (2002) demostró que estudió la adición de dispersiones de mucílago de nopal, en distintas concentraciones (0.5 y 0.8%), a espumas elaboradas con clara de huevo aumenta la estabilidad con respecto a un control sin adición de mucílago. Este tipo de ingredientes mejoran la textura y estabilizan las emulsiones, controlan la cristalización, estabilizan suspensiones, inhiben la sinéresis y crean películas comestibles. Algunos de ellos tienen la capacidad de formar geles.

Se creía que las gomas o hidrocoloides no contribuyen para mejorar el valor nutritivo de los alimentos. Por lo tanto, no se incrementaban calorías, ni aportaban sabor y aroma a los productos a los que se adicionaban. Hoy se considera que la fibra insoluble de los alimentos no contribuye con calorías, pero la fibra soluble contribuye al valor calórico de los alimentos en forma variable. E fin, la adición de fibra insoluble a los alimentos es un modo de reducir el aporte energético de los alimentos (Nelson, 2001).

Desde hace siglos se conocen otros usos del mucílago del nopal. Un ejemplo es la utilización de las pencas en la clarificación de aguas (López, 2000), su adición a la cal como adherente de la pintura (Ramsey, 1999) o su introducción en el suelo para aumentar la infiltración de agua (Gardiner *et al.*, 1999).

Los principales productos de la industria alimentaria asociada al nopal en el Sur de Estados Unidos de América y México son los nopalitos (nopal verdura) preparados en salmuera o en escabeche, salsas de nopalito, otros alimentos con nopalitos, mermeladas y dulces de nopalito, bebidas y harina de nopal. Los nopalitos en salmuera o escabeche son los de mayor antigüedad, su producción industrial se inició en el decenio de 1970 y son los productos más importantes debido a los volúmenes procesados y consumidos. Las salsas de nopalitos son productos elaborados a base de nopalitos molidos con adición de chiles, tomate, cebolla, vinagre y especias en diferentes proporciones y, en ocasiones, con la adición de un conservante. El cocimiento de los nopalitos antes del envasado es opcional. Los ingredientes varían; algunas empresas adicionan otros vegetales o ingredientes, como vino blanco, concentrado de limón u otros. Las salsas pueden presentarse con nopalitos en trozos o molidos, según sea la preferencia del mercado al que se destina.

En México ha surgido una serie de alimentos procesados con base en el nopal:

- nopalitos en salsa: son nopalitos enlatados con diversas salsas, como nopalitos en salsa de chile o ají picante;
- paté de nopal con soya: es un puré de nopalitos con soya texturizada y saborizada a carne de res o pollo (se envasa en frascos);
- nopalitos con atún: es la ensalada 'Azteca' que contiene atún, frijoles, nopalitos y chiles o ajíes picantes tipo jalapeño (se enlata);
- nopalitos en salsa, con atún, champiñones, embutidos o verduras, ;
- cereal con nopal, es un peletizado de harina y salvado de trigo y polvo de nopal deshidratado, con maltodextrinas, cuyo principal aporte es fibra hidrosoluble (envasado en polietileno y cajas de cartón); y
- harina de cereal y nopal (polvo fino, resultado de la molienda del nopal deshidratado y de granos de cereales, cernido para separar el salvado), el nombre de harina es dado por extensión a muchas materias finamente pulverizadas.

La harina de nopal se obtiene por deshidratación y molido de los cladodios, previamente desespinados, lavados y cortados. Se usa en las industrias del pan, galletas y pastas, así como para elaborar fibras dietéticas peletizadas. Esta última

aplicación es interesante porque las fibras de tipo soluble representan la posibilidad para mejorar los procesos digestivos de las personas afectadas por estreñimiento.

Cladodios mínimamente procesados

Los productos mínimamente procesados se preparan y manejan para mantener su condición fresca y al mismo tiempo proveer de ventajas al consumidor final. Son más caros que los productos a granel, pero a menudo son más económicos debido al menor consumo de energía y al mejor uso de la materia prima. Los productos mínimamente procesados también se conocen como 'productos cortados frescos', 'ligeramente procesados', 'parcialmente procesados', 'procesados frescos' o 'pre-preparados'.

La preparación de los productos mínimamente procesados, implica operaciones de limpieza, lavado, recortado, rebanado y cortado en tiras, entre otros. Los consumidores esperan que los productos mínimamente procesados sean visualmente aceptables y apetitosos. Los vegetales mínimamente procesados presentan por lo general mayores tasas de respiración que los productos originales, lo que indica un metabolismo más activo y, por lo general, una tasa de deterioro más acelerada. El incremento de la demanda de oxígeno debido a las mayores tasas de respiración, implica la necesidad de películas (u otros materiales) de empaque con suficiente permeabilidad al oxígeno para prevenir la fermentación y malos olores. La selección de la película plástica como material de empaque implica el logro de un balance entre la demanda de oxígeno del producto (consumo de oxígeno por respiración) y la permeabilidad de la película al oxígeno y al bióxido de carbono.

Las películas se seleccionan con base en la tasa de transmisión de oxígeno (expresada en unidades de $\text{ml m}^{-2}\text{día}^{-1} \text{atm}^{-1}$). En la selección de la película de empaque es necesario considerar varios factores inherentes al producto: la tasa de respiración y específicamente la tasa respiratoria del mismo producto pero cortado, la cantidad de producto, y las concentraciones de equilibrio de O_2 y CO_2 . Las características de la película plástica que se necesitan considerar incluyen:

- 1) la permeabilidad al O_2 , al CO_2 y al agua de un determinado tipo y espesor de película plástica y a una determinada temperatura;
- 2) el área superficial total del empaque sellado; y
- 3) el volumen libre dentro del empaque.

El daño físico y las lesiones causadas por la manipulación incrementan la respiración y la producción de etileno en pocos minutos, con incrementos asociados de otras reacciones bioquímicas responsables de cambios en color (incluyendo el oscurecimiento), de sabor, de textura y de calidad nutricional (contenido de azúcares, ácidos y vitaminas). El grado de procesamiento y la calidad del equipo (e. g. 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 mínimamente procesados se requiere la conservación en frío con un

estricto control de temperatura. En general, todos los productos mínimamente procesados se deben almacenar dentro del rango de 0-5 °C para mantener su calidad, seguridad y vida de anaquel y dentro de lo posible a 0 °C.

Las atmósferas con poco contenido de oxígeno (1%) tienen poco efecto en el crecimiento de hongos y bacterias. Para tener efectividad en el control del crecimiento microbiano se necesitan niveles de concentración de CO₂ de 5-10%. Grandes concentraciones de CO₂ pueden afectar indirectamente el crecimiento microbiano retardando el deterioro (ablandamiento, cambios en la composición) del producto. Las atmósferas con alta concentración de CO₂ pueden tener un efecto directo al reducir el pH celular y afectar el metabolismo de los microorganismos. Los hongos son muy sensibles a la concentración de CO₂, mientras que las levaduras son resistentes. Las atmósferas modificadas pueden prolongar la vida de anaquel de los productos cortados frescos reduciendo el deterioro causado por microorganismos comunes. Sin embargo, los microorganismos, como *Listeria monocytogenes* que no provocan síntomas evidentes de deterioro, se desarrollan a niveles altos al final de la vida visual de anaquel en productos empacados con atmósferas modificadas.

Rodríguez-Félix y Soto-Valdez (1992) estudiaron el comportamiento de nopalitos mínimamente procesados, envasados en bolsas de polietileno de alta y baja densidad (HDPE y LDPE), con y sin vacío y en almacenamiento a diferentes temperaturas (5 y 20 °C. La permeabilidad de estas películas era para el LDPE 3.367 ml O₂ m⁻²día⁻¹ atm⁻¹ y para el HDPE 3.626 ml O₂ m⁻²día⁻¹ atm⁻¹, la primera con un espesor de 0.057 mm y la segunda de 0.0273 mm. Los cambios en la calidad de los nopalitos indican que se produce un oscurecimiento superficial, exudación de mucílago y un cambio de color de la superficie desde un verde brillante a un verde-pardo que limita la vida de anaquel a 1-3 días a 20 °C y a 6-8 días a 5 °C. Para mejorar la vida útil de almacenamiento de nopalitos mínimamente procesados, Cantwell (1999) recomienda mantener limpia y seca la superficie cortada y almacenar los trozos a bajas temperaturas (0 a 5 °C).

Jugos y bebidas

El jugo de nopal es el extracto obtenido de la molienda y prensado de los nopalitos. El proceso de obtención del jugo de nopal consiste en moler en un equipo industrial o doméstico (licuadora) los nopalitos previamente desespinaados y cortados; para facilitar el proceso se adiciona agua y el licuado obtenido se filtra para separar los sólidos en suspensión del líquido. En México el jugo de nopal es producido a manera de mezcla con jugo de guayaba y se comercializa en el mercado nacional y de exportación. Además, se encuentra en el mercado un producto denominado 'agua de nopal', bebida elaborada con jugo de nopal y azúcar.

Otros productos de interés son los jarabes de nopal que se elaboran con base en jarabe de sacarosa (55-75 °Brix) y jugo de nopal. En Texas, Estados Unidos de América, existe una empresa que produce jarabes de zarzamora y arándano, adicionándoles mucílago de nopal.

Mermeladas y dulces

La mermelada se elabora con base en nopalitos molidos y cocidos, con una concentración variable de azúcar, pectina y conservadores. Su procesamiento consiste en picar el material previamente escaldado y después someterlo a cocción y a molienda; luego se calienta para agregar gradualmente el azúcar a partir del punto de ebullición. Antes de terminar de agregar el azúcar se adiciona pectina, benzoato de sodio y ácido cítrico en diferentes proporciones, se mezcla y se termina de agregar el azúcar. La mezcla se calienta hasta una concentración de 65 °Brix y la pectina se agrega disuelta en un jarabe. Si no hay una buena formación de gel, se puede incrementar la relación pectina-ácido cítrico.

En México se han efectuado pruebas de elaboración de mermelada de nopal con distintas proporciones de tejocote (*Crataegus pubescens*), lográndose con una proporción nopal:tejocote de 4:1 una formulación agradable, con buena gelificación y un aw de 0.895. De modo similar a lo señalado anteriormente, se adiciona ácido cítrico hasta pH 3.2, pectina y se concentra hasta 65 °Brix. La aceptación del producto fue superior al 95% en aroma, sabor, apariencia y textura (Sánchez *et al.*, 1990).

Otro tipo de productos son los llamados 'dulces de nopalito', en los que se incluyen los cristalizados o confitados; todos estos productos, con algunas variantes, se obtienen luego de un proceso cuyo ingrediente principal es el azúcar, con la adición en algunos casos de otros alimentos como los frutos secos. La diversidad de dulces de nopal es muy grande: caramelos, jaleas, gomitas, laminillas, confitados, palanquetas de nuez con mucílago de nopal y almíbares.

Para elaborar nopal cristalizado se usan nopalitos desespinaados, lavados con agua y cortados en porciones rectangulares de aproximadamente 1 cm de lado; luego se escaldan a 80 °C (2 minutos) con la finalidad de detener la actividad enzimática, reblandecer los tejidos, eliminar el mucílago y permitir una mejor absorción de azúcar. Para proveer consistencia a los nopalitos, éstos se tratan previamente con una solución de hidróxido de calcio al 5% durante 24 horas, después se lavan con agua corriente para eliminar la cal y se escurren. Después se someten a un tratamiento de deshidratación osmótica, para lo cual se prepara un jarabe de 60 °Brix a 20 °C y se agrega una hoja de higuera (15 g). Los nopalitos se agregan al jarabe para someterlos a un tratamiento térmico de 80 °C durante 20 minutos al término del cual los nopalitos se retiran del jarabe y se incrementa su concentración hasta 70 °Brix; enseguida se colocan nuevamente los nopalitos en el jarabe y se calientan a 50 °C durante tres horas. Posteriormente se retiran los nopalitos del jarabe y se secan en bandejas con aire forzado a 75 °C. Finalmente, los nopalitos se someten a un proceso de ambientación a 40 °C para evitar la exudación dentro del envase.

Nopalitos en escabeche y en salmuera

El procesamiento de los nopalitos se inicia con la recepción y el acondicionamiento de la materia prima. Los nopalitos deben ser de la mejor calidad ya desespinaados. El acondicionamiento consiste básicamente en escaldar

y lavar los nopalitos, con el propósito de inactivar las enzimas y destruir los microorganismos que pudieran estar presentes, ablandar el producto y eliminar parte del mucílago (Sáenz *et al.*, 2002a). El escaldado se puede hacer pasándolo por un cilindro con vapor durante 10 minutos o directamente, sometiendo el nopalito a cocción, hirviéndolo en agua durante 30 minutos. Es importante ajustar el tiempo y la temperatura de proceso a las características de la variedad de nopalito de que se disponga (Sáenz *et al.*, 2002a). El nopalito del nopal silvestre como el tapón (*Opuntia robusta*) soporta mayores temperaturas y tiempo de cocción que el nopalito cultivado, como el de la variedad 'Milpa Alta' (*Opuntia ficus-indica*) (Corrales y Flores, 2003). Al final, el producto se sumerge en agua fría y limpia, lo que implica un choque térmico que fija el color verde característico de los nopalitos preparados y, con ello, se elimina el mucílago adherido (Corrales-García, 1998).

Nopalitos en escabeche

Son nopalitos escaldados y conservados en vinagre, aromatizados con especias con un máximo de 2% de ácido acético, solos o combinados con verduras y/o condimentados. El proceso consiste básicamente en cortar o picar (manual o mecánicamente) los nopalitos previamente acondicionados (limpios y desespinaados), de tal forma que se obtengan las mismas presentaciones de los nopalitos en salmuera; a la par se prepara el escabeche, que es una mezcla de vinagre (1.8 al 2.0% de ácido acético), plantas aromáticas y aceite. El vinagre se calienta hasta ebullición, se le adicionan las especias, directamente o dentro de una bolsa de tela, dejando hervir cinco minutos más para que el vinagre se aromatice.

El *acitronado* consiste en freír en aceite porciones de cebolla y zanahoria picadas, ajos pelados y hojas de laurel. Se mezclan los nopalitos, el escabeche y el acitronado y se agregan chiles y cilantro. El producto se envasa en frascos que luego se esterilizan en autoclave o en baño maría, se enfrían, se escurren hasta secarse y luego se etiquetan (Corrales y Flores, 2003).

En el mercado mexicano se puede encontrar una gran variedad de nopalitos en escabeche; existen actualmente más de 25 marcas diversas, las que se elaboran con diferentes especias y se ofrecen envasadas en bolsas plásticas, en latas o en frascos. En Texas (Estados Unidos de América) también se prepara este tipo de productos, el que se presenta como *Sweet & hot cactus* o *Kosher dill cactus*. Varias presentaciones comerciales de nopalitos en escabeche incluyen en su etiqueta la información nutricional correspondiente.

Nopalitos en salmuera

Son nopalitos escaldados y conservados en solución salina (máximo 2% de NaCl). En el proceso de producción se utilizan nopalitos ya acondicionados. Pueden salarse con salmuera al 12%. Los nopalitos pueden permanecer en estos recipientes desde 10 días durante varios meses. En tal período es aconsejable mantener la concentración de la salmuera, agitarla diariamente y tapar bien los

recipientes para evitar contaminación y la decoloración del producto por acción de la luz.

El producto se desala por medio de lavados, luego se selecciona, se pica (corte en tiras, cuadros) y se envasa en frascos, bolsas de polietileno, latas o cubetas de plástico, adicionando algunas especias y líquido de cobertura (salmuera al 2%) y, en ocasiones, conservante. El producto también puede comercializarse a granel, sin desalar (Corrales y Flores, 2003). Los productos son de apariencia muy variable y abundan aquellos que han perdido el color verde brillante original de los nopalitos debido a la degradación de la clorofila por los tratamientos térmicos o la acidificación a que se ha sometido el producto. Por ello, algunas investigaciones apuntan a mejorar este aspecto (Montoya *et al.*, 2001), introduciendo algunas variantes a los procesos de obtención tradicionales.

Existen más de 20 marcas de nopalitos en salmuera. La presentación es en frascos de vidrio y latas.

Tortilla de nopal

En México, en el año 2003 se encontró en el mercado la oferta de tortillas con una proporción de harina de nopal (o de nopal fresco) agregada a la tradicional harina de maíz con la que se elaboran estos productos que son de consumo masivo en el país. El producto elaborado con nopal fresco ha tenido buena aceptación en el país y actualmente se comercializa en varios estados de México (Aguascalientes, Jalisco, Nuevo León, Zacatecas).

REFERENCIAS

- Abakala, J. A. 1999.** Assuring food quality and safety: Back to the basis-quality control throughout the food Chain. FAO/WHO/WTOP Conf. on Int. Food Trade beyond 2000. Melbourne, Australia. 11-15, Oct. 1999.
- Ahamd, A., Davies, J., Randall, S. y Skinner, G. R. B. 1996.** Antiviral properties of extract of *Opuntia streptacantha*. *Antiviral Res.* 30:75-85.
- Albornoz, N. 1998.** Formulación de una crema de verduras con adición de fibra dietética de nopal. Memoria para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile.
- Atalah, E. y Pak, N. (1997).** Aumente el consumo de verduras, frutas y legumbres. pp. 79-89 *In:* C. Castillo, R. Uauy, y E. Atalah, eds., Guías de alimentación para la población chilena. Santiago.
- Barbosa-Cánovas, G., Fernández-Molina, J. J., Alzamora, S.M., Tapia, M. López-Malo, A. y Welti, J. 2003.** Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas. *FAO Agricultural Services Bulletin*, 149. Roma.
- Bravo H., H. 1978.** Las cactáceas de México. Vol. 1, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 743 p.
- Calvo, C. 1989.** Otros sistemas de medida: Hunter, Munsell, etc. Pp. 36-47. *In:* El color en alimentos:medidas instrumentales. *In:* C. Sáenz y E. Loyola. Eds.

- Publ. Misc. Agr. No. 31. Univ. De Chile. Fac. de ciencias Agrarias y Forestales. Santiago.
- Cantwell, M.** 1999. Manejo postcosecha de tunas y nopalitos. pp. 126-143. *In: G. Barbera, P. Inglese y E. Pimienta, eds. Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal*, 132. Roma.
- Cantwell, M. y Suslow, T.V.** 2002. Postharvest handling systems: Fresh-cut fruits and vegetables. pp. 445-463. *In: A.A. Kader (Technical editor). Postharvest technology of horticultural crops. Pub 3311. University of California Agricultural and Natural Resources.*
- Cárdenas, A., Higuera-Ciapara, I. y Goycoolea, F.** 1997. Rheology and aggregation of cactus (*Opuntia ficus-indica*) mucilage in solution. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 2 : 152- 159.
- Corrales, J.** 1994. Calidad y normas de los frutos. *In: A. Villegas M. y otros, eds. Memoria de la reunión: Frutales nativos e introducidos con demanda nacional e internacional. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México: 223-234.*
- Corrales-García, J.** 1998. Industrialization of prickly pears pads («nopalitos»). pp. 25-32. *In: C. Sáenz, ed. Proceedings Internacional Symposium on Cactus pear and nopalitos processing and uses. Universidad de Chile and FAO International Cooperation Network on Cactus Pear. Santiago.*
- Corrales, J. y Flores, C. A.** 2003. Tendencias actuales y futuras en el procesamiento del nopal y la tuna. pp: 167-215. *In: Flores V. C. A., ed. Nopalitos y tunas, producción, comercialización, poscosecha e industrialización. 1ª Ed. Universidad Autónoma Chapingo, CIESTAAM. México.*
- Corrales-García, J., Ayala-Valencia, G., Franco-Espinosa, A. M. y García Olivares, P.** 2004. Procesamiento mínimo de tuna y nopal verdura. pp. 4-21. *In: Memorias. X Congreso Nacional y VIII Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Chapingo, México.*
- Espinosa, S.** 2002. Estudio de algunas características físicas de hidrocoloides provenientes de semilla de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz) y de cladodios de nopal (*Opuntia ficusindica* (L.) Mill). Tesis para optar al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales. Universidad de Chile. Santiago.
- FAO. 2000.** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 22ª Conferencia Regional de la FAO para Europa. Oporto, Portugal.
- FAO. 2003.** Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas: un enfoque práctico. Manual para multiplicadores. Roma.
- FAO/OMS. 2003.** *Códex Alimentarius*. FAO-OMS. CAC/RCP 1- 1969, Rev 4, 2003.
- Flores-Valdez, C. A.** 1999. Producción, industrialización y comercialización de Nopalitos. pp. 97-105. *In: Barbera, G., Inglese, P y Pimienta-Barrios, E, eds. Agroecología, Cultivo y Usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal*, 132. Roma.
- Flores-Valdez, C.** 2003. Importancia del nopal. pp. 1-18. *In: C. A. Flores Valdez, ed. Nopalitos y tunas, producción, comercialización, poscosecha e*

- industrialización. 1ª Ed. Universidad Autónoma Chapingo, CIESTAAM. México.
- Flores, H. A., Murillo, M., Borrego, F., y Rodríguez, J. L.** 1995. Variación de la composición química de estratos de la planta de 20 variedades de nopal. p. 110-115. *In: Memorias. VI Congreso Nacional y IV Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del nopal.* Guadalajara, México.
- Fontanot, M.** 1999. Elaboración de galletas de avena con adición de harina de nopal rica en fibra dietética. Tesis para optar al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago.
- Frati-Munari, A., Vera Lastras, O. y Ariza Andraca, C.R.** 1992. Evaluación de cápsulas de nopal en *Diabetes Mellitus*. *Gaceta Médica de México*. 128 (4): 431-436.
- Galati, E. M., Pergolizzi, N., Monforte, M. T. y Tripodo, M. M.** 2002. Study on the increment of the production of gastric mucus in rats treated with *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Cladodes. *J. Ethnopharmacol.* 83: 229-233.
- Gardiner, D., Felker, P. y Carr, T.** 1999. Cactus extract increases water infiltration rates in two soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30 (11&12): 1707-1712.
- Garti, N.** 1999. Hydrocolloids as emulsifying agents for oil-in-water emulsions. *J. Disper. Sci. Technol.* 20(1&2):327-355.
- Goycoolea, F. M., Cárdenas, A., Hernández, G., Lizardi, J. Álvarez, G., Soto, F. J., Valdéz, M., Rinaudo, M., Milas, M. y Hernández, J.** 2000. Polisacáridos aislados del mezquite y otras plantas del desierto. pp 245-260. *In: Memorias del II Simposium Internacional sobre la Utilización y Aprovechamiento de la Flora Silvestre de Zonas Áridas.* Hermosillo, Sonora, México.
- Grijspaardt-Vink, C.** 1996. Ingredients for healthy foods featured at European expo. *Food Tech.* 2: 30.
- Hollingsworth, P.** 1996. Food trends: diversity and choice dominate. *Food Tech.* 5: 40.
- Hunter, R. S. y Harold, R. W.** 1988. The measurement of appearance. 2nd. Edition. John Wiley & Sons, New York, Estados Unidos de América.
- Kader, A.A. y Rolle, R.S.** 2004. The role of post-harvest management in assuring the quality and safety of horticultural produce. *FAO Agricultural Services Bulletin* 152. Roma.
- Krauss, A.** 2000. Quality production at balanced fertilization: the key for competitive marketing crops. 12th CIEC International Symposium on Role of Fertilizers in Sustainable Agriculture. Suceava, Romania. 21-22, Aug. 2000.
- Lecaros, M.** 1997. Caracterización de harina de cladodio de nopal (*Opuntia ficus-indica*). Memoria para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales. Universidad de Chile. Santiago.
- Lee G. C., Kim H. R. y Jang Y.S.** 2002. Antioxidant property of an ethanol extract of the stem of *Opuntia ficus-indica* var. *Saboten*. *J. Agric. Food Chem.* 50, 6490-6496.
- López, E.** 2000. Utilización de productos naturales en la clarificación de aguas para consumo humano. Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería Química. ISPJAE. Universidad de la Habana. La Habana.

- Loro, J. F., Del Río, I. y Pérez-Santana, L.** 1999. Preliminary studies of analgesic and anti-inflammatory properties of *Opuntia dillenii* aqueous extract. *J. Ethnopharmacol.* 61:213-218.
- McConn M., Nakata A.** 2004. Oxalate reduces calcium availability in the pads of prickly pear cactus through formation of calcium oxalate crystals. *J. Agric. Food Chem.* 52, 1371-1374.
- Medina-Torres, L., Brito-De la Fuente, E., Torrestiana-Sánchez, B. y Katthain, R.** 2000. Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus-indica*). *Food Hydrocoll.* 14: 417-424.
- Medina-Torres, L., Brito-De la Fuente, E., Torrestiana-Sánchez, B. y Alonso, S.** 2003. Mechanical properties of gels formed by mixtures of mucilage gum (*Opuntia ficus-indica*) and carrageenans. *Carbohydr. Polym.* 52:143-150.
- Montoya, L. C. Sepúlveda, E. Sáenz, C. y Robles, L.** 2001 Cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica*) cultivated in Chile: a potential source for a brined product. p. 57. *In: Book of Abstracts 2001 IFT Annual Meeting.* New Orleans, Louisiana, Estados Unidos de América.
- Muñoz de Chávez, M., Chávez, A., Valles, V. y Roldán, J. A.** 1995. The nopal: a plant of manifold qualities. *World Rev. Nutr. Diet.* 77:109-134.
- Nelson, A.** 2001. High-fiber ingredients. Eagan Press Handbook Series. Eagan Press St. Paul, Minnesota. Estados Unidos de América.
- Nobel, P., Cavellier, J. y Andrade, J. L.** 1992. Mucilage in cacti: its apoplastic capacitance, associated solutes, and influence on tissue water relations. *J. Experim. Botany* 43 (250): 641 - 648.
- Periago, M.J., Ros, G., López, G., Martínez, M. C., y Rincón, F.** 1993. The dietary fiber components and their physiological effects. *Revta. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.* 33 (3): 229-246.
- Pimienta, E.** 1990 El nopal tunero. Universidad de Guadalajara, México.
- Ramsey, J. E.** 1999. Evaluación del comportamiento del adobe estabilizado con cal y goma de tuna. Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional Agraria. La Molina. Lima.
- Rodríguez, D.** 1999. Desarrollo de una bebida pasteurizada a base de nopal. pp. 75-76. *In: Aguirre, J. R., Reyes, J. A. Memoria. VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal.* San Luis Potosí, México.
- Rodríguez-Félix, A. y Cantwell, M.** 1988. Developmental changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). *Plant Foods Hum. Nutr.* 38: 83-93.
- Rodríguez-Félix, A., y Soto-Valdez, H.** 1992. Quality changes of diced nopal during storage in polyethylene bags. pp. 22-25. *In: Felker, P y Moss, J, eds. 3rd. Annual Texas Prickly Pear Council Convention Proceedings.* Kingsville, Texas. Estados Unidos de América.
- Rodríguez-Félix, A. y Villegas-Ochoa, M.** 1997. Quality of cactus stems (*Opuntia ficus-indica*) during low temperature storage. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 2: 142-151.
- Rodríguez-Félix, A.** 2002. Postharvest physiology and technology of cactus pear fruits and cactus leaves. *Acta Hort.* 581: 191-199.

- Sáenz, C.** 1997. Cactus cladodes: a source of dietary fiber. *J. Profess. Assoc. Cactus Develop.* 2: 117-123.
- Sáenz, C.** 2004. Compuestos funcionales y alimentos derivados de *Opuntia* spp. p. 211-222. *In:* Esparza, G., Valdez, R. y Méndez, S. eds. El Nopal, Tópicos de actualidad. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Sáenz, C. y Sepúlveda, E.** 1993. Alternativas de industrialización de la tuna (*Opuntia ficusindica*). *Alimentos* 18 (3):29-32.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E. y Moreno, M.** 1995b. Estudio de formulaciones para la obtención de mermelada de nopal (*Opuntia ficus-indica*). XI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Viña del Mar, Chile.
- Sáenz, C., Pak, N., Sepúlveda, E. y Lecaros, M.** 1997d. Caracterización de harina de cladodio de nopal. pp: 302-303. *In:* Memorias del VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Monterrey, México.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E., Albornoz, N. y Pak, N.** 1999. Vegetal soup cladodes (*Opuntia ficus-indica*) with cactus dietary fiber addition. 10th World Congress on Food Science and Technology. Sidney, Australia.
- Sáenz, C., Corrales, J. y Aquino, G.** 2002a. Nopalitos, mucilage, fiber and cochineal. pp. 211-234. *In:* P.S. Nobel (ed.) Cacti: Biology and uses. University of California, Los Angeles. Estados Unidos de América.
- Sáenz, C., Sepúlveda, E., Pak, N. y Vallejos, X.** 2002b. Uso de fibra dietética de nopal en la formulación de un polvo para flan. *Arch. Latinoam. Nutr.* 52 (4): 387-392.
- Sáenz, C., Estévez, A. M., Fontanot, M. y Pak, N.** 2002c. Oatmeal cookies enriched with cactus pear flour as dietary fiber source: physical and chemical characteristics. *Acta Hort.* 275-278.
- Sáenz C., Sepúlveda E. y Matsuhira, B.** 2004a. *Opuntia* spp. mucilage's: a functional component with perspectives. *J. Arid Environ.* 57 (3): 275-290.
- Sánchez, A., Jiménez, E. y Zárate, M. S.** 1990. Desarrollo de una mermelada de nopal adicionada de fruta. p. 291-297. *In:* Memorias. III Congreso Nacional y I Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Saltillo. México.
- Schmidt-Hebbel, H., Pennacchiotti, I. Masson, L. y Mella, M. A.** 1990. Tabla de composición química de alimentos chilenos. (8ª Ed). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Santiago.
- Sepúlveda, E., Sáenz, C. y Vallejos, M. I.** 2003b. Comportamiento reológico de néctar elaborado con hidrocoloide de nopal: efecto del tratamiento térmico. pp 269-272. *In:* Memorias. IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Zacatecas. México.
- Sloan, E.** 1994. Top ten trends to watch and work on. *Food Tech.* 7: 89-100.
- Sloan, E.** 2000. The Top Ten Functional Food. *Food Tech.* 54 (4):33-62.
- Spiller, G.** 1992. Definition of dietary fiber. pp. 15-18. *In:* Dietary Fiber in Human Nutrition. Ed. by Gene A. Spiller. CRC Handbook. 2nd Ed. Boca Ratón, Florida, Estados Unidos de América.
- Tegegne, F.** 2002. Fodder potencial of *Opuntia ficus-indica*. *Acta Hort.* 581: 343-345.

- Traill, W. B. 1999.** Prospects for the future: Nutritional, environmental and sustainable food production considerations – changes in cultural and consumer habits. FAO/WHO/WTO Conf. on Int. Food Trade beyond 2000. Melbourne, Australia, 11-15 Oct. 1999.
- Trejo-González, A., Gabril-Ortiz, G., Puebla-Pérez, A. M., Huizar-Contreras, M. D., Munguía-Mazariegos, M. del R., Mejía-Arreguín, S. y Calva, E. 1996.** A Purified Extract From Prickly Pear Cactus (*Opuntia fuliginosa*) Controls Experimentally Induced Diabetes in Rats. *J. Ethnopharmacol.* 55:27-33.
- Valdez-Cepeda, R. D., F. Blanco-Macías, B. Murillo-Amador, J.L. García Hernández, R. Magallanes-Quintanar y F.J. Macías-Rodríguez. 2004.** Advances in Cultivated Nopal (*Opuntia* spp.) Nutrition. pp. 155-166. *In:* Esparza-Frausto, G., R.D. Valdez-Cepeda y S.J. Méndez-Gallegos. 2004. El Nopal: Tópicos de Actualidad. SEDAGRO-Gobierno del Estado de Zacatecas; Fundación Produce Zacatecas, A.C.; Patronato para la Investigación Agropecuaria y Forestal en el Estado de Zacatecas, A.C.; Colegio de Postgraduados y Universidad Autónoma Chapingo. 303 p.
- Villarreal, P. 1997.** Elaboración y caracterización de confitados de cladodio de tuna (*Opuntia ficus-indica* L. Mill.). Memoria para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales. Universidad de Chile. Santiago.
- Villegas y de Gante, M. 1997.** Los Nopales (*Opuntia* spp.) recursos y símbolos tradicionales en México. pp. 271-273. *In:* Memorias. VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- Wiese, J., McPherson, S., Odden, M., Shlipak, M. 2004.** Effect of *Opuntia ficus-indica* on symptoms of the alcohol hangover. *Arch. Intern. Med.* 164:1334-1340.
- Wiley, R. C. 1997.** Frutas y Hortalizas Mínimamente Procesadas y Refrigeradas. Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España.