

**INNOVACION DE PRODUCTOS DE ALTO VALOR AGREGADO  
A PARTIR DE LA TUNA MEXICANA**

Ma. Teresa Sumaya-Martínez\*, Teodoro Suárez Diéguez, Nelly del Socorro Cruz Cansino,  
Ernesto Alanís García, José G. Sampedro<sup>a</sup>

**Innovation of high added value products using Mexican prickly pears**

**ABSTRACT**

In the world, Mexico is the major producer of prickly pears and also has the largest number in varieties. However, in addition to its highly seasonal production, prickly pears are consumed just by a small segment of the Mexican population. Therefore, the promotion of prickly pears consumption in the form of new derivative products by emphasizing its bioactive properties seems to be a possible solution to its low consumption. Recent studies from European and Asian laboratories showed that some prickly pears varieties have a significant antioxidant activity. In Mexico, prickly pears producers are looking for new ways of commercialization. In this regard, similar studies are underway surveying those varieties from the highly producing Mexican states with the goal to develop new functional products with high added value. In addition, the use of prickly pears as a raw material for the cosmetic and pharmaceutical industries is being considered and seems to be highly promising.

**Keywords:** Prickly pears, antioxidant activity, innovation, functional food.

**RESUMEN**

México es el primer productor de tuna a nivel mundial y posee diversas variedades de este fruto. Sin embargo, su consumo está limitado a un determinado segmento de la población y es estacional, lo que desincentiva el aumento de su producción. Una posible solución es la promoción del consumo de tuna por sus propiedades bioactivas en forma de productos de alto valor agregado. Estudios recientes realizados en Europa y Asia han reportado que algunas variedades de tuna de esas regiones presentan una importante actividad antioxidante. En México, se llevan a cabo estudios sobre la actividad antioxidante de las variedades de tuna que se producen en diversos estados con la finalidad de producir alimentos funcionales con un alto valor agregado; con ello se busca diversificar su comercialización e incrementar su producción. Existe además un uso potencial de la tuna como materia prima en otros ramos industriales como la cosmética y farmacéutica.

**Palabras clave:** Tuna, actividad antioxidante, innovación, alimentos funcionales.

**INTRODUCCIÓN**

La tuna es una baya ovalada con un gran contenido de semillas y de cáscara semidura con espinas. La tuna es la fruta del nopal (*Opuntia spp.*), el cual es nativo de América y propio de las regiones áridas y semiáridas del mundo. En México se reconocen alrededor de 23 variedades de tunas comestibles, agrupando a las tunas blancas, púrpuras, rojas, anaranjadas y amarillas. Las tunas de pulpa blanca y cáscara verde son las de mayor consumo, su producción en el ámbito nacional corresponde a casi el 95% de la producción total. La producción de tuna en nuestro país registra actualmente un volumen superior a las 400,000 toneladas.

Área Académica de Nutrición, Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Actopan-Tilcuautla ExHacienda la Concepción S/N, C.P. 42160, Pachuca, Hidalgo.

<sup>a</sup>Department of Molecular Cellular and Developmental Biology, University of Michigan, 830 North University, Ann Arbor, Michigan, 48109, USA.

\* Autor para la correspondencia: [teresumaya@hotmail.com](mailto:teresumaya@hotmail.com).

Las zonas de mayor producción se localizan en las regiones sur, centro y centro-norte, que incluyen Puebla, Estado de México, Hidalgo, Zacatecas, Guanajuato y San Luis Potosí. Dichos estados en conjunto aportan más del 95% de la producción nacional de tuna y la economía de muchos de sus pobladores depende en gran medida de este sector productivo. México es el principal productor de tuna en el mundo y aporta poco más del 45% de la producción mundial, sin embargo, sólo exporta el 1,5% de su producción. El principal exportador mundial es Italia, que exporta más del doble de lo que exporta México, principalmente a los mercados de Estados Unidos, Canadá y Europa. La capacidad exportadora de Italia se explica en el hecho de que este país dispone de excelentes instalaciones para el empaque y de redes de distribución bien establecidas. Por lo que es capaz de satisfacer los altos requerimientos de calidad que exigen los mercados internacionales (Mandujano *et al.*, 2002; SIAP, 2001).

Uno de los principales problemas para los productores de nopal es la estacionalidad de las cosechas; ya que la mayor parte de la tuna se cosecha en 90 días. Después de este periodo los precios se desploman a niveles incosteables para el productor. Además, en los años de alta producción suele perderse hasta un 60% de la cosecha debido principalmente a problemas de comercialización tales como: a) la falta de un mercado asegurado, b) la carencia de espacios de acopio y almacenamiento adecuados para la conservación de la tuna, c) la ausencia de infraestructura de transporte para movilizar el producto y d) la desarticulación de la cadena productiva en donde los procesos de producción y comercialización típicamente se dan por separados.

Ante este panorama, una estrategia para elevar la competitividad de la tuna mexicana en el mercado nacional e internacional, y que fomentaría la aplicación de prácticas agrícolas sustentables y sostenibles, es la innovación y creación de nuevos productos de alto valor agregado. Lo cual puede lograrse determinando las propiedades nutricionales y funcionales que la diferenciarían de los productos análogos. Además, le otorgaría ventajas competitivas frente a un mercado nuevo de productos funcionales en constante crecimiento y permitiría la diversificación de su comercialización no sólo como fruta fresca sino como un ingrediente o excipiente de alto valor para la industria alimentaria.

### **MÁS QUE UNA FRUTA DE TEMPORADA**

El consumo de la tuna fresca en México tiene una larga tradición y preferencia, el consumo per cápita se ha incrementado en los últimos años de manera importante; actualmente se consume en promedio 3.5 Kg. anuales por habitante sin embargo, comparativamente con otras frutas este consumo per cápita es bajo, ya que contrasta fuertemente con el de la naranja (37.6 Kg.) y el plátano (20.7 Kg.) (Corrales y Flores, 2003). El consumo de tuna tiende a disminuir en la medida en que se avanza en la mejora de ingresos en los estratos sociales, pues cuando hay un mayor ingreso se deciden por comprar frutas más convencionales o consideradas de mayor valor nutritivo. Así el consumo de la tuna se da principalmente en la población de bajos ingresos por sus propiedades sensoriales y su bajo precio, y sólo pocos consumidores de mayor poder adquisitivo consideran sus propiedades nutricionales y funcionales.

La composición química de la tuna consiste de 85 % de agua, 14 % de azúcares y de 1 % de proteína. En la pulpa los compuestos bioactivos encontrados en mayor cantidad son la vitamina C, vitamina E y polifenoles; algunos aminoácidos que se presentan en la pulpa son la prolina, la glutamina y en mayor cantidad la taurina. Además, tiene altas cantidades de minerales como calcio y magnesio. Cuando la fruta es pelada, la gran cantidad de fibra insoluble la proveen las semillas.

Cabe mencionar, que los niveles de vitamina C en la tuna son similares a los de otras frutas comunes entre las cuales se encuentran la manzana, pera, uva y plátano. La cantidad de los nutrimentos en la tuna esta influenciado por diversos factores físicos, químicos y biológicos, tales como la variedad, especie, estado de madurez, factores precosecha y poscosecha (Gurrieri *et al.*, 2000; Galati *et al.*, 2003; Flores-Hernández *et al.*, 2004).

### **LA TUNA COMO UN ALIMENTO FUNCIONAL**

Un alimento funcional se define como cualquier alimento que en forma natural o procesada, además de sus componentes nutritivos, contiene componentes adicionales que favorecen a la salud. Una propiedad funcional es la característica de un alimento, en virtud de sus componentes químicos (sin referencia a su valor nutritivo), que afecta positivamente una o más funciones específicas en el cuerpo, en tal medida que resulta relevante para el estado de bienestar o la reducción de riesgo de una enfermedad (Alvídrez-Morales *et al.*, 2002). Con lo que los alimentos funcionales son una forma mediante la cual la industria intenta extender los beneficios de los alimentos naturales, nutritivos y con ventajas para la salud.

La tuna presenta una concentración significativa de compuestos bioactivos tales como vitamina C, vitamina E, pigmentos, polifenoles y taurina, los cuales en conjunto podrían desempeñar un papel importante si se le considerara como alimento funcional (Piga, 2004).

### **ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE**

Una propiedad funcional muy importante es la actividad antioxidante. Un antioxidante es una molécula que previene la formación descontrolada de radicales libres o inhiben sus reacciones con estructuras celulares (proteínas, carbohidratos, lípidos y ADN). Como parte del envejecimiento normal del organismo humano se producen un número considerable de sustancias químicamente inestables, llamadas especies reactivas de oxígeno que en su mayoría son radicales libres (Chihuilaf *et al.*, 2002). El daño oxidativo que estas especies pueden producir en las células es de consecuencias críticas para su función, por lo que se le asocia con el desarrollo de numerosas patologías y enfermedades degenerativas como el cáncer y la diabetes.

Además de las defensas endógenas del organismo contra el daño oxidativo, la ingesta de moléculas antioxidantes puede neutralizar la producción y exposición a los radicales libres y disminuir los efectos adversos de las especies reactivas del oxígeno en el cuerpo humano. Los antioxidantes de origen exógeno pueden ser de diversa naturaleza, como la vitamina C, la vitamina E, carotenoides, polifenoles, flavonoides, entre otros fotoquímicos. Estos difieren unos de otros tanto en su mecanismo como en su sitio de acción. Existe evidencia científica de que los compuestos antioxidantes de frutas y vegetales pueden prevenir el daño oxidativo en las células, con lo que se reduce el riesgo de cáncer, enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, diabetes, entre otras (Prior, 2003; Choi *et al.*, 2004; Kuti, 2004). Estudios recientes en variedades de tunas rojas de origen asiático han mostrado una importante actividad antioxidante al reducir significativamente el estrés oxidativo en pacientes (Bundinsky *et al.*, 2001; Tesorie *et al.*, 2004; Tesoriere *et al.*, 2005). Los pigmentos rojos (betalainas) parecen ser los principales responsables de esta actividad (Stintzing *et al.*, 2001; Stintzing *et al.*, 2005; Tesoriere *et al.*, 2003; Butera *et al.*, 2002). Dichos estudios reportan que el 15% de la actividad antioxidante total de la tuna es responsabilidad de la vitamina C y el resto de la actividad antioxidante es debido a los compuestos polifenólicos, flavonoides y a las betalainas (Galati *et al.*, 2003). Las betalainas son pigmentos solubles en agua y tienen dos derivados: las betacianinas que dan el color rojo-púrpura y las betaxantinas, que proporcionan un color amarillo-naranja. Estos pigmentos presentan una importante actividad antioxidante sin mostrar efectos tóxicos en humanos (Castellar *et al.*, 2003).

Recientemente, se han propuesto a estos pigmentos como una alternativa para sustituir los colorantes sintéticos en industrias como la alimentaria, cosmética y farmacéutica. Algunos estudios han evaluado la biodisponibilidad en humanos de los pigmento betalaínas de las tunas púrpuras. Se ha observado que las betalaínas están involucradas en la protección antioxidante de las células (Butera *et al.*, 2002). Estudios recientes han reportado en variedades de tuna de origen italiano y asiático una actividad neuroprotectora contra daños oxidativos inducidos en cultivos de células corticales (Dok-Go *et al.*, 2003).

Así mismo, se ha demostrado que las tunas de color púrpura presentan una mayor capacidad antioxidante en comparación con las tunas amarillas y verdes. El estudio propuso que la actividad antioxidante está relacionada con la concentración de betalaínas, las cuales están presentes en mayor proporción en las tunas rojas y púrpuras, y en menor cantidad en las tunas de color amarillo y verde (Stintzing *et al.*, 2005). Es así, como estos pigmentos además de contrarrestar el estrés oxidativo podrían ser utilizadas como colorantes naturales en los alimentos y otros productos.

#### **COMO INGREDIENTE ALIMENTARIO: SUSTITUTO DE ANTIOXIDANTES SINTÉTICOS**

Los antioxidantes naturales han despertado el interés para emplearlos como sustitutos de los antioxidantes sintéticos, tales como el butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroxianisol (BHA) y butilhidroxiquinona (BHQT), que se adicionan a los alimentos susceptibles a la oxidación lipídica. Sin embargo, algunos estudios han demostrado que estos antioxidantes sintéticos poseen efectos citotóxicos (Lewis, 1989). Por lo que el uso de extractos antioxidantes de tuna podría ser una alternativa para la industria alimentaria. Por otro lado, también podría considerársele como una fuente de colorantes, fibra, vitaminas, por mencionar algunos de sus componentes de alto valor agregado (Alacid *et al.*, 2006).

#### **POTENCIAL COMERCIAL DE LA CÁSCARA DE LA TUNA**

En nuestro país los desechos o subproductos agrícolas (cáscaras, bagazo, frutas y vegetales dañados) representan un grave problema ambiental ya que no se cuenta con políticas adecuadas para su manejo. Dichos subproductos son generados en grandes volúmenes y solo una mínima parte es reutilizada en la producción de alimento animal.

Si se considera que la pulpa de la tuna constituye entre el 30 y 40 % del total en peso y el resto corresponde a la cáscara, esta última podría ser utilizada como una fuente de diversos productos. Un estudio reciente sobre la caracterización de la cáscara de la tuna de *Opuntia ficus-indica* reportó que ésta contiene una buena fuente de ácidos grasos poliinsaturados y antioxidantes naturales como la vitamina E, tocoferoles y la vitamina C (Ramadan y Mõrsel, 2003; Cerezal y Duarte, 2005). Por lo que, este subproducto de la tuna pueden constituir una interesante fuente de fitoquímicos, los cuales pueden ser extraídos y potencialmente utilizables en la preparación de productos de alto valor agregado. Sin embargo, para esto es necesario garantizar la inocuidad del subproducto y la ausencia de pesticidas.

#### **COMPETIR CON IDEAS CREATIVAS E INNOVADORAS**

En un mercado competido y saturado de ideas, imágenes y productos que prometen fomentar la salud del consumidor, se requieren de ideas creativas e innovadoras que satisfagan las necesidades del mercado. Estudios de consultorías de mercadotecnia coinciden en que el número de consumidores interesados en el cuidado de su salud, en prevenir y corregir enfermedades con base en una dieta balanceada es cada vez mayor. Lo cual establece las condiciones para que un gran número de empresas apuesten a la innovación de productos funcionales.

La innovación de productos funcionales de tuna mexicana podría ser la base para el establecimiento de estrategias comerciales para aumentar su competitividad, lo cual requeriría de la incorporación de un adecuado marketing. En mercados con un exceso de marcas como es el de los alimentos funcionales: jugos, yogures, productos lácteos, entre otras, es necesario la innovación de productos enfocado directamente a cierto tipo de consumidor con requerimientos nutricionales especiales y que satisfagan las necesidades de este público, tales como productos ricos en antioxidantes, vitaminas, calcio, etc.

En el ámbito de los productores sería necesario replantear la necesidad de promover el cultivo de tunas púrpuras, rojas y amarillas (ya que éstas sólo representan el 5% del total producido a escala nacional) dado que en diversos estudios realizados estas variedades han presentado una mayor actividad antioxidante que la tuna blanca. Paralelamente, se requiere de nuevas y exitosas estrategias de mercadotecnia para promover el consumo de estas tunas por sus propiedades antioxidantes, lo cual repercutiría en fomentar su producción.

### CONCLUSIONES

La comercialización de la tuna por sus propiedades funcionales puede generar ventajas competitivas que pueden traducirse en oportunidades de negocio y de desarrollo de nuevos productos. Esta estrategia de valorización implica profundizar en el mejoramiento de la calidad de la tuna durante toda la cadena productiva y establecer prácticas agrícolas sustentables, sostenibles y competitivas que permitan el aprovechamiento integral tanto de la pulpa como de la cáscara de la tuna.

### BIBLIOGRAFÍA

- Alvídrez-Morales, A.; González-Martínez, B.; Jiménez-Salas, Z. 2002. Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. *Revista de salud pública y nutrición* 3(3).
- Bundinsky, A.; Wolfram, R.; Oguogho, A.; Efthimiou, Y.; Stamatopoulos, Y.; Sinzinger, H. 2001. Regular ingestion of *Opuntia Robusta* lowers oxidation injury. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids* 65(1),45-50.
- Butera, D.; Tesoriere, L.; Di Gaudio, F.; Bongiorno, A.; Allegra, M.; Pintaudi, A. M.; Kohen, R.; Livrea, M. A. 2002. Antioxidant activities of sicilian prickly pear (*Opuntia Ficus Indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: betanin and indicaxanthin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(23), 6895-6901.
- Castellar, R.; Obón, J. M.; Alacid, M.; Fernández-López J. A. 2003. Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(9), 2772-2776.
- Cerezal, P.; Duarte, G. 2005. Utilización de cáscaras en la elaboración de productos concentrados de tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller). *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. 7, 61-83.
- Corrales, G. J.; Flores V. C. 2003. Nopalitos y tunas: producción, comercialización, poscosecha e industrialización. pp: 39-96. Universidad Autónoma de Chapingo, CIESTAAM-Programa nopal.
- Chihuailaf, R.; Contreras, P.; Wittwer, F. 2002. Patogénesis del estrés oxidativo: consecuencias y evaluación en salud animal. *Veterinaria Mexico* 33(3), 265-283.

Choi, S-H.; Song, H S.; Ukeda, H.; Sawamura, M. 2004. Radical-scavenging activities of citrus essential oils and their components: detection using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(9), 4156-416.

Dok-Go, H.; Lee, K. H.; Kim, H. J.; Lee, E. H.; Lee, J.; Song, Y. S.; Lee, Y. H.; Jin, C.; Lee, Y. S.; Cho, J. 2003. Neuroprotective effects of antioxidative flavonoids, quercetin, (+)-dihydroquercetin and quercetin 3-methyl ether, isolated from *Opuntia ficus.indica* var. Saboten. *Brain Research* 965(1-2), 130-137.

Flores-Hernández, A.; Orona-Castillo, I.; Murillo-Amador, B.; Valdez Cepeda, R. D.; García-Hernández, J. L. 2004. Producción y calidad de nopalito en la región de la Comarca Lagunera de México y su relación con el precio en el mercado nacional. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 6, 23-34.

Galati, E. M.; Mondello, M. R.; Giuffrida, D.; Dugo, G.; Miceli, N.; Pergolizzi, S.; Taviano, M. F. 2003. Chemical characterization and biological effects of sicilian *Opuntia Ficus-Indica* (L.) .Fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(17), 4903-4908.

Gurrieri, S.; Miceli, L.; Lanza, M.; Tomaselli, F.; Bocono, P. R.; Rizzarelli, E. 2000. Chemical characterization of sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) and perspectives for the storage of its juice. *Journal Agriculture and Food Chemistry* 48(11), 5424-5431.

Kuti, J.O. 2004. Antioxidant compounds from four *Opuntia* cactus pear fruit varieties. *Food Chemistry*. 85, 527-533.

Lewis, R. J. 1989. Food additives handbook. pp: 86, 99, 102. Van Nostrand Reinhold. USA.

Mandujano, M.; Golubov, J.; Reyes, J. 2002. Lo que usted quiso siempre saber sobre las cactaceas y nunca se atrevió a preguntar. *Biodiversitas* 40, 4-7.

Piga, A. 2004. Cactus pear: a fruit of nutraceutical and functional importance. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 6, 9-22.

Prior, L. R. 2003. Fruits and vegetables in the prevention of cellular oxidative damage. *The American Journal of of Clinical Nutrition* 78, 570-578.

Ramadan, M. F.; Mørsel, J.T. 2003. Recovered lipids from prickly pear *Opuntia Ficus Indica* (L.) Mill. peel: a good source of polyunsaturated fatty acids, natural antioxidant vitamins and sterols. *Food Chemistry* 83(3), 447-457.

Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP). 2001. Análisis de producción y consumo de tuna. México.

<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/InfOMer/analisis/antuna.html>.

Stintzing, F. C.; Schieber, A.; Carle, R. 2001. Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. *European Food Research and Technology* 212(4), 396-407.

Stintzing, F.C.; Herbach, K. M.; Mosshammer, M. R.; Carle, R.; Yi, W.; Sellapan, S.; Akoh, C. C.; Bunch, R.; Felker, P. 2005. Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(2), 442-451.

Tesorie, L.; Butera, D.; Pintaudi, A. M.; Allegra, M.; Livrea, M. A. 2004. Supplementation with Cactus Pear (*Opuntia Ficus Indica*) Fruit Decreases Oxidative stress in Healthy Human: a Comparative Study with Vitamin C. *Am. J. Clin. Nutr.* 80(2): 391-395.

Tesoriere, L.; Butera, D.; Allegra, M.; Fazzari, M.; Livrea, M. A. 2005. Distribution of Betalain Pigments in Red Blood Cells Alter Consumption of Cactus Pear Fruits an Increased Resistance of the Cells to ex Vivo Induced Oxidative Hemolysis in Humans. *J. Agric. Food Chem.* 53: 1266-1270.

Tesoriere, L.; Butera, D.; D' Arpa, D.; Di Gaudio, F.; Allegra, M.; Gentile, C.; Livrea, M. A. 2003. Increased Resistance to Oxidation of Betalain – Enriched Human Low – Density Lipoproteins. *Free Radical Res.* 37: 689-696.

**\*(Artículo recibido en marzo del 2009 y aceptado para su publicación en enero del 2010).**