

PROCESAMIENTO DE TUNA DE NOPAL (*Opuntia robusta*) A PARTIR DEL SECADO POR ASPERSIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE UN MICROENCAPSULADO

PROCESSING OF NOPAL TUNA (*Opuntia robusta*) FROM SPRAY DRYING TO OBTAIN A MICROENCAPSULATION

Hernández-Pedraza, José Francisco^a, Cerón-Ortiz, Ana Nallely^{a, b}, Moctezuma-Quezada, José Luis^a, González-Núñez Monserrat, Iveth^a, Martínez-Valdez, Andrea^a

^aInstituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, Ingeniería en Industrias Alimentarias, Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo, C.P. 42700. México. fhernandez@itsoeh.edu.mx.

^bCentro de Estudios Tecnológicos en Aguas Continentales No.2, Tezontepec de Aldama, Hidalgo. C.P. 42760. México.

RESUMEN. México es uno de los pocos países que alberga en su fisiografía tipos de vegetación únicos como el nopal y su fruto. La tuna tiene forma de baya ovalada, rica en azúcares, proteínas y compuestos bioactivos importantes. Sin embargo, debido a la concentración de agua en su estructura, se convierte en un producto susceptible al crecimiento de microorganismos, acortando su vida útil y desaprovechando su valor nutrimental. En este contexto, el presente proyecto consistió en evaluar el impacto de la concentración de maltodextrina en la microencapsulación del jugo de la tuna roja (*Opuntia robusta*) mediante secado por aspersion. Se utilizó un diseño experimental unifactorial completamente al azar, la variable independiente a evaluar fue la concentración de maltodextrina (20% y 30%) y las variables dependientes fueron las propiedades fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas del producto. El fruto fue sometido a secado por atomización para la obtención del polvo, las formulaciones se caracterizaron fisicoquímicamente y organolépticamente. Ambas muestras (F1 y F2) presentaron comportamientos similares, sin embargo, en cuanto a rendimiento y coloración, la formulación F2 (30%) presentó mejores resultados, a esta muestra se le realizó una evaluación microbiológica y pruebas de estabilidad de color en un medio ácido-base (titulación con HCl al 0.1N y NaOH al 0.1N). El producto registró un 4.7 % de humedad, Aw = 0.35, tiempo de humectación entre 35 y 37 s, tiempo de disolución de 77 a 78 s, un color rojo intenso (Pantone 2375), sabor dulce, olor ligero a tuna, tamaño de partícula ≤ 2.5 micras. En cuanto al análisis microbiológico no se reporta crecimiento de coliformes totales, tampoco de hongos y levaduras, sólo se identificó mesófilos aerobios (10 UFC), tomando como referencia las normas NOM-218-SSA1-2011 y NOM-147-SSA1-1996 el producto se encuentra dentro de los parámetros microbiológicos. El polvo de tuna preservó su color en valores de 2 a 7.5 de pH, mientras que a un pH de 8 a 14 su color se torna amarillo. En conclusión, el secado por aspersion y la concentración de maltodextrina son factores importantes para la obtención de un microencapsulado aceptable para su uso en la industria alimentaria.

Palabras clave: *Palabras clave:* maltodextrina, humedad, producto

ABSTRACT. México is one of the few countries that harbors unique vegetation types such as the nopal and its fruit in its physiography. The prickly pear is shaped like an oval berry, rich in sugars, proteins and important bioactive compounds. However, due to the concentration of water in its structure, it becomes a product susceptible to the growth of microorganisms, shortening its useful life and wasting its nutritional value. In this context, the present project consisted of evaluating the impact of maltodextrin concentration on the microencapsulation of the red prickly pear (*Opuntia robusta*) juice by spray drying. A completely randomized univariate experimental design was used, the independent variable to evaluate was the concentration of maltodextrin (20% and 30%) and the dependent variables were the physicochemical, organoleptic and microbiological properties of the product. The fruit was subjected to spray drying to obtain the powder, the formulations were characterized physicochemically and organoleptically. Both samples (F1 and F2) presented similar behaviors, however, in terms of performance and coloration, the F2 formulation (30%) presented better results, this sample was subjected to a microbiological evaluation and color stability tests in a medium acid-base (titration with 0.1N HCl and 0.1N NaOH). The product registered 4.7% humidity, Aw = 0.35, wetting time between 35 and 37 s, dissolution time from 77 to 78 s, an intense red color (Pantone 2375), sweet taste, light smell of prickly pear, size of particle ≤ 2.5 microns. Regarding the microbiological analysis, no growth of total coliforms is reported, neither of fungi and yeasts, only aerobic mesophiles (10 CFU) were identified, taking as reference the standards NOM-218-SSA1-2011 and NOM-147-SSA1-1996 the product is within microbiological parameters. Prickly pear powder preserved its color at pH values of 2 to 7.5, while at a pH of 8 to 14 its color turns yellow. In conclusion, spray drying and the concentration of maltodextrin are important factors for obtaining a microencapsulate acceptable for use in the food industry.

Key words: *maltodextrin, moisture, product.*

INTRODUCCIÓN

La tuna de nopal (*Opuntia robusta*) también conocida como tuna tapon, tiene pulpa y piel de color rojo vivo y en algunos casos morada, se llama así por la gran cantidad de semillas que tiene. Actualmente la tuna está cobrando importancia en el ámbito internacional,

debido al acceso a mercados europeos, de países productores como Italia, Chile e Israel.

Morfológicamente la tuna está conformada por el pericarpio (33% al 55%), la pulpa (45% al 67%) y las semillas (2% al 10%)²². Es una fruta con características nutricionales especiales, debido a su

alto contenido de calcio, fósforo y magnesio, así como aminoácidos libres y fibra²⁴, contiene además vitaminas, agentes antioxidantes como compuestos fenólicos, pigmentos tipo betalainas lo que lo hace atractivo para el consumo en fresco^{4,10}. Es un fruto no climatérico que inicia su crecimiento con la aparición de yemas florales entre los meses de enero y marzo^{23,25}, el principal problema que presenta es su baja rentabilidad económica, además su vida de anaquel tan corta (2 a 4 días), si no se consume durante los primeros días de cosecha, da inicio a la liberación de agua, provocando cambios organolépticos y de fermentación por la concentración de azúcares¹². En este contexto, el proyecto consiste en extraer jugo de tuna y someterlo a un proceso de secador por atomización para la obtención de un polvo seco que pueda ser utilizado en forma de colorante o edulcorante natural. El método consiste en 4 etapas principales; atomización, contacto aire-gota, evaporación y recuperación del producto seco. Durante la primera fase se logra producir una nube de líquido con alta relación superficie-masa y la dispersión del tamaño de partícula debe ser mínima. La etapa siguiente es contacto aire-gota, la cual se puede dar en 3 formas: flujo paralelo, flujo a contracorriente y flujo mixto⁹. La tercera fase es la evaporación, la velocidad de evaporación se lleva a cabo en 2 periodos, a velocidad constante: la difusión de humedad dentro de las gotas permite tener la superficie saturada de líquido, el tamaño de gota va disminuyendo y la temperatura permanece constante, a velocidad decreciente aparecen áreas secas sobre la superficie, el aire desecado llega a temperatura y humedad críticas, la temperatura disminuye hasta la fijada por el final del proceso aumentando la humedad. Por último, está la recuperación del producto, se puede realizar primero en la base de la cámara de secado, seguida de la recuperación de polvos finos, constituida por ciclones, filtros bolsas, filtros húmedos o precipitadores electrostáticos^{2,8,27}.

El objetivo del proyecto es evaluar el impacto de la concentración de maltodextrina en el jugo de tuna durante el secado por atomización. La maltodextrina es un derivado de la hidrólisis del almidón, integrados por polisacáridos nutritivos, no dulces, constituidos por una mezcla de carbohidratos con diferente grado de polimerización, se presentan en forma de polvo blanco, no imparten gusto harinoso, controla el dulzor y la higroscopicidad, reduce la cristalización, control del oscurecimiento enzimático, no enmascara sabores, incrementa la solubilidad, es excelente vehículo o acarreador^{1,2,8}.

METODOLOGÍA

El presente proyecto de investigación se desarrolló en los laboratorios y talleres de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo (ITSOEH), la materia prima con la que se trabajó fue la variedad *Opuntia robusta* adquirida en mercados locales de Mixquiahuala de Juárez y Tlahuelilpan.

Tabla 1. Diseño experimental

Variable independiente	Niveles	Variable dependiente	Variable respuestas
Concentración de maltodextrina	20%	-Propiedades fisicoquímicas	- % de humedad - Aw - pH - °Brix -Tiempo de humectación -Tiempo de disolución
	30%	-Propiedades organolépticas	- Color - Olor - Sabor
		-Propiedades microbiológicas	- Coliformes totales - Mesófilos aerobios - Hongos y levaduras

Se aplicó un diseño experimental unifactorial completamente al azar, la variable independiente a evaluar fue la concentración de maltodextrina (20% y 30%). Las variables dependientes cuantificables fueron las propiedades fisicoquímicas del producto (% de Humedad, Aw, pH, °Brix, tiempo de humectación y tiempo de disolución), organolépticas y microbiológicas (ver tabla 1).

Caracterización morfológica de la tuna

Selección: Se utilizaron las tunas que presentaban buen estado físico, homogeneidad de tamaño, fresca y que no presentaran daños mecánicos por transporte y/o insectos. Para la caracterización morfológica, las tunas fueron medidas manualmente utilizando un vernier¹³.

Almacenamiento: Antes de someterla a procesamiento se almacenó en refrigeración a una temperatura de 10°C, para reducir la velocidad de respiración, la pérdida de agua por transpiración y el crecimiento de microorganismos.

Lavado: Se utilizó un bote de plástico con una capacidad de 20 L, se llenó aproximadamente a 15 L con agua limpia y clorada (200 ppm), se sumergieron las tunas y con la ayuda de una escobetilla se retiró toda materia extraña.

Desespinado y pelado: Se retiraron las cáscaras con espinas de forma manual con cuchillos de acero inoxidable previamente lavados para evitar alguna contaminación.

Reducción de tamaño en cubos: Las tunas fueron llevadas a una mesa de acero inoxidable para cortarse manualmente en cuatro partes.

Molienda: Se llevó a cabo la extracción de la pulpa con la ayuda de una licuadora marca Oster, aparato que realiza la operación de molienda y trituración.

Filtración: Se utilizó un colador para la separación de pulpa y semilla. En esta operación se obtuvo la muestra líquida.

Pasteurización: La muestra líquida obtenida fue sometida a un tratamiento térmico a 85 °C por 15 minutos para la eliminación de microorganismos patógenos.

La muestra resultante del tratamiento térmico se acondicionó a temperatura de 38°C y se le incorporó maltodextrina como agente encapsulante (Tabla 2).

Tabla 2. Formulaciones

Concentración	Formulaciones
Maltodextrina 20%	F1 (tuna 750 mL+ H ₂ O 50 mL)
Maltodextrina 30%	F2 (tuna 750 mL+ H ₂ O 50 mL)

Las formulaciones fueron homogenizadas con ayuda de un agitador magnético por 15 minutos en una parrilla, para posteriormente realizar pruebas de °Brix, pH y densidad antes de ser sometidas a secado.

Una vez caracterizada la muestra se llevó a cabo el proceso de secado por aspersion bajo las siguientes condiciones; velocidad de alimentación 15 rpm, temperatura de entrada en la cámara de 145°C, velocidad de flujo del aire en el nivel 5 y una temperatura de salida de 95°C²⁸. La muestra obtenida se pesó y se realizaron las siguientes pruebas:

Determinación de humedad

Se llevó a cabo colocando charolas de aluminio a peso constante a una temperatura de 100°C en un horno (Felisa, modelo FE-292AD), posteriormente, se registró el peso de las charolas con la ayuda de una balanza analítica (Precisa, modelo 82768). Se pesó 1 g de polvo de nopal en cada charola de aluminio y se introdujeron en el horno a una temperatura de 100°C por 4 horas¹⁹.

Determinación de actividad de agua (Aw)

Se colocó una celda con la muestra en el AQUALAB 4 (Decagon Devises, Inc, Pullman, EUA). Se tomaron lecturas por triplicado de cada uno de los polvos.

Determinación de tiempos de humectación

Se colocó 0.5 g de polvo en 5 ml de agua destilada en un vaso de precipitado de 50 ml. Finalmente, se registró el tiempo en el cual todas las partículas se sumergieron en el medio acuoso.

Determinación de tiempos de disolución

Se realizó en un vaso de precipitado de 50 ml, agregando 0.5 g de polvo a 12.5 ml de agua destilada a 40°C. Se mezcló con el uso de un agitador magnético de 7 mm x 2 mm en una parrilla magnética (Cimarec) a velocidad constante en el nivel 6. El tiempo requerido para disolver completamente el polvo fue considerado como el tiempo de disolución.

Evaluación sensorial

Se aplicó una evaluación sensorial descriptiva al producto, para conocer los cambios de color, olor y sabor en un medio acuoso (agua purificada). En esta prueba se pesó 80 g de muestra de tuna en polvo, esta fue diluida en 1 L de agua purificada y se mezcló hasta su completa disolución²¹.

Evaluación microbiológica del producto

Para el análisis microbiológico se aplicó la NOM-109-SSA1-1994¹⁵, así como la NOM-110-SSA1-1994¹⁶. Se realizó la identificación de bacterias aerobias en placa bajo la NOM-092-SSA1-1994¹⁴, para llevar a cabo la determinación de mohos y levaduras se aplicó la NOM-111-SSA1-1994¹⁷. Finalmente se realizó la identificación de coliformes totales apoyado de la NOM-113-SSA1-1994¹⁸.

Color en medio ácido-base

Se tomó 90 ml de muestra y se colocó en un matraz de 250 ml, posteriormente se llevó a titulación con HCl al 0.1N para determinar su estabilidad del color de la tuna en un medio ácido, así mismo se repitió el procedimiento con una solución de NaOH al 0.1N.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización morfológica de tuna

La forma y tamaño de los frutos encontrados son variables, la Tabla 3, muestra las características morfológicas de tuna los valores promedio obtenidos son; largo 8.8 cm, diámetro de 6.0, peso de 197 g. La tuna presenta una morfología única y el tamaño va

relacionado con el estado de madurez del fruto, condiciones que favorecen al color, acidez, °Brix entre otros parámetros⁸.

La Tabla 4, presenta los análisis realizados al jugo de tuna incorporando maltodextrina. Como se puede observar los °Brix en ambas muestras son muy similares, sin embargo, se obtuvo una mayor concentración de sólidos en la muestra F2 (35 ±2), este factor es importante porque indica que el producto presenta una considerable cantidad de sólidos.

Tabla 3. Características morfológicas de tuna

Atributos	Rango	Medida
Largo	7-10 cm	8.8 cm
Diámetro	5.5-6.3 cm	6.0 cm
Peso	180-210 g	197 g

Para la obtención de los datos se realizaron 80 mediciones a diferentes frutos.

Tabla 4. Análisis fisicoquímicos al jugo de tuna

Muestra	Atributos	Media
F1 (20%)	° Brix (%)	30 ± 2.0
	pH	6.84 ± 0.16
	Densidad (g/ml)	1.034 ± 0.16
F2 (30%)	° Brix (%)	35 ± 2.0
	pH	6.87 ± 0.18
	Densidad (g/ml)	1.037 ± 0.18

Características fisicoquímicas, de rehidratación y sensorial.

El polvo de tuna nopal (*Opuntia robusta*) presentó un 4.7% de humedad, una Aw de 0.35 en ambas muestras (F1, F2). El porcentaje de humedad y la actividad de agua son parámetros importantes en los alimentos en polvo debido a que determinan la estabilidad de los alimentos¹¹, al realizar la comparación con lo establecido en la NOM-218-SSA1-2011 y la NOM-147-SSA1-1996, menciona que los polvos para preparar bebidas saborizadas no alcohólicas no deben de exceder el 5% de humedad, y la segunda indica que el límite máximo de humedad en una harina es del 15% por lo tanto, el polvo se encuentra dentro de los límites establecidos. Los productos con una Aw menor a 0.6 se consideran de baja humedad, desfavoreciendo el crecimiento bacteriano y el pardeamiento enzimático disminuye, lo cual conlleva a aumentar el tiempo de vida útil del producto⁷.

La Tabla 5 hace referencia a las pruebas de rehidratación en ambas muestras (20% y 30% de maltodextrina) en donde se obtuvo un tiempo de humectación de 37 segundos y un tiempo de

disolución 78 segundos, en este sentido la muestra analizada presenta una humectabilidad instantánea ya que es menor a 60 segundos⁵.

El polvo de tuna presentó un color rojo intenso (Pantone 2375), un sabor dulce, olor característico a tuna y un tamaño de partícula ≤ 2.5 micras, estas propiedades se deben a las características que presenta la materia prima de origen.

Tabla 5. Propiedades de rehidratación.

Atributos	F1 (20%)	F2 (30%)
Humedad (%)	4.7 ± 0.3	4.7 ± 0.2
Aw	0.35 ± 0.01	0.35 ± 0.02
Tiempo de humectación (s)	35 ± 3.0	37 ± 2.0
Tiempo de disolución (s)	77 ± 3.0	78 ± 2.0

Análisis microbiológico

En cuanto a los análisis microbiológicos, se reporta la presencia de 10 UFC/g de mesófilos aerobios, por otra parte, no se presentó crecimiento de coliformes totales, ni hongos y levaduras. La NOM-147-SSA1-1996, establece como límite máximo 10 000 UFC/g para harinas o sémolas en mesófilos aerobios, mientras tanto la NOM-218-SSA1-2011 determina como límite máximo 50 UFC/g o mL de mesófilos aerobios para productos concentrados en polvo. Al tomar como referencia ambas normas, el producto cumple con los parámetros microbiológicos^{20,21}. Esto se puede atribuir a que el jugo de tuna fue sometido a un tratamiento térmico (85 °C/15 min.) y durante el proceso de secado por aspersión se trabajó a una temperatura de 145 °C.

Análisis sensorial

Referente a los atributos sensoriales la muestra de tuna presentó un color rojo intenso (Pantone 207), un olor característico a tuna y un sabor ligeramente dulce. Esta prueba indica que la muestra presenta dos funciones importantes; la primera como edulcorante natural por ser bajo en calorías ya que cuenta con carbohidratos en un 10-15%³, los sólidos solubles de la tuna se encuentran en un rango de 10-17%, lo constituye la glucosa y fructosa como los azúcares predominantes²². Otra función es su aplicación como colorante en el área de bebidas y confitería por la presencia de betalaínas, pigmentos solubles en agua. Las betacianinas responsables del color rojo-púrpura. Estos pigmentos presentan una importante actividad antioxidante sin mostrar efectos tóxicos en humanos^{4,9,10}.

Rendimiento de producto

En cuanto a rendimiento obtenido, de un litro de jugo de tuna, se obtuvo un 27% en F1, mientras que en la muestra F2 presentó un rendimiento del 33%. Para evitar pérdidas de producto se recomienda regular la velocidad de aire caliente y colocar filtros que no permitan la salida de las partículas finas.

Titulación acido-base

Al realizar la titulación del polvo en una solución de HCl al 0.1N, partiendo de un pH de 6.89 hasta 2.12, la muestra no presentó ningún cambio de coloración, sin embargo, al titularse con NaOH al 0.1N, la muestra presentó un vire de rojo intenso (Pantone 207) a un color amarillo (Pantone 136). Esto se debe al proceso de ionización en donde la muestra se ioniza débilmente provocando un cambio en la coloración²⁶. El rango de estabilidad del color rojo (tuna) se preserva en un medio ácido, por lo que no se recomienda su uso en un medio básico (Figura 1).

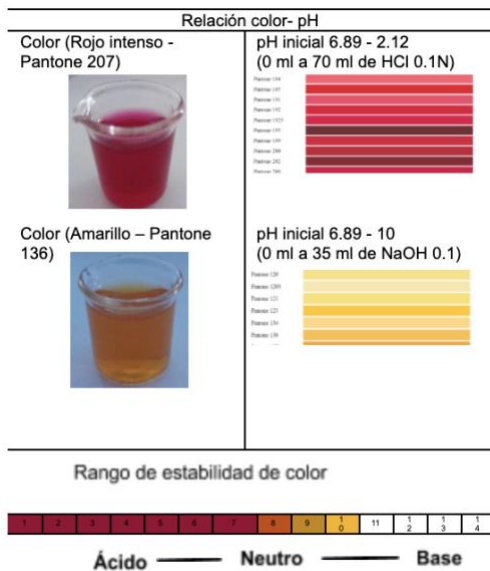


Figura 1. Estabilidad del polvo de tuna en medio ácido-base

CONCLUSIONES

El proceso de secado por aspersión apoyado del uso de maltodextrina, permite obtener un microencapsulado, con un bajo porcentaje de humedad y A_w , permitiendo ser funcional como edulcorante, colorante y preservando sus características de color, olor y sabor al rehidratarse nuevamente en medios acuoso. Finalmente, el uso del 30% de maltodextrina permite obtener un mejor rendimiento de producto durante el proceso de secado.

AGRADECIMIENTOS Y/O RECONOCIMIENTOS

Me permito agradecer al Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo (ITSOEH). Así mismo agradezco a la Mtra. Elsa Sánchez Téllez, Jefa de la División de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

REFERENCIAS

1. Alamilla, L. (2001). Aspectos sobre el uso de secadores por aspersión. IPN, México: Documento predoctoral. ENCB-IPN. 81 p.
2. Araneda, C. y. (2009). Microencapsulación de extractantes: una metodología alternativa de extracción de metales. *Revista Ciencia Ahora* 22(11):9-19.
3. Cantwell, M. (1995). Postharvest management of fruits and vegetables stems. Inglese.
4. Casterllar R, O. J.-L. (2003). Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 2772-2776.
5. Chen, H. C. (2014). Equilibrium relative humidity method used to determine the sorption isotherm of autoclaved aerated concrete. *building and environment*, 81, 427-435.
6. Espino Rodríguez, E. P. (2012). Morfología de Tuna (*Opuntia ficus indica*). Cajamarca.
7. Fernández-López J. A., A. L. (2001). Application of high-performance liquid chromatography to the characterization of the betalain pigments in prickly pearfruits. *Journal of Chromatography A*, 913: 415-420.
8. Filková, I. H. (2006). Industrial spray drying. In : *Handbook of Industrial Drying*. CRC Press. Taylor and Francis Group. pp 215-255.
9. Fuentes Miranda, W. V. (2005). Extracción, cuantificación y estabilidad de colorantes naturales presentes en los frutos como alternativas naturales de colorantes. Universidad de San Carlos de Guatemala: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
10. Galati, E., Mondello, M., Giuffrida, D., Dugo, G., Miceli, N., Pergolizzi, S., y otros. (2003). Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51: 4903-4908.
11. Guizar M.A., M. S. (2008). Parcial caracterización de nuevos productos de frutos silvestres. *Revista iberoamericana de tecnología Postcosecha*, 9(1): 81-88.
12. López, G. J., Rodríguez, G. A., Pérez, R. L., & Fuentes, R. J. (1996). Usos del nopal forrajero en el norte de México. México : J. PACD.
13. NMX-FF-068-SCFI-2006, hortaliza fresca- nopal verdura (*opuntia spp.*). Especificaciones.
14. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
15. Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
16. Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
17. Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
18. Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.

19. Norma Oficial Mexicana NOM-116-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa.
20. Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996, Bienes y Servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas, semolinas o sus mezclas. productos de panificación.
21. Norma Oficial Mexicana NOM-218-SSA1-2011, Productos y Servicios. Bebidas saborizadas no alcohólicas, sus congelados, productos concentrados para prepararlas y bebidas adicionadas con cafeína. Especificaciones y disposiciones sanitarias. Métodos de prueba.
22. Piga, A. (2004). Cactus pear: A fruit of nutraceutical and functional importance. J.PACD. 1:9-22
23. Reyes-Agüero, J., Aguirre, R., & Valiente-Banuet, A. (2006). Reproductive biology of *Opuntia*: A Review . Journal of Arid Environments.
24. Sáenz, C. y. (2006). Utilización del agroindustrial del nopal (vol. 162). . Food y Agriculture Org.
25. Spano, N. (2006). Polyphenolic content and physiological activities of chinese hawthorn extracts. Biosci. Biotech. Biochem. 70: 2948-2956.
26. Stintzing, F. C., A., S., & Carle, R. (2003). Evaluation of color properties and chemical quality parameters of *cactus juices*. Europa: Stintzing, F. C.; Schieber A.; Carle, R. 2003. Evaluation of European Food Research Technology. 216: 303-311.
27. Yáñez, J. J. (2002). Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación. Revista Avance y Perspectiva 21:313-319.