

Determinación del valor bromatológico y contenido de mucílago en el nopal (*Opuntia spp.*) de cerro y de invernadero, del estado de Michoacán

F. González-Rodríguez¹, D.A. Chávez-Polanco¹, S. González-de la Torre¹, M. González-Govea¹, E.A. Suárez-Medina¹, J.R. Soltero-Sánchez², E. Castañeda-Aguirre², N.A. Trejo-Perea² y J.J. Luna-Díaz².
1 Departamento de Farmacobiología, CUCEI, Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán 1421, C.P. 44430. 2 Departamento de Química, CUCEI, Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán 1421, C.P. 44430. francisco.gonzalezr@alumnos.udg.mx

RESUMEN: El nopal (*Opuntia spp.*) pertenece a la familia *Cactaceae*, comúnmente conocidas como cactáceas o cactus. Existen 258 especies reconocidas a nivel mundial, de las cuales 100 son de origen mexicano. Por sus características, el nopal ha despertado el interés de diferentes tipos de industrias encargadas en la realización de nuevos productos que van desde suplementos alimenticios hasta la obtención de nuevos polímeros. En esta investigación se determinó el valor bromatológico, el cual comprende; humedad, cantidad de cenizas, fibra bruta, proteínas, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno, y se cuantifica el mucílago de dos variedades de nopal (cerro e invernadero). Al comparar los resultados, se encontró que el nopal de cerro supera al de invernadero en todos los análisis realizados. La cantidad de mucílago obtenido en el nopal de cerro permite que sea utilizado como materia prima en la producción de biopolímeros, además, la porción de fibra que contiene puede ser utilizada en la formulación de laxantes.

Palabras clave: Mucilago, nopal, valor bromatológico.

ABSTRACT: The cactus (*Opuntia spp.*) belongs to the *Cactaceae* family, commonly known as cacti or cactus. There are 258 recognized species worldwide and 100 are endemic from Mexican. Due to its characteristics, the cactus has had a growing interest in different types of industries responsible for the production and manufacture of new products ranging from food supplements to obtaining new polymers. In this research, we aimed at determining bromatological values: humidity levels, amount of ashes, crude fiber, proteins, ethereal extract and nitrogen-free extract. Along with this analysis the research the mucilage from two varieties of cactus (hill and greenhouse) was quantified. When comparing the results, the information obtained showed that the hill cactus surpassed the greenhouse cactus measurements throughout all the tests they were carried out. With regard to the amount of mucilage obtained in the hill cactus, it allows industries to use it as a raw material in the production of biopolymers. In addition, due to its fiber concentration, it can be used in as ingredient for laxatives formulas.

Keywords: Mucilage, cactus, bromatological value.

Área: Frutas y hortalizas

INTRODUCCIÓN

El nopal pertenece a la familia *Cactaceae* comúnmente conocidas como cactáceas o cactus. Son plantas arbustivas, rastreras o erectas que pueden alcanzar 3,5 a 5 m de altura. El sistema radical es ramificado pues cuenta con raíces finas absorbentes y superficiales. El nopal es endémico de América y existen 258 especies reconocidas, 100 de las cuáles se encuentran en México, quién cuenta con una superficie aproximada de 10,000 Ha. de plantaciones especializadas en nopal para consumo humano.

Por sus características, el nopal ha tenido un creciente interés por diferentes tipos de industrias encargadas en la realización de nuevos productos que van desde suplementos alimenticios hasta la obtención de nuevos polímeros. Las partes de la planta que se utilizan más como recursos son los frutos y los cladodios. Tanto los frutos como las pencas son una fuente de varios 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. Todos estos compuestos son muy apreciados desde el punto de vista de una dieta saludable y también como ingredientes para el diseño de

nuevos alimentos. La fibra se clasifica en soluble e insoluble; la primera la conforman mucílagos, gomas, pectinas y hemicelulosas; la segunda es principalmente celulosa, lignina y hemicelulosa.

El mucílago es una sustancia viscosa constituida por carbohidratos de alto peso molecular; contiene principalmente dos polímeros naturales orgánicos: amilasa (polímero de la glucosa con unión 1-4 de tipo α consigo misma) y amilopectina (polímero también de glucosa, pero con uniones 1-6). La amilasa se encuentra formando una cadena helicoidal que, en solución, tiene la capacidad de formar películas delgadas que, al secar, presentan alta rigidez. La amilopectina como todo compuesto de alto peso molecular, presenta viscosidad elevada en estado puro, pero es altamente soluble en agua. Combinadas y encontrándose en solución acuosa, ambas pueden formar capas con diferentes propiedades mecánicas, estas características de cohesión se han aprovechado para unir diferentes materiales. De esta manera, encontrándose en solución acuosa, ofrecerá a cualquier concentración diferente de cero, ciertas características de cohesión.

En la actualidad, se han encontrado múltiples aplicaciones del mucílago de nopal en diferentes tipos de industrias, entre ellas la alimentaria, farmacéutica y ambiental. En el área de la salud, es usado para el control de glicemia, colesterolemia y úlceras; en el área de la industria alimenticia se utiliza como aglutinante de sabores y sustituto de grasas. Así mismo, un producto biotecnológico importante en la actualidad es el plástico biodegradable que se obtiene a partir del mucílago, ya que al combinarlo con plastificantes se obtiene una película plástica. La tendencia a utilizar materia prima para la elaboración de productos en base a compuestos orgánicos que sean amigables con el medio ambiente es prometedora para el futuro. Dentro de nuestro país, específicamente en la zona occidente, no existe estudios que evalúen la proporción de parámetros del valor bromatológico y la cantidad de mucílago en especies de nopal y específicamente alguno que compare el efecto del cuidado de estas en su contenido porcentual. El presente trabajo tiene por objetivo determinar el valor bromatológico y la extracción del mucílago de dos tipos de nopal (cerro e invernadero), para evaluar si las condiciones de crecimiento afectan en el desarrollo y la proporción de los parámetros mencionados, de esta manera seleccionar la especie que es más conveniente utilizar de acuerdo al área de aplicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experimentación se realizó en el Laboratorio de Análisis Cuantitativo del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara. Los nopales de cerro se recolectaron del cerro de “El Triunfo” del municipio de Numarán, Michoacán. De igual forma, los nopales de invernadero se obtuvieron a partir de una pequeña comercializadora de nopales de este mismo municipio. Se recolectaron tres muestras (n=3) de cada tipo de nopal y se realizaron las determinaciones por triplicado.

Determinación de humedad por pérdida de peso (método gravimétrico). Se llevó a peso constante las cápsulas de porcelana. Se vertió la muestra en las cápsulas y se dejó en la estufa durante un día. Se dejaron enfriar en el desecador y posteriormente se pesaron. La diferencia de pesos (previa y posterior a la desecación) permitió calcular el porcentaje de humedad al dividir el resultado entre la cantidad de muestra y multiplicarlo por cien.

Determinación de humedad por método volumétrico. Se pesaron 5 g de muestra para realizar el método volumétrico de Bidwell y Sterling, utilizándose como disolvente inmiscible xileno.

Determinación de cenizas. Las cenizas representan el porcentaje de minerales. Dicha determinación se realizó de la siguiente manera: se pesaron 5 g de muestra en cápsulas de porcelana a peso constante y se llevaron a calcinación total en la mufla. Una vez frías, las muestras se pesaron para determinar el porcentaje de cenizas.

Determinación de proteína cruda. Se llevó a cabo mediante un equipo Kjeldahl para analizar el nitrógeno total. Se pesaron 5 g de muestra para realizar la digestión con ácido sulfúrico, para posteriormente destilar el nitrógeno en forma de amoníaco y valorarlo la con ácido clorhídrico 0.1 N. Para determinar el porcentaje en proteínas se utilizó la siguiente formula:

$$\% \text{ Proteína Total} = \frac{\text{Volumen titulante consumido} \times N_{\text{ormalidad del Ácido}} \times 0.014 \times F}{g_{\text{muestra}}} \times 100$$

Se usó el factor (F) 6.25.

Determinación del extracto etéreo. Dicha determinación expresa el contenido de grasa de la muestra. El procedimiento realizado fue el siguiente: se pesaron 5 g de muestra libre de humedad y se determinó el extracto etéreo con equipo Soxhlet, usando hexano como solvente por un período de 5 h. Se recuperó la grasa en matraces bola de peso constante. Se pesaron los matraces con grasa y se obtuvo el extracto etéreo por diferencia de pesos.

Determinación de fibra bruta. Se pesó el residuo de la muestra libre de grasa, se depositó en un recipiente y se le añadieron 50 ml de H₂SO₄ al 1.25%. Se cubrió y se llevó a ebullición durante 30 min. Posterior a esto, se le agregó agua destilada hasta recuperar la pérdida de volumen. Se filtró la solución caliente a través de tela de lino, haciendo lavados con agua destilada. Se pasó el contenido de la tela a un recipiente y se le añadieron 50 ml de NaOH al 1.25%. Se volvió a llevar a ebullición por 30 min y se repuso el volumen perdido con agua destilada. A continuación, se filtró el líquido a través de un papel filtro, realizando varios lavados con agua destilada. Se agregó alcohol etílico hasta cubrir la muestra por completo. Se desecó el papel donde se encuentra el residuo correspondiente a fibra a durante 4 horas y se pesó hasta peso constante. Por diferencia de peso, se obtuvo el porcentaje de fibra bruta en la muestra.

Determinación del extracto libre de nitrógeno (ELN). Representa el porcentaje de carbohidratos presentes. La determinación de ELN se obtuvo de la diferencia de la suma del porcentaje de humedad, proteínas, fibra, extracto etéreo y cenizas a 100.

Extracción del mucílago. Se pesaron 5 g de muestra (previamente cortados y lavados). Se agregaron 5 ml de agua destilada y se llevaron a baño María a 92°C. Posteriormente se centrifugó el sistema, se recuperó el sobrenadante y se repitió el proceso anterior. El producto de la extracción se reunió en un recipiente y se le añadió etanol en proporción 1:3 (muestra:etanol). A continuación, se procedió a filtrar la solución obtenida y se cuantificó la cantidad de mucílago por diferencia de peso.

RESULTADOS

En la tabla I se observa la variación de cada factor con respecto al tipo de nopal analizado, obteniendo valores similares en la mayoría de las determinaciones. Siendo el nopal de cerro superior en todos los análisis.

CONCEPTO		Nopal de cerro (n=3)	Nopal de invernadero (n=3)
Humedad (%)	Método Gravimétrico	89.9881	88.8412
	Método Volumétrico	92.0578	88.1666
Cenizas (%)		1.8288	1.0486
Proteínas (%)		1.2600	1.1042

Extracto etéreo (%)	1.3138	0.1962
Fibra (%)	5.0019	3.7766
Extracto libre de nitrógeno (%)	0.6074	5.0332
Mucilago (%)	3.0037	0.3053

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la composición química del nopal en materia seca.

CONCEPTO	Nopal de Cerro (g)	Nopal de Invernadero (g)
Cenizas	18.27	9.40
Proteínas	12.59	9.90
Extracto etéreo	13.12	1.76
Fibra	49.96	33.85
Extracto libre de nitrógeno	6.07	45.11

DISCUSIÓN

El estudio realizado para la caracterización del nopal (*Opuntia spp.*) demostró resultados esperados según la bibliografía consultada. Se obtuvo una mayor composición porcentual de la mayoría de los parámetros que fueron determinados en base húmeda.

Un estudio realizado por Pérez *et al.*, (2015) indica cantidades similares en los parámetros calculados en el nopal de cerro, obteniendo un porcentaje de humedad del 89.62 %, porcentaje de extracto etéreo del 0.23% y 2.66 g de mucílago. Este mismo artículo presenta resultados de los mismos parámetros en nopales tratados (invernadero), obteniendo un porcentaje de humedad del 86.61 %, un porcentaje de extracto etéreo del 0.27 % y 1.76 g de mucílago. Otro estudio realizado por Loayza & Chávez (2007) determina los mismos parámetros calculados para nopales tratados en base húmeda, obteniéndose los siguientes resultados: porcentaje de humedad del 92.57 %, porcentaje de proteínas del 0.94 % y un porcentaje de carbohidratos del 5.96 %.

Existen variaciones entre las bibliografías y el presente trabajo que pueden ser explicadas por el tratamiento del suelo, clima, edad de la planta, geografía, humedad, etc. Sin embargo, los antecedentes demuestran que se obtiene un mayor valor bromatológico y mucilago en los nopales que no fueron tratados que en los que sí lo fueron, lo cual se reitera en este trabajo de investigación.

A partir de los resultados obtenidos podemos concluir que, efectivamente, las condiciones en las que se desarrollan las especies (*Opuntia spp.*) influyen en el valor bromatológico y en la cantidad de mucilago obtenido. Por lo que la elección de la especie dependerá completamente de la finalidad que se le desee dar. Por ejemplo, la cantidad de mucílago obtenido en el nopal de cerro permite que sea utilizado como materia prima en la producción de biopolímeros. Además, la porción de fibra que contiene puede ser utilizada en la formulación de laxantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Arbaján, M. 2008. Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago (*Opuntia ficus indica*) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia. Págs. 69-74.
- García, H. 2013. Identificación de pectinas y mucílago de cuatro variedades de nopal (*Opuntia ficus-indica L.*) Miller y validación de su actividad hipoglucémica (Tesis de Posgrado). Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Pág. 37
- Guzmán, D, & Chávez, J. 2007. Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. Rev Soc Quím Perú, 73(1), 41-45.

- León, F. 2010. Secado por aspersión de mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*) y su efecto en las propiedades reológicas de los polvos reconstituidos (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca, México. Págs. 44 y 45.
- Maki G., Peña C., García R., Arévalo M., Calderón G. y Anaya S. 2014. Características físicas y químicas de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) para exportación y consumo nacional. *Agrociencia*, 49(1), 31-51.
- Pérez, R., Delgado, L., García, P., Pulido, J & Ortiz, R. 2015. Caracterización, modelación morfológica y análisis proximales de *Opuntia ficus-indica* y *O. atropes* durante las épocas de estiaje y lluvias. *Nova scientia*, 7 (15), 133-152.
- Ramírez, V.D. y Yañez, F.J. 2006. "Secado por Aspersión de Mucílago de Nopal". IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Departamento de Bioingeniería. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología. IPN. Pág. 277.
- Saénz, S. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 162. ISBN 92-5-305518-9.s, biosynthesis, fermentation and applications.
- Vargas L., Arroyo G, Herrera C, Pérez A, García M & Rodríguez J., 2016. Propiedades físicas del mucílago de nopal. *Acta Universitaria*, 26(1), 8-11. DOI: 10.15174/au.2016.839.