



## **Cuantificación de pectinas en la pulpa del fruto de tres especies de tuna (*Opuntioideae*, *Cactaceae*)**

Quantification of pectin in the pulp of the fruit of three tuna species (*Opuntioideae*, *Cactaceae*)

**Autor:** Argenis de Jesús Montilla Pacheco<sup>1</sup>,  
Ismelda del Valle Tovar Pérez<sup>2</sup>  
Henry Antonio Pacheco Gil<sup>3</sup>

### **Dirección para correspondencia:**

Recibido: 08-12-2019

Aceptado: 23-03-2020

### **Resumen**

La tuna del género *Opuntia* es una de las plantas más importantes que se encuentra distribuida en las regiones semiáridas de Venezuela, a pesar de ser un recurso natural con un significativo valor alimentario, no existen suficientes investigaciones a nivel nacional que proporcionen información sobre la composición bromatológica de cada uno de sus componentes. La presente investigación tuvo como objeto cuantificar el contenido de pectina de la pulpa del fruto de tres especies de tuna del género *Opuntia*; *Opuntia elatior*, *Opuntia boldinghii* y *Opuntia ficus-indica* a través del método de Carbazol, para posteriormente realizar comparaciones entre las especies en estudio. Los resultados obtenidos son expresados como porcentaje de ácido anhidrogalacturónico (%AAG). El análisis arrojó los siguientes valores: *Opuntia elatior* 0,1440%  $\pm$  0,0044, *Opuntia boldinghii* 0,1313%  $\pm$  0,0071 y *Opuntia ficus-indica* 0,1531%  $\pm$  0,0087. Se concluye que existen diferencias significativas entre el contenido de pectina de cada especie por cada 100g de muestra analizada.

**Palabras clave:** *Opuntia*; pectina; ácido anhidrogalacturónico; Carbazol.

<sup>1</sup> Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Ecuador.

<sup>2</sup> Magister en Enseñanza de la Química. Profesora de Biología y Química. Investigadora de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador-Instituto Pedagógico de Barquisimeto, Barquisimeto. República Bolivariana de Venezuela.

<sup>3</sup> Profesor Investigador. Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador.

## Abstract

Of the genus *Opuntia* prickly pear is one of the most important plants which is distributed in the semi-arid regions of Venezuela, despite being a natural resource with an significant nutritional value, there is not enough research at national level as Please provide information about the each of its components bromatological composition. The present research aimed to quantify the content of pectin from the pulp of the fruit of three species of the genus *Opuntia* tuna; *Opuntia elatior*, *Opuntia boldinghii* and *Opuntia ficus - indica* - indicated by Carbazole method, then make comparisons between species to study. The results are expressed as a percentage of acid anhidrogalaacturónico (% AAG). The analysis showed the following values: *Opuntia elatior* 0,1440% + 0,0044, *Opuntia boldinghii* 0,1313% + 0,0071 and *Opuntia ficus - indica* 0,1531% + 0,0087. It is concluded that there are significant differences between the content of pectin for each species per 100g of sample.

**Keywords:** *Opuntia*; pectin; anhidrogalaacturónico acid; carbazole.

## Introducción

La tuna es una de las plantas más importantes que se encuentra en las zonas semiáridas de Venezuela, las cuales son utilizadas mayormente para la producción de forrajes, y en algunos casos sus frutos y cladodios son consumidos en forma fresca por productores sin ser comercializados. Se han adaptado muy bien a zonas áridas caracterizadas por condiciones secas, lluvias erráticas y suelos pobres expuestos a la erosión.

Algunas especies son inclusive consideradas como plantas naturalizadas en países como Sudáfrica y Australia, donde las condiciones ambientales son particularmente favorables (Kiesling, 1998). Además es una planta que no requiere tierras de gran calidad, por lo que puede crecer en suelos poco fértiles, y los cuidados para su producción son mínimos (Ortiz *et al.* 2013).

Hoy en día, la tuna se produce en 32 países entre los cuales se encuentran México, Túnez, Argentina, Italia, Sudáfrica, Chile, Israel y EE.UU (Sáenz & Berger, 2006). La taxonomía de la tuna es sumamente compleja debido a múltiples razones, entre las que destaca el hecho de que los fenotipos presentan gran variabilidad según las condiciones ambientales. Además, es frecuente encontrar casos de poliploidía, ya que se reproducen en forma sexual o asexual.

Las opuntias constantemente se hibridizan dando como resultado nuevas formas y tipos más o menos distintos, lo que complica más su clasificación (Lozada, 2007). La tuna pertenece al reino Plantae, división: Magnoliophyta, clase: Magnoliopsida, orden: Caryophyllales, familia: Cactaceae, género: *Opuntiae* (García, 2013). Así mismo, se encuentran innumerables especies las cuales varían según su región nativa. En Venezuela, las especies más comunes son: *O. bisetosa* Pittier, *O. boldinghii* Britton *et Rose*, *O. caracasana* Salm-Dyck,

*O. caribaea* Britton et Rose, *O. curassavica* (L.), *O. depauperata* Britton et Rose, *O. schumannii* Weber, *O. ficus-indica* y *O. elatior* (Moreno et al. 2008).

El fruto es una falsa baya con ovario ínfero, uniloculado y carnosos, en que la cáscara corresponde a la envoltura del ovario y la pulpa corresponde al lóculo desarrollado (Lavin & Kuni, 2004). La forma y tamaño de los frutos es en promedio de 7-9 cm de largo, 5-6 cm de diámetro y 8-14 g de peso.

Estos presentan características distintas según las variedades cultivadas y se diferencian principalmente por el color de la cáscara y la pulpa del fruto. Se pueden encontrar cáscaras de colores rojos, anaranjados, púrpuras, amarillos y verdes con pulpas, en general, de los mismos colores. La epidermis de los frutos es similar a la del cladodio, con areolas y abundantes gloquidios y espinas.

La cáscara de los frutos es de diverso grosor según la especie, siendo también variable la cantidad de pulpa entre las variedades. La pulpa presenta semillas de 4-4.5 mm de longitud, las que se consumen junto con la pulpa. Los frutos presentan semillas abortivas, lo que aumenta la proporción de pulpa comestible (Sáenz & Berger, 2006).

Su importancia como alimento, radica en el hecho de la existencia de evidencias de ser un alimento prehispánico y el potencial que representa en la actualidad para la industria gastronómica y farmacológica (Moreno et al. 2008).

Algunos autores (Scheinvar, Olalde-Parra & Gallegos-Vázquez, 2015; Monroy-Gutiérrez, Martínez-Damián, Barrientos-Priego, Gallegos-Vázquez, Cruz-Alvarez & Vargas-Madriz, 2017) han descrito la potencialidad de las especies del género *Opuntia* a nivel mundial, donde destaca su utilización en la elaboración de numerosos productos tales como: mermeladas, jaleas, compotas, salsas, mayonesas, confites, bebidas dietéticas y fuentes de pigmentos naturales como betalainas que presentan efectos anti-oxidantes, anticancerígenos, antimicrobiano y contribuyen a combatir la arteriosclerosis, entre otros usos. (Chasquibol et al. 2008).

A pesar de ser un recurso natural y fuente importante para la alimentación, así como para la preparación de medicinas; no existen suficientes investigaciones a nivel nacional que proporcionen información sobre la composición bromatológica de cada uno de los componentes del fruto (pulpa, pericarpio y semilla) y cladodios, según (Anaya, 2003).

La presente investigación tiene como objeto cuantificar las pectinas de la pulpa del fruto de tres especies distintas de tuna, *Opuntia elatior*, *Opuntia boldinghii* y *Opuntia ficus-indica*, para determinar si existen diferencias entre el contenido de pectina de cada especie.

## Metodología

Se utilizaron frutos en madurez fisiológica, con dimensiones y peso similares para las 3 especies en estudio, sin daños físicos ni microbiológicos, recolectados en tres plantas ubicadas en la localidad de Bobare, municipio

Iribarren del estado Lara, los cuales fueron trasladados al laboratorio de Química Agroindustrial de la Universidad Centrocidental Lisandro Alvarado, en Barquisimeto, Venezuela, lugar donde se hizo el análisis respectivo.

#### *Preparación de la Muestra*

Luego de la selección se realizó el lavado de los frutos con agua potable, a fin de retirar impurezas y gloquidios, seguido de la separación de sus partes estructurales, piel, cáscara y pulpa, manualmente utilizando un cuchillo de acero inoxidable.

Una vez realizada la separación se procedió a la molienda de la pulpa con un molino marca Toastmaster modelo 1119, y tamizado con un tamiz de 40 mesh para la reducción de tamaño. Las muestras utilizadas fueron secadas en estufa de vacío marca LAB-LINE modelo 3608, durante 6 días a una temperatura de 70°C y se les determinó humedad por el método 394.06 A.O.A.C. (2000).

Para la realización del análisis las muestras se codificaron como O.E.1, O.E.2, O.E.3, O.B.1, O.B.2, O.B.3, O.F.1, O.F.2, O.F.3; haciendo referencia a la especie de la que proviene el fruto y al número de muestras analizadas. Ejemplo: O.E.1 está referido a la especie *Opuntia elatior* réplica 1.

#### *Cuantificación de Pectinas*

Se conocen varios métodos colorimétricos para la cuantificación de sustancias pécticas, entre ellos el método de Carbazol y del m-hidroxifenilfenol (Barazarte *et al.* 2010; Barazarte *et al.* 2017).

Para determinar el contenido de pectina de las muestras en estudio, se utilizó el método Carbazol, esta determinación consiste en una reacción colorimétrica para obtener el contenido de pectina de los frutos de *Opuntia elatior*, *Opuntia boldinghii* y *Opuntia ficus-indica*, expresado en porcentaje de ácido anhidrogalacturónico (%AAG). Según Terrazas *et al.* (s.f), el ácido galacturónico es la unidad estructural de las sustancias pécticas.

Se pesaron 2g de muestra de cada especie previamente secada y pulverizada, a la cual se le realizaron dos lavados con etanol al 99%, se filtró con papel de filtro Whatman N°1 para retirar los azúcares y se realizó la Prueba de Molish. Al residuo obtenido en el papel de filtro se le adicionan 150ml de etilendiaminotetra-acético (EDTA) al 0,5% y se ajustó el pH de la solución obtenida a 11,5 con NaOH 1N, se dejó la suspensión en reposo durante 30 minutos a temperatura ambiente. Pasados este tiempo se ajustó nuevamente el pH a 5,5 con ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH) 1N.

Se adicionaron 0,05g de la enzima Pectinasa (*Aspergillus Niger*, solución acuosa, producto P2736, marca Sigma) y se dejó en reposo durante toda la noche a una temperatura de 0°C. La solución obtenida se llevó a aforo en un balón aforado de 500 ml, se filtró y se tomó una alícuota de 10ml por cada muestra, para luego aforar nuevamente a 100ml.

Para la determinación se adicionó en un tubo de ensayo 12ml de solución de ácido bórico con ácido sulfúrico concentrado y 2ml de cada muestra por triplicado, dejándose en reposo durante 15 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente las muestras se colocaron en baño de agua hirviendo durante 30 minutos, enfriándose luego durante 30 segundos en baño de hielo. Finalmente se adicionó 1ml de Carbazol a cada muestra, se dejó en reposo durante 25 minutos a temperatura ambiente para la formación de color, y se realizaron las lecturas correspondientes de absorbancia en Spectronic 20 a 520 nm.

*Curva estándar de calibración para el Ácido anhidrogalacturónico (AAG):*

Para la curva patrón se pesaron 120,5 mg de ácido anhidrogalacturónico monohidratado previamente secado en estufa de aire a 30°C durante 5 horas, el cual se colocó en un balón aforado de 1L. Se adicionaron 0,5 ml de NaOH 1N y 800 ml de agua destilada, se agitó con agitador magnético durante 15 minutos y se llevó a aforo (Barazarte *et al.* 2017). Se dejó en reposo durante 12 horas y se tomaron alícuotas de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 ml. Cada alícuota se llevó a aforo con agua destilada en un balón aforado de 100 ml y se dejó en reposo hasta el desarrollo de color.

*Análisis Estadístico*

Para el análisis de los valores obtenidos en la cuantificación de pectina de las 3 especies de la tuna del género *Opuntia*, se empleó estadística descriptiva (promedios y desviación estándar). Se aplicó al análisis de varianza (ANOVA) haciendo uso del programa Microsoft EXCEL, a fin de evaluar si existen diferencias significativas entre el contenido de pectinas en la pulpa de los frutos de las especies de *Opuntia* en estudio (*O. elatior*, *O. boldhingii*, *O. ficus-indica*). Luego se analizaron los resultados aplicando la prueba de Tukey.

Para el análisis se establecieron las siguientes hipótesis de estudio:

Hipótesis nula:

$$H_0: \mu_{OE} = \mu_{OB} = \mu_{OF}$$

Hipótesis Alternativa:

H<sub>1</sub>: El contenido de pectina es distinto para cada especie en estudio.

Donde:

$\mu_{OE}$  es el contenido de pectina de la especie *O. elatior*.

$\mu_{OB}$  es el contenido de pectina de la especie *O. boldhingii*.

$\mu_{OF}$  es el contenido de pectina de la especie *O. ficus-indica*.

## Resultados

En el cuadro 1, se muestran los valores obtenidos, promedio y desviación estándar de tres réplicas del contenido de pectina de cada una de las especies del género *Opuntia* estudiadas, expresados en porcentaje de ácido anhidrogalacturónico (%AAG); estos resultados fueron obtenidos a partir de la

curva estándar de calibración para el ácido anhidrogalacturónico que se muestra en la figura 1.

Cuadro 1. Porcentaje de ácido anhidrogalacturónico de las especies del género *Opuntia*.

<b>Especies</b>	<b>%AAG</b>
<b>O.E.</b>	0,1440±0,0044 <sup>a</sup>
<b>O.B.</b>	0,1313±0,0071 <sup>b</sup>
<b>O.F.</b>	0,1530±0,0087 <sup>a</sup>

\*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

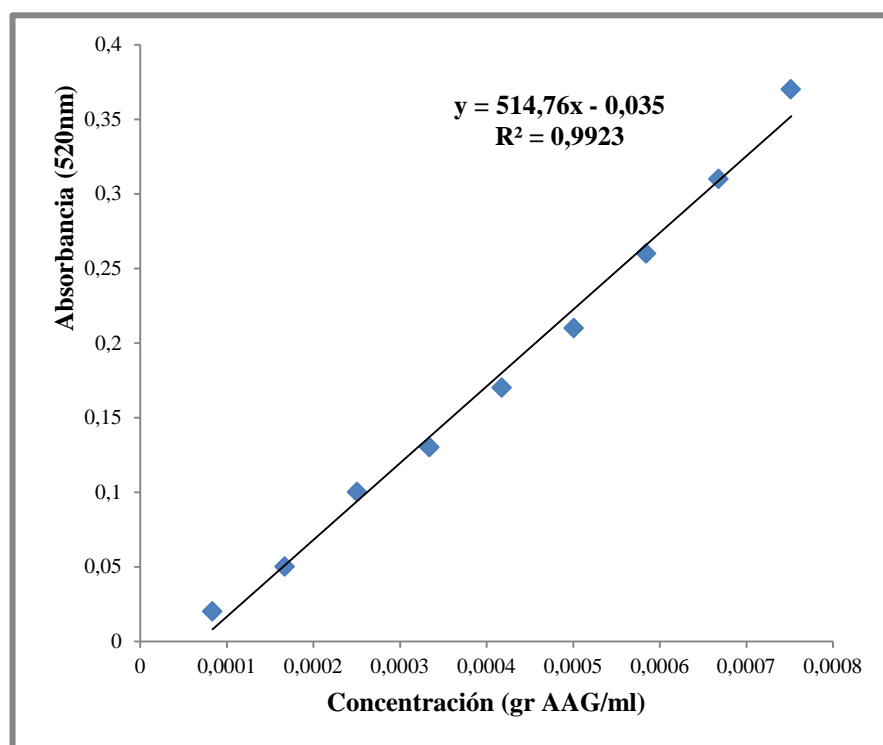


Figura 1. Curva de calibración estándar para el ácido anhidrogalacturónico.

## Discusión

En relación a los resultados obtenidos en el cuadro 1, se determinó que existen diferencias significativas entre los promedios del contenido de pectina de la pulpa del fruto de las tres especies del género *Opuntia* en estudio, debido a que el P-valor es menor a 0,05, por tanto existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula.

La Prueba de Tukey arrojó que no existen diferencias significativas entre el contenido de pectina de la pulpa de los frutos de las especies *O. elatior* y *O. ficus -indica*, obteniéndose respectivamente los valores de 0,1440g de pectina/100g de muestra y 0,1531g de pectina/100g de muestra; sin embargo la especie *O. boldhingii* presenta un contenido de pectina significativamente

distinto a las especies *O. elatior* y *O. ficus-indica*, reportando el menor contenido de pectina con un valor de 0,1313g de pectina/100g de muestra.

Estos resultado son similares a los valores reportados por Moreno *et al.* (2008), en su investigación “Análisis Bromatológico de la tuna *Opuntia elatior* (*Cactaceae*)”, donde reporta que la pulpa de la especie en estudio contiene 0,12±0,02g de pectina/100g de muestra, en el estudio de Rodríguez *et al.* (1996) se obtuvo un 0,17% (Sáenz & Sepulveda, 2001); 0,17 a 0,19% (Sáenz & Sepulveda, 1999) y superior al de 0,03% (González & Icaza, 2007), lo que indica que pese a ser contenidos muy bajos, son cercanos a los valores más altos informados. El contenido de pectina determinado en la pulpa aunque es poco, sugiere su utilización en la formulación de mermeladas y jaleas, aprovechando la capacidad de gelificación de este polisacárido.

Esta investigación contribuye a incrementar el valor agregado de estas frutas y a la creación de nuevos productos para el mercado interno y la agroexportación.

## Conclusiones

Según los resultados obtenidos se determinó que la pulpa de los frutos de las especies del género *Opuntia* no representan una fuente importante de pectinas; sin embargo, con la presente investigación se logró demostrar, que así como existen variaciones entre las características morfológicas de los frutos según la variedad, estas presentan características similares a las pectinas cítricas comerciales; lo cual hace factible su uso en diversas aplicaciones de la industria alimentaria.

En cuanto a su composición existen diferencias significativas entre el contenido de pectina de la pulpa del fruto de las especies en estudio, esto indica la importancia de realizar nuevos análisis para la caracterización físico-química de los frutos por especie, estableciendo similitudes y diferencias entre cada una, para lograr de esta forma un mejor aprovechamiento de la tuna del género *Opuntia* como recurso poco explotado en Venezuela.

## Referencias bibliográficas

- Anaya, M. A. (2003). Historia del uso de *Opuntia* como forraje en México. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Departamento de agricultura. Mexico.*
- Barazarte, H., García, T., Duran, L., Chaparro, L., & Gamez, J. (2017). Evaluación de la exactitud y precisión de los métodos M-Hidroxifenilfenol y Carbazol aplicados en la cuantificación de sustancias pécticas. *Revista Agrollania*. Vol. 4 (53-62). Recuperado de: <https://bit.ly/2Xu0PYx>
- Barazarte, H., García, T., Garrido, E., Pérez, H., & Terán, Y. (2010). Evaluación de dos métodos colorimétricos para cuantificar sustancias pécticas en parchita (*passiflora edulis*). *Bioagro*, 22(2), 163-166. Recuperado de: [http://www.scielo.org/ve/scielo.php?pid=S1316-33612010000200010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org/ve/scielo.php?pid=S1316-33612010000200010&script=sci_arttext)
- Chasquibol, N., Arroyo-Benites, E., & Morales-Gomero, J. C. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. *Ingeniería Industrial*, (026), 175-199. Recuperado de: [http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria\\_industrial/article/view/640](http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/640)

García, B. (2013). *Mucílago de Nopal (Opuntia spp.) sobre las propiedades micromorfológicas y estructurales del suelo en trigo*. Montecillo, México.

González, G., & Icaza, A. (2007). Cultivo e Industrialización de la tuna. *Proyecto de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Facultad de Ciencias Humanísticas y Económicas, Guayaquil, Ecuador*. Recuperado de: <https://bit.ly/2S176ox>

Kiesling, R. (1998). *Origen, domesticación y distribución de Opuntia ficus-indica*. Instituto de Botánica Darwinion. San Isidro, Argentina. Recuperado de: [http://jpacd.org/downloads/Vol3/RAC\\_2.pdf](http://jpacd.org/downloads/Vol3/RAC_2.pdf)

Lavín, A. & Kuni, M. (2004). Frutales: especies con potencial en el Secano Interior. *Boletín INIA*, (120), 105-116.

Lozada, M. (2007). *Extracción y caracterización reológica de polisacáridos tipo pectina de la cáscara de la tuna (Opuntia spp.)*. Universidad Autónoma de Hidalgo, México. Recuperado de: <https://cutt.ly/yTPnS0>

Monroy-Gutiérrez, T., Martínez-Damián, M., Barrientos-Priego, A., Gallegos-Vázquez, C., Cruz-Alvarez, O., & Vargas-Madriz, H. (2017). Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en frutos de xocotuna, tuna y xoconostle (*Opuntia spp.*). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 33(3), 263-272. Recuperado de: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0719-38902017000300263&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0719-38902017000300263&script=sci_arttext)

Moreno, M. J., García Pantaleón, D., Camacho, B., Medina Martínez, C., & Muñoz Ojeda, N. (2008). Análisis bromatológico de la tuna *Opuntia elatior* Miller (Cactaceae). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(1), 68-80. Recuperado de: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-78182008000100004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-78182008000100004&script=sci_arttext)

Ortiz, Á. V., Astudillo, I. C. P., & García, J. M. (2013). Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para su uso como coagulante natural. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(1), 137-144. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4776461>

Rodríguez, S.; Orphee, C.; Macías, S.; Generoso, S. & Gomes, L. (1996): Tuna: Propiedades físico-químicas de dos variedades. *La Alimentación Latinoamericana* (210): 34 – 37. Recuperado de: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=SERAMZ.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=031095>

Sáenz, C. & Berger, H. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. Recuperado de: <https://cutt.ly/WTPWv2>

Sáenz, C. & Sepúlveda, E. (1999). Physical, chemical and sensory characteristics of juices from pomegranate and purple cactus pear fruit. *Annals of the 22nd IFU Symposium, Paris*. pp. 91-100.

Sáenz, C. & Sepúlveda, E. (2001): Cactus pear juices. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 4: 3 – 10.

Scheinvar, L., Olalde-Parra, G., & Gallegos-Vázquez, C. (2015). Una nueva especie del género *Opuntia* (Cactaceae) para el estado de Veracruz, México. *Botanical Sciences*, 93(1), 33-39. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-42982015000100005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-42982015000100005)

Terrazas, J., Montañez-Sáenz, J. C., Aguilar, C. N., & Contreras-Esquivel, J. C. (s.f). Análisis de ácido galacturónico de cladodios de nopal (*Opuntia spp.*) por métodos enzimáticos y químicos. Recuperado de: [https://smbb.mx/congresos%20smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA\\_V/CV-25.pdf](https://smbb.mx/congresos%20smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_V/CV-25.pdf)