

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN

Desde México

Efectos biofuncionales del Nopal y la Tuna

Juan Carlos Guevara Arauza

guevaraajc@uaeh.edu.mx

Doctorado en Ciencias Químicas (Ingeniería de alimentos) en la facultad química, UNAM, México-Wageningen University, the Netherlands. Actualmente profesor investigador de la universidad autónoma del estado de Hidalgo y miembro del sistema nacional de investigadores (SNI) nivel I, México.

En México de manera ancestral el nopal ha contribuido considerablemente a la dieta humana y a la salud, a tal grado que en la actualidad continua utilizándose como agente terapéutico. En la medicina popular, el nopal se ha utilizado para el tratamiento de la gastritis, fatiga, disnea y daño al hígado ocasionado por abuso del alcohol. Pomadas calientes se han aplicado como tratamiento de desordenes reumáticos, eritemas e infecciones crónicas en piel. Se han reportado los efectos positivos de la ingesta de cladios y tunas sobre la hiperglucemia, la acidosis y la arterosclerosis, además de que su consumo mejora la digestión y estimula de manera general el proceso de detoxificación. En Italia, una revisión de la medicina veterinaria popular indica a *Opuntia ficus-indica* como una de las especies de plantas para uso etnoveterinario.

En Países como Corea Italia y México se han estudiado los efectos de los nopales, sus frutos y otras partes en relación con su actividad antioxidante, reducción de los niveles en plasma de lípidos, colesterol total, triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad, por lo que en estos países el nopal no solo es utilizado como alimento saludable, siendo utilizado como agente en la medicina herbal.

Actividad Antioxidante

Actualmente se ha demostrado que extractos de nopal presenta una considerable actividad antioxidante, inhibiendo la producción de especies reactivas de oxígeno como los aniones superóxido (O_2^-), radicales hidroxilo ($\cdot OH$) y otros radicales como los DPPH, peroxinitrito (ONOO-) entre otros.

Diversas investigaciones han aislado un gran número de componentes con actividad secuestrante a los radicales libres, lo cual confiere su actividad antioxidante, y utilizando diferentes sistemas de evaluación han podido definir un efecto dependiente de la dosis. Los extractos de nopal y tuna, han mostrado ser

efectivos protectores contra el rompimiento de hebras de ADN. En células corticales de ratón han mostrado actividad neuroprotector al evitar la oxidación de las mismas, mediante el secuestro de radicales oxidativos como el ONOO-.

Este efecto neuroprotector se atribuye al poder antioxidante de compuestos presentes en el extracto como la quercetina y derivados. En humanos se ha demostrado que el consumo de nopal y tuna afecta positivamente el balance redox corporal, decrece el daño oxidativo en lípidos y mejora el estado antioxidante general. Estudios *in vitro* y en animales han mostrado que extractos de tuna al 25% poseen efectos anticancerígenos (inducción de apoptosis), lo cual se ha demostraron en líneas células cancerosas de tejido cervicouterino, ovario y vejiga.

Es importante señalar que el extracto de tuna indujo cambios morfológicos y afectó de diferente manera el ciclo celular de las diferentes líneas celulares. Tales efectos se asociaron a su elevada capacidad antioxidante.

Efecto analgésico y anti-inflamatorio

Los extractos de nopal presentan efecto analgésico, mismo que se ha comparado con el generado por el ácido acetilsalicílico a dosis de 200 mg kg⁻¹ peso corporal. Estos mismos extractos mostraron capacidad de inhibir el síndrome de retorcijones, al igual que el de suprimir edemas inducidos por carragenina. Se ha encontrado que los extractos acuosos de ciertos genotipos de tuna ejercen efectos analgésicos en ratas.

La administración intraperitoneal de extractos de tuna exhibió propiedades analgésicas centrales, dependientes de la dosis, ante la estimulación química y térmica del dolor. El modo de acción de estos extractos es similar a la observada para la morfina. Se ha postulado que el incremento en el ácido g-aminobutírico, un neurotransmisor inhibitorio central, podría ser la causa de estos efectos analgésicos de la tuna.

Se infirió que estos efectos de la tuna pueden deberse a una inhibición de la síntesis de prostaglandinas así como al efecto analgésico de dichos extractos. Otro de los efectos que presentan los extractos etanólicos de (*Opuntia ficus-indica*) es una potente acción anti-inflamatoria, tal efecto esta relacionada con el estrés oxidativo, por lo que compuestos con actividad antioxidante como el β -Sitosterol y las batalainas presentes en el nopal y la tuna pueden revertir los efectos inflamatorios.

Se demostró que los extractos alcohólicos de flores de nopal presentaron una actividad antiinflamatoria y analgésica superior a la observada con los extractos de penca y fruto. Estos efectos se atribuyeron al elevado contenido de tres flavonoides (kaempferol 3-O-a-arabinósido, isoramnetina-3-O-b-D-glucopiranosíde e isoramnetina-3-O-b-D-rutinósido) de las flores. Otros estudios también han demostrado que los extractos de tuna ejercen efectos antiinflamatorios y analgésicos.

Otros estudios han mostrado que extractos de *Opuntia ficus-indica* tienen un efecto moderado sobre la reducción de los síntomas generados por el exceso en el consumo de bebidas alcohólicas al disminuir la respuesta inflamatoria al estímulo estresante, inducida por impurezas en bebidas alcohólicas y productos del metabolismo alcohólico.

Actividad cicatrizante

Desde épocas precolombinas existen reportes de que en México los cladiolos de *Opuntia ficus-indica* han sido utilizados por su actividad cicatrizante.

La primera preparación tópica formulada con 15% de extractos de cladiolo aplicada para curar heridas mostró una rápida generación del tejido, factores como la inhibición de la inflamación, estimulación de la migración de los fibroblastos con la formación acelerada de colágeno y una rápida angiogenesis se cree están relacionados.

En particular la aplicación tópica de 2 extractos compuestos de polisacáridos de *Opuntia ficus-indica* sobre lesiones en la piel, acelera la reepitalización y la fase de remodelación, al interferir en las interacciones de la matriz celular y modular la colocación laminar.

Actividad antiúlcera

En Sicilia-Italia, los cladiolos son utilizados para el tratamiento de ulcera gástrica. Polvos de nopal y tuna presentan un efecto antiulcerogenico (protección de la mucosa gástrica) tanto preventivo como curativo puesto que inhiben lesiones gástricas inducidas por etanol-HCl, indometacina y aspirina-HCl.

Tal efecto es generado por la estimulación y el incremento en la producción de mucosa gástrica, en específico, el mucílago presente en el nopal y la tuna acelera la restauración de las alteraciones histológicas inducidas por etanol y los disturbios en membrana plasmática de la mucosa gástrica, mostrando un efecto anti-inflamatorio.

Efecto hipoglicémico

El efecto hipoglicémico y antidiabético es sin duda el más estudiado a nivel mundial, a tal grado de que el nopal, la tuna al

igual que sus semillas y sus flores son tradicionalmente utilizadas para combatir la diabetes tipo II (insulina no dependiente) en algunos países, como México, Corea y en menor frecuencia en Marruecos y España. Estudios en animales al igual que en humanos sugieren que los polisacáridos y otros compuestos hidrosolubles podrían ser los responsables de causar una reducción en los niveles circulantes de glucosa en plasma, aunque no se ha establecido de manera concreta el posible mecanismo involucrado.

Entre los factores que se han estudiado sobre el efecto hipoglicémico en relación al nopal se encuentran: la variedad, el tiempo de cosecha, liofilización, deshidratación por aire caliente, cocción, fracciones acuosas y etanólicas de extractos, al igual que la ingesta de diversos alimentos generados a base de nopal (barras, bebidas, tortillas, capsulas, mermeladas, flanes, dulces, entre otros). Actualmente los estudios en esta área continúan incasantes tal como lo demuestra el estudio realizado en ratas con diabetes inducida por estreptozotocina, en donde se comparo el efecto de polisacáridos presentes en cladiolos de *Opuntia monacantha* extraídos con agua y clasificados por su solubilidad a diferentes concentraciones de etanol.

Existe controversia en relaciona a que la ingesta de nopal no afecta los niveles de insulina, ya que se ha reportado que la producción de ácidos grasos de cadena corta (propionico y acético) durante la fermentación de fibra (pectina y mucílago de nopal) en el colon es la causante del efecto hipoglucémico, al estimular la secreción de insulina, reduciendo los niveles de glucosa en plasma.

Efecto hipolipidémico e hipocolesterolémico

La ingesta de nopal además de ejercer un control sobre los niveles de glucosa en sangre, también controla los niveles de triglicéridos y colesterol total en suero. Los efectos antihiperlipidémicos del nopal y su fruto han sido estudiados desde hace más de 2 décadas.

Se ha evidenciado que la ingesta de nopal genera una disminución en los niveles, de lipoproteínas de baja densidad (LDL) y triglicéridos. En relación a los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL, colesterol bueno), se ha observado desde un ligero hasta un significativo incremento.

Las HDL, al actuar como lípidos cardioprotectores reduciendo el riesgo de padecer arterosclerosis. Se ha reportado que el consumo diario de 250 g de pulpa de nopal ó tuna reduce el riesgo de trombosis en pacientes que sufren de hiperlipidemia y diabetes. Hasta donde es de nuestro conocimiento no se ha definido cual de las partes del nopal (cladiolos o tuna) presentan el mayor efecto.

Se ha planteado que el efecto hipocolesterolemico es generado por la fibra y principalmente la pectina presente en el nopal y la tuna, mediante un mecanismo que estimula el enlace de ácidos biliares, reduciendo la absorción de la bilis y lípidos en el colon, de tal manera que el circulo enterohepatico es perturbado, por lo que se reduce la concentración de lípidos y colesterol que es abastecida al hígado, esto genera bajos niveles de lípidos en sangre y finalmente una reducción en peso.

Otra teoría plantea que la pectina incrementa la expresión de receptores de apolipoproteína B/E y la desactivación de receptores mediados por LDL. Lo anterior permite definir que la suplementación de la dieta con nopal presenta ventajas a la salud, disminuyendo con ello el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, mediante un control de los niveles lipídicos en sangre.

Efecto diurético y antiúrico

El uso de diuréticos es una estrategia clínica común para reducir la presión arterial en humanos. Estos agentes actúan en el riñón y promueven la expulsión de orina y sodio, lo cual ayuda a reducir el volumen de sangre que circula a través del sistema cardiovascular.

La medicina tradicional de algunos países considera que extractos e infusiones de cladiolo, tuna y sus flores tienen un efecto depurativo, usándose como un agente diurético y relajante del tracto renal, llegando a considerar que dicha infusión es capaz de ayudar a la excreción de cálculos renales. El efecto diurético y antiúrico del extracto de tuna fue superior a la del cladodio y flor.

Estos efectos se pueden atribuir a la influencia que el elevado contenido de electrolitos de la tuna (iones K⁺) ejercen en el epitelio renal o a la presencia de compuestos polares como flavonoides glicosilados, vitamina C y otros compuestos (también abundantes en el nopal y la tuna), los cuales pueden individual o sinérgicamente promover una vasodilatación inicial.

Otra posible explicación para este efecto de la tuna podría radicar en el incremento de la diuresis y el incremento en la excreción urinaria de uratos, lo cual podría influir el metabolismo del ácido úrico a través de la alteración de la actividad de algunas enzimas.

Propiedades antivirales

Un extracto de cladiolos obtenido de *O. streptacantha* fue reportado que exhibe propiedades antivirales al actuar contra el ADN del virus del herpes, el ARN del virus de la influenza tipo A y el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH). El principio activo fue localizado en el tejido no cuticular externo y relacionado a una proteína con un mecanismo de acción desconocido.

Actividad prebiótica

Los prebióticos son ingredientes alimenticios que presentan la característica de resistir la digestión en el estómago e intestino delgado y llegan a ser disponibles en el colon, donde son selectivamente fermentados por Bifidobacterias y Lactobacilos, generando ácidos grasos de cadena corta (butírico, acético y propiónico).

Estos microorganismos son denominados probióticos y se han asociado con efectos benéficos para la salud, entre los que destacan, el incremento en la resistencia contra la colonización de microorganismos patógenos, estimulación del sistema inmune del hospedero, inducción de la apoptosis de células cancerosas, entre otros. Los pectin-oligosacáridos (PO) presentes en el nopal estimulan el desarrollo de bifidobacterias, por su parte los

mucílago-oligosacáridos (MO) generan un incremento en el desarrollo de Lactobacilos. La suplementación MO y PO de nopal generó un incremento de hasta el 35% en la producción de ácidos grasos de cadena corta.

Por su parte la producción de amonio mostró un incremento del 20% y 10 % al suministrar PO y MO respectivamente. Estos resultados permiten considerar al mucílago y la pectina de nopal como prebióticos.

Actividad contra daño hepático

Se sabe algunos compuestos pueden causar daño hepático (dilatación sinusoidal, congestión, necrosis centrilobular, etc.), el cual es evidenciado por un incremento anormal de enzimas circulantes específicas. Se ha demostrado que el jugo de tuna es capaz de reducir el daño hepático causado por CCl₄ en ratas, debido a que causa una reducción en el proceso degenerativo del área portal.

Este efecto protector se atribuyó al elevado contenido de antioxidantes y algunos minerales (Mn, Fe y Zn), los cuales pudieron actuar de diferente manera en la restauración hepática mediante la estabilización de las membranas celulares, neutralizando radicales libres y regulando los niveles de enzimas desintoxicantes. Existen reportes de la actividad anti-toxica de cladiolos de nopal deshidratados sobre el daño a hígado inducido por insecticidas organofosforados.

Estos insecticidas afectan el sistema nervioso central a través de la inhibición de la enzima acetil colinesterasa, la cual juega un papel importante en la neurotransmisión durante la sinapsis colinérgica, al hidrolizar rápidamente el neurotransmisor acetilcolina en colina y acetato. También se ha reportado la actividad anti-toxica de jugo de nopal sobre la toxicidad inducida por níquel en ratas (estrés oxidativo) encontrando que la actividad de las enzimas superóxido dismutasa, catalasa y glutatión peroxidasa permanecieron sin cambio significativo.

Actividad inmunomodulatoria

La activación de los linfocitos T a través de receptores, conduce a un incremento en la proliferación de linfocitos, esta etapa requiere en una primera instancia un incremento sostenido y luego un descenso en la concentración intracelular de Ca²⁺ libre. Este incremento en la concentración de Ca²⁺ conduce a la activación de varias proteínas y factores de transcripción involucrados en la transcripción de genes que conducen al crecimiento de las células T, las cuales están involucradas en enfermedades autoinmunes como la artritis reumatoide, soriasis, diabetes tipo I, dermatitis atópica y colitis.

Se ha demostrado que los compuestos polifenólicos de la tuna son capaces de inducir un incremento en la concentración intracelular de Ca²⁺ libre en las células T, probablemente abriendo los canales de calcio. También se ha demostrado que los extractos de tuna son capaces de reducir y retardar el daño de ADN en linfocitos, células sanguíneas mononucleadas que tiene un papel fundamental en la respuesta inmunológica y que se encuentra normalmente en la sangre y en los órganos linfoides (bazo, timo y ganglios linfáticos).

Existe evidencia que las fracciones ricas en polifenoles y polisacáridos presentan un efecto protector contra alteraciones al cartílago y enfermedades relacionadas con las articulaciones.

Actividad inhibitoria de monoamino oxidasa

Las monoamino oxidasas (MAOs) y sus isoformas (A, B, etc) son enzimas que están involucradas en el catabolismo de las catecolaminas, compuestos que actúan como neurotransmisores, hormonas y que a su vez controlan los niveles de aminas. Ésteres metílicos derivados de ácidos orgánicos de tuna ejercen efectos inhibidores de las MAOs.

Los extractos acuosos de tuna presentaron la menor actividad inhibitoria, seguido por los extractos en n-butanol y hexano. El extracto obtenido con acetato de etilo fue el que presentó la mayor actividad inhibitoria. Los compuestos activos fueron identificados como 1-metil malato, 1-monometil citrato, 1,3-dimetil citrato y 1,2,3-trimetil citrato.

Efectos varios

Extractos metanólicos de *O. dillenii* Haw., desengrasado con cloroformo y éter de petróleo ejerce efectos antiespermatogénicos, hecho que es atribuido a derivados flavona vitexina y miricitina, considerando a estos como los compuestos activos.

Un estudio realizado a deportistas, indicó que la suplementación de la dieta con *Opuntia ficus-indica*, incrementa la actividad tanto en alta como en baja frecuencia, y además decrece la velocidad del corazón (pulsaciones min⁻¹). En México se comercializan bajo una firma Alema complementos nutricionales conteniendo fibra soluble (mucilago y pectinas) de nopal, las cuales además de complementar las dietas, evitan el estreñimiento.

Conclusiones

Los fitoquímicos presentes en el nopal pueden contribuir a reducir el riesgo de enfermedades correlacionadas con el estrés oxidativo. Es importante considerar la complementación de las dietas con nopal o productos derivados del mismo. Además es imprescindible continuar las investigaciones que permitan definir el mecanismo de acción y aislar los compuestos activos que generan los diversos efectos benéficos del nopal.

El nopal presenta una amplia gama de efectos biofuncionales y es por eso que se debe impulsar su cultivo al igual que aprovechamiento integral a nivel mundial mediante el desarrollo de alimentos nutraceuticos y la generación de industrias que generen productos derivados del nopal con aplicación tecnología y de alto valor agregado, todo esto traerá consigo un desarrollo sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

Guevara-Arauz, J.C., 2009. Tecnología Postcosecha y uso medicinal del nopal y la tuna. Editorial Trillas, México, D.F. En prensa

Sáenz C., Corrales, J., Galleti, L., Garcia de Cortázar, V., Higuera, I., Mondragón C., Rodríguez-Felix, A., Sepúlveda, E. y Varnero, M.T., 2006. Utilización Agroindustrial del nopal. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO, No. 162.

Stintzing, F.C. y Carle, R., 2005. Review Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Molecular Nutrition Food Research*, 49, 175-194.



Tunas (*Opuntia ficus-índica* (L.) Miller) en madurez fisiológica.



Tuna madura (*O. streptacantha*)



Tunas (*O. robusta*).



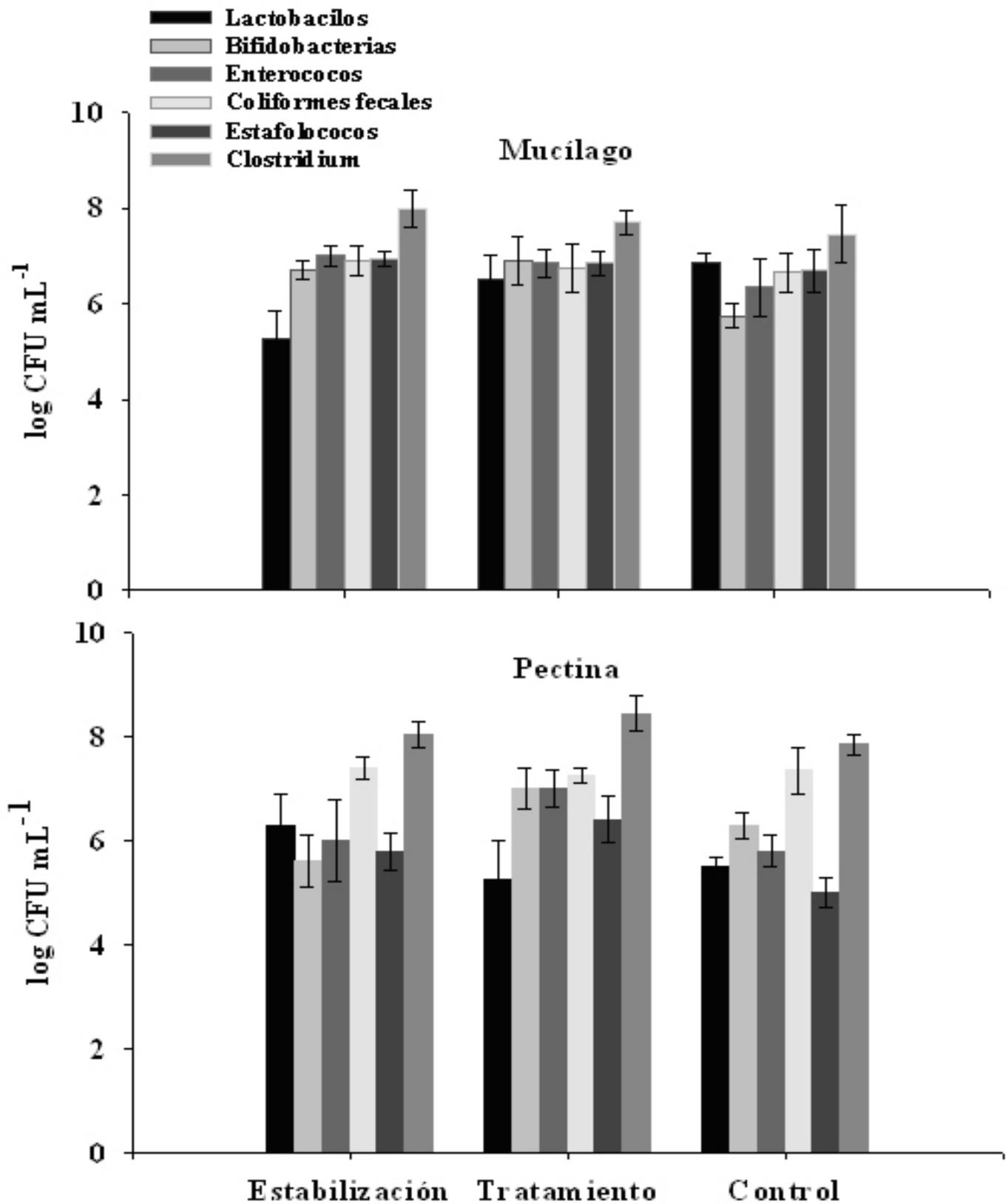
Tunas variedad roja mexicana.



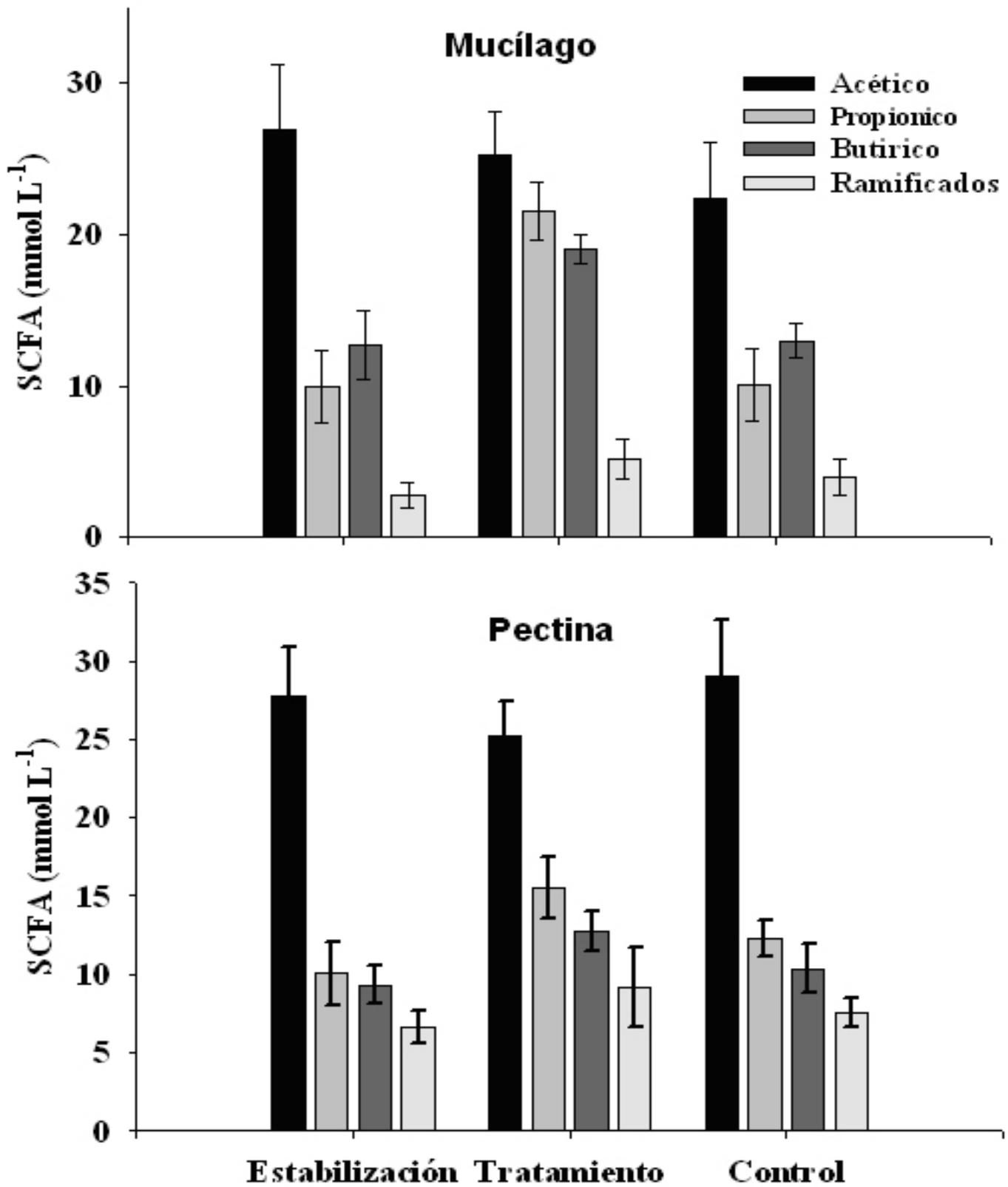
Huerto y cosecha de nopal verdura var. Chicomostoc.



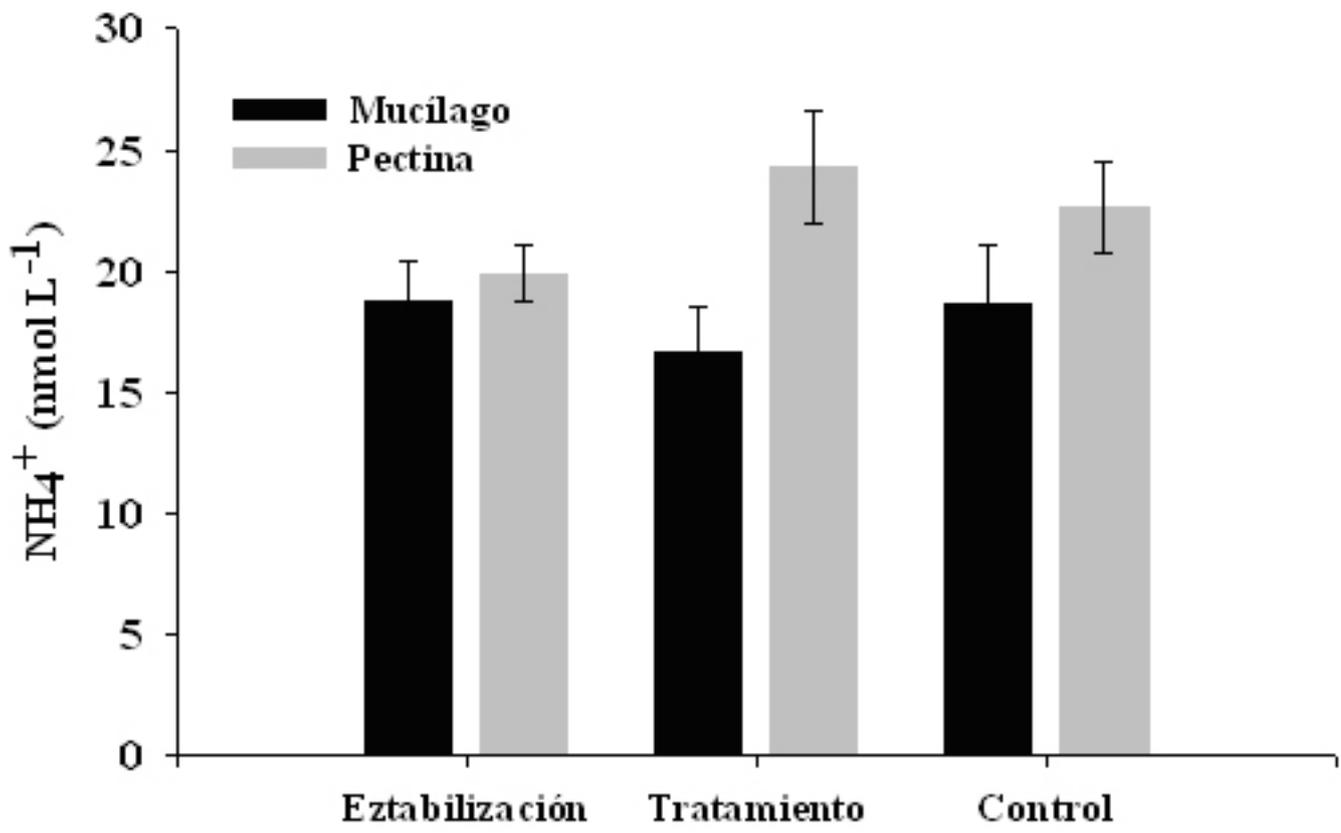
Tuna blanca.



Efecto prebiótico de pectina y/o mucílago oligosacaridos sobre el desarrollo de flora nativa del colon



Efecto prebiótico de pectina y/o mucílago oligosacaridos sobre la producción de ácidos grasos de cadena corta por Lactobacilos y Bifidobacterias.



Efecto prebiótico de pectina y/o mucílago oligosacáridos sobre la producción de amonio en el colon.