

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIPROLIFERATIVA DEL EXTRACTO METANÓLICO DE *Asparagus officinalis*

ANTIOXIDANT AND ANTIPROLIFERATIVE ACTIVITY OF METHANOLIC EXTRACT FROM *Asparagus officinalis*

Beatriz Montaña-Leyva¹, Jael T.J. Quintero-Vargas², Jesús Ortega-García⁴, Ramón E. Lugo-Sepúlveda⁴, Ramsés R. González³, Dora E. Valencia-Rivera^{4*}

¹ Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Universidad de Sonora, Encinas y Rosales s/n. Hermosillo, Sonora, 83000. México.

² Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad de Sonora. Blvd. Bordo Nuevo s/n. Cd. Obregón, Sonora, 85010. México

³ División de Estudios de Posgrado e Investigación. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tepic. Av. Tecnológico 2595. Tepic, Nayarit, 63175. México.

⁴ Departamento de Ciencias Químico-Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Sonora. Ave. Universidad e Irigoyen. Caborca, Sonora, 86621. México.

RESUMEN

Los extractos del espárrago han sido anteriormente utilizados por sus propiedades medicinales. El objetivo de este trabajo fue evaluar la actividad biológica del *Asparagus officinalis* cultivado en la región de Caborca, Sonora, en base a su actividad antioxidante y antiproliferativa. El vegetal fue separado en parte comestible (EPC) y no comestible (EPNC). La actividad antioxidante se evaluó en la EPC, antes y después de un tratamiento térmico; mientras que la antiproliferativa se determinó en la EPC y EPNC. La actividad antioxidante (DPPH) mostró que a una misma concentración (800 µg/mL) no existen diferencias significativas entre el espárrago fresco y el cocido (65.26 ± 0.16 y 66.92 ± 3.29 %, respectivamente). El agua de cocción mostró actividad antioxidante; sin embargo, fue menor que en el espárrago cocido (54.95 ± 2.05 %). La actividad antiproliferativa sobre las líneas celulares HeLa y A-549 se evaluó por el método MTT. El extracto EPC mostró mayor actividad antiproliferativa que el EPNC (IC_{50} de 2563.4 ± 4.5 y 2853.6 ± 22.8 µg/mL, respectivamente). Los resultados muestran que la actividad antioxidante no se ve afectada por el tratamiento térmico. Sin embargo, no se encontró alta actividad antiproliferativa en el espárrago cultivado en esta región.

Palabras claves: *Asparagus officinalis*, actividad antioxidante, actividad antiproliferativa, tratamiento térmico.

ABSTRACT

Asparagus extracts have previously been used for their medicinal properties. The objective of this work was to evaluate the biological activity of *Asparagus officinalis* cultivated in the region of Caborca, Sonora, based on its antioxidant and antiproliferative activity. The vegetable was separated in the edible (EPC) and inedible part (EPNC). The antioxidant capacity was evaluated in the EPC before and after thermal treatment, while the antiproliferative activity was assessed in the EPC and EPNC parts. The antioxidant activity (DPPH method) showed that at a same concentration (800 µg/mL) there is no difference between cook and uncooked asparagus (65.26 ± 0.16 and 66.92 ± 3.29 %, respectively). The

cooking water showed antioxidant activity, however it was less than the cooked asparagus (54.95 ± 2.05 %). The antiproliferative activity of the asparagus on HeLa and A-549 cancer cell lines was evaluated using the tetrazolium salt assay. The EPC extract showed a higher antiproliferative activity when compared with the EPNC extract, with an IC_{50} of 2563.4 ± 4.5 and 2853.6 ± 22.8 µg/mL, respectively. Our results show that the antioxidant capacity is not affected by thermal treatments. Nonetheless, asparagus cultivated in this region does not presented high antiproliferative activity.

Keywords: *Asparagus officinalis*, antioxidant activity, antiproliferative activity, thermal treatment.

INTRODUCCIÓN

Las plantas constituyen un recurso valioso en los sistemas de salud de los países en vías de desarrollo. México es un país rico en biodiversidad vegetal por lo que ofrece una fuente inagotable de plantas con propiedades medicinales que aún no han sido estudiadas. La medicina herbolaria es todavía de las más importantes en regiones rurales de nuestro país, debido a que presentan menores efectos secundarios que los medicamentos sintéticos (López-Brea y Domingo, 2003). *Asparagus officinalis* L. (espárrago hortícola) es una planta herbácea que pertenece a la familia de las Liliáceas, la cual soporta factores climáticos extremos. Los extractos de esta planta han sido tradicionalmente usados en la farmacopea española y medicina China como tónico estomacal, diurético, laxante y antihemorrágico, así como para prevenir la formación de cálculos renales e incluso el cáncer (Fuentes-Alventosa, 2009). En la actualidad existen reportes de la amplia gama de actividades biológicas que posee, entre las que se encuentran: la actividad antifúngica (Wang *et al.*, 2001; Sautour *et al.*, 2007), antiparasitaria (Debebe *et al.*, 2012), hipoglucemiante (Somani *et al.*, 2012), antioxidante (Kongkanermit *et al.*, 2011) y anticancerígena (Almehdar *et al.*, 2012; Mitra *et al.*, 2012). Estas actividades biológicas se atribuyen a componentes bioactivos como los flavonoides, las saponinas, los esteroides, los fructanos, la asparagina, la arginina y la tirosina (Amaro *et al.*, 1999).

*Autor para correspondencia: Dora E. Valencia-Rivera
Correo electrónico: dora.valencia@unison.mx

Recibido: 23 de octubre de 2018
Aceptado: 23 de noviembre de 2018

Investigaciones muestran que la actividad antioxidante en el espárrago se debe a la alta concentración de flavonoides, principalmente la rutina (Makris y Rossiter, 2001). Del mismo modo, Shen *et al.* (2011) reportaron la presencia de una saponina, aspacochioside, aislada por primera vez de *Asparagus cochinchinensis* la cual mostró importante actividad antiproliferativa en la línea celular A-549 (carcinoma de pulmón humano). También, se encontró que el espárrago cultivado en la región de Arabia Saudita (*A. officinalis* L.) posee actividad antiproliferativa sobre distintas líneas celulares carcinógenas (MCF7, HeLa y HepG2) (Almehdar *et al.*, 2012).

La región de Caborca, Sonora es la principal productora de espárrago a nivel nacional y Latinoamérica, con una producción anual de alrededor de 246 mil toneladas (SIAP-SAGARPA, 2017). En México, las investigaciones sobre esta hortaliza están principalmente enfocadas al mejoramiento en la calidad y productividad del cultivo, por lo que el estudio acerca de sus propiedades biológicas no ha sido extensamente desarrollado. Por dicha razón, el objetivo de este trabajo fue estudiar las propiedades biológicas del *Asparagus officinalis* cultivado en la región de Caborca, en base a su actividad antioxidante y antiproliferativa sobre células cancerígenas. Habitualmente, el espárrago es consumido después de ser sometido a algún proceso doméstico de cocción por lo que se considera importante establecer si la actividad antioxidante atribuida en el espárrago crudo permanece o disminuye durante la aplicación de un tratamiento térmico. Asimismo, la actividad antiproliferativa ha sido estudiada en otras variedades de espárragos como *Asparagus racemosus* (Kongkaneramt *et al.*, 2011) y *Asparagus cochinchinensis* (Shen *et al.*, 2011), sin embargo, la información con la que se cuenta sobre la especie *Asparagus officinalis* es limitada. Por lo que es necesario profundizar en el conocimiento de los compuestos bioactivos de este vegetal, así como su función en la prevención de diversas enfermedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de la materia prima

El espárrago (*A. officinalis*) fue cosechado en el ciclo agrícola 2013 en el campo agrícola San José (longitud norte 30°40'02", longitud oeste 112°11'52"), ubicado en la Costa del Estado de Sonora, entre Desemboque y Caborca. El espárrago después de su recolección fue empacado en bolsas plásticas y transportado a temperatura ambiente y posteriormente fue almacenado a -4° C hasta su procesamiento. La muestra del vegetal fue descongelada a temperatura ambiente. Una vez descongelado, fue lavado con abundante agua corriente y posteriormente con agua destilada. En la Figura 1 se muestra un diagrama general de la preparación de la muestra. Para la evaluación de la actividad antiproliferativa el espárrago se dividió en dos partes: la parte verde del turión (espárrago parte comestible, EPC) y la parte blanca (parte no comestible, EPNC) las cuales correspondieron al 80 y 20 % del total de la muestra, respectivamente. Ambas partes fueron cortadas en pequeños trozos uniformes de aproximadamente 1 cm y fueron colocados en bolsas herméticas para su congelación.

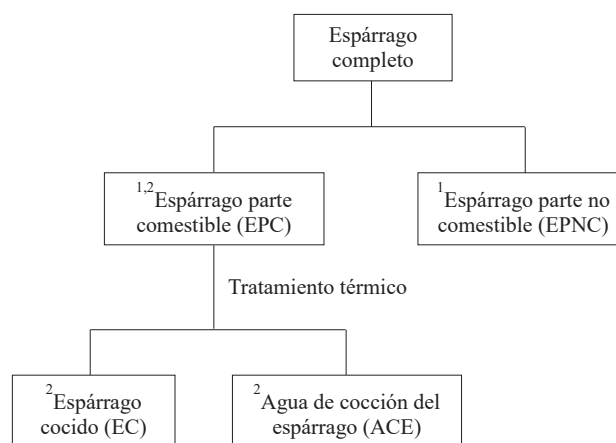


Figura 1. Diagrama general de la preparación de la muestra y actividad biológica evaluada: ¹actividad antiproliferativa; ²actividad antioxidante.

Figure 1. Schematic diagram of sample preparation and the biological activity evaluated: ¹antiproliferative activity; ²antioxidant activity.

Con la finalidad de evaluar el efecto que tiene el tratamiento térmico sobre la actividad antioxidante del espárrago se pesó 1 Kg de la parte comestible del espárrago antes de ser cortado en pequeños trozos y se colocó en una olla con agua destilada en ebullición (~ 100° C) durante 5 minutos. Inmediatamente, el espárrago se puso en hielo para detener su cocción. Una vez frío, el espárrago se cortó en trozos de aproximadamente 1 cm y se colocaron en bolsas herméticas para su congelación. Del mismo modo, el agua de cocción (ACE) fue colocada en un recipiente para su congelación. Todas las muestras fueron deshidratadas por medio de liofilización.

Obtención de los extractos metanólicos

Las muestras liofilizadas (EPC, EPNC, EC, ACE) fueron trituradas en un mortero hasta obtener un polvo. Para la obtención del extracto metanólico la muestra se colocó en metanol en una proporción 1:10 (p/v). La mezcla se mantuvo en agitación constante en un agitador (Corning, modelo Pc-420) durante 10 días a temperatura ambiente y protegida de la luz. Posteriormente, la muestra fue filtrada (papel Whatman No. 4) y se concentró en un rotavapor (Buchi switzerland, modelo R-215) a 40° C y 35 rpm. Los extractos metanólicos fueron almacenados en oscuridad a -20° C hasta su utilización (Hernández *et al.*, 2007).

Actividad antioxidante

La actividad antioxidante de los extractos metanólicos (EPC, EC, ACE) se determinó de acuerdo con el procedimiento descrito por Usia *et al.* (2002), con ligeras modificaciones. Inicialmente, la muestra fue disuelta en metanol absoluto y se agitó durante 2 h. Una vez disuelta, se mezcló en volúmenes iguales (1 mL) con una solución de DPPH (300 μM). Posteriormente, la mezcla se agitó durante varios segundos y se incubó por 30 minutos a temperatura ambiente y en la oscuridad. La absorbancia fue medida a 517 nm en un

espectrofotómetro (Thermo Scientific, modelo GENESYS 10S UV) utilizando como blanco control metanol absoluto y vitamina C (70 μ M) como control de referencia. Los resultados se expresaron en porcentaje de actividad antioxidante en base a la proporción de degradación de DPPH comparada con el control estándar (mezcla 1:1, metanol:DPPH) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Absorbancia de la muestra}}{\text{Absorbancia del estándar}} \times 100 = \% \text{ inhibición}$$

Donde 100 % - % Inhibición = % de actividad antioxidante. El EC_{50} se determinó a partir de la gráfica del porcentaje de inhibición y corresponde a la concentración en la que se neutraliza el 50% de los radicales libres.

Cuantificación de fenoles totales

El contenido de fenoles totales fue determinado por el método Folin-Ciocalteu como lo describe Singleton y Rossi (1965). A 40 μ L del extracto metanólico, se le agregó 300 μ L de agua destilada. Posteriormente, se mezcló con 80 μ L de reactivo de Folin-Ciocalteu y 120 μ L de solución de carbonato de sodio al 20% (p/v). La mezcla fue reposada durante 5 min a 25° C. Enseguida, se midió la absorbancia en un lector de placas a 760 nm (Thermo Scientific Multitask Go). Para la cuantificación se utilizó catequina como estándar, y los resultados fueron expresados como mg de equivalentes de catequina por g de muestra seca.

Evaluación de la actividad antiproliferativa

Para la evaluación de la inhibición de la proliferación celular se utilizaron las líneas celulares HeLa (carcinoma de cérvix humano), A-549 (carcinoma de pulmón humano), así como la línea celular normal L-929 (tejido conectivo subcutáneo murino) las cuales fueron adquiridas de ATCC (American Type Collection, Rockville, MD, USA). Los cultivos se mantuvieron en el medio Eagle Modificado de Dulbecco (DMEM) suplementado al 5 % con suero fetal bovino (SFB) a 37° C, en una atmósfera de 5 % de CO₂ y una humedad relativa (HR) de 80 – 90 % en una incubadora Isoterm (Fisher Scientific, USA) (Valencia *et al.*, 2012). Para evaluar el efecto antiproliferativo de los extractos metanólicos del espárrago (EPC y EPCN), se utilizó el método estándar de las sales de tetrazolio (MTT) (Mosmann 1983) con ligeras modificaciones (Hernández *et al.*, 2007). Los ensayos se realizaron utilizando cultivos celulares en fase de crecimiento logarítmico. Se colocaron 10,000 células (50 μ L) en cada pozo en una placa de 96 pozos de fondo plano (Costar, Corning, N.Y. USA). Después de 12 h de incubación a 37° C en una atmósfera de 5 % de CO₂, los cultivos celulares fueron incubados con 50 μ L del medio que contenía diferentes concentraciones del extracto metanólico, y enseguida fueron incubados durante 48 h. Previamente, los extractos metanólicos de espárrago se disolvieron en DMSO y subsecuentemente se disolvieron en medio de cultivo. En experimentos preliminares, se estableció que el uso de DMSO en un rango de 0.06 - 2.0 % no causa daño en las células. Los cultivos celulares control fueron incubados con DMSO (0.01-

0.5%). En las últimas 4 horas de incubación con los extractos se adicionaron 10 μ L de MTT (5 mg/mL) para determinar la proliferación celular. Para la cuantificación, los cristales de formazán resultantes, fueron solubilizados con isopropanol ácido. La absorbancia de la solución colorida se midió en un lector de ELISA (Multiskan EX, ThermoLabSystem) a 570 nm y 655 nm como longitud de referencia.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados por medio de un análisis de varianza a un nivel de significancia de 0.05 utilizando la prueba de Tukey. Se utilizó el programa XL-STAT-Pro-versión 4.08 (2013 Addinsoft) para Windows. Todos los valores representan el promedio de tres experimentos independientes. Las barras de error representan la desviación estándar de la media.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de la actividad antioxidante

Es reconocido que diversos vegetales presentan compuestos que actúan como antioxidantes y que su consumo diario puede llegar a disminuir el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y tumorales (Manach *et al.*, 1998). En este contexto resulta importante conocer las propiedades antioxidantes del espárrago que se produce y se consume en la Región de Caborca, Sonora.

La evaluación de la capacidad de los extractos metanólicos de *A. officinalis* para neutralizar radicales libres fue determinada por el método del DPPH. Las concentraciones estuvieron en el rango de 100 a 1600 μ g/mL utilizándose vitamina C (70 μ M) como control positivo. La actividad antioxidante de los extractos metanólicos expresada como porcentaje de inhibición se muestran en la Figura 2. Se puede observar que para la máxima concentración evaluada (1600 μ g/mL), el porcentaje de inhibición en el espárrago cocido (EC) y el agua de cocción del espárrago (ACE) fue 93.72 ± 0.93 y 82.31 ± 3.8 %, respectivamente. Mientras que el control positivo, la vitamina C, presentó un valor de 94.39 ± 1.6 %. Hossain *et al.* (2012) estudiaron extractos metanólicos de la raíz de *Asparagus racemosus* (250 μ g/mL) y encontraron inhibición del 62.76 %. Estos resultados confirman que el espárrago cultivado en la región de Sonora es una fuente natural de antioxidantes.

La actividad antioxidante encontrada en el espárrago puede deberse a la presencia de diversos fitoquímicos, principalmente flavonoides (Makris *et al.*, 2001). Asimismo, investigaciones muestran que existe una correlación entre el total de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante (Fuentes-Alventosa *et al.*, 2008; Valencia *et al.*, 2012). En este estudio se determinó el contenido de fenoles totales en el espárrago cocido (EC) debido a que normalmente es consumido de dicha manera. El contenido de fenoles totales en el EC fue de 5.1 ± 0.5 mg equivalentes catequina/g de muestra seca. Estos valores concuerdan con los reportados por Sun *et al.* (2007) quienes encontraron valores de 4.9 ± 0.9

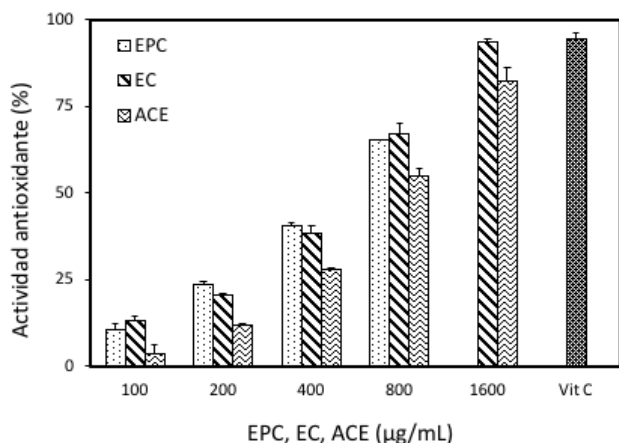


Figura 2. Actividad antioxidante de los extractos metanólicos de espárrago evaluados por el método del DPPH en comparación con el antioxidante estándar (vitamina C, 70 µM, 24.6 µg/mL): parte comestible (EPC), espárrago cocido (EC) y el agua de cocción (ACE). Las concentraciones del espárrago fueron de (0-1600 µg/mL).

Figure 2. Antioxidant activity of asparagus methanolic extracts evaluated by DPPH method compared with standard antioxidant (vitamin C, 70 µM, 24.6 µg/mL): edible part (EPC), cooked asparagus (EC) and cooking water (ACE). The asparagus concentrations were (0-1600 µg/mL).

mg equivalentes catequina/g de muestra seca en el extracto metanólico de *Asparagus officinalis*.

La concentración inhibitoria media del radical en los extractos metanólicos (EC₅₀) se muestran en la Figura 3. Las concentraciones evaluadas para los extractos metanólicos y para la vitamina C fueron de 100 - 1600 y de 0.1 - 25.0 µg/mL, respectivamente. Los resultados de EC₅₀ fueron para EPC: 572.75; EC: 683.32; ACE: 886.49 y vitamina C: 1.5 µg/mL. Kongkaneramt et al. (2011) estudiaron extractos de la raíz de *Asparagus racemosus* y encontraron EC₅₀ de 500 y 600 µg/mL para el extracto etanólico y acuoso, respectivamente. Estos resultados fueron similares a los reportados en los extractos EPC y EC. Asimismo, Potduang et al. (2008) encontraron que el EC₅₀ del extracto etanólico de la raíz del *Asparagus racemosus* fue de 381.91 µg/mL, valores que fueron relativamente mayores a los extractos metanólicos en este estudio.

En la Figura 4 se muestran los resultados de las medias estimadas (método de Tukey con un nivel de significancia del 95%) de la actividad antioxidante de los extractos metanólicos de lespárrago fresco o parte comestible (EPC), espárrago cocido (EC) y agua de cocción (ACE). De este modelo se observa que a pesar de que el EPC y EC no presentaron diferencias significativas entre ellos (ANOVA, p>0.05) la actividad antioxidante en el EC aumenta ligeramente después de haber sido sometido a un proceso de cocción. Diversos estudios realizados en vegetales después de ser sometidos a un proceso térmico muestran la pérdida de vitaminas termolábiles, como la vitamina C, además de otros compuestos como las antocianinas y los compuestos fenólicos (Sahlin et al., 2004). Sin embargo, otras investigaciones señalan que la actividad antioxidante en un vegetal después de la aplicación de un tratamiento térmico puede mantenerse (Nicoli et al., 1999; Chen, et al., 2000). Incluso, estudios muestran el incremento

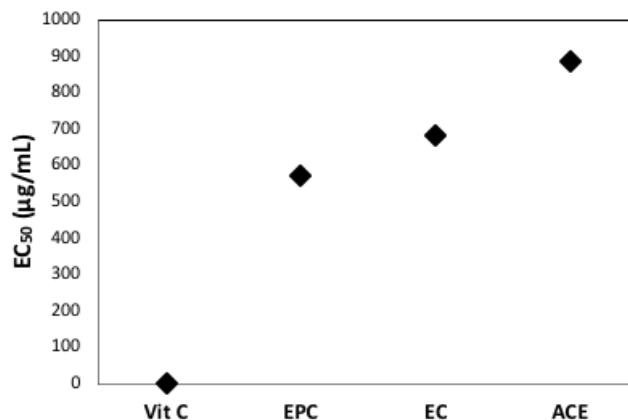


Figura 3. Valores de EC₅₀ de: Espárrago fresco o parte comestible (EPC), espárrago cocido (EC) y agua de cocción del espárrago (ACE) en el método del DPPH.

Figure 3. EC₅₀ values of fresh asparagus or edible part (EPC), cooked asparagus (EC) and cooking water (ACE) in DPPH scavenging assay.

de la actividad antioxidante como consecuencia de factores que suceden durante el calentamiento como: (i) la liberación de compuestos antioxidantes debido a la destrucción la pared celular, (ii) la formación de antioxidantes secuestradores de radicales libres más fuertes, (iii) la inactivación de las enzimas oxidativas y (iv) la producción de nuevas sustancias con actividad antioxidante (Jiménez-Monreal et al., 2009).

De acuerdo al análisis de varianza realizado en este estudio se encontraron diferencias significativas (p>0.05) entre la actividad antioxidante del extracto EC y ACE (Figura 4). Lo cual indica que, bajo las condiciones de este estudio, una cierta cantidad de compuestos antioxidantes del espárrago migran hacia el agua durante el proceso de cocción. Sin embargo, la estabilidad de la actividad antioxidante en el espárrago después de someterse a un tratamiento térmico

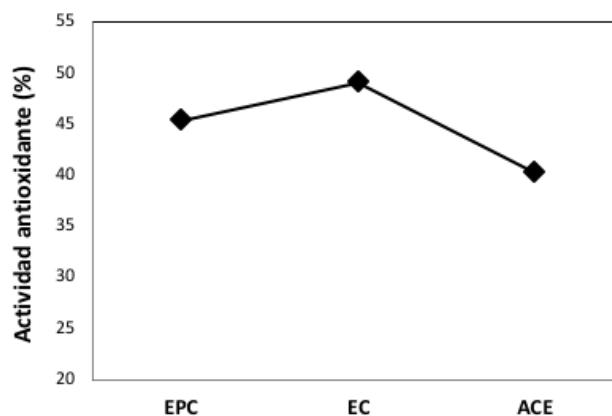


Figura 4. Medias estimadas por el método de Tukey (p>0.05) de la actividad antioxidante evaluadas por el método del DPPH: Espárrago fresco o parte comestible (EPC), espárrago cocido (EC) y agua de cocción del espárrago (ACE)

Figure 4. Means estimated by Tukey method (p>0.05) of antioxidant activity evaluated by DPPH method: fresh asparagus or edible part (EPC), cooked asparagus (EC) and cooking water (ACE).

permanece y puede ser explicada en base a lo anteriormente descrito por Jiménez-Monreal *et al.* (2009).

Evaluación de la actividad antiproliferativa

Para evaluar la actividad antiproliferativa de los extractos metanólicos de la parte comestible (EPC) y no comestible (EPNC), se realizaron ensayos *in vitro* utilizando las líneas celulares HeLa (carcinoma de cérvix humano) y A-549 (carcinoma de pulmón humano), así como la línea celular normal L-929 (tejido conectivo subcutáneo murino). Las concentraciones evaluadas fueron 400, 800, 1600 y 3200 µg/mL. En la Tabla 1 se muestran los valores de IC₅₀ para los extractos metanólicos evaluados.

Tabla 1. Actividad antiproliferativa ^a(IC₅₀) de los extractos metanólicos del espárrago.

Table 1. Antiproliferative activity ^a(IC₅₀) of methanolic extracts of asparagus.

Extracto metanólico	Líneas celulares		
	L-929	HeLa	A-549
EPC ¹	3002.7 ± 4.5	2563.4 ± 27.8	2853.6 ± 22.3
EPNC ²	> 3200	> 3200	> 3200

^a IC₅₀. Los valores de extractos de espárrago (µg/mL) representan la media de por lo menos tres experimentos independientes.

La EPC mostró una concentración menor para la inhibición del crecimiento celular que la EPNC para las líneas celular HeLa y A-549 presentando valores de IC₅₀ 2563.4 ± 4.5 y 853.6 ± 22.8 µg/mL, respectivamente. Del mismo modo, el EPC también manifestó actividad antiproliferativa frente a la línea celular normal (L-929) utilizada como control (IC₅₀ de 3002.7 ± 4.5 µg/mL) (Figura 5). Dicho comportamiento no es un efecto deseable, ya que se buscan bioactivos que presenten actividad diferencial preferente hacia células cancerígenas. En el caso del extracto metanólico de la parte no comestible (EPNC) se observaron valores de IC₅₀ mayores a 3200 µg/mL (corresponde la concentración máxima evaluada) frente a todas las líneas celulares utilizadas. Conforme a los criterios del Instituto Nacional del Cáncer de los Estados Unidos de Norteamérica, se considera que un extracto tiene actividad alta si la IC₅₀ es ≤ 30 µg/mL, media si es de 31-60 µg/mL y baja si es de 61-99 µg/mL (Moo-Puc, 2009). En base a esto, en este estudio tanto el EPC como el EPNC son considerados con baja actividad antiproliferativa. Park *et al.* (2011) estudiaron diferentes extractos del *Asparagus conchinchinesis* sobre la línea celular HepG2 (carcinoma de hígado humano). Ellos encontraron para el extracto hidro-alcohólico valores de IC₅₀ = 127.55 ± 4.50 µg/mL. Igualmente, reportaron que el valor de IC₅₀ disminuía (por lo tanto, aumentaba su efectividad) al utilizar las fracciones de acetato de etilo y butanol (IC₅₀ de 75.92 ± 0.08 y 16.09 ± 0.24 µg/mL, respectivamente). Asimismo, Di Maro *et al.* (2013) analizaron el extracto metanólico de espárragos silvestres (*Asparagus acutifolius*) provenientes de Caserta, Italia, sobre la línea celular HeLa y obtuvieron valores de IC₅₀ = 38.3 µg/mL. El espárrago es una planta que

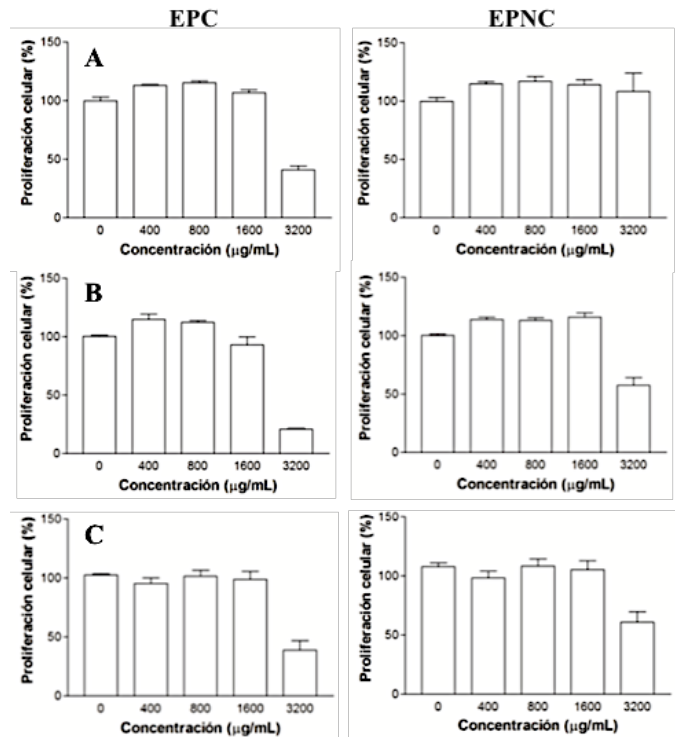


Figura 5. Actividad antiproliferativa del extracto metanólico de la parte comestible (EPC) y no comestible del espárrago (EPNC) sobre las líneas celulares: (A) L-929; (b) HeLa y (C) A-549.

Figure 5. Antiproliferative activity of methanolic extracts from edible (EPC) and inedible (EPNC) part of asparagus on the cell lines: (A) L-929; (b) HeLa y (C) A-549.

pertenece al género *Asparagus* el cual incluye más de 100 especies, aunque solo una con valor hortícola (*Asparagus officinalis* L.) (Gatti *et al.*, 2001). Se considera que los valores de IC₅₀ encontrados en este estudio pudieran estar relacionados con la especie de la cual proviene el vegetal. Sin embargo, se requiere realizar más estudios para comprender el efecto de este, sobre sus propiedades biológicas.

CONCLUSIONES

Los espárragos cultivados en la Región de Caborca, Sonora, (*Asparagus officinalis*) poseen actividad antioxidante, e incluso esta es capaz de permanecer después de haber sido sometido a un tratamiento térmico de cocción. La parte comestible del espárrago mostró una concentración menor para la inhibición del crecimiento celular que la parte no comestible. Sin embargo, de acuerdo con los valores de IC₅₀ obtenidos, ambas partes presentaron baja actividad antiproliferativa sobre células cancerígenas. Por lo que es necesario realizar la caracterización química de *Asparagus officinalis*, para identificar los constituyentes químicos responsables de la actividad antioxidante mostrada por los extractos metanólicos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. Carlos Velázquez Contreras por la donación de las líneas celulares y las facilidades otorgadas en su laboratorio para la realización de este estudio.

REFERENCIAS

- Almehdar, H., Abdallah, H.M., Osman, A.M., Abdel-Sattar, E.A. 2012. In vitro cytotoxic screening of selected Saudi medicinal plants. *Journal of Natural Medicines*. 66: 406-412.
- Amaro, M.A., Moreno, R., Sánchez, P.J., Zurera, G. 1999. Nutritional changes in the essential trace elements content of asparagus during industrial processing. *Food Research International*. 32: 479-486.
- Chen, R.Y., Liu, M.S., Tsai, M.J., Wu, J.J. 2000. Effect of storage and thermal treatment on the antioxidant activity of tomato fruits. *Journal of the Chinese Agricultural Chemical Society*. 38: 353-360.
- Di Maro, A., Pacifico, S., Fiorentino, A., Galasso, S., Gallicchio, M., Guida, V., Severino, V., Monaco, P., Parente, A. 2013. Raviscanina wild asparagus (*Asparagus acutifolius* L.): A nutritionally valuable crop with antioxidant and antiproliferative properties. *Food Research International*. 53:180-188.
- Fuentes-Alventosa, J.M. 2009. Caracterización de componentes bioactivos del espárrago verde: obtención de ingredientes funcionales a partir de los subproductos generados durante su transformación industrial. Tesis Doctoral. Servicio De Publicaciones de la Universidad de Córdoba. ISBN-13: 978-84-692-9388-1.
- Gatti, I., López A., Picardi, L., Cointry, E. 2001. Selección de progenitores en espárrago. *Horticultura Brasileira*. 21:162-165.
- Hernández, J., Goycolea, F.M., Quintero, J., Acosta, A., Castaneda, M., Dominguez, Z., Robles, R., Vazquez-Moreno, L., Velázquez, E.F., Astiazaran, H., Lugo, E., Velázquez, C. 2007. Sonoran propolis: Chemical composition and antiproliferative activity on cancer cell lines. *Planta Médica*. 73: 1469-1474.
- Jiménez-Monreal, A.M., García-Diz, L., Martínez-Tomé, M., Mariscal, M., Murcia, M.A. 2009. Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables. *Journal of Food Science*. 74: 97-103.
- Kongkanermit, L., Witoonsaridsilp, W., Peungvicha, P., Ingkaninan, K., Waranuch, N., Sarisuta, N. 2010. Antioxidant activity and antiapoptotic effect of *Asparagus racemosus* root extracts in human lung epithelial H460 cells. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2: 143-148.
- López-Brea, M., Domingo, D. 2003. Plantas con acción antimicrobiana. *Revista Española de Quimioterapia*. 16: 385-393.
- Makris, D.P., Rossiter J.T. Domestic Processing of Onion Bulbs (*Allium cepa*) and Asparagus Spears (*Asparagus officinalis*): Effect on Flavonol Content and Antioxidant Status. 2001. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49: 3216-3222.
- Manach, C., Morand, C., Crespy, V., Demigné, C., Texier, O., Régéat, F., Rémésy, C. 1998. Quercetin is recovered in human plasma as conjugated derivatives which retain antioxidant properties. *FEBS Letters*. 426: 331-6.
- Mitra, S.K., Prakash, N.S., Sundaram, R. 2012. Shatavarins (containing shatavarin IV) with anticancer activity from the roots of *Asparagus racemosus*. *Indian Journal of Pharmacology*. 44: 732-736.
- Moo-Puc, R., Robledo, D., Freile-Peigrín, Y. 2009. Actividad citotóxica y antiproliferativa in vitro de macroalgas marinas de Yucatán, México. *Ciencias Marinas*. 35: 1-14.
- Mosmann, T. 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. *Journal of Immunology Methods*. 65: 55-63.
- Nicoli, M.C., Anese, M., Parpinel, M. 1999. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetable. *Trends Food Science and Technology*. 10: 94-100.
- Park, M., Cheon, M.S., Kim, S.H., Chun, J.M., Lee, A.Y., Moon, B.C., Yoon, T., Kil Choo, B.K., Kim, H.K. 2011. Anticancer activity of *Asparagus cochinchinensis* extract and fractions in HepG2 cells. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*. 54: 188-193.
- Potduang, B., Meepley, M., Giwanon, R., Benmart, Y., Kaewduang, M., Supatanakul, W. 2008. Biological activities of *Asparagus racemosus*. *African Journal of Traditional, CAM*. 5: 230-237.
- Rupesh-Kumar, M., Fasalu-Rahiman, O.M., Tamizh-Mani, T., Mohamed-Iyas, K., Satya- Kumar, B., Phaneendra, P., Surendra, B. 2011. Evaluation of hepatoprotective activity of *Asparagus racemosus* root against paracetamol induced acute liver injury rats. *Pharmacologyonline*. 1: 1059-1066.
- Sahlin, E., Savage, G.P., Lister, C.E. 2004. Investigation of the Antioxidant Properties of Tomatoes after Processing. *Journal of Food Composition and Analysis*. 17: 635-647.
- Sautour, M.T. Miyamoto, M.-A., Lacaille-Dubois, M.A. 2007. Steroidal Saponins from *Asparagus Acutifolius*. *Phytochemistry*. 68: 2554-2562.
- Singleton, V.L. Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic*. 16: 144-158.
- Sun, T. Powers, J.R. Tang, J. 2007. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices. *Food Chemistry*. 1: 101-106.
- Valencia, R., Alday E., R. Robles-Zepeda, A. Garibay-Escobar, J.C. Gálvez-Ruiz, M. Salas-Reyes, M. Jiménez-Estrada, D. Velázquez-Contreras, E., Hernández, J. Velázquez, C. 2012. Seasonal effect on chemical composition and biological activities of sonoran propolis. *Food Chemistry*. 131: 645-651.
- Shen, Y., Xu, C.-L., Xuan, W.-D., Li, H.-L., Liu, R.-H., Xu, X.-K., Chen, H.-S. 2011. A new furostanol saponin from *Asparagus cochinchinensis*. *Archives of Pharmacol Research*. 34, 1587-1591.
- Usia, T., Banskota, A.H., Tezuka, Y., Midorikawa, K., Matsushige, K., Kadota, S. 2002. Constituents of Chinese propolis and their antiproliferative activities. *Journal of Natural Products*. 65: 673-676.
- Wang, H.X., Ng, T.B. 2001. Isolation of a novel deoxyribonuclease with antifungal activity from *Asparagus officinalis* seeds. *Biochemical of Biophysical Research Communications*. 289: 120-124.
- Yared, D., Mekonnen, Y., Debella, A. 2012. In vivo antimalarial activities of fractionated extracts of *Asparagus africanus* in mice infected with *Plasmodium berghei*. *Pharmacologyonline*. 3: 88-94.