



COMPOSICIÓN Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE CÁSCARA DE PAPA ESTERILIZADOS CON AUTOCLAVE E IRRADIACIÓN

COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF POTATO PEEL EXTRACT STERILIZED BY AUTOCLAVING AND IRRADIATION

Díaz Orduño Guadalupe Rafael¹, Madera Santana Tomás Jesús¹, Meléndez Amavizca Rodrigo², Felician Vega Alejandro¹, Sánchez Torreblanca José Nataniel³, Sánchez Escalante Armida¹ y Torrescano Urrutia Gastón Ramón^{1*}

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD, A. C.), Carretera a la Victoria Km 0.6, La Victoria, Hermosillo, Sonora 83304, México.

² Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora, Blvd. Antonio Rosales y Luis Encinas s/n, Hermosillo, Sonora, México.

³ Unidad Académica Regional de Educación Superior de la Costa Chica de la Universidad Autónoma de Guerrero.

RESUMEN

Durante la industrialización de papa (*Solanum tuberosum*) se produce gran cantidad de desechos de cáscara que se contaminan, los cuales pudieran utilizarse como fuente de antioxidantes naturales, previa descontaminación. El objetivo fue estudiar la composición y propiedades antioxidantes de extractos de cáscara de papa (ECP) tratados con dos métodos de esterilización (autoclave e irradiación). Los extractos, obtenidos por maceración durante 48 h y con dos solventes (agua y etanol-agua 1:1), se esterilizaron en autoclave (121 °C/15 min) e irradiación gamma (2.5 kGy). Para determinar la efectividad de los métodos de esterilización se evaluó la carga microbiana. Posteriormente, los extractos se liofilizaron evaluándose contenido de fenoles totales y ácido clorogénico, además de actividad antioxidante (DPPH y ABTS). El uso de autoclave fue más efectivo, eliminando totalmente los microorganismos en ambos extractos, sin afectar el contenido de compuestos fenólicos, e inhibiendo (100 %) los radicales DPPH y ABTS; mientras que, el tratamiento por radiación sólo redujo 62 y 34 % de la carga microbiana en los extractos (etanol-agua 1:1 y agua, respectivamente), sin afectar actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos. El uso de autoclave como método de descontaminación de ECP fue mejor a la irradiación gamma, sin afectar su composición y propiedades antioxidantes.

Palabras clave: Cáscara de papa, antioxidantes, irradiación, esterilización y compuestos fenólicos.

ABSTRACT

The industrialization of potato (*Solanum tuberosum*), generate a large quantity of potato peel waste, which may become contaminated. However, this waste can be used as a natural source of antioxidants following decontamination. The objective of the present study was to examine the composition and antioxidant properties of potato peel extracts (PPEs) sterilized by two methods (autoclaving and irradiation). To obtain the extracts, potato peels were macerated for 48 h, mixed with two solvents (water and 1:1 ethanol:water), and sterilized by autoclaving (121 °C/15

min) or gamma irradiation (2.5 kGy). To determine the effectiveness of the sterilization methods, we evaluated the microbial loads. Afterwards, the extracts were lyophilized, and total phenolic and chlorogenic acid contents in addition to antioxidant activity (DPPH and ABTS) were evaluated. Autoclaving was more effective in sterilizing the PPEs than irradiation, eliminating the microorganisms in both extracts without affecting phenolic content, also inhibited 100 % of DPPH and ABTS radicals. Irradiation reduced the microbial load by only 62 % and 34 % in the 1:1 ethanol:water and water extracts, respectively, and did not affect antioxidant activity or phenolic content. The use of autoclaving as a method to decontaminate PPEs was more effective than gamma irradiation and did not affect the composition or antioxidant properties of the PPEs.

Keywords: Potato peel extract, natural antioxidant, irradiation, sterilization, phenolics.

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el vegetal más consumido en gran parte del mundo desarrollado, cuyo consumo, de acuerdo a la FAO, ha aumentado (Navarre *et al.*, 2011). Durante la industrialización de la papa se genera gran cantidad de residuos (incluida la cáscara), los cuales se estiman se encuentran entre 33 y 35 % del peso original del tubérculo (Nelson, 2010).

En la actualidad, gran proporción de estos residuos se utiliza como alimento para animales, así como para la producción de biocombustibles. Sin embargo, también se ha descrito el uso de extractos de cáscara de papa como fuente de antioxidantes naturales para aumentar la vida útil de algunos productos alimenticios, incluyendo aceite de soya (Zia-ur *et al.*, 2004) y carne de cordero irradiada (Kanatt *et al.*, 2005).

Los extractos naturales de origen vegetal, comúnmente están compuestos por diferentes sustancias con actividad, tanto antimicrobiana como antioxidante (Williamson, 2001). El extracto obtenido a partir de cáscara de papa, al ser aplicado presenta fuerte actividad antioxidante, similar o superior a los antioxidantes sintéticos (BHA y BHT) (Rehman *et al.*, 2004; Rodríguez de Sotillo *et al.*, 1994a). En estudios previos

*Autor para correspondencia: Dr. Gastón Ramón Torrescano Urrutia
Correo electrónico: gtorrescano@ciad.mx

Recibido: 08 de junio de 2017

Aceptado: 12 de febrero de 2018

se han extraído y caracterizado los compuestos fenólicos de extractos de cáscara de papa utilizando metanol y agua, y determinando su estabilidad al ser almacenados por siete días, presentando reacciones de degradación del ácido clorogénico a ácido cafeico (Rodríguez de Sotillo *et al.*, 1994b). Singh y Rajini (2004), utilizando un extracto acuoso de cáscara de papa, evaluaron indicadores de oxidación, incluyendo la inhibición del radical DPPH, quienes encontraron que el extracto presentó una fuerte actividad inhibidora del radical DPPH (90 %), demostrando que los compuestos presentes pueden contribuir al aumento de la actividad antioxidante.

La cáscara de papa, por ser un deshecho industrial, es manejada inadecuadamente, lo que provoca que se fermente y contamine microbiológicamente, por lo que requiere de un tratamiento previo a su uso. En el estudio de Rodríguez de Sotillo *et al.* (1994b) la cáscara de papa se esterilizó en autoclave (121 °C; 10 min) para evitar riesgo de fermentación, previo a la obtención de extractos; no mostrando diferencias respecto a la composición de los obtenidos con cáscara sin tratamiento de esterilización. Además, al igual que las especias y hierbas en su estado natural, la cáscara de papa puede contener microorganismos provenientes del suelo, que soportan inclusive el proceso de secado (Kneifel y Berger, 1994). Por lo que, para eliminar la contaminación es necesario utilizar métodos de esterilización (autoclave o irradiación). Este último, utiliza radiaciones ionizantes con el fin de reducir carga microbiana (incluso patógenos) y presencia de insectos, sin alterar el color y los volátiles de los alimentos (Farkas, 2001).

La irradiación se ha usado en subproductos industriales; Harrison y Were (2007) estudiaron el efecto de la irradiación gamma sobre extractos de cáscara de almendras, encontrando mayor presencia de compuestos fenólicos a dosis altas (>12 kGy). Asimismo, Khattak y Simpson (2010) encontraron el mismo efecto con altas dosis, en el contenido de compuestos fenólicos de regaliz (*Glycyrrhiza glabra*). Mientras que Kanatt *et al.* (2005), quienes evaluaron la aplicación de 2.5 y 5 kGy sobre un extracto etanólico de cáscara de papa, encontraron un contenido de compuestos fenólicos menor en ambos tratamientos (20-30%) lo que indica que algunos compuestos fenólicos polares que son extraídos por el etanol son vulnerables a la irradiación gamma, degradándose o perdiendo actividad.

Con base a lo anterior, el objetivo de este trabajo consistió en estudiar las propiedades antioxidantes de extractos de cáscara de papa sometidos a dos tratamientos de esterilización (autoclave e irradiación).

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la muestra

Para la obtención de los extractos fenólicos se utilizó como materia prima cáscara de papa de la variedad Fianna, procedente de una empresa procesadora de alimentos ubicada en el norte del estado de Sinaloa. La cáscara húmeda, obtenida a partir del proceso de pelado industrial, se colocó en charolas perforadas para secarse al sol durante una

semana, monitoreando diariamente la pérdida de peso. La harina se obtuvo al moler la cáscara de papa en un molino de martillo Thomas Willey modelo 4, con un cedazo de malla No. 35 para reducir el tamaño de partícula.

Obtención de extractos de cáscara de papa

La obtención de los extractos de cáscara de papa (ECP) se llevó a cabo por maceración, utilizando como solventes agua y etanol-agua (1:1), de acuerdo a la metodología descrita por Mabry *et al.* (1970) con algunas modificaciones. La harina de cáscara de papa se mezcló con el solvente de extracción en relación 1:12; a continuación, la mezcla se agitó (maceró) durante 48 h, utilizando un agitador magnético, a temperatura ambiente y en ausencia de luz. Los ECP se filtraron utilizando papel filtro Whatman No. 1. Posteriormente, el líquido filtrado se concentró utilizando un evaporador rotatorio (modelo RE301, Yamato Scientific Co., Tokyo, Japón), mediante un baño de agua termostático (40 °C, 120 rpm). Los ECP se esterilizaron y a continuación se liofilizaron (-45 °C y 30 Pa) en un liofilizador (modelo DC401, Yamato Scientific Co., Tokyo, Japón), los cuales una vez deshidratados se almacenaron protegidos de la luz, en condiciones de refrigeración hasta su análisis y utilización.

Tratamientos de esterilización

Irradiación

Los extractos obtenidos (etanol-agua y agua) se colocaron en viales ámbar y se sometieron a irradiación gamma con ⁶⁰Co (Gammacell 220 Excel; Nordion Inc., Ontario, Canadá) a una dosis de 2.5 kGy.

Autoclave

Para el tratamiento mediante uso de calor húmedo, los ECP fueron esterilizados en una autoclave (modelo SM 310, Yamato Scientific Co., Tokyo, Japón) a una temperatura de 121 °C durante 15 min.

Calidad microbiológica de los extractos

La evaluación de la calidad microbiológica de los extractos se realizó mediante la cuenta total de microorganismos mesófilos. Para ello, se prepararon diluciones decimales consecutivas de los extractos, las cuales se sembraron por duplicado en agar Plate Count (DIFCO), incubándose a 37 °C durante 48 h, y determinando el número de UFC/g de muestra.

Actividad antioxidante

Fenoles totales

El contenido de fenoles totales de los ECP se determinó de acuerdo a la metodología descrita por Mau *et al.* (2001), con algunas modificaciones. Para llevar a cabo esta determinación se tomaron 10 µL de solución de extracto (5 mg/mL de etanol) que se transfirieron a una microplaca de 96 pozos, agregándose 80 µL de agua destilada, 40 µL de reactivo Folin-Ciocalteu (0.25 N) y 60 µL de solución de Na₂CO₃ al 5 %. La mezcla se homogenizó con 80 µL de agua

destilada y se incubó en la oscuridad, a temperatura ambiente (25 °C) durante una hora. La absorbancia se midió a 750 nm en un espectrofotómetro (Multiskan GO; Thermo Scientific, USA). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico/g de extracto.

Contenido de ácido clorogénico

El contenido de ácido clorogénico se determinó colorimétricamente de acuerdo al método propuesto por Griffiths *et al.* (1992), para lo cual inicialmente se colocaron 40 µL de ECP (5 mg/mL) que se mezclaron con 40 µL de solución de urea (0.17 M) y 40 µL de solución de ácido acético (0.10 M); agitando la mezcla durante 15 seg. Posteriormente, se añadieron 40 µL de solución de nitrato de sodio (0.14 M) y se incubó a temperatura ambiente durante 2 min. A continuación, se agregaron 40 µL de solución de hidróxido de sodio (0.5 M) para posteriormente centrifugarse a 2250 x g por 10 min, y medir la densidad óptica del complejo de color rojo-cereza desarrollado, a 510 nm en un espectrofotómetro (Multiskan GO, Thermo Scientific, Massachusetts, USA). Para el cálculo de la concentración se preparó una curva estándar utilizando diferentes concentraciones de ácido clorogénico, expresando los resultados como mg equivalentes de ácido clorogénico/g de extracto.

Inhibición del radical DPPH

La actividad inhibidora del radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) se determinó de acuerdo a la metodología establecida por Hatano *et al.* (1988), con algunas modificaciones, para lo cual se tomaron 100 µL de solución de extracto (100 µg/mL de etanol) y se transfirieron a una microplaca de 96 pozos, donde se mezclaron con un volumen igual del reactivo DPPH (300 µmol). La solución se homogenizó por 10 seg e incubó por 30 min en la oscuridad; posteriormente, la absorbancia se midió a 517 nm en un espectrofotómetro (Multiskan GO; Thermo Scientific, USA). El porcentaje de inhibición se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Inhibición de DPPH (\%)} = [1 - \text{Abs}(S) / \text{Abs}(0)] \times 100$$

Donde *Abs(S)* es la absorbancia del antioxidante a los 30 min y *Abs(0)* es la absorbancia del control a tiempo 0 min.

Inhibición del radical ABTS

La actividad inhibidora del radical ABTS (2, 2'-azino-bis-3-etil-benzotiazolina-6-ácido sulfónico) se determinó de acuerdo a la metodología establecida por Re *et al.* (1999), con algunas modificaciones. La solución de trabajo se preparó mezclando partes iguales de una solución ABTS (a) 7 mM y una solución de persulfato de potasio (b) 2.45 mM; las cuales se dejaron reaccionar durante 16 h a temperatura ambiente en la oscuridad. Transcurrido el tiempo, 1 mL de la solución de ABTS⁺ resultante se diluyó con etanol para obtener una absorbancia de 0.8 a 734 nm, utilizando un espectrofotómetro (Multiskan GO; Thermo Scientific, USA). Posteriormente, se tomaron 190 µL de solución de ABTS (7 nM) y se incubó con 10 µL de ECP (5 mg/mL) en una microplaca de 96 posi-

llos. La mezcla se agitó durante 30 seg y se incubó durante 30 min a temperatura ambiente; la absorbancia de la solución resultante se midió a 734 nm contra a un blanco. La actividad inhibidora del radical se calculó mediante la ecuación:

$$\text{Inhibición del radical ABTS (\%)} = [1 - \text{Abs}(S) / \text{Abs}(0)] \times 100.$$

Donde *Abs(S)* es la absorbancia del antioxidante a los 30 min y *Abs(0)* es la absorbancia del control a tiempo 0 min.

Poder reductor

El poder reductor del hierro se determinó de acuerdo al método descrito por Kuda *et al.* (2005) con algunas modificaciones, para lo cual se tomaron 200 µL de solución de ECP (5 mg/mL de etanol) y se transfirieron a microtubos de 2 mL, que se mezclaron con 500 µL de buffer de fosfato (50 mM, pH 7.2) y 500 µL de solución de ferrocianuro de potasio al 1%. La muestra se incubó a 50 °C por 20 min, para posteriormente agregar 250 µL de solución de ácido tricloroacético al 10 %, y centrifugar a 3900 x g por 10 min. Finalmente, se mezclaron en nuevos microtubos, 125 µL del sobrenadante y 125 µL de agua ultrapura (Milli-Q), cuya mezcla se transfirió a una microplaca de 96 pozos a la cual se añadieron 20 µL de solución de FeCl₃ al 0.1 %. La absorbancia se midió a 700 nm en un espectrofotómetro (Multiskan GO; Thermo Scientific, USA), tomándose como control positivo una solución de ácido ascórbico.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados por ANOVA de una sola vía utilizando el paquete estadístico NCSS versión 2007 y de encontrar diferencias se realizó una comparación de medias por el método de Tukey-Kramer con un nivel de significancia de P<0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad microbiológica de los extractos

Los resultados del estudio de la calidad microbiológica de los extractos se muestran en la Figura 1, donde se observa que el tratamiento con calor húmedo presentó efecto (p<0.05) al lograr inhibir totalmente el crecimiento de mesófilos presentes en el extracto, mientras que con el tratamiento por irradiación gamma a una dosis de 2.5 kGy, se alcanzó una reducción significativa (p<0.05) de la carga microbiana, aunque en menor medida, logrando disminuir la carga microbiana 34 % y 62 % en los ECP obtenidos con agua y etanol-agua (1:1), respectivamente. En dicha figura puede observarse que la carga microbiana inicial de cada extracto es elevada, 1.06x10⁴ y 7.9x10³ UFC/g de extracto seco, para los controles agua y etanol-agua (1:1), respectivamente, lo cual pudo ser debido al manejo inadecuado de este subproducto durante su traslado desde la planta de proceso, así como a la contaminación generada durante el secado a la intemperie y en el campo. En la literatura se encuentran algunos estudios en los que la materia prima que utilizaron se ha sometido a procesos de limpieza y descontaminación,

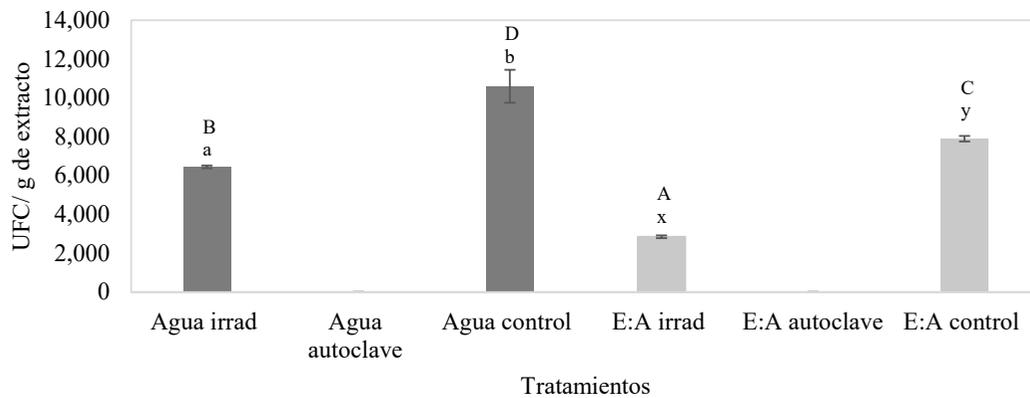


Figura 1. Carga microbiana de extractos de cáscara de papa con dos tratamientos de esterilización y dos solventes de extracción. Literales en mayúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos de esterilización; literales en minúsculas (a, b, c) representa diferencias ($p < 0.05$) entre solvente (agua); literales en minúsculas (x, y, z) representa diferencias ($p < 0.05$) entre solvente (etanol-agua 1:1). E:A= etanol-agua

Figure 1. Microbial load of potato peel extracts with two sterilization treatments and two solvent extractions. Uppercase literals represent differences ($p < 0.05$) between sterilization treatments; literal lowercase (a, b, c) represent differences ($p < 0.05$) between solvent (water); literal lowercase (x, y, z) represent differences ($p < 0.05$) between solvent (ethanol-water 1:1). E:A = ethanol-water

para posteriormente generar extractos, y evitar problemas posteriores de contaminación al ser incluidos como aditivos alimentarios, tal es el caso de Mali *et al.* (2011) con cáscara de granada, de Huang y Mau (2006 y 2007), con hongos *Agaricus blazei* y *Antrodia camphorata* y Stajner *et al.* (2007) con semilla de soya.

Compuestos fenólicos y actividad antioxidante

Contenido de fenoles totales

La cáscara de papa es un subproducto del cual se ha reportado que contiene una cantidad importante de compuestos fenólicos; diferentes estudios han evaluado los métodos de extracción de estos compuestos enfocándose desde el método de extracción hasta el solvente utilizado (Wu *et al.*, 2012; Alvarez *et al.*, 2014). Los resultados del

contenido de fenoles totales se muestran en la Figura 2, donde se observa que el contenido fue más alto ($p < 0.05$) en los extractos obtenidos con etanol-agua (1:1). Lo anterior se debe a que es posible extraer tanto compuestos polares como no polares de la cáscara de papa, lo cual aumenta hasta un 50 % la extracción de compuestos fenólicos, ya que la polaridad del solvente juega un papel importante en el incremento de la solubilidad de los compuestos fenólicos. Los extractos fenólicos de los vegetales son una mezcla diversa de compuestos fenólicos solubles en el sistema disolvente utilizado (Naczky y Shahidi, 2014). Los resultados de ambos tratamientos de esterilización aplicados a los ECP no mostraron ($p > 0.05$) una disminución en el contenido total de fenoles respecto al control. Por otro lado, Rodríguez de Sotillo *et al.* (1994b) evaluaron el contenido de compuestos

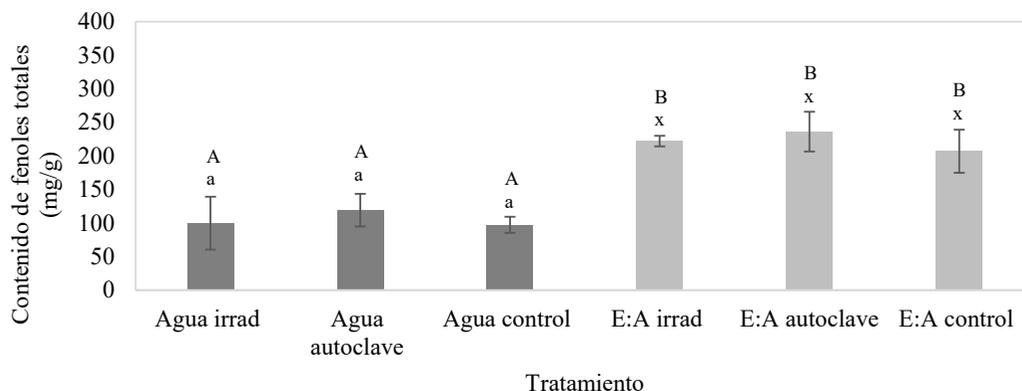


Figura 2. Contenido de fenoles totales de extractos de cáscara de papa con dos tratamientos de esterilización y dos solventes de extracción. Literales en mayúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos de esterilización; literales en minúsculas (a, b, c) representa diferencias ($p < 0.05$) entre solvente (agua); literales en minúsculas (x, y, z) representa diferencias ($p < 0.05$) entre solvente (etanol-agua 1:1). E:A= etanol-agua (1:1)

Figure 2. Total phenolic content of potato peel extracts with two treatments of sterilization and two solvent extraction. Uppercase literals represent differences ($p < 0.05$) between sterilization treatments; lowercase literal (a, b, c) represent differences ($p < 0.05$) between solvent (water); lowercase literal (x, y, z): represent differences ($p < 0.05$) between solvent (ethanol-water 1:1). E:A = ethanol-water (1:1)

fenólicos en ECP después de haber esterilizado (121 °C, 10 min y 1 kg/cm²) previamente la cáscara con calor húmedo, operación realizada para evitar la fermentación, sin encontrar diferencias en el contenido de estos compuestos al ser analizados mediante la metodología de HPLC. El tratamiento por irradiación no presentó efecto ($p > 0.05$) sobre el contenido de compuestos fenólicos; resultados que no concuerdan con los reportados por Kannat *et al.* (2005), quienes evaluaron el efecto de la irradiación con 2.5 y 5.0 kGy, estableciendo que el contenido de compuestos fenólicos se redujo en ambos tratamientos entre un 20-30 %, lo que indica que una serie de compuestos fenólicos polares que son extraídos por el etanol son vulnerables a la irradiación gamma, llegando a descomponerse. Sin embargo, en el presente estudio los solventes utilizados contienen agua y etanol-agua al 50 %; debido a esto una mayor parte del extracto pudiera contener mayor proporción de compuestos no polares, por lo que estos no son afectados por la irradiación. Huang y Mau (2006), evaluaron el efecto de la irradiación gamma a diferentes dosis sobre el contenido de compuestos fenólicos de extractos metanólicos de *Agaricus blazei*, no encontrándose diferencias sobre los compuestos fenólicos, incluso utilizando dosis de 20 kGy. Además, en otro estudio, los mismos autores (Huang y Mau, 2007), evaluaron el efecto de la irradiación gamma a diferentes dosis sobre el contenido de compuestos fenólicos de extractos metanólicos de *Antrodia camphorata*, observando incluso una mayor extracción de compuestos a dosis de 15 y 20 kGy, con lo que demostraron que no se presentan efectos negativos sobre este tipo de compuestos. Por lo anterior, es importante considerar que el efecto de la irradiación gamma sobre el contenido de compuestos fenólicos dependerá del tipo de planta, condición geográfica y medioambiental, estado de la muestra (sólida o seca), composición de compuestos fenólicos, solvente de extracción, procedimiento de extracción, temperatura, dosis de irradiación, entre otros (Khattak y Simpson, 2010).

Contenido de ácido clorogénico

El ácido clorogénico es el principal compuesto fenólico que se encuentra en la cáscara de papa; al evaluar el efecto de los tratamientos de esterilización sobre su contenido, los extractos obtenidos utilizando agua como solvente no presentaron diferencias ($p > 0.05$) por efecto de este tratamiento (Figura 3). Sin embargo, lo contrario se observó en el extracto con etanol-agua (1:1), el cual muestra como el ácido clorogénico es afectado ($p < 0.05$) por el uso de alta temperatura y presión ejercida por el calor húmedo, por lo que el extracto pierde hasta 50 % del contenido de ácido clorogénico, respecto al control. Los ECP obtenidos utilizando agua como solvente, presentaron diferencias ($p < 0.05$) con respecto a los ECP obtenidos con etanol-agua (1:1); estos resultados son comparables con los obtenidos por Al-Weshahy y Rao (2009), quienes obtuvieron extractos con metanol mediante reflujo por 30 min; encontrando un contenido similar al de nuestro estudio de ácido clorogénico de cáscara de papa seca de la variedad Siècle. Por otro lado, en el estudio de Kannat *et al.* (2005), evaluaron el efecto de la irradiación con 2.5 y 5.0 kGy sobre un extracto etanólico de cáscara de papa, no encontrando un efecto sobre el contenido de ácido clorogénico, lo cual coincide con los resultados de este estudio.

Inhibición de radical DPPH

La actividad antioxidante de los extractos obtenidos con dos diferentes solventes (agua y etanol-agua) y descontaminados por dos diferentes procesos (irradiación y calor húmedo) fue evaluada en cuanto a la inhibición del radical DPPH; observándose que ninguno de los tratamientos muestran efectos negativos sobre la actividad antioxidante (Figura 4), ya que no se encontraron diferencias ($p > 0.05$) entre los diferentes procesos de esterilización, pero si ($p < 0.05$) entre solventes de extracción, lo cual se relaciona directamente con el contenido de fenoles totales y su

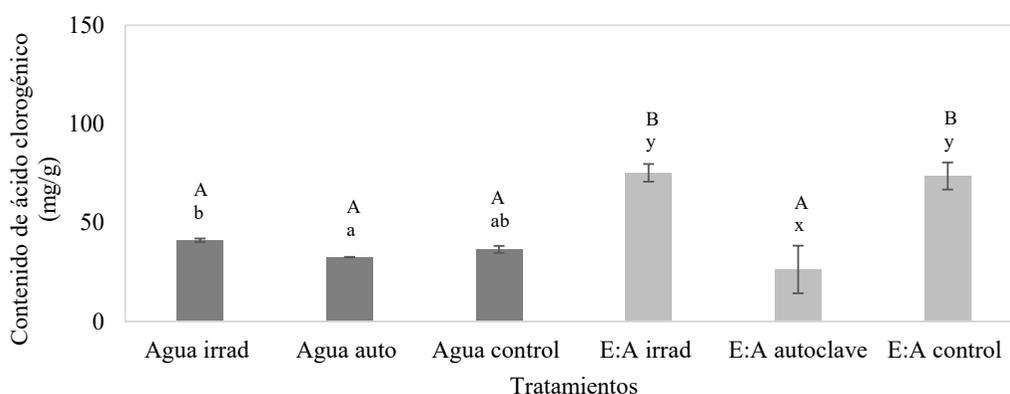


Figura 3. Contenido de ácido clorogénico de extractos de cáscara de papa con dos tratamientos de esterilización y dos solventes de extracción. Literales en mayúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos de esterilización; literales en minúsculas (a, b, c) representa diferencias ($p < 0.05$) entre solvente (agua); literales en minúsculas (x, y, z) representa ($p < 0.05$) diferencias entre solvente (etanol-agua 1:1). E:A= etanol-agua (1:1)

Figure 3. Chlorogenic acid contents of potato peel extracts with two sterilization treatments and two solvent extraction. Uppercase literals represent differences ($p < 0.05$) between sterilization treatments; literal lowercase (a, b, c) represent differences ($p < 0.05$) between solvent (water); literal lowercase (x, y, z) represent differences ($p < 0.05$) between solvent (ethanol-water 1: 1). E:A = ethanol-water (1: 1)

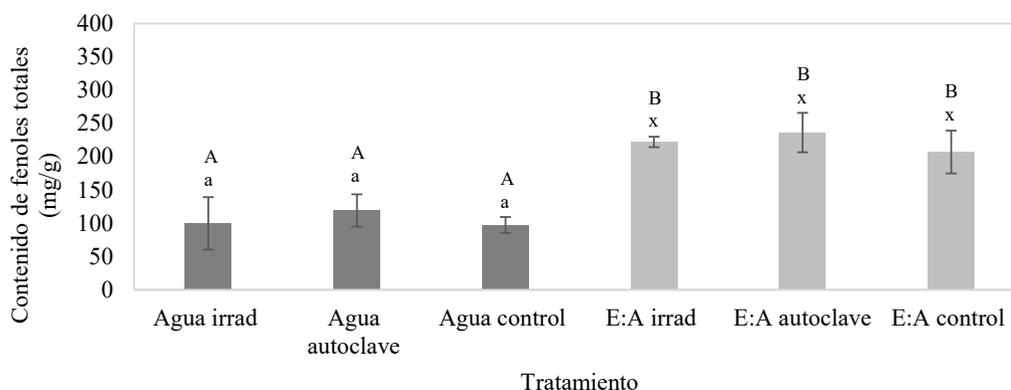


Figura 4. Inhibición del radical DPPH de los extractos de cáscara de papa (5 mg/mL) con dos tratamientos de esterilización y dos solventes de extracción. Literales en mayúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos de esterilización; literales en minúsculas (a, b, c) representa diferencias ($p < 0.05$) entre solvente (agua); literales en minúsculas (x, y, z) representa diferencias ($p < 0.05$) entre solvente (etanol-agua 1:1). E:A= etanol-agua (1:1)

Figure 4. DPPH radical inhibition of potato peel extracts (5 mg / mL) with two sterilization treatments and two extraction solvents. Uppercase literals represent differences ($p < 0.05$) between sterilization treatments; literal lowercase (a, b, c) represent differences ($p < 0.05$) between solvent (water); literal lowercase (x, y, z) represent differences ($p < 0.05$) between solvent (ethanol-water 1: 1). E:A = ethanol-water (1: 1)

actividad. Algunos estudios en los que se ha probado el uso de irradiación gamma han demostrado que los compuestos fenólicos no son afectados en cuanto a la actividad antioxidante, incluso evaluándose a dosis de 20 kGy, según lo señalan Huang y Mau (2006; 2007). Los resultados del presente estudio demuestran que, aunque los dos procesos de descontaminación provocaron efecto ($p < 0.05$) sobre la actividad antioxidante de los extractos, no generaron un aumento en la inhibición del DPPH.

Inhibición del radical ABTS^{•+}

La actividad antioxidante de los extractos también fue evaluada mediante la inhibición del radical ABTS^{•+}; los resultados muestran (Figura 4) que los tratamientos de

esterilización no afectaron ($p > 0.05$) la actividad antioxidante (100% inhibición) presentando la misma actividad entre los solventes utilizados. Mohdaly *et al.* (2010) evaluaron un extracto de cáscara de papa obtenido con etanol puro y se encontró un 85 % de inhibición del radical ABTS^{•+}, valores que se encuentran por debajo de los encontrados en este estudio, por lo que los ECP presentan alta actividad inhibitoria de este radical, independientemente del método de esterilización utilizado.

Poder reductor

El poder reductor del ion hierro de los ECP fue evaluado a 700 nm y a una concentración de 5 mg/mL. El ECP obtenido utilizando como solvente etanol-agua (1:1) mostró

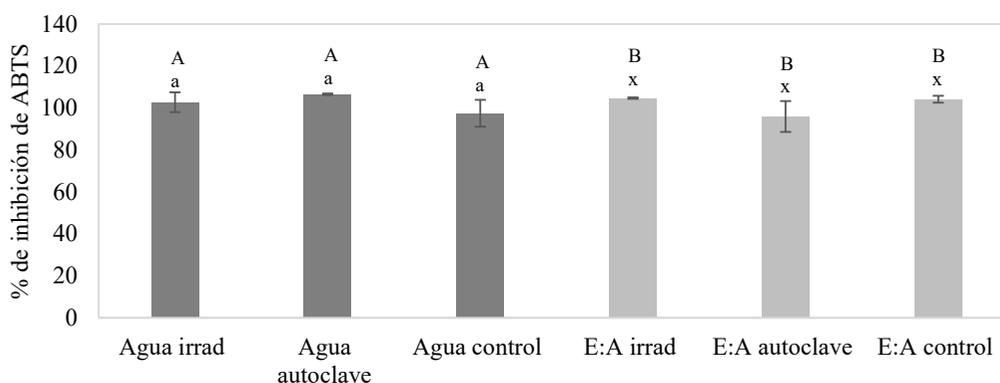


Figura 5. Inhibición del radical ABTS de los extractos de cáscara de papa (5 mg/mL) con dos tratamientos de esterilización y dos solventes de extracción. Literales en mayúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos de esterilización; literales en minúsculas (a, b, c) representa diferencias ($p < 0.05$) entre solvente (agua); literales en minúsculas (x, y, z) representa diferencias ($p < 0.05$) entre solvente (etanol-agua 1:1). E:A= etanol-agua (1:1)

Figure 5. ABTS radical inhibition of potato peel extracts (5 mg / mL) with two sterilization treatments and two extraction solvents. Uppercase literals represent differences ($p < 0.05$) between sterilization treatments; literal lowercase (a, b, c) represent differences ($p < 0.05$) between solvent (water); literal lowercase (x, y, z) represent differences ($p < 0.05$) between solvent (ethanol-water 1: 1). E:A = ethanol-water (1: 1)

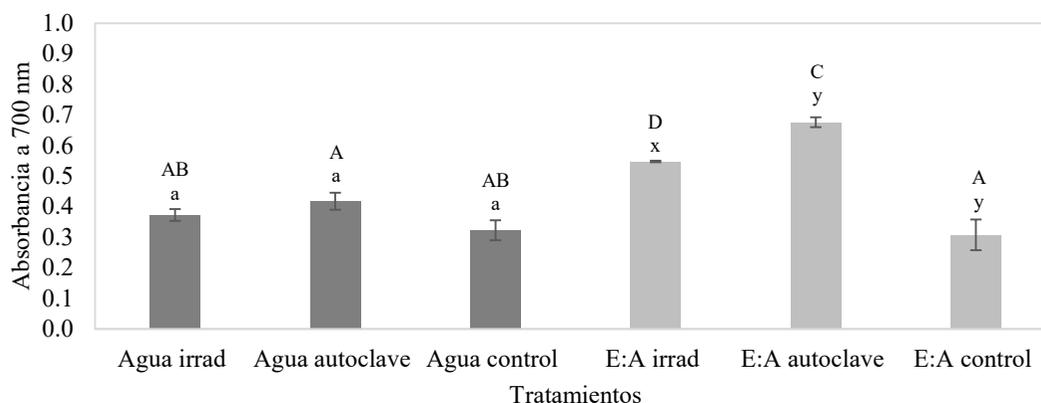


Figura 6. Poder reductor de los extractos de cáscara de papa (5 mg/mL) con dos tratamientos de esterilización y dos solventes de extracción. Literales en mayúsculas representan diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos de esterilización; literales en minúsculas (a, b, c) representan diferencias ($p < 0.05$) entre solvente (agua); literales en minúsculas (x, y, z) representa diferencias ($p < 0.05$) entre solvente (etanol-agua 1:1), E:A= etanol-agua (1:1)

Figure 6. Reducing power of the potato peel extracts (5 mg / mL) with two sterilization treatments and two extraction solvents. Uppercase literals represent differences ($p < 0.05$) between sterilization treatments; literal lowercase (a, b, c) represent differences ($p < 0.05$) between solvent (water); literal lowercase (x, y, z) represent differences ($p < 0.05$) between solvent (ethanol-water 1: 1). E:A = ethanol-water (1: 1)

una mayor absorbancia (Figura 6) respecto al ECP obtenido con agua; en este caso el tratamiento por calor húmedo y etanol-agua (1:1) fue mayor ($p < 0.05$) respecto al control y a la irradiación. El tratamiento por irradiación presentó reducción ($p < 0.05$) en su actividad reductora, lo cual es comparable con los estudios realizados por Huang y Mau (2006; 2007), quienes encontraron que el poder reductor de extractos metanólicos de hongos se redujo con el aumento de la dosis de irradiación. No obstante, para el control y los tratamientos con irradiación la absorbancia fue de alrededor de 0.5 nm.

CONCLUSIONES

Los solventes utilizados en la obtención de ECP mostraron diferencias importantes en cuanto a la concentración de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante. Estos resultados sugieren que el nivel de actividad antioxidante y la cantidad de compuestos fenólicos están estrechamente relacionados. Además, fue posible observar que los tratamientos de esterilización no mostraron un efecto negativo sobre el contenido de fenoles totales ni la actividad antioxidante; sino que muestran un efecto a concentraciones de 5 mg/mL. El uso de autoclave como medio de descontaminación fue mejor a la irradiación gamma a una dosis de 2.5 kGy, generando extractos libres de carga microbiana. Futuras investigaciones deberán evaluar el efecto de un aumento en la dosis de irradiación hasta lograr una inhibición total de la carga microbiana de los extractos obtenidos de la cáscara de papa.

REFERENCIAS

Alvarez, V. H., Cahyadi, J., Xu D. y Saldaña, D.A. 2014. Optimization of phytochemicals production from potato peel using subcritical water: Experimental and dynamic modeling. *Journal of Supercritical Fluids*. 90: 8–17.

- Al-Weshahy, A. y Rao, A.V. 2009. Isolation and characterization of functional components from peel samples of six potatoes varieties growing in Ontario. *Food Research International*. 42(8):1062-1066.
- Friedman M. 1997. Chemistry, biochemistry, and dietary role of potato polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45(5): 1523-1540.
- Griffiths, D. W., Bain, H. y Dale, M. F. B. 1992. Development of a rapid colorimetric method for the determination of chlorogenic acid in freeze-dried potato tubers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 58(1): 41-48.
- Harrison, K. y Were, L.M. 2007. Effect of gamma irradiation on total phenolic content yield and antioxidant capacity of almond skin extracts. *Food Chemistry*. 102(3):932-937.
- Hatano, H. Kagawa, T. Yasuhara, T. Okuda, T. 1988. Two new flavonoids and other constituents in licorice root: Their relative astringency and radical scavenging effects. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 36: 2090–2097.
- Huang, S. J. y Mau, J. L. 2006. Antioxidant properties of methanolic extracts from *Agaricus blazei* with various doses of γ -irradiation. *LWT-Food Science and Technology*. 39(7): 707-716.
- Huang, S. J. y Mau, J. L. 2007. Antioxidant properties of methanolic extracts from *Antrodia camphorata* with various doses of γ -irradiation. *Food Chemistry*. 105(4): 1702-1710.
- Kanatt, S.R., Chander, R., Radhakrishna, P. y Sharma, A. 2005. Potato peel extract - A natural antioxidant for retarding lipid peroxidation in radiation processed lamb meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 1499-1504.
- Khattak, K.F. y Simpson, T.J. 2010. Effect of gamma irradiation on the antimicrobial and free radical scavenging activities of *Glycyrrhiza glabra* root. *Radiation Physics and Chemistry*. 79(4):507-512.
- Kneifel, W. y Berger, E. 1994. Microbiological criteria of random samples of spices and herbs retailed on the Austrian market, *Journal of Food Protection*. 57: 893-901.

- Kuda, T., Tsunekawa, M., Goto, H. y Araki, Y. 2005. Antioxidant properties of four edible algae harvested in the Noto Peninsula, Japan. *Journal of Food Composition and Analysis*. 18(7): 625-633.
- Mali, A.B., Khedkar, K. y Lele S.S. 2011. Effect of gamma irradiation on total phenolic content and in vitro antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) peels. *Food and Nutrition Sciences*. 2(5):428.
- Mabry, T., Markham, K. y Thomas M. 1970. The systematic identification of flavonoids. Springer-Verlag, Berlin.
- Mau, J.L., Chao, G.R., y Wu, K.T. (2001). Antioxidant properties of methanolic extracts from several ear mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5461-5467.
- Mohdaly, A.A., Sarhan, M.A., Smetanska I. y Mahmoud A. 2010. Antioxidant properties of various solvent extracts of potato peel, sugar beet pulp and sesame cake. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 90(2): 218-226.
- Naczki, M., Shahidi, F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 41:1523-1542.
- Navarre, D. A., Pillai, S. S., Shakya, R. y Holden, M. J. 2011. HPLC profiling of phenolics in diverse potato genotypes. *Food Chemistry*, 127: 34–41.
- Nelson, M.L. 2010. Utilization and application of wet potato processing coproducts for finishing cattle. *Journal of Animal Science*. 88: E133-E142.
- Onyeneho, S. N. y Hettiarachchy, N. S. 1993. Antioxidant activity, fatty acids and phenolic acids compositions of potato peels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 62(4): 345-350.
- Re R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. y Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*. 26(9): 1231-1237.
- Rehman, Z. U., Habib, F. y Shah, W. H. 2004. Utilization of potato peels extract as a natural antioxidant in soy bean oil. *Food Chemistry*. 85(2): 215–220.
- Rodriguez De Sotillo, D., Hadley, M. y Holm, E.T. 1994a. Potato peel waste: Stability and antioxidant activity of a freeze-dried extract. *Journal of Food Science*. 59(5):1031-1033.
- Rodriguez De Sotillo, D., Hadley, M. y Holm, E.T. 1994b. Phenolics in aqueous potato peel extract: extraction, identification and degradation. *Journal of Food Science*. 59(2):649-651.
- Silva-Beltrán, N.P., Ruiz, C.S., Márquez, R.E., Ornelas P.J.J., Cira C.L.A. y Gassos O.E. 2015. Efecto de solventes de extracción en la actividad biológica de extractos de subproductos de la papa (*Solanum tuberosum*). *Biotecnia*. 17(2):20-25.
- Stajner, D., Milosevic, M. y Popovic, B.M. 2007. Irradiation effects on phenolic content, lipid and protein oxidation and scavenger ability of soybean seeds. *International Journal of Molecular Sciences*. 8(7):618-627.
- Williamson, E.M. 2001. Synergy and other interactions in phytomedicines. *Phytomedicine*. 8(5):401-409.
- Wu T., Yan J., Liu R., Marccone M. F., Akber H. A. y Tsao R. 2012. Optimization of microwave-assisted extraction of phenolics from potato and its downstream waste using orthogonal array design. *Food Chemistry*. 33: 1292–1298.
- Zia-ur, R., Habib, F. y Shah, W.H. 2004. Utilization of potato peels extract as a natural antioxidant in soy bean oil. *Food Chemistry*. 85: 215-220.