



EFFECTO DE SOLVENTES DE EXTRACCIÓN EN LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE EXTRACTOS DE SUBPRODUCTOS DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*)

EFFECT OF EXTRACTION SOLVENTS IN BIOLOGICAL ACTIVITY OF EXTRACTS OF POTATO BYPRODUCTS (*Solanum tuberosum*)

Norma Patricia Silva-Beltrán^{1,2}, Saúl Ruiz-Cruz^{*1}, Enrique Márquez Ríos³, José de J Ornelas-Paz⁴, Luis A. Cira-Chavez¹ y Laura E. Gassos-Ortega¹

¹ Instituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias, 5 de Febrero 818 Sur, Col. Centro, C.P. 85000, Ciudad Obregón, Sonora, México.

² Universidad de Sonora. Campus CAJEME. Departamento de Ciencias de la Salud. Blvd. Bordo Nuevo, Ejido Providencia, Cajeme, Sonora, México.

³ Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora, Blvd. Rosales y Luis Encinas s/n, Hermosillo, Sonora, México

⁴ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Cuauhtémoc. Av. Río Conchos S/N, Parque Industrial. C.P. 31570. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

RESUMEN

En este estudio se evaluó el efecto de diferentes solventes para la extracción de sustancias bioactivas de la cáscara y brote de la papa, variedad Fianna. Para definir la mejor extracción con solventes como agua (Ac), hidróxido de amonio (HA) y etanol-ácido (EA), se realizó un estudio fitoquímico y antimicrobiano donde se utilizaron a bacterias como *E. coli* O157:H7, *S. typhimurium*, *L. ivanovii* y *S. aureus*. En todos los extractos de cáscara y brote se observó variabilidad en los parámetros analizados, dependiendo de los solventes de extracción. Los resultados del análisis fitoquímico mostraron la presencia de varios grupos de compuestos como alcaloides, glúcidos y esteroides. La extracción Ac no presentó actividad antibacteriana y las extracciones HA y EA resultaron ser más efectivas en la eliminación de *S. aureus* y *L. ivanovii*. *E. coli* O157:H7, por el contrario *S. typhimurium* mostró mayor resistencia a estos tipos de extractos. Para el análisis de concentración mínima inhibitoria (CMI) y concentración mínima bactericida (CMB) se utilizó el extracto EA por resultar el de mayor actividad antimicrobiana. La CMI resultó entre 6.25 a 50 mg/mL y la CMB 25 y >50 mg/mL. Estos resultados permiten argumentar el potencial aprovechamiento de estos extractos.

Palabras clave: *Solanum tuberosum*, extractos, antimicrobianos.

ABSTRACT

In this study the effect of different solvents for extraction of bioactive substances from peel and sprout of the potato variety Fianna were evaluated. To define the best extraction with solvents such as water (Ac), ammonium hydroxide (HA) and ethanol-acid (EA), a phytochemical study was conducted and an antimicrobial evaluation with the bacteria *E. coli* O157:H7, *S. typhimurium*, *S. aureus* and *L. ivanovii*. A variability was detected in peel and sprout extracts between solvent of extraction. The phytochemical analysis showed the presence of several groups of compounds among which included alkaloids, steroids and carbohydrates.

The antimicrobial evaluation showed that the Ac extractions exhibited no antibacterial activity and HA and EA extractions were more effective in eliminating *S. aureus* and *L. ivanovii*. *E. coli* O157: H7. In contrast *S. typhimurium* showed increased resistance to these extracts. For the minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) analysis, EA extract was used due to its higher antimicrobial activity. The MIC was between 6.25 to 50 mg/mL and 25 MBC and > 50 mg/mL. These results allows to consider the potential use of these extracts.

Keywords: *Solanum tuberosum*, extracts, antimicrobial

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*) es cultivada en casi todo el mundo y se ha examinado desde el punto de vista nutricional y toxicológico (Van der Zaag, 1983). Algunas investigaciones han reportado que tiene propiedades antihipertensivas (Vlachojannis *et al.*, 2010), anticancerosas (Seun, *et al.*, 2006) y antimicrobianas (Jin *et al.*, 2009). Sin embargo, los subproductos como la cáscara y los brotes, no son aprovechados y se consideran residuos de la agroindustria (Charmley *et al.*, 2006); además de representar problemas de depósitos que son propensos a descomposición microbiana rápida, también suelen ser convertidos en alimento no balanceado para ganado, provocando en ocasiones intoxicación en los animales, puesto que el tubérculo de papa contiene una serie de metabolitos tóxicos como los glicoalcaloides solanina y chaconina (Barceloux, 2009) y otras sustancias presentes en la cáscara de papa, como calistegina A3 y B2, que actúan como defensa química contra bacterias, virus e insectos (Friedman, 2004). Estudios previos han encontrado diferentes niveles de estas sustancias en distintas variedades de papa y diferentes partes de la planta tales como, cáscara, raíz, brote, hojas y pulpa (Friedman *et al.*, 2003; Pia *et al.*, 2009). Otras investigaciones han documentado, que los compuestos fenólicos presentes en la papa, además de mostrar capacidades antioxidantes, presentan propiedades antimicrobianas (Sotillo *et al.*, 1998).

Por otra parte, también se ha estudiado la actividad antimicrobiana de los extractos de la pulpa de papa en distintas variedades (Mi-Youn *et al.*, 2004). Sin embargo, se han realizado pocos trabajos donde evalúen la actividad antimicrobiana de los extractos obtenidos tanto de la cáscara como de los brotes. Un aspecto importante en la extracción de sustancias bioactivas es la selección del método adecuado de extracción, debido a la diferente naturaleza de las mismas (Amado *et al.*, 2014). Con base a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la actividad antibacteriana de extractos de cáscara y brote de papa, sobre *E. coli* O157:H7 (ATCC 4390), *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028), *Listeria ivanovii* (ATCC 19119) y *Staphylococcus aureus* (ATCC 65384), así como realizar un estudio preliminar fitoquímico de cada uno de los extractos, utilizando como solventes de extracción al agua (Ac), hidróxido de amonio (HA) y etanol-ácido (EA).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron residuos de cáscara y brote de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Fianna, cultivada en el valle del Yaqui en Sonora, México. Los tubérculos se enjuagaron tres veces con agua destilada, tras ser descontaminados con detergente no-iónico. Se secaron y pelaron manualmente para obtener la cáscara. Los brotes se separaron manualmente.

Microorganismos utilizados

Los extractos fueron evaluados contra cuatro cepas bacterianas, las cuales fueron *E. coli* O157:H7 (ATCC 4390), *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028), *Listeria ivanovii* (ATCC 19119) y *Staphylococcus aureus* (ATCC 65384).

Extracción acuosa (Ac)

Las muestras de cáscara y brote fueron secadas en un horno al vacío a una temperatura de 45°C por 24 h. Se pulverizaron en una licuadora doméstica (proctox-silex, modelo 50171). El polvo se disolvió en agua en una relación 1:5 y se realizó un macerado por 24 h. La infusión fue filtrada en papel Whatman No. 1 utilizando una bomba de vacío (Rocker 300). Posteriormente la muestra se liofilizó y se almacenó a -20°C hasta su análisis.

Obtención de los extractos etanólicos-acidificados (EA)

En la extracción etanol-ácido cada parte anatómica (cáscara, brote) se sometió a secado y molienda de acuerdo a la metodología de extracción acuosa. Para la preparación de los extractos, 35 g de muestra seca pulverizada se homogenizaron en 175 mL de la solución extractora (etanol 95% y ácido acético al 5%) en una relación 95:5. Se dejó en agitación constante por 12 h en una parilla de agitación (IKA C- MAG, modelo HS7) y en reposo por 72 h en completa oscuridad. La muestra se filtró al vacío con papel Whatman No.1 y el solvente se evaporó al vacío en un rotavapor (Buchi Heating Bath B-490, Buchi Rotvapor R-200) a una temperatura de 40 °C.

Obtención de los extractos con Hidróxido de amonio (HA)

Para la extracción con hidróxido de amonio (NH₄OH), se siguió la metodología de Sanabria *et al.* (1991) y Haddadin *et al.* (2001), con algunas modificaciones. Se realizó el mismo procedimiento de secado, triturado y macerado que el extracto EA y se concentró en un rotavapor (marca Büchi, modelo Brikman 461) a una temperatura de 45°C y 60 rpm, hasta obtener una consistencia siruposa. El concentrado fue resuspendido en 10 mL de ácido acético al 5%, se filtró y calentó a 70°C en baño maría. La muestra fue reposada por 12 h y se agregó NH₄OH hasta lograr un pH 10, se obtuvo un precipitado, el cual se separó por filtración en papel Whatman No.1. El papel filtro se lavó con agua a 4°C y ácido acético al 5%. La muestra se secó en un horno al vacío a 45°C por 24 h.

Análisis fitoquímico

A todos los extractos se les realizó pruebas de precipitación y coloración para determinar la presencia de alcaloides (reacción de Dragendorff), glúcidos (reacción de Fehling) y saponinas (prueba de Lieberman-Buchard), de acuerdo a la metodologías descritas por Domínguez, (1985) y Jingna *et al.* (2007).

Ensayos microbiológicos

La susceptibilidad antimicrobiana se evaluó con el método Kirby-Bauer (halos de inhibición), de acuerdo al método descrito por Andrews (2001), con algunas modificaciones. Cien µL de la suspensión de bacteria en concentración 10⁸ UFC/mL fueron extendidas en placas con agar Mueller Hinton. Se colocaron discos de papel filtro con un diámetro de 6 mm sobre las placas, impregnándolos con 40 µL de extracto disuelto en dimetil sulfóxido (DMSO) al 5%. Ambos extractos fueron evaporados a temperatura ambiente. Las placas fueron incubadas a 37°C. Después de 24 h se midió la inhibición. Los tratamientos con DMSO fueron utilizados como testigos. El experimento fue repetido tres veces, reportando los valores promedio.

Concentración mínima inhibitoria

La concentración mínima inhibitoria (CMI) de los extractos con actividad antibacteriana se determinó mediante la técnica de dilución en caldo Mueller-Hinton. Para ello, el extracto se liofilizó en un equipo freezone Labconco 4.5 y se disolvió en DMSO al 5%, preparando una serie de concentraciones crecientes. Las concentraciones estudiadas fueron 3.12, 6.25, 12.5, 25 y 50 mg/mL. A cada tubo se le agregó caldo Mueller-Hinton para tener un volumen final de 2 mL. Finalmente, se agregaron 100 µL de inóculo en una concentración 10⁸ UFC/mL, se incubó a 37°C por 24 h. Se determinó la turbidez de cada tubo, siendo la menor concentración y sin turbidez el que contuvo la CMI.

Concentración mínima bactericida

Para determinar la concentración mínima bactericida (CMB), se tomó una alícuota de 100 µL de las dos concentraciones más bajas que inhibieron las bacterias y se inocularon

en una placa con agar Mueller-Hinton, realizando la extensión de las muestras utilizando perlas de vidrio estériles. Se incubó a 37°C por 24 h y las placas fueron comparadas con el control (-) donde no existía crecimiento. La concentración de extracto que no mostró crecimiento fue la CMB.

Diseño experimental

La evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos se determinó a través de un experimento independiente para cada una de las cuatro especies bacterianas estudiadas. El diseño estadístico fue totalmente al azar, con tres repeticiones, la variable de respuesta fue mm de inhibición. En el análisis de los distintos tratamientos se asumió ($P < 0.05$). Se utilizó el paquete estadístico Stat Graphics versión 4. El reconocimiento de la CMI y la CMB se evaluó con los extractos EA para cada microorganismo y se realizó con experimentos al azar con dos repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis fitoquímico

La tabla 1, muestra el análisis fitoquímico de los extractos de cáscara y brote de la papa. Se puede observar que los alcaloides estuvieron presentes en todos los extractos, excepto en el extracto Ac de la cáscara. La mayor presencia de alcaloides se observó en los extractos HA y EA. Esto probablemente se deba a la naturaleza química de los componentes y a la capacidad que tienen los alcoholes acidificados para disminuir la presencia de polisacáridos, debido a que estos son eliminados en la hidrólisis ácida con el rompimiento de enlaces glicosídicos, favoreciendo la extracción de compuestos alcaloidales (Sanabria *et al.*, 1991). La mayor precipitación de glúcidos se observó en los extractos Ac, lo que revela un incremento en la cantidad de carbohidratos reductores presentes en estos extractos. Los tres metabolitos analizados, se diferenciaron en abundancia, lo cual probablemente se deba al solvente utilizado para la extracción de los mismos. Asimismo, estudios previos han reportado que las plantas como la papa generan un gran número de sustancias bioactivas, muchas de las cuales sólo son detectadas en concentraciones variables, ya que la cantidad y composición de las mismas no es

Tabla 1. Análisis fitoquímico de los extractos de cáscara y brote de papa (*Solanum tuberosum*).

Table 1. Phytochemical analysis of peels and sprouts extracts of potato (*Solanum tuberosum*).

Tipo de extracción	Muestra	Componentes		
		Alcaloides	Esteroides	Glúcidos
Ac	Cáscara	-	-	+++
	Brote	++	++	+++
EA	Cáscara	++	++	+++
	Brote	+++	++	+++
HA	Cáscara	++	++	++
	Brote	+++	+	+++

(-) Ausente. (+) Poca cantidad (++) Mediana cantidad (+++) Abundante cantidad

(-) Not present. (+) Small amount (++) Median amount (+++) high amounts

constante y depende del tipo de tejido, edad de la planta, su hábitat y el tipo de suelo (Dimenstein *et al.*, 1997; Friedman, 2004).

Estudios antimicrobianos

En este análisis actualmente no se tienen criterios estándares que permitan definir las actividades antimicrobianas de los extractos de productos naturales. Sin embargo, para fines de este estudio se utilizó el método de Kirby Bauer, con el fin de establecer si las bacterias presentaban sensibilidad a los extractos a través de halos de inhibición. Para este estudio se realizó una adaptación del método descrito por Mi-Youn *et al.* (2004), quienes clasificaron la actividad antimicrobial de extractos de papa. El criterio utilizado fue de la siguiente manera: 20 mm, fuerte; 13-20 mm, moderada; 6-12 mm, débil y; < 6 mm, sin respuesta. En la tabla 2 se muestran la actividad antimicrobiana de los diferentes extractos, se observan inhibiciones entre débiles y moderadas en las bacterias ensayadas, donde el rango osciló de 8 a 14.4 mm. El sistema de extracción Ac, no mostró actividad en ninguna de las cepas evaluadas. Por el contrario, los sistemas EA y HA, de cáscara de papa presentaron mayor actividad con valores de halos de inhibición entre 10-14.33 y 9.21-12.33 mm, respectivamente, presentando mayor sensibilidad las bacterias *S. aureus* y *L. ivanovii*, con respecto a *E. coli* O157:H7 y *Salmonella*. Estos resultados son similares a los encontrados por Rauha *et al.* (2000), quienes reportaron que extractos de pulpa de papa presentan actividad antimicrobiana ante *S. aureus*, el cual es un organismo patógeno que se puede transmitir en los alimentos y concluyeron que los compuestos fenólicos, especialmente los flavonoides eran los responsables de dicha actividad. Así mismo, Becorral-Lobo *et al.* (2002) reportaron que los péptidos de la papa tienen capacidad citotóxica sobre bacterias Gram (+). Por otro lado, Mi-Youn *et al.* (2004) observaron que las bacterias *E. coli* y *Clostridium perfringens* son más resistentes a los extractos etanol-agua de papa variedad valley. Nuestros resultados coinciden con dicha investigación. Así mismo *S. typhimurium*, no fue inhibida por los extractos del brote de la papa.

En el análisis general de las matrices del tubérculo que se presenta en la tabla 2, se observó un incremento de la actividad antimicrobiana de la cáscara de la papa. Este comportamiento puede estar asociado al contenido de compuestos como esteroides y alcaloides (Tabla 1). Estudios previos realizados por Barceloux, (2009) y Bacigalupo *et al.* (2004) demostraron que existen mayores concentraciones de glicoalcaloides y fenoles en cáscara de papa. Además, se ha reportado que la cáscara de papa presenta actividad antimicrobiana contra *Salmonella* y *E. coli* (Rodríguez de Soltillo *et al.*, 1998). Así mismo, Jin *et al.* (2009) reportaron que los brotes y cáscara del tubérculo muestran actividad antimicrobiana.

Por otro lado, seleccionar el solvente adecuado es uno de los factores más importantes en la obtención de extractos con alto contenido de compuestos bioactivos. En nuestro estudio, de acuerdo al análisis de las diferentes extracciones se observaron diferencias significativas entre

Tabla 2. Media de halos de inhibición, donde las bacterias fueron inhibidas por los extractos naturales, utilizando el método de difusión en discos.

Table 2. Average inhibition zones where bacteria were inhibited by the natural extracts, using the disk diffusion method.

Sistema de extracción	Muestra	Media de diámetros (mm) de zonas de inhibición			
		<i>E. coli</i> O157:H7	<i>S. typhimurium</i>	<i>L. ivanovii</i>	<i>S. aureus</i>
Ac	Cáscara	NA	NA	NA	NA
	Brote	NA	NA	NA	NA
EA	Cáscara	10.66±0.5 ^b	10.00±1.0 ^a	14.33±0.5 ^c	13.66±0.5 ^d
	Brote	NA	NA	8.00±0.0 ^a	9.33±1.5 ^a
HA	Cáscara	9.21±0.5 ^a	12.00±1.0 ^b	12.00±1.0 ^b	12.33±0.5 ^c
	Brote	NA	NA	12.66±1.5 ^b	10.00±0.5 ^b

(NA) Sin actividad antimicrobiana. Cada valor representa la media de tres replicas ± desviación estándar. Medias con una letra común por columna no son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

(NA) No antimicrobial activity. Each value represents the mean of three replicates ± standard deviation. Means with common letter per column are not significantly different ($p < 0.05$)

ellos ($p < 0.05$) (Tabla 2), lo cual indica que la respuesta de los sistemas de extracción sobre la actividad antimicrobiana está influenciada por la polaridad que tienen los solventes y la compatibilidad de los mismos con las sustancias bioactivas de la papa. Esto se pudo comprobar con el sistema Ac el cual no presentó actividad antimicrobiana ante las bacterias evaluadas. Lo anterior pudiera atribuirse a que los metabolitos como fenoles y alcaloides que se conocen con propiedades antimicrobianas, poseen polaridades hidrofóbicas dentro de su composición química, y son menos afines al agua, adicionalmente las formas agliconas altamente hidroxiladas de los compuestos fenólicos son solubles en solventes tales como etanol y metanol (Friedman, 2004).

De acuerdo al análisis comparativo entre el sistema EA y HA, se observó que EA presentó más actividad sobre *S. aureus*, *S. typhimurium* y *E. coli* O157:H7. Por otro lado, el extracto HA solo presentó más actividad al inhibir a *L. ivanovii*. En general, se observó que el sistema EA mostró los mejores resultados de actividad antimicrobiana. Estudios previos en papa han evaluado sustancias bioactivas tales como proteínas (Ohh *et al.*, 2009), antioxidantes fenólicos (Schieber y Aranda, 2009), flavonoides y carotenoides (Becorral-Lobo *et al.*, 2002), y han observado que estas sustancias presentan actividad antimicrobiana. Por lo que se puede suponer que estas sustancias bioactivas, se encuentran presentes en el sistema EA, y están actuando de manera sinérgica al inhibir dichos microorganismos. Dorta *et al.* (2013) han observado que los sistemas ácidos son más efectivos en la recuperación de compuestos bioactivos. También Oreopoulou (2003) reportó que la extracción alcohólica de productos de uva es más efectiva en condiciones ácidas con pH alrededor de 3-3,5 ya que la hidrólisis de los enlaces glucosídicos no sería indeseable sino que permitiría aumentar la actividad de algunos compuestos.

Concentración mínima inhibitoria y concentración mínima bactericida

Con base a los resultados obtenidos de la evaluación de los distintos métodos de extracción se seleccionaron los extractos EA, para realizar los ensayos biológicos y evaluar las

concentraciones mínimas inhibitorias (CMI) y concentraciones mínimas bactericidas (CMB), los cuales se muestran en la tabla 3. Se puede observar que la mayor actividad antimicrobiana se presentó contra las bacterias Gram (+) *S. aureus* y *L. ivanovii*, con CMI de 12.5 y 25 mg/mL, respectivamente y con CMB >50 mg/mL. Comportamientos similares han sido reportados por Chakraborty y Branert. (1999) y Yecheng *et al.* (2011), quienes evaluaron la actividad antimicrobiana *in vitro* de extractos de las plantas *Holarrhena pubescens* y *Stephania dielsania* y observaron que *H. pubescens* necesitó una CMI de 260 µg/mL para *S. aureus* y *S. dielsania* presentó CMI de 3.5 y 7.5 mg/mL para *S. aureus* y *E. coli*, respectivamente, concluyendo que las bacterias Gram (+) son más susceptibles a los fitoquímicos de interés. Asimismo, se ha reportado que las bacterias Gram (-) frecuentemente desarrollan mucha resistencia a los antimicrobianos (Alonso *et al.*, 1999).

Tabla 3. Concentración mínima inhibitoria (CMI) y concentración mínima bactericida (CMB) (mg/mL) de la extracción EA.

Table 3. Minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum bactericidal concentration (MBC) (mg / mL) of ethanol-acid extraction.

Bacteria	Tipo de ensayo	Extracto (mg/mL)	
		Cáscara	Brote
<i>E. coli</i>	CMI	12.5	>50
	CMB	50	>50
<i>S. thypimurium</i>	CMI	12.5	25
	CMB	50	>50
<i>S. aureus</i>	CMI	12.5	25
	CMB	> 50	>50
<i>L. ivanovii</i>	CMI	12.5	25
	CMB	>50	>50

Jin *et al.* (2008) demostraron que proteínas específicas de la papa variedad Gogu valley, conocidas como potato protein (PP), inhiben *in vitro* a bacterias patógenas como *S. aureus*, *Salmonella cholerae*, *Salmonella gallinarum* y *E. coli* con CMI entre 300 a 500 mg/kg. Jin *et al.* (2009) evaluaron la misma proteína de la papa y encontraron CMI entre 100 a 150 ppm con las mismas bacterias. Por lo que, la divergencia de los valores de concentración de los extractos evaluados

entre diferentes estudios y la presente investigación, se puede explicar por la diversidad de las técnicas utilizadas en los estudios, la variación en la composición de cada parte de la planta; así como la especie de la planta o la procedencia. Asimismo, estudios previos han demostrado que las sustancias fenólicas y alcaloides de la papa inhiben el crecimiento microbiano de *S. typhimurium*, *S. aureus* y *L. ivanovii* (Chakraborty y Branert., 1999; García *et al.*, 2004; Lobo *et al.*, 2009). Aunque no se realizó estudio fenólico a nuestros extractos, si se detectaron alcaloides que favorecen la capacidad para inhibir los microorganismos evaluados.

CONCLUSIÓN

El tipo de tejido de la planta y el solvente son factores que influyeron en la abundancia de compuestos químicos y actividad biológica de los extractos de cáscara y brote de la papa. El sistema de extracción que mostró mayor actividad antimicrobiana resultó ser el etanol acidificado (EA), por el contrario el más ineficiente fue el agua destilada. Todos los extractos de cáscara de papa obtenidos con EA presentaron la mayor actividad antimicrobial contra las cepas evaluadas. Sin embargo, las concentraciones inhibitorias y bactericidas encontradas aun siguen siendo elevadas.

REFERENCIAS

- Alonso, A., Rojo, F. y Martínez, J. 1999. Environmental and clinical isolates of *Pseudomonas aeruginosa* show pathogenic and biodegradative properties irrespective of their origin. *Environmental Microbiology*. 1: 421-51.
- Amado, I.R., Franco, D., Sánchez, M., Zapata, C. y Vázquez, J.A., 2014. Optimisation of antioxidant extraction from *Solanum tuberosum* potato peel waste by surface response methodology. *Food Chemistry* 165: 290-299.
- Andrews, J.M. 2001. Determination of minimum inhibitory concentrations. *Journal Antimicrobial Chemotherapy* 49:1049.
- Bacigalupo, M.A., Longhi, R. y Meroni, G. 2004. Alpha-solanine and alpha-chaconine glycoalkaloid assay in *Solanum tuberosum* extracts by liposomes and time- resolved fluorescence. *Journal of Food Composition and Analysis* 17: 665-673.
- Barceloux, D.G. 2009. Potatoes, tomatoes, and solanine toxicity (*Solanum tuberosum* L, *Solanum lycopersicum* L). *Medical Toxicology of natural Substances: Foods, Fungi, Medicinal herbs, Toxic Plants, and Venomous Animals*, NJ: John Wiley & Sons: 77-83
- Becorral-Lobo, M., Segura, A., Moreno, M., López, G., García-Olmedo, F. y Molina, A. 2002. Snakin-2 an antimicrobial peptide from potato whose gene is locally induced by wounding and responds to pathogen infection. *Plant Physiology* 128: 951-961.
- Charmley, E.D. y Nelson, F. Z. 2006. Nutrient cycling in the vegetable processing industry: Utilization of potato by-products. *Canadian Journal of Soil Science* 86: 621-629
- Chakraborty, A. y Branert, A.H. 1999. Antibacterial steroid alkaloids from stem bark of *Hallarrhena pubescens*. *Journal of Ethnopharmacology* 68:339-344.
- Dimenstein, L., Lisker, N. y Kedar, N. 1997. Changes in the content of steroidal glycoalkaloids in potato tubers grown in the field and greenhouse under different conditions of light, temperature and daylength. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 50:391-402.
- Domínguez, X.A. 1985. *Métodos de Investigación Fitoquímica*. Limusa, México, D.F. pp. 1- 281.
- Dorta, E., Lobo, M.G. y González, M. 2013. Optimization of factors affecting extraction of antioxidants from Mango seed. *Food and Bioprocess Technology*. 6: 1067-1081.
- Friedman, M., Roitman, J.N. y Kozukue, N. 2003. Glycoalkaloid and calystegine contents of eight potato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 2964-2973.
- Friedman, M. 2004. Analysis of biologically active compounds in potatoes (*Solanum tuberosum*) tomatoes (*Lycopersicon esculentum*), and jimson weed (*Datura stramonium*) seeds. *Journal of Chromatography A* 1054: 143- 155.
- García, M., Pérez, P., Rodríguez, H. y Soto, H. 2004 Toxicidad de alcaloides de Erythrina Americana en larvas de mosquito *Culex quinquefasciatus*. *Revista Fitotecnia Mexicana* 4: 297-303.
- Haddadin, M. S., Humeid, M. A., Qannot, F. A. y Robinson, R. K. 2001. Effects of exposure to light on the solanine two varieties of potato (*S. tuberosum*) popular in Jordan. *Food Chemistry* 73: 205-208.
- Jin, Z., Yang, Y.K., Choi, J.Y., Shine, P.L., Yoon, S.Y., Hahn, T-W., Lim, H.T., Park, Y.K., Hahm, K.S., Joo, J.W y Chae, B.J. 2008. Potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Gogu valley protein as a novel antimicrobial agent in weanling pigs. *Journal of Animal Science* 86:1562-1572.
- Jin, Z., Shinde, P.L., Yang, Y.K., Choi, J.Y., Yoon,S.Y., Hahn, T.W., Lim,H.T., Park, Y.K., Hahm, K.S., Joo, J.W. y Chae, B.J. 2009. Use of refined potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Gogu valley) protein as an alternative to antibiotics in weanling pigs. *Livestock Science* 124: 26-32.
- Jingna, P. y Sumitra, V. 2007. *In vitro* Antimicrobial Activity and Phytochemical Analysis of some Indian Medicinal Plants. *Turkish Journal of Biochemistry* 31: 53-58.
- Mi-Youn, L., K. Young- Mi, K., Hak -Tae, K., Moo-Key, K y Hoi- Seon, L. 2004. Growth-Inhibiting effects of various Valley Potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties and breeding clones toward human intestinal bacteria. *Agricultural Chemistry & Biotechnology* 47: 97-101.
- Lobo, M., A. Molina, P., Rodríguez, F. y García, L.R. 2009. Leishmania donovani: Thionins, plant antimicrobial peptides with leishmanicidal activity. *Experimental Parasitology* 122: 247-249.
- Ohh, S.H., Shine, P.L., Z. Jin, J.Y. Choi, T.W. Hahn, H.T. Lim, G.Y. Kim, Y., Park, K.S. y Chae, B.J. 2009. Potato (*Solanum tuberosum* L. cv Gogu valley) protein as an antimicrobial agent in the diets of broilers. *Poultry Science Association inc* 88:1127-1234.
- Oreopoulou, V. 2003. Extraction of Natural Antioxidants. Liadakis y Tzia. *Extraction Optimization in Food Engineering*. Marcel Dekker, Inc./CRC. vol. 128.
- Pia, K., Udo, J., Bjorn, S. y Ib, K. 2009. "Glycoalkaloids in potatoes: Content of Glycoalkaloids in potatoes for consumption. *Journal of Food Composition and Analysis* 22: 577-581.
- Rauha, J.P., Remes, S., Heinonen, M., Hopia, A., Kähkönen, N., Kujala, T., Pihlaja, K., Vuorela, H. y Vuorela, P. 2000. Antimicrobial effects of Finnish plants extracts containing flavonoids and other phenolics compounds. *International Journal of Food Microbiology* 56: 3-12.

- Rodríguez de Sotillo, D., M. Hadley, M. y Wolf- Hall, C. 1998. Potato peel Extract a Nonmutagenic Antioxidant with potential Antimicrobial Activity Journal of Food Science. 63: 907-910.
- Sanabria, G.A., P. Heredia, P., Velasquez, M. y Moreno, J. 1991. Glicoalcaloides como criterio de selección en clones de papa en Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas 19: 63-69.
- Schieber, A. y Aranda, M.D. 2009. Potato peels: A Source of Nutritional and Pharmacologically Interesting Compounds – A Review. Global Science Books 3: 23-29
- Seun-Ah, Y., Seung-Hwan, P., Nobuyuki, K., Kap- Rang, L. y Jung-Ae, K. 2006. α -chaconine, a potato glycoalcaloid, induces apoptosis of HT-29 human colon cancer cell through caspase-3 activation and inhibition of ERK $\frac{1}{2}$ phosphorylation. Food and Chemical Toxicology 44: 839-846.
- Sotillo, D.R., Hadley, M. y Wolf- Hall, C. 1998. Potato peel extract a nonmutagenic antioxidant with potential antimicrobial activity. Journal of food science 63: 907-910.
- Yecheng, D., Yanzhen, Y., Haiyu, L., Ming, Z., Xu, Q. y Lifeng, L. 2011. Antimicrobial activity of extract and two alkaloids from traditional Chinese medicinal plant *Stepahia dielsiana*. Food Chemistry 124: 1556-1560.
- Van der Zaag, D.E. 1983. The world potato crop: the present position and probable future development. Outlook on Agriculture 12: 63-72.
- Vlachojannis, J. E., Cameron, M. y Chrubasik, S. 2010. Medicinal use of potato-derived products: a systematic review. Phytotherapy Research 24:159-62.