ISSN 2683-9520

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES: EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS A PARTIR DE PIEL DE BATATA (IPOMOEA BATATAS L.; LAM).

VALORIZATION OF AGRO-INDUSTRIAL WASTE: RECOVERY OF PHENOLIC COMPOUNDS FROM SWEET POTATO (IPOMOEA BATATAS L.; LAM) PEEL

Zema[1] P, Gomez Torretta[1] I, Prola[1] M A, Gabilondo[2] J, Malec[1]* L.

[1]- Departamento de Química Orgánica. FCEyN - UBA. CABA, Argentina.

[2]- EEA INTA San Pedro. Ruta 9 km 170. Buenos Aires, Argentina.

*Correspondencia: malec@qo.fcen.uba.ar

Resumen

Los compuestos fenólicos son importantes metabolitos secundarios presentes en las batatas, cuyas propiedades antioxidantes han sido ampliamente reportadas. La utilización industrial de batata para la elaboración de dulce sólido genera una cantidad significativa de residuos, que podrían ser recuperados para la obtención de compuestos bioactivos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el contenido de compuestos fenólicos y sus propiedades antioxidantes en pieles provenientes de diferentes cultivares de batata (Ipomoea batatas L.; Lam) cosechados en la provincia de Buenos Aires. Se estudió, además, si el tratamiento con vapor que se realiza para separar la piel de la pulpa previo a la elaboración de dulce afecta el contenido de dichos compuestos y su actividad antioxidante. El contenido de polifenoles totales en piel cruda de Arapey, Boni INTA y Beauregard fue de 17,8, 15,7 y 11,3 mg ácido clorogénico/g b.s., respectivamente. Los valores de actividad antioxidante (DPPH/ ABTS) fueron 16,3/ 14,2 mg Trolox/g b.s para Arapey, 15,1/ 13,1 mg Trolox/g b.s para Boni INTA y 9,5/ 9,0 mg Trolox/g b.s. para Beauregard. En las pieles escaldadas, estos valores disminuyeron entre 22 y 46%, siendo la del cultivar Arapey la menos afectada. Los polifenoles totales presentaron excelentes correlaciones con la actividad antioxidante, tanto para DPPH (R2= 0,988) como para ABTS (R2= 0,981). Estos resultados muestran que las pieles de batata serían una fuente valiosa de compuestos fenólicos con capacidad antioxidante, destacándose entre los analizados el cultivar Arapey.

Palabras claves: *piel de batatas, polifenoles, actividad antioxidante, residuos agroindustriales.*

Abstract

Phenolic compounds are important secondary metabolites present in sweet potatoes, whose antioxidant properties have been widely reported. The production of sweet potato paste, a traditional solid dessert, generates a significant amount of waste by discarding the peel, which could be recovered to obtain bioactive compounds. The objective of this study was to evaluate the phenolic content and their antioxidant properties in the peel of different sweet potato cultivars (Ipomoea batatas L.; Lam) harvested in Buenos Aires province. It was also studied whether the steam treatment carried out to separate the peel from the flesh prior to paste production affects the phenolic content and their antioxidant activity. Total phenolic contents in raw peel of Arapey, Boni INTA and Beauregard cultivars were 17.8, 15.7 and 11.3 mg chlorogenic acid/g d.b., respectively. Antioxidant activity (DPPH/ ABTS) values were 16.3/ 14.2 mg Trolox/g d.b. for Arapey, 15.1/ 13.1 mg Trolox/g d.b. for Boni INTA and 9.5/ 9.0 mg Trolox/ g d.b. for Beauregard. In the steamed peels, these values decreased between 22 and 46%, being that of the Arapey cultivar the least affected. Total phenolics showed excellent correlations with antioxidant activity, both for DPPH (R2 = 0.988) and ABTS methods (R2 = 0.981). These results show that sweet potato peel would constitute a valuable source of phenolic compounds

Keywords: *sweet potato peel, polyphenols, antioxidant activity, agro-industrial waste.*

Introducción

Las plantas se consideran fuentes naturales y tradicionales de medicina para la salud humana. Se han utilizadLa batata (Ipomoea batatas (L.) Lam.) es un alimento ampliamente difundido en los países en desarrollo, cultivado fundamentalmente en regiones tropicales y subtropicales, con una producción anual total en 2019 de 91.820.929 toneladas. En Argentina, la batata ha sido cultivada mucho antes del descubrimiento de América, siendo actualmente una hortaliza de consumo popular y base de la industria del dulce de batata, postre típico nacional. El área cultivada en 2019 fue de 22.700 hectáreas, con una producción de 337.500 toneladas, siendo el 4° productor en América (FAOSTAT, 2019). Las principales regiones productoras del cultivo de batata son la pampeana (Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe) con un 43% y el noreste (Entre Ríos, Corrientes,

Formosa y Chaco) con el 40%. En la zona de San Pedro, es uno de los cultivos tradicionales. De acuerdo con estimaciones del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el área cultivada representa más del 20 % de la superficie plantada en nuestro país. Su importancia económica se incrementa con la cantidad de lavaderos, que procesan batatas de distintas regiones del país durante gran parte del año. Además, en la zona se encuentran la mayor parte de las industrias que producen dulce de batata.

Los cultivares más ampliamente difundidos en Argentina son el Arapey, de piel morada y pulpa amarilla, y Morada INTA, de piel morada y pulpa amarilla con inclusiones naranja. En los últimos años, la Estación Experimental San Pedro del INTA ha comenzado a estudiar la adaptación agronómica y la calidad nutricional de dos cultivares de pulpa naranja, Beauregard, de piel color cobrizo, ampliamente consumido en USA y recientemente introducido en Argentina, y Boni INTA, de piel anaranjada, perteneciente a un programa de mejoramiento genético llevado a cabo por el INTA.

Las batatas presentan un elevado contenido de bioactivos, fundamentalmente compuestos fenólicos. Estos son importantes metabolitos secundarios, cuyas propiedades antioxidantes han sido ampliamente reportadas, y han sido asociados a diferentes beneficios para la salud (Alam, 2021). La composición y contenido de estos compuestos varía ampliamente entre los diferentes cultivares, así como también de acuerdo a las distintas partes de la planta (Rodrigues de Albuquerque et al., 2019; Wang et al., 2016). En particular, se han reportado contenidos más elevados de polifenoles en la piel de la raíz que en la pulpa (Alam, 2021). En Argentina, una importante porción de la producción de batata es destinada a la elaboración de dulce. Para ello, la raíz se trata térmicamente con vapor para inactivar enzimas, ablandar el tejido y facilitar la separación de la piel, que luego se descarta, generando a su vez, una cantidad significativa de residuos que podrían ser recuperados para la obtención de bioactivos. Por otra parte, existen reportes acerca del efecto perjudicial que ejerce el tratamiento térmico sobre estos compuestos (Palermo et al., 2014), por lo que el mencionado tratamiento con vapor podría afectar su capacidad antioxidante.

El objetivo de este trabajo fue evaluar y comparar el contenido de compuestos fenólicos y sus propiedades antioxidantes en pieles de los cultivares de batata Arapey, Beauregard y Boni INTA, cosechados en la zona de San Pedro, provincia de Buenos Aires. Se analizó, además, si el tratamiento con vapor que se realiza para separar la piel de la pulpa previo a la elaboración de dulce afecta los parámetros mencionados.

Materiales y métodos

Preparación de muestras

Se utilizaron muestras de piel de batata de los cultivares Beauregard, Arapey y Boni INTA (Figura 1) provenientes de la zona de San Pedro, Buenos Aires. Se tomaron muestras de piel a partir de batatas lavadas recién cosechadas y luego del tratamiento con vapor por 30 min a 94,5ºC. Cada muestra se formó tomando al azar 10 batatas de cada cultivar. Las mismas se congelaron en ultrafreezer (-70ºC), se liofilizaron, se molieron y almacenaron a -20ºC hasta su posterior análisis. La humedad en los polvos se determinó según el método AOAC: 920.151 (1990) por secado en estufa de vacío (100 mmHg) a 70º C hasta obtener peso constante.

Preparación de los extractos

Los extractos se prepararon pesando 0,5 g de polvo en un tubo de centrífuga de 15 mL, al que se añadieron aproximadamente 5 mL de metanol al 80% (v/v) en agua bidestilada, de acuerdo con Ojeda et al. (2017), con ligeras modificaciones. Los tubos se taparon y se sumergieron en un baño de agua a 50ºC durante 10 min. El sobrenadante se separó por centrifugación durante 15 minutos a 8500 rpm repitiendo el procedimiento de extracción sobre el pellet resultante con 4 mL de metanol 80%. El volumen final de sobrenadante se llevó a 10 mL con metanol al 80% y se analizó el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante. Las extracciones se realizaron por duplicado.

Determinación de polifenoles totales

En cada extracto se analizó por triplicado el contenido de polifenoles totales con el reactivo de Folin-Ciocalteu de acuerdo con el método de Singleton etl al. (1999) con algunas modificaciones. A 250 µL de extracto se le agregaron 4 mL de agua destilada y 250 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu. Luego de 3 minutos, se incorpo-

raron 500 µL de Na2CO3 1N, se mantuvo 120 minutos a temperatura ambiente y se leyó la absorbancia a 750 nm en un espectrofotómetro UV/Vis Perkin Elmer Lambda 25 (Perkin Elmer, USA). La curva de calibración se realizó utilizando concentraciones de ácido clorogénico desde 180 hasta 400 mg/L. El contenido total de polifenoles se informó como mg ácido clorogénico (AC) /g base seca (b.s.).

Determinación de la actividad antioxidante

Sobre cada extracto se analizó, además, la actividad antioxidante mediante la reducción del radical del hidrato de 2,2-difenil-1-picril-hidracilo (DPPH) y de la reacción con el del radical catiónico 2,2'-azino-bis-(3-etil benzotiazolin-6-sulfónico) (ABTS).

La reducción del radical DPPH se analizó de acuerdo con el método de Brand-Williams et al. (1995) con modificaciones. Se mezclaron 400 µL extracto con 3,6 mL de DPPH 0,1 mM, se mantuvo en oscuridad durante 30 minutos a temperatura ambiente y se determinó la absorbancia a 517 nm. La actividad antioxidante se calculó usando una curva de calibración con concentraciones de Trolox desde 0,075 mM hasta 0,3 mM. Los resultados se expresaron como mg equivalentes Trolox (ET) /g b.s. Las mediciones se realizaron por triplicado en cada extracto.

La reacción con ABTS se analizó de acuerdo con el método de Ozgen et al. (2006) con modificaciones. A 20 µL de la muestra se le agregaron 3 mL de la solución de ABTS previamente preparada y se determinó la absorbancia a 734 nm. La actividad antioxidante se calculó usando una curva estándar con concentraciones de Trolox desde 0,75 mM hasta 3 mM. Los resultados se expresaron como mg ET /g b.s.

Análisis estadísticos

Los datos experimentales se analizaron a través del análisis de varianza (ANOVA) mediante el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher ($p<0,05$) utilizando el programa Statgraphics centurion 16. Los resultados fueron expresados como promedio ± desviación estándar (DS). Las curvas de calibración y sus respectivos coeficientes de determinación fueron calculados por análisis de regresión lineal.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se observan los contenidos de polifenoles totales y la actividad antioxidante (DPPH y ABTS) en las pieles de batatas recién cosechadas de los cultivares Arapey, Boni INTA y Beauregard. Todos los valores obtenidos presentaron diferencias significativas entre los diferentes cultivares, correspondiendo los mayores a Arapey. Deben destacarse las grandes diferencias registradas entre las pieles de ambos cultivares de pulpa naranja, siendo mucho mayores los de Boni INTA y muy cercanos a los de Arapey. En estudios previos realizados sobre pulpas de cultivares de diferentes colores, se han observado diferencias entre los datos obtenidos, asociando aquellas de color púrpura con contenidos de fenoles y de actividad antioxidante más elevados (Rodrigues de Albuquerque et al., 2019; Wang et al., 2016). De acuerdo a los mayores valores registrados en el cultivar Arapey, podría establecerse una relación similar con el color de la piel de las batatas. También Makori et al. (2020) reportaron para pieles de batata de color púrpura mayores niveles en estos parámetros que para pieles más claras. Sin embargo, esto no explicaría las diferencias observadas entre los dos cultivares de pulpa naranja analizados en el presente trabajo, ya que la piel de Boni INTA es más clara que la de Beauregard.

El rango de valores de polifenoles totales y actividad antioxidante en pieles de batatas reportado en bibliografía es muy amplio siendo para polifenoles totales de 5,6 - 17,7 mg AC / g ms y para la actividad antioxidante de 2,3 – 22,9 mg ET / g b.s. medido por DPPH y de 5,25 – 24,9 mg ET / g b.medido por ABTS (Makori et al., 2020; Padda y Picha, 2008; Zhu et al., 2010). Puede observarse que los contenidos de polifenoles totales se encuentran dentro de los mayores valores de estos rangos.

Estos valores resultaron, además, entre 4 y 11 veces mayores que los obtenidos para las pulpas de estos mismos cultivares, en trabajos previos de nuestro grupo. En dichos análisis, los mayores contenidos también correspondieron al cultivar Arapey, aunque los de Boni INTA fueron menores que los de Beauregard (Pazos et al., 2019). Estas notables diferencias entre piel y pulpa de batatas fueron también reportadas previamente por otros autores (Naz et al., 2017; Padda and Picha, 2008). Los mayores contenidos de polifenoles totales en la piel podrían estar asociados a una mayor biosíntesis en respuesta a la formación de heridas o a otros tipos de

estrés (Dixon and Paiva, 1995).

La Tabla 2 muestra los datos correspondientes a las pieles de los mismos cultivares tratadas con vapor. También en este caso se registraron diferencias significativas entre los tres cultivares en todos los parámetros evaluados. Al comparar estos valores con los correspondientes a las muestras sin tratar, se observó que todos disminuyeron significativamente ($p < 0,05$). En la Figura 2 se grafican los porcentajes de disminución de los parámetros evaluados en cada cultivar. Puede notarse que la reducción de polifenoles totales fue similar a la de la actividad antioxidante (DPPH y ABTS) para cada cultivar. Pero al comparar cada parámetro entre los diferentes cultivares, se observan porcentajes diferentes, siendo mucho menor la pérdida en Arapey. De esta manera, las diferencias entre este cultivar y los de pulpa naranja se ampliaron. No obstante, a pesar de las pérdidas, los valores pueden aún considerarse elevados. También Padda y Picha (2008) reportaron importantes disminuciones en la actividad antioxidante y los polifenoles totales luego de diferentes tratamientos térmicos en piel de batatas Beauregard. Debe señalarse que la mayor parte de los estudios que analizaron el efecto de diversos tratamientos térmicos en batata, como vapor o cocción, fueron realizados sobre la pulpa y los resultados reportados no fueron coincidentes. Jung et al. (2011) y Tang et al. (2015) observaron una reducción en ambos parámetros, mientras que otros investigadores mostraron efectos positivos, tanto por acción del vapor (Xu et al., 2016) como por hervido (Bellail et al., 2012; Rautenbach et al., 2010). Probablemente, estas diferencias se relacionen con la mayor o menor exposición de los compuestos al calor, dependiendo del tamaño de los trozos de batata y del tiempo de tratamiento. En el caso de la piel, el contacto con el vapor sería más directo.

El contenido de polifenoles totales mostró una excelente correlación con la actividad antioxidante, medida tanto por reducción del radical DPPH como del radical ABTS (Figura 3a), indicando que los compuestos fenólicos serían los principales responsables de la actividad antioxidante en la piel de batatas. Esto concuerda con lo reportado por otros autores para la pulpa en diferentes cultivares (Donado-Pestana et al., 2012; Jung et al., 2011). La correlación entre los dos métodos utilizados para evaluar la actividad antioxidante también fue muy elevada (Figura 3b).

Conclusiones

Estos resultados muestran que las pieles de batata, usualmente descartadas, constituirían una valiosa fuente de compuestos fenólicos con capacidad antioxidante. Se destaca, en particular, el cultivar Arapey, por presentar los mayores valores de polifenoles totales y actividad antioxidante, siendo además, la variedad que sufrió menos pérdidas durante el tratamiento con vapor. Cabe resaltar que este cultivar es el utilizado habitualmente para la fabricación de dulce, por lo que su aprovechamiento para la obtención de antioxidantes naturales contribuiría también, a la reducción de los residuos generados en esta industria. Asimismo, se observó que el contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante de la piel de batatas, así como el efecto del tratamiento con vapor, variaron con el cultivar.

Agradecimientos

Este estudio ha sido subsidiado por los siguientes proyectos: 20020170100339BA (Universidad de Buenos Aires) y 1.6.2.7.PE.I 517 (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria).

***Tabla 1:** Contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante en pieles de los genotipos Arapey, Boni INTA y Beauregard. (Promedio ± DS).

Variedad	Fenoles totales (mg AC /g b.s.)	DPPH (mg ET /g b.s.)	ABTS (mg ET /g b.s.)
Arapey	17,8 ± 0,3[a]	16,3 ± 0,6[a]	14,2 ± 0,4[a]
Boni INTA	15,7 ± 0,4[b]	15,1 + 0,7[b]	13,1 ± 0,5[b]
Beauregard	11,3 ± 0,5[c]	9,5 ± 0,8[c]	9,0 ± 0,2[c]

Diferentes letras en la misma columna representan diferencias significativas (p<0,05)

***Tabla 2:** Contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante en pieles de los genotipos Arapey, Boni INTA y Beauregard luego del tratamiento con vapor (v). (Promedio ± DS).

Variedad	Fenoles totales (mg AC /g b.s.)	DPPH (mg ET /g b.s.)	ABTS (mg ET /g b.s.)
Arapey$_V$	13,7 ± 0,3[a]	12,6 ± 0,2[a]	10,7 ± 0,5[a]
Boni INTA$_V$	8,7 ± 0,2[b]	8,1 + 0,3[b]	7,6 ± 0,3[b]
Beauregard$_V$	7,0 ± 0,2[c]	5,9 ± 0,2[c]	4,8 ± 0,3[c]

Diferentes letras en la misma columna representan diferencias significativas (p<0,05)

***Figura 1:** Cultivares de batata analizados a) Arapey, b) Boni INTA, c) Beauregard

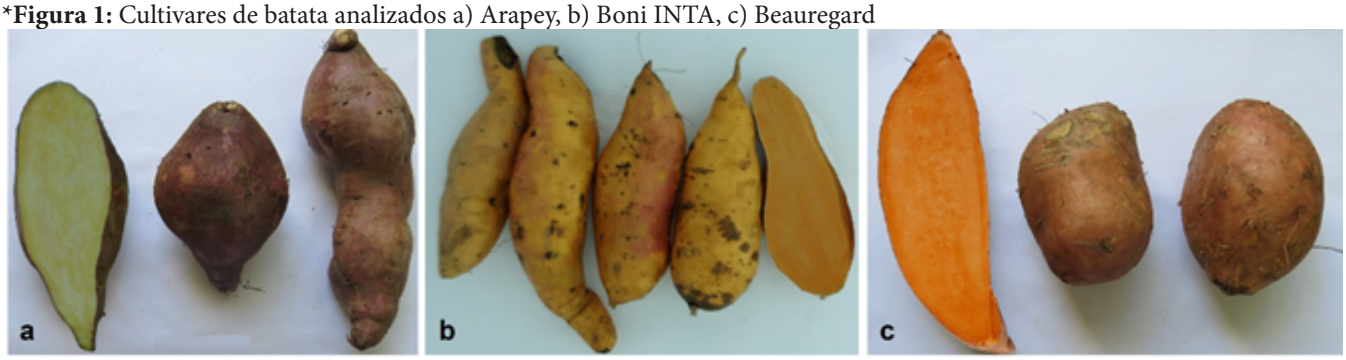


***Figura 2:** Efecto del tratamiento por vapor sobre las pieles en el contenido de polifenoles totales (PT) y actividad antioxidante (AA).

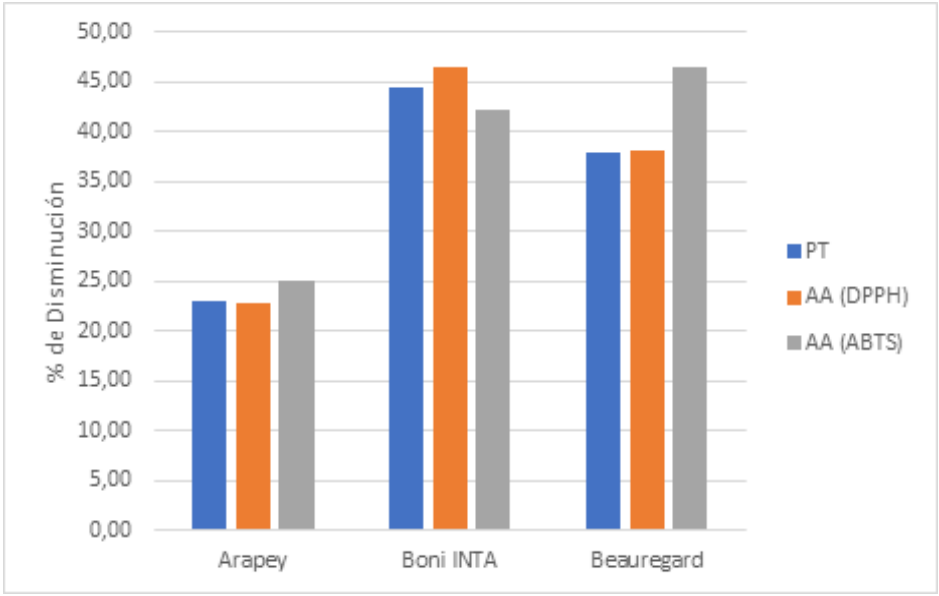
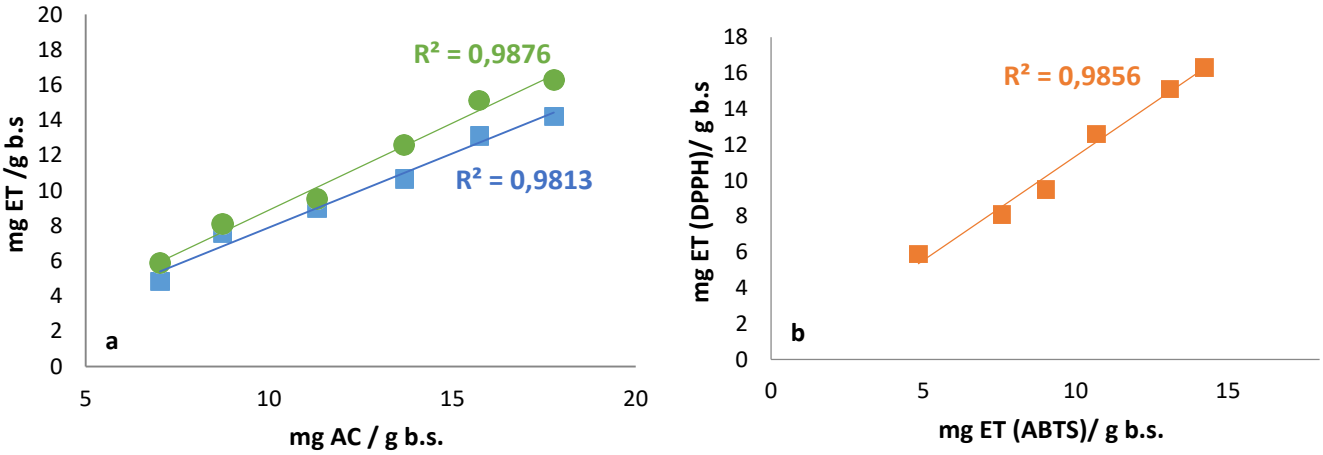


*Figura 2: Correlación entre a) contenido de polifenoles totales y actividad antioxidante por DPPH (●) y ABTS (■); b) actividad antioxidante por reducción del radical DPPH y del radical ABTS.



BIBLIOGRFÍA

Alam, MK. (2021). A comprehensive review of sweet potato (Ipomoea batatas [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. Trends Food Sci. Technol., 115, 512-529.

AOAC. (1990). Official methods of analysis 15th edition, Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.

Bellail, AA, Shaltout, OA, Youssef, MM, El Gamal, AMA. (2012). Effect of Home-Cooking Methods on Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Sweetpotato (Ipomoea batatas (L.) Lam.) Cultivars Grown in Egypt. Food Nutr. Sci., 3, 490-499.

Brand-Williams, W, Cuvelier, ME, Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. J. Food Sci. Technol., 28, 25-30.

Dixon, RA, Paiva, NL. (1995). Stress-induced phenylpropanoid metabolism. The Plant Cell, 7, 1085–1097. https://doi.org/10.1105/tpc.7.7.1085.

Donado-Pestana, C, Salgado, J, Oliveira Rios, A, Santos, P, Jablonski, A. (2012). Stability of carotenoids, total phenolics and in vitro antioxidant capacity in the thermal processing of orange-fleshed sweet potato (Ipomoea batatas Lam.) cultivars grown in Brazil. Plant Foods Hum. Nutr., 67, 262–270.

FAOSTAT. (2019). Statistics division of food and agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/faostat/en/#data. Acceso 18 de octubre 2021.

Jung, JK, Lee, SU, Kozukue, N, Carol, E, Levin, CE, Friedman, M. (2011). Distribution of phenolic compounds and antioxidative activities in parts of sweet potato (Ipomoea batatas L.) plants and in home processed roots. J. Food Compos. Anal., 24, 29–37.

Makori, SI, Mu, TH, Sun, HN. (2020). Total Polyphenol Content, Antioxidant Activity, and Individual Phenolic Composition of Different Edible Parts of 4 Sweet Potato Cultivars. Nat. Prod. Commun., 15, 1-12.

Naz, S, Naqvi, SAR, Khan, ZA, Mansha, A, Ahmad, M, Zahoor, AF, Hussain, Z. (2017). Antioxidant, antimicrobial and antiproliferative activities of peel and pulp extracts of red and white varieties of Ipomoea batatas (L) Lam. Trop. J. Pharm. Res., 16, 2221-2229.

Ojeda, GA, Sgroppo, SC, Zaritzky, NE. (2017). Application of multivariate statistical analysis to assess browning susceptibility in sweet potatoes (Ipomoea batatas (l.) Lam.) cultivars, based on chemical and enzymatic determinations. Int. Food Res. J., 24, 1703-1712.

Ozgen M, Reese N, Tulio JrA, Scheerens J, Miller R. (2006). Modified 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2 -diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. J. Agr.

Food Chem. 54:1151-1157.

Padda, MS, Picha, DH. (2008). Phenolic composition and antioxidant capacity of different heat-processed forms of sweetpotato cv. Beauregard. Int. J. Food Sci. Technol., 43, 1404–1409.

Palermo, M, Pellegrini, N, Fogliano, V. (2014). The effect of cooking on the phytochemical content of vegetables. J. Sci. Food Agric., 94, 1057–1070.

Pazos J, Zema P, Gabilondo J, Ferrari M, Malec L. (2019). Compuestos bioactivos en genotipos de batata (Ipomoea batatas L. Lam) de tamaño comercial y de descarte. Libro de trabajos completos CyTAL®-ALACCTA 2019, 437-444.

Rautenbach, F, Faber, M, Laurie, S, Laurie, R. (2010). Antioxidant Capacity and Antioxidant Content in Roots of 4 Sweetpotato Varieties. J. Food Sci., 75, 400-405.

Rodrigues de Albuquerque, TM, Sampaio, KB, de Souza, EL. (2019) Sweet potato roots: unrevealing an old food as a source of health promoting bioactive compounds - A review. Trends Food Sci. Technol., 85, 277-286.

Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventós RM. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Meth Enzymol 299:152-178.

Tang, Y, Cai, W, Xu, B. (2015). Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. Food Sci. Hum. Wellness, 4, 123–132.

Wang, S, Nie, S, Zhu, F. (2016). Chemical constituents and health effects of sweet potato. Food Res.Int., 89, 90-116.

Xu, Y, Chen, Y, Cao, Y, Xia, W, Jiang, Q. (2016). Application of simultaneous combination of microwave and steam cooking to improve nutritional quality of cooked purple sweet potatoes and saving time. Innov. Food Sci. Emerg. Technol., 36, 303-310.

Zhu, F, Cai, YZ, Yang, X, Ke, J, Corke, H. (2010). Anthocyanins, Hydroxycinnamic Acid Derivatives, and Antioxidant Activity in Roots of Different Chinese Purple-Fleshed Sweetpotato Gen. J. Agric. Food Chem. 58, 7588–7596.