

Variación de ácidos fenólicos en dos cultivares de batata durante el almacenamiento.

Gabilondo J¹, Corbino G¹, Chludil H², Malec L³

1: Estación Experimental Agropecuaria INTA San Pedro- Buenos Aires. Argentina.

2: Cátedra de Biomoléculas. Fac. de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina.

3: Dpto. Química Orgánica. Fac. de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina.

gabilondo.julieta@inta.gob.ar

Resumen: El objetivo de este trabajo fue estudiar y comparar el contenido de polifenoles totales (PFT), la actividad antioxidante (AA) y separar los principales fenoles ácidos en piel y pulpa de dos cultivares de batata (*Beauregard* y *Colorado INTA*) en el producto fresco y luego de 90 días de almacenamiento en cámara a 13°C. El contenido de PFT se determinó con el reactivo de Folin-Ciocalteu, la AA mediante la reducción del radical 2,2-difenil-1-picril-hidracilo (DPPH·) y los fenoles ácidos mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en fase reversa. El contenido de PFT y la AA tanto en la pulpa como en la piel, resultaron considerablemente mayores en el cultivar *Colorado INTA*. Los valores de PFT y AA obtenidos en la piel, fueron superiores a los de la pulpa para ambos cultivares. Después del almacenamiento, el contenido de PFT y la AA aumentaron en la pulpa del cultivar *Colorado INTA*. Por el contrario, en la piel, ambos parámetros disminuyeron aproximadamente 30% en ambos cultivares. Los principales fenoles identificados fueron los isómeros de los ácidos clorogénico y dicafeoilquínicos. El incremento observado en los compuestos bioactivos de la batata acentuaron aún más las diferencias entre las propiedades funcionales de ambos cultivares.

Palabras claves: capacidad antioxidante, polifenoles, ácido clorogénico, ácidos dicafeoilquínicos, *Ipomoea batata L.*

Abstract: The aim of this work was to study and to compare the content of total polyphenols (PP), the antioxidant activity (AA) and to separate the main phenolic acids in skin and pulp of two sweetpotato cultivars (*Beauregard* and *Colorado INTA*) in the fresh product and after 90 days of storage at 13°C chamber. The PP content was determined with the Folin-Ciocalteu reagent, AA by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH·) radical-scavenging activity assay and phenolic acids were performed by high performance liquid chromatography (HPLC) on reversed phase. The PP content and AA in pulp and skin were significantly higher in the cultivar *Colorado INTA*. PP and AA values obtained from skin were superior to those of pulp for both cultivars. After storage, the PP and AA increased in the pulp of cultivar *Colorado INTA*. By contrast, both parameters decreased approximately 30 % in the skin of both cultivars. The main polyphenols identified were the isomers of chlorogenic and dicaffeoylquinic acids. The observed increase of the bioactive compounds of the sweetpotatoes during storage further accentuated the differences between the functional properties of both cultivars.

Keywords: antioxidant activity, polyphenols, chlorogenic acids, dicaffeoylquinic acids, sweetpotato *Ipomoea L.*

INTRODUCCION

La batata (*Ipomoea batata* L. Lam) es un cultivo que se produce en más de 100 países. En la Argentina, el área plantada de batata es de aproximadamente 10000 hectáreas con una producción de 120000 toneladas y un consumo por habitante por año de 3kg (INTA-CMCBA, 2013). Las principales zonas de producción son la región pampeana (Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe) y el Noreste argentino (NEA). En la zona de San Pedro, es uno de los cultivos tradicionales. Se plantan unas 3000 a 4000 ha anuales de batata, destinadas a abastecer principalmente a la ciudad de Buenos Aires y el conurbano. Su importancia económica se incrementa con la cantidad de galpones de empaques de la zona que procesan batatas provenientes de distintas regiones del país durante gran parte del año. La época de cosecha depende de la región geográfica ya que por ser un cultivo sensible al frío se cultiva durante la estación templada. Para disponer de batatas durante todo el año, una vez cosechadas, éstas pueden ser almacenadas bajo condiciones controladas (13°C ±2°C – 90% Humedad relativa) por 6-10 meses. Durante la conservación, las raíces sufren cambios en el metabolismo afectando su composición fisicoquímica (Takenaka *et al.* 2006, Huang *et al.* 1999). De la planta de batata se pueden aprovechar las raíces tuberosas y el follaje. La importancia de la raíz de batata como alimento radica en su contenido de almidón, fibra dietaria, minerales, vitaminas y compuestos con actividad antioxidante, como ácidos fenólicos, antocianinas y β-caroteno. Los compuestos antioxidantes actúan como eliminadores de radicales libres y/o inhibidores de las especies reactivas del oxígeno que se forman naturalmente durante el metabolismo humano. Estas moléculas provocan daños en las proteínas, lípidos y ácidos nucleicos de las estructuras biológicas e inducen en el hombre una variedad de enfermedades crónicas relacionadas con el estrés oxidativo (Elahi y Malata, 2006; Thrasivoulou *et al.*, 2006) como cardiovasculares, cáncer y aquellas vinculadas con la degeneración neuronal (Ames *et al.*, 1993). Debido a que algunos antioxidantes sintéticos han demostrado ser tóxicos y presentar efectos mutagénicos (Krishnakumar y Gordon, 1996), en los últimos años se ha incrementado el interés por los antioxidantes de origen natural como los que se encuentran en frutas, vegetales y bebidas. Entre los compuestos fenólicos, los ácidos cafeoilquínicos poseen fuerte actividad antioxidante (Chuda *et al.*, 1996). Incluso Robards *et al.*, (1999) reportaron que la AA de estos compuestos es superior a la del tocoferol. Sus propiedades antioxidantes han sido vinculadas a potenciales efectos benéficos sobre la salud humana, incluyendo supresión de melanogénesis (Shimozono *et al.* 1996), inhibición de la replicación del virus de la inmunodeficiencia humana (HIV) (Mahmood *et al.* 1993; Robinson *et al.* 1996; Zhu *et al.* 1999), actividad antiinflamatoria (Peluso *et al.* 1995), antiespasmódica (Trute *et al.* 1997) antihiperglucémica (Guan *et al.* 2006) y antimutagénica (Yoshimoto *et al.* 1999), entre otros. En distintos cultivares de batata se identificaron los siguientes compuestos cafeoilquínicos: ácido clorogénico, cafeico y sus derivados dicafeoilquínicos (Yamakawa y Yoshimoto, 2001; Yoshimoto *et al.*, 2001; Yoshimoto *et al.*, 2005; Teow, 2007). La composición y contenido de los compuestos antioxidantes varía ampliamente entre los distintos cultivares de batata, dependiendo de factores genéticos y ambientales, como edad y partes de la raíz, clima, prácticas del cultivo y almacenamiento luego de la cosecha (Kidmose *et al.*, 2007; Bovell-Benjamin, 2007). En particular, distintos investigadores han reportado que la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales en la piel de batata fueron superiores al contenido de la pulpa (Walter y Schadel 1981; Cevallos-Casalas y Cisneros-Zevallos, 2003). El conocimiento de la composición funcional de los cultivares *Colorado INTA* y *Beauregard*, ambos de pulpa naranja, nuevos en la región, aportará información para caracterizar su calidad. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la AA, el contenido de polifenoles totales e identificación de los principales fenoles ácidos en dos cultivares de batata (*Beauregard* y *Colorado INTA*), de importancia comercial para el norte de la provincia de Buenos Aires, en el producto fresco (pulpa y piel) recién cosechado y luego de 90 días de almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de muestras vegetales

Se utilizaron muestras de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* cultivados en idénticas condiciones. Se realizaron dos muestreos, uno al momento de la cosecha y otro luego de 90 días en cámara a 13°C ± 2°C. Se tomaron, al azar, 10 batatas por cultivar. Cada muestra se formó utilizando un cuarto de cada una de ellas y se congeló la piel y la pulpa por separado en N₂ líquido. Las muestras congeladas fueron liofilizadas, trituradas y almacenadas a -20°C hasta su uso.

Preparación de los extractos

Cada muestra liofilizada (aprox. 1g) se mezcló con metanol 80% (v/v) durante 15 minutos a 80°C y el sobrenadante se separó por centrifugación, 15 minutos a 3500 rpm. Los extractos se realizaron por triplicado.

Métodos analíticos

La *humedad* se determinó según el método AOAC: 920.151 (1990) por secado de la muestra en estufa de vacío (100 mmHg) a 70° C hasta obtener peso constante.

Determinación de la actividad antioxidante (AA): Se analizó por triplicado mediante la reducción del radical DPPH· de acuerdo al método de Brand-Williams *et al.*, (1995). A 400µl extracto se le agregaron 3,6 ml de DPPH· 0,1 mM, se mantuvo en oscuridad durante 30 minutos a temperatura ambiente y se leyó la absorbancia a 517 nm en espectrofotómetro UV/Vis Perkin Elmer Lambda 25. La AA se calculó usando una curva estándar con concentraciones de TROLOX desde 20µM hasta 450 µM. Los resultados se expresaron como mg equivalentes TROLOX por g bs.

Determinación de polifenoles totales (PFT): Se realizó por triplicado con el reactivo de Folin-Ciocalteu de acuerdo al método de Singleton y Rossi (1965) con algunas modificaciones, utilizando ácido clorogénico como estándar. 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 incorporaron 500 µL de Na₂CO₃ 1N, se mantuvo 120 minutos a temperatura ambiente y se leyó la absorbancia a 750 nm en espectrofotómetro UV/Vis Perkin Elmer Lambda 25. La curva estándar se realizó utilizando concentraciones de ácido clorogénico desde 75 hasta 400 mg/L. El contenido total de polifenoles se informó como mg de ácido clorogénico por g bs.

Identificación y cuantificación de fenoles ácidos: La identificación y cuantificación se realizaron mediante el método de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) en fase reversa según Padda y Picha (2007) con algunas modificaciones. Una alícuota de los extractos metanólicos se filtraron por una membrana de 0.45 µm. Una muestra de 5µl se inyectó en una columna ZORBAX Eclipse XDB-C18, 4,6 x 250 mm, 5 micrones usando un equipo *Agilent Technologies 1200 Series* conectado a una bomba cuaternaria. La fase móvil consistió en A: 0,1% ácido acético en solución acuosa; B: acetonitrilo con 0,1 % ácido acético (v/v) con un flujo de 0.75 ml/min en gradiente: B, 10 a 25% de 0 a 35 minutos (min.) y 25 a 50 % de 35 a 50 min. Los picos de los ácidos clorogénico (5-cafeoil-quinico) y ácido cafeico se identificaron y cuantificaron comparando los tiempos de retención y las áreas con sus respectivos estándares. Los picos de los isómeros de ácido clorogénico (3 y 4 cafeoil-quinico) y de los isómeros di-cafeoil-quinicos (3,4; 3,5 y 4,5 dicafeoil-quinicos) fueron identificados por referencia bibliográfica para similares sistemas cromatográficos. Los isómeros de ácido clorogénico se cuantificaron por comparación con el estándar del 5-cafeoil-quinico y los isómeros di-cafeoil-quinicos, por comparación con el estándar del 1,5 di-cafeoil-quinico. La cuantificación se basó en la absorbancia a 320nm usando un detector UV-VIS *1260 Infinity* de onda múltiple.

Análisis estadísticos

Los datos experimentales se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa *InfoStat versión 2008*.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la **Tabla 1** figuran los contenidos de polifenoles totales/g bs para los cultivares (cv) *Beauregard* y *Colorado INTA*, a los 0 y 90 días de su conservación y en la **Tabla 2** se muestra la AA/g bs para las mismas muestras. En la pulpa de las batatas recién cosechadas, tanto el contenido de PFT como los valores de la AA resultaron aproximadamente el doble en el cv *Colorado INTA* que en el cv *Beauregard*. En la piel, ambos parámetros resultaron muy superiores que en la pulpa y similares para ambos cultivares. Padda y Picha (2008c) reportaron una amplia variabilidad en el contenido de PFT y AA para distintos genotipos de batatas con pulpa color naranja. Además estos resultados coinciden con Padda y Picha (2008a y b) quienes reportaron que el contenido de PFT y AA fue bastante mayor en el tejido de la piel que en la pulpa del cv *Beauregard* al momento de la cosecha. Jung *et al.* (2011) también encontraron diferencias en la AA y el contenido de fenoles incluso, dentro de la pulpa de una misma raíz, pudiendo variar de médula a corteza. Walter y Schadel, (1981) y Harrison *et al* (2003) han atribuido los mayores valores de PFT registrados en los tejidos de la piel de la batata a un mecanismo de defensa química natural de la misma contra enfermedades e insectos. El alto contenido de compuestos fenólicos en la piel podría despertar el interés de las industrias en utilizarla para su incorporación en diversos alimentos con el fin de aprovechar su potencial antioxidante natural y a su vez, minimizar los residuos industriales.

Tabla 1: Contenido de polifenoles totales expresados en mg equivalentes de ácido clorogénico /g bs para los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*, a los 0 y 90 días de su conservación.

	0 días		90 días	
	<i>Beauregard</i>	<i>Colorado INTA</i>	<i>Beauregard</i>	<i>Colorado INTA</i>
Pulpa	1,9 ± 0,10	3,59 ± 0,27	2,15 ± 0,13	5,78 ± 0,19
Piel	21,2 ± 1,41	21,7 ± 2,4	14,1 ± 1,4	14,3 ± 1,5

Cada valor es el promedio ± la Desviación Estándar de los resultados obtenidos.

Tabla 2: Actividad antioxidante expresada en mg equiv. TROLOX /g bs para los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*, a los 0 y 90 días de su conservación.

	0 días		90 días	
	<i>Beauregard</i>	<i>Colorado INTA</i>	<i>Beauregard</i>	<i>Colorado INTA</i>
Pulpa	2,05 ± 0,22	4,64 ± 0,33	2,55 ± 0,24	7,14 ± 0,23
Piel	23,8 ± 0,59	22,2 ± 2,1	16 ± 1,3	14,2 ± 1,5

Cada valor es el promedio ± la Desviación Estándar de los resultados obtenidos.

En la **Figura 1** se muestra la variación de PFT y la AA para los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* durante su conservación. Se puede observar que la variación de PFT es similar a la de la AA en ambos cultivares. Luego de 90 días de almacenamiento, los PFT y la AA aumentaron en la pulpa de ambos cultivares pero en mucho mayor proporción en el cv *Colorado INTA*. Los valores alcanzados para los respectivos parámetros fueron 60% y 50% más elevados que los iniciales, mientras que en el cv *Beauregard* no hubo variaciones significativas. Por el contrario, en la piel, ambos parámetros disminuyeron aproximadamente 30% tanto para *Colorado INTA* como para *Beauregard*.

Estudios realizados sobre otros cultivares (Ishiguro *et al.* 2007) encontraron que los PFT y la AA durante 37 días de almacenamiento a 15°C aumentaron en el cv. *J-Red*, de pulpa naranja, pero disminuyeron en otros tres cv. Por otro lado, Grace *et al.* (2014) observaron una disminución en el contenido de PFT de distintos cv de batata almacenadas a temperatura óptima durante 4 y 8 meses aunque manifestaron que algunos PF individuales se vieron incrementados durante el almacenamiento. Varios autores coinciden en que la variación en el contenido de PFT y la AA depende del cultivar (Lieberman *et al.* 1959, Lattanzio *et al.* 1994, Grace *et al.* 2014). Dependiendo del tipo de estrés, los compuestos fenólicos pueden ser inducidos como resultado del incremento de la transcripción de genes que codifican la biosíntesis de las enzimas correspondientes (Dixon y Paiva 1995). El incremento en el contenido de PFT puede ser atribuido a un aumento en paralelo de la actividad de la fenil-alanina amonio-liasa (PAL), una importante enzima involucrada en el camino fenilpropanoide de la síntesis fenólica (Padda y Picha 2008a).

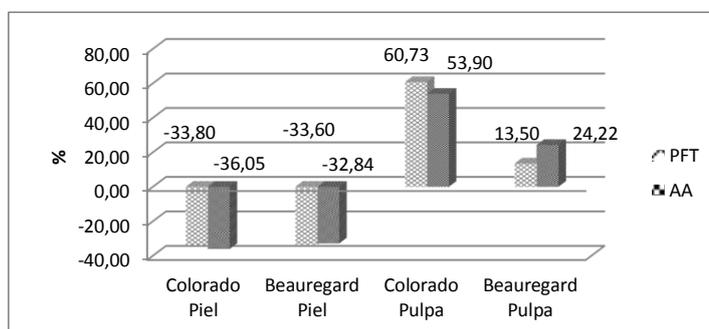


Figura 1: Variación de polifenoles totales y la actividad antioxidante para los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* durante su conservación.

En la **Figura 2**, puede observarse que los valores de AA mostraron una alta correlación ($r^2 = 0,991$) con los contenidos de PFT. Otros autores, también encontraron una alta correlación entre PFT y AA en distintos cultivares de batata (Padda y Picha 2008b, Wang *et al.* 2006). Esto sugiere que la AA de las batatas podría ser causada principalmente por la presencia de PF.

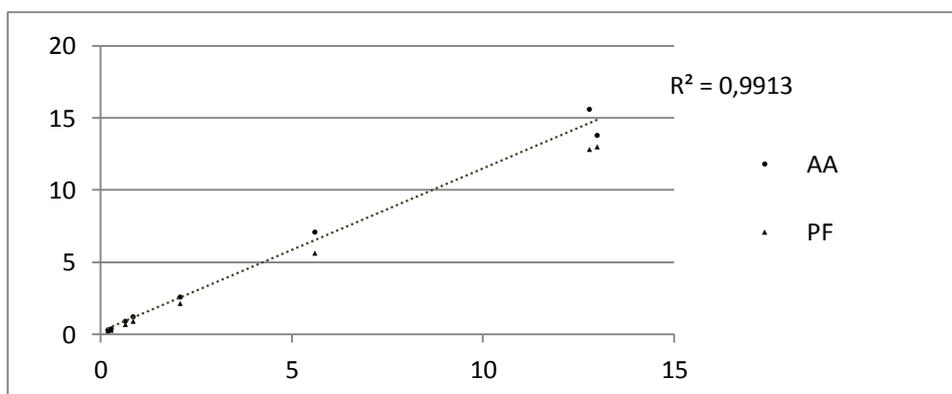


Figura 2: Correlación entre PFT y AA para ambos cultivares, en tejido fresco de piel y pulpa.

Al analizar los PF individuales en las batatas recién cosechadas (**Tabla 3**), se encontró que los PF más abundantes en la pulpa de ambos cv, fueron los isómeros del ácido clorogénico. En cambio en la piel, los isómeros del ácido clorogénico fueron mayoritarios en *Colorado INTA*, pero en *Beauregard*, predominaron los isómeros dicafeoilquinicos (3,4; 3,5; 4,5). El ácido cafeico sólo se identificó en la piel de ambos cv y en baja concentración. Estos resultados coinciden con Bellail *et al.* (2012) quienes reportaron que no se encontró ácido cafeico en la pulpa de ninguno de los cultivares analizados, entre ellos *Beauregard*. Otros estudios (Padda y Picha 2008c, Walter y Purcell 1979) realizados sobre diferentes cv de batata, también identificaron como PF mayoritarios a los isómeros de los ácidos clorogénico y dicafeoilquinico y al ácido cafeico como componente minoritario.

Tabla 3: Contenido PFT, AA, isómeros de ácido clorogénico, ácido cafeico e isómeros de ácidos dicafeoilquinicos de piel y pulpa para los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* antes y después de su almacenamiento. Los valores están expresados en mg/g bs.

mg/g bs	Beauregard				Colorado INTA			
	90 días		0 días		90 días		0 días	
	Pulpa	Piel	Pulpa	Piel	Pulpa	Piel	Pulpa	Piel
Isómeros Ac. Clorog.	0,642	2,29	0,525	5,73	2,43	1,67	1,25	8,42
Ac. Cafeico	0,000	1,29	0,000	0,793	0,000	1,20	0,000	0,563
Isómeros dicafeoilq.	0,370	4,17	0,338	7,97	1,89	2,93	0,610	4,13
Total	1,01	7,75	0,86	14,5	4,32	5,80	1,86	13,1
AA	2,55	16,0	2,05	23,8	7,14	14,2	4,64	22,2
PFT	2,15	14,1	1,90	21,2	5,78	14,3	3,59	21,7
% en PFT	47,1	55,0	45,4	68,3	74,8	40,5	51,7	60,4

El aumento de los PFT en la pulpa de *Colorado INTA* durante el almacenamiento se debió a un incremento parejo de los isómeros de los ácidos clorogénicos y dicafeoilquinicos (**Figura 4**). En la pulpa del cv *Beauregard*, en coincidencia con los resultados obtenidos al analizar los PF totales, no se registraron variaciones significativas en los diferentes PF durante el almacenamiento. En la piel del cv *Beauregard* (**Figura 5**), la disminución del contenido de PFT también se debió a la variación de los ácidos clorogénicos y dicafeoilquinicos. En la piel del cv *Colorado INTA*, en cambio, la disminución se debió fundamentalmente a la variación de los isómeros del ácido clorogénico quedando entonces como mayoritarios en las batatas almacenadas los ácidos dicafeoilquinicos. El ácido cafeico fue el único compuesto que se incrementó, luego de la conservación, en la piel de ambos cv, aunque su proporción sigue siendo minoritaria con respecto al

resto. Estudios previos han reportado resultados contradictorios con respecto al incremento y disminución de estos ácidos fenólicos durante el almacenamiento. Al igual que en el contenido de PFT y la AA, manifestaron que estas variaciones dependen del cultivar (Lieberman *et al.* 1959, Lattanzio *et al.* 1994, Grace *et al.* 2014, Ishiguro *et al.* 2007).

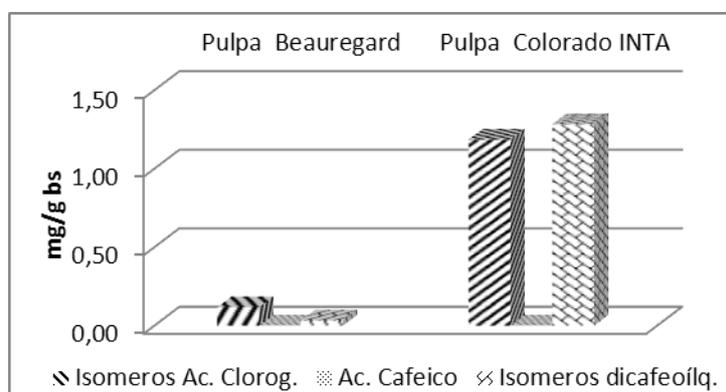


Figura 4: Variación de los isómeros de ácido clorogénico y dicafeoilquinico y del ácido cafeico en la pulpa de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* durante su almacenamiento. Los valores están expresados en mg/g bs.

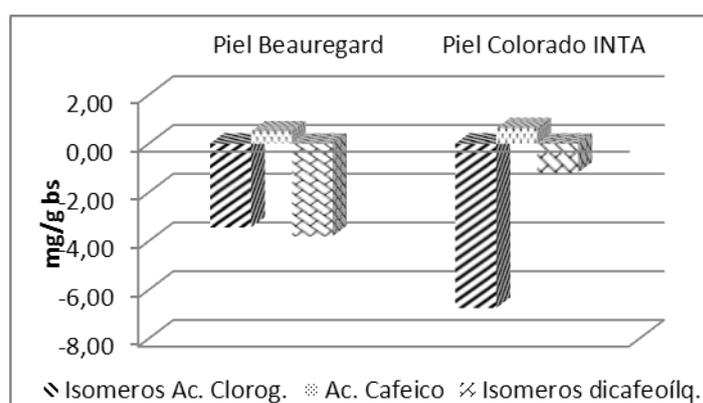


Figura 5: Variación de los isómeros de ácido clorogénico y dicafeoilquinico y del ácido cafeico en la piel de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* durante su almacenamiento. Los valores están expresados en mg/g bs.

CONCLUSIONES

El cv *Colorado INTA*, con vetas color púrpura, resultó más rico en PF que el cv *Beauregard* y las diferencias se incrementaron durante el almacenamiento. En la pulpa de ambos cv los PF más abundantes fueron los isómeros del ácido clorogénico. La conservación a temperaturas controladas favoreció el valor funcional de la pulpa del cv *Colorado INTA*. Pero en la piel, hubo una importante disminución de sus compuestos bioactivos. Por lo tanto, si se quiere aprovechar el alto contenido de antioxidantes naturales en la piel para su agregado en alimentos para prevenir la oxidación lipídica, es aconsejable extraerlos de las batatas recién cosechadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Ames BM, Shigena MK, Hagen TM. 1993. Oxidants, antioxidant and the degenerative diseases of aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 90:7915–7922.
- A.O.A.C. Association of the Official Analytical Chemists. 1990. 920.151. Official Methods of the Association of the Official Analytical Chemists. Ed. Horwitz W. 14th ed. Washington DC.
- Bellail AA, Shaltout OE, 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 and Nutrition Sciences*. 3: 490-499.

- Bovell-Benjamin A. C. 2007. Sweet potato: A review of its past, present, and future role in human nutrition. *Advances in Food and Nutrition Research*, 52: 1–59.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME and Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science Technology*, 28: 25-30.
- Cevallos-Casallas BA and Cisneros-Zevallos LA. 2003. Stoichiometric and kinetic studies of phenolic antioxidants from Andean purple corn and red-fleshed sweetpotato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:3313–3319.
- Chuda Y, H Ono, M Ohnishi-Kameyama, T Nagata and T Tsushida. 1996. Structural identification of two antioxidant quinic acid derivatives from garland (*Chri'santhemuni coronariwn L.*). *J.Agr. Food Chem.* 44:2037-2039.
- Clifford MN. 2000. Chlorogenic acid and other cinnamates: Nature, occurrence, dietary burden, absorption and metabolism. *J. Sci. FoodAgr.* 80:1033-1043.
- Dixon RA and Paiva NL. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell* 7:1085–1097.
- Lattanzio V, Cardinali A, Palmieri S.1994. The role of phenolics in the postharvest physiology of fruits and vegetables: browning reactions and fungal diseases. *Ital. J. Food Sci.* 1: 3–22.
- Elahi MM, Malata BM. 2006. Free radicals in blood: evolving concepts in the mechanism of ischemic heart disease. *Arch. Biochem. Biophys.* 450: 78-88.
- Grace MH, Yousef GG, Gustafson SJ, Truong VD, Yencho GC and Lila MA. 2014. Phytochemical changes in phenolics, anthocyanins, ascorbic acid and carotenoids associated with sweetpotato storage and impacts on bioactive properties. *Food chemistry.* 145: 717-724.
- Guan Y, T Wu, M Lin, and J Ye. 2006. Determination of pharmacologically active ingredients of sweetpotato (*Ipomoea hata-tas L.*) by capillary electrophoresis with electrochemical detection. *J. Agr. Food Chem.* 54:24-28.
- Harrison HF, Peterson JK, Snook ME, Bohac JR and Jackson DM. 2003. Quantity and potential biological activity of caffeic acid in sweet potato [*Ipomoea batatas (L.) Lam.*] storage root periderm. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:2843–2848.
- Huang YH, Picha DH, Johnson CE. 1998. An alternative method for enzymatic assay of plant invertases. *J. Agric.Food Chem.* 46: 3158-3161.
- Ishiguro K, Yahara S, and Yoshimoto M. 2007. Changes in Polyphenolic Content and Radical-Scavenging Activity of Sweetpotato (*Ipomoea batatas L.*) during Storage at Optimal and Low Temperatures. *J. Agric. Food Chem.* 55: 10773–10778.
- INTA-CMCBA. 2013. Gacetilla de Frutas y Hortalizas del Convenio INTA- CMCBA N° 21. Marzo 2013. En: <http://www.mercadocentral.gob.ar/gacetilla/gacetilla21.pdf>
- Kidmose U, Christensen L P, Agili SM, Thilsted SH. 2007. Effect of home preparation practices on the content of provitamin A carotenoids in coloured sweet potato varieties (*Ipomoea batatas Lam.*) from Kenya. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8:399–406.
- Krishnakumar V, Gordon I. (1996). Antioxidants – trends and developments. *International Food Ingredients.* 12: 41–44.
- Jung jK, Lee SU, Kozukue N, Levin CE, Friedman M. 2011. Distribution of phenolic compounds and antioxidative activities in parts of sweet potato (*Ipomoea batata L.*) plants and in home processed roots. *Journal of Food Composition and Analysis* 24: 29–37.
- Lieberman M, Craft C, Wilcox M S. 1959. Effect of chilling on the chlorogenic acid and ascorbic acid content of Port Rico sweetpotatoes. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 74: 642–648.
- Mahmood N, Moore PS, De Tommasi N. 1993. Inhibition of HIV infection by caffeoylquinic acid derivatives. *Antiviral Chemistry and Chemotherapy*, 4: 235–240.
- Padda MS, Picha DH. 2007. Methodology optimization for quantification of total phenolics and individual phenolic acids in sweetpotato (*Ipomoea batatas L.*) roots. *J. Food Sci.* 72: C412–C416.
- Padda MS, Picha DH. 2008a. Effect of low temperature storage on phenolic composition and antioxidant activity of sweetpotatoes. *Postharvest Biology and Technology* 47:176–180.
- Padda MS, Picha DH. 2008b. Phenolic composition and antioxidant capacity of different heat-processed forms of sweetpotato cv. Beauregard. *International Journal of Food Science and Technology.* 43:1404–1409.
- Padda MS, Picha DH. 2008c. Quantification of phenolic acids and antioxidant activity in sweetpotato genotypes. *Scientia Horticulturae* 119: 17–20.
- Peluso G, V Dc Feo, F Dc Simone, E Bresciano and ML Vuotto.1995. Studies on the inhibitory effects of caffeoylquinic acid on monocyte migration and superoxide ion production. *J. Nat. Prod.* 58:639-646.

- Robards K, PD Prenzler, G Tucker, P Swatsitang, and W Glover. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chem.* 66:401-436.
- Robinson EW, M Cordeiro, S Abdel-Malek, Q Jia, SA Chow, MG Reinecke and WM Mitchell. 1996. Dicafeoylquinic acid inhibitors of human immunodeficiency virus integrase: Inhibition of the core catalytic domain of human immunodeficiency virus integrase. *Mol. Pharmacol.* 50:846-855.
- Singleton VL and Rossi JA. Jr. 1965. "Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents". *Am. J. Enol. Vitic.* 16:144-158.
- Shimozono H, Kobori M, Shinmoto H and Tsushida T. 1996. Suppression of mouse melanoma B 16 cells by sweet potato extract. *Nippon Shokuhin Kogaku Kaishi* 43:313-317.
- Takenaka M, Yan X, Ono H, Yoshida M, Nagata T and Nakanishi T. 2003. Caffeic acid derivatives in the root of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *J. Agr. Food Chem.* 51:793-796.
- Takenaka M, Nanayana K, Isobe S and Murata M. 2006. Changes in caffeic acid derivatives in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) during cooking and processing. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 70. 1: 172-177.
- Teow CC, Truong VD, McFeeters RF, Thompson RL, Pecota KV, Yencho GC. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chemistry* 103:829-838.
- Thrasivoulou C, Soubeyre V, Ridha H, Giuliani D, Giaroni C, Michael GJ, Saffrey MJ, Cowen T. 2006. Reactive oxygen species, dietary restriction and neurotrophic factors in age-related loss of myenteric neurons. *Aging Cell.* 5: 247-257.
- Trute A, Gross J, Mutschler F and Nahrstedt A. 1997. In vitro antispasmodic compounds of the dry extract obtained from *Hederahelix*. *Planta Med.* 63:125-129.
- Walter W M, Purcell A E, McCollum GK. 1979. Use of high-pressure liquid chromatography for analysis of sweet potato phenolics. *J. Agric. Food Chem.* 27: 938-941.
- Walter WM and Schadel WE. 1981. Distribution of phenols in 'Jewel' sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] roots. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 29: 904-906.
- Wang P, Zhu Z. 2006. Effects of pickling on the contents of antioxidant compounds and antioxidant activities in different cultivars of leaf mustard. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences.* 20: 516-520.
- Yamakawa O, Yoshimoto M. 2001. Sweet potato as food material with physiological functions. *Proceeding of the First International Conference on Sweet Potato. Food and Health for the Future. Acta Horticulturae,* 583:173-184.
- Yoshimoto M, Okuno S, Yoshinaga M, Yamakawa O, Yamaguchi M and Yamada J. (1999). Antimutagenicity of sweet potato (*Ipomoea batatas*) roots. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry,* 63:537-541.
- Yoshimoto M, Okuno S, Yamaguchi M and Yamakawa O. 2001. Antimutagenicity of deacylated anthocyanins in purple-fleshed sweet potato. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry,* 65: 1652-1655.
- Yoshimoto M, Yamakawa O, Tanoue H. 2005. Potential chemopreventive properties and varietal difference of dietary fiber from sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) root. *Japan Agricultural Research Quarterly,* 39. 1: 37-43.
- Zhu KML, Coreiro J, Atienza WE, Robinson J, and Chow SA. 1999. Irreversible inhibition of human immunodeficiency virus type I integrase by dicafeoylquinic acids. *J. Virol.* 73:3309-3316.