

Cuantificación de polifenoles y capacidad antioxidante en duraznos comercializados en Ciudad Juárez, México

Polyphenol and antioxidant capacity quantification in peaches commercialized in Ciudad Juarez, Mexico

JOAQUÍN RODRIGO GARCÍA^{1,4}, LAURA ALEJANDRA DE LA ROSA¹, BRENDA HERRERA DUENEZ¹, ARIADNA GISELA GONZÁLEZ BARRIOS¹, JOSÉ ALBERTO LÓPEZ DÍAZ¹, GUSTAVO ADOLFO GONZÁLEZ AGUILAR², SAÚL RUIZ CRUZ³ Y EMILIO ALVAREZ PARRILLA¹

Recibido: Agosto 23, 2010

Aceptado: Abril 5, 2011

Resumen

En el presente estudio se valoraron el contenido de fenoles totales (Folin-Ciocalteu), y capacidad antioxidante total (mediante las técnicas FRAP (poder antioxidante reductor del hierro) y ORAC (capacidad de absorción de radicales de oxígeno) en duraznos (*Prunus persica* L.) de la variedad Prisco comercializados en Ciudad Juárez, procedentes de tres diferentes zonas de cultivo: dos en México, en los estados de Sonora y Chihuahua, y otra en el estado de California, Estados Unidos de América (EEUU). La concentración de fenoles totales, y capacidad antioxidante se determinaron a partir de extractos en metanol al 80%, según la metodología descrita por Kähkönen *et al.* (1999). Las muestras del estado de Sonora fueron las que presentaron valores más altos, tanto en fenoles libres (121 mg CAE/100g peso fresco) como en capacidad antioxidante (2.5 mmol Fe/100g mediante FRAP y 18.15 mmol TE/100 g peso fresco mediante ORAC). Se encontró una correlación significativa ($P = 0.56$) entre contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante evaluada por la técnica FRAP. Esta correlación fue aún mayor en las muestras procedentes de California ($P = 0.92$). En general, las muestras de duraznos comercializadas en Ciudad Juárez mostraron una contribución adecuada de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante a la dieta.

Palabras clave: *Prunus persica* L., compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, FRAP, ORAC.

Abstract

Total phenolics content (Folin-Ciocalteu), and total antioxidant capacity (FRAP and ORAC, techniques) were evaluated in peaches Prisco variety (*Prunus persica* L.) commercialized in Ciudad Juarez, which come from three different growing areas: two from Mexico, Sonora and Chihuahua states, and one from USA, California state. Total phenolics and antioxidant capacity were determined from methanol extracts at 80%. Samples from Sonora showed the highest values for phenolic content (121 mg CAE/100g fresh weight), and for antioxidant capacity (2.5 mmol Fe/100g by FRAP and 18.15 mmol TE/100 g fresh weight by ORAC). A meaningful correlation was found ($P=0.56$) between the total phenolic content and the antioxidant capacity evaluated by FRAP. This correlation was even highest in the samples from California ($P=0.92$). In general, all peach samples commercialized in Ciudad Juarez showed an appropriated contribution of phenolics and antioxidant capacity to the diet.

Keywords: *Prunus persica* L., phenolics compounds, antioxidant capacity, FRAP, ORAC.

¹ Departamento de Ciencias Básicas, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Anillo Envoltente PRONAF y Estocolmo s/n, 32310, Ciudad Juárez, Chih. Tel. y fax 01 (656) 6881835.

² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD, A.C.), Dirección de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal. Carretera a la Victoria Km. 0.6 La Victoria, Hermosillo, Son. 83000.

³ Instituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias. 5 de Febrero 818 Sur, Ciudad Obregón, Son. 85000.

⁴ Dirección electrónica del autor de correspondencia: jogarcia@uacj.mx.

Introducción

En el estado normal del metabolismo, los niveles de oxidantes y antioxidantes en el hombre se mantienen en equilibrio, lo cual es importante para mantener las condiciones fisiológicas óptimas (Temple, 2000). La sobreproducción de oxidantes en determinadas condiciones puede producir un desequilibrio que conduzca a daño oxidativo de diferentes biomoléculas tales como lípidos, ADN, y proteínas. La presencia de antioxidantes tiene un efecto protector, tal es el caso de los polifenoles.

Estos fitoquímicos en frutas y vegetales pueden presentar diferentes mecanismos que se complementen o sean sinérgicos en la neutralización de los agentes oxidantes, estimulación del sistema inmune, regulación de la expresión de genes implicados en la proliferación y apoptosis celular, regulación del metabolismo de hormonas y efecto antiviral y antibacteriano (Liu, 2004). Por ello, en los últimos años el interés en los polifenoles se ha incrementado especialmente en nutriólogos, epidemiólogos y en la industria de los alimentos. Los polifenoles son los antioxidantes más abundantes en la dieta, ya que la ingesta media está estimada en alrededor de 1g, lo cual supone 10 veces más que la ingesta de vitamina C, 100 veces más que vitamina E y 500 la de carotenoides (Scalbert y Williamsom, 2000). Los compuestos polifenólicos presentes en la dieta mejoran la estabilidad frente a la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), proceso que ha sido asociado de forma significativa con la génesis de aterosclerosis y enfermedades del corazón (Steinbert *et al.*, 1989). Los polifenoles presentes en las frutas incluyen a un amplio rango de componentes con actividad antioxidante, tales como los ácidos hidroxicinámicos, hidroxibenzóicos, flavonoles, flavanoles, antocianinas, etc. La abundancia relativa de cada uno de estos compuestos depende en gran medida de la especie, tipo de cultivo, piel y parte comestible o pulpa, suelo, estado de madurez, horas luz, incluso de la fertilización (Eberhardt *et al.*, 2000; Barberan *et al.*, 2001).

Con el fin de valorar la eficacia de los antioxidantes de la dieta, tanto en forma pura como en extracto de los alimentos, así como

para determinar la capacidad antioxidante del plasma sanguíneo como un índice del estatus antioxidante *in vivo*, se han desarrollado diferentes métodos que se fundamentan en diferentes mecanismos. La mayor parte de los métodos se basan en una reacción de transferencia de un electrón (SET por sus siglas en inglés) o en una reacción de transferencia de un átomo de hidrógeno (HAT por sus siglas en inglés) entre un antioxidante y el radical libre. Dentro de los métodos que se basan en el mecanismo SET, en los que se valora la capacidad reductora del antioxidante, uno de los más utilizados es el método de FRAP (poder antioxidante de la reducción férrica, por sus siglas en inglés). Esta metodología consiste en medir el incremento en la absorbancia a 593 nm (azul) que se desarrolla cuando el complejo TPTZ-Fe⁺³ se reduce a TPTZ-Fe⁺² (Benzie y Strain, 1996). De esta forma, la capacidad antioxidante que presentan los extractos de diferentes frutas y vegetales se mide como la capacidad reductora del extracto. En cuanto al mecanismo HAT, en donde el antioxidante y el radical peróxilo forman una asociación estable mediante la transferencia de un átomo de hidrógeno desde el antioxidante al radical, de forma que se detiene la reacción de oxidación en cadena, se encuentra el método de ORAC (capacidad de absorción de radicales de oxígeno, por sus siglas en inglés). Este método consiste en medir la pérdida de fluorescencia de la fluoresceína debido a su oxidación por acción de un radical peróxido, e integrar el área bajo la curva de intensidad de fluorescencia frente al tiempo. La capacidad antioxidante del extracto se determina a partir del valor del área bajo la curva, ya que la presencia de

antioxidantes retrasa el descenso de la fluorescencia, con lo cual es posible calcular esa capacidad antioxidante. Sin embargo, los resultados de capacidad antioxidante valorada por estos dos métodos no siempre coinciden, de hecho, existen dificultades para comparar resultados, incluso entre métodos basados en el mismo mecanismo redox, según ha sido descrito por numerosos autores, lo cual conlleva a obtener resultados variables entre publicaciones (Stratil *et al.*, 2007). Es por ello que actualmente se recomienda que los estudios de valoración de la capacidad antioxidante de alimentos se lleven a cabo utilizando más de una técnica analítica.

El objetivo de este estudio fue evaluar el contenido en fenoles totales, mediante la metodología de Folin-Ciocalteu, y la capacidad antioxidante, mediante las metodologías de FRAP y ORAC, de los duraznos comercializados en el mercado de Ciudad Juárez, Chihuahua, procedentes de California (EEUU), Sonora y Chihuahua (México), para así aportar información sobre el posible impacto benéfico a la salud de una de las frutas más consumidas en esta ciudad.

Materiales y métodos

Materiales analizados. Los duraznos (*Prunus persica* L.) de la variedad Prisco procedentes de California y Sonora fueron comprados en la central de abastos de Ciudad Juárez durante Junio-Agosto del 2004. Las muestras del estado de Chihuahua fueron donadas por la empresa "Frutas Paquimé". Cada grupo de duraznos consistió en 24 unidades. Todas las muestras fueron cortadas, congeladas a -80°C en un ultra congelador (Thermo Forma 900, Marietta, OH, EEUU), liofilizadas durante 48 h (Sistema de liofilizado y congelación Labconco, Corporación Labconco, Labconco, Kansas City, MO, EEUU) y almacenadas a -80°C hasta su análisis.

Contenido de fenoles totales. El extracto de los duraznos se obtuvo de acuerdo con la metodología descrita por Kähkönen *et al.* (1999).

Brevemente, 0.1 g de durazno liofilizado y finamente pulverizado, se mezclaron con 5 mL de metanol al 80% y se sonicó durante 15 min en la oscuridad. El extracto se centrifugó (3000 g) (Eppendorf, Hamburgo, Alemania) por 10 min a 4°C y se reservó el sobrenadante. El proceso se repitió de nuevo para obtener un volumen total de 10 mL. Este extracto se utilizó para la determinación de fenoles totales y capacidad antioxidante.

Los fenoles se determinaron de acuerdo a la metodología descrita por Georgé *et al.* (2005), con el reactivo de Folin-Ciocalteu y usando ácido caféico (Sigma) en solución metanólica al 80% como estándar (Alvarez-Parrilla *et al.*, 2007). Brevemente, a $50\mu\text{L}$ de extracto (o estándar de calibrado) se le agregaron $250\mu\text{L}$ de reactivo de Folin-Ciocalteu (Sigma) (diluido 1:10 en H_2O destilada), se agitó y dejó reposar 2 min a temperatura ambiente. A continuación se agregaron $200\mu\text{L}$ de Na_2CO_3 (75 mg/L), se incubó durante 15 min a 50°C y finalmente se dejó enfriar a temperatura ambiente. La absorbancia a 760 nm fue determinada usando un lector de microplaca BioRad BenchmarkPlus (Bio-Rad México, México D. F., México) y los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido caféico (CAE)/100g de peso fresco (PF).

Determinación de capacidad antioxidante total mediante la metodología de FRAP. La capacidad antioxidante fue determinada de acuerdo a la metodología de Benzie y Strain (1996), modificada por Alvarez-Parrilla *et al.* (2007). El reactivo FRAP fue preparado diariamente, y mantenido a 37°C , mediante la mezcla de tampón acetato (0.3 M pH 3.6) con una solución 10 mM de TPTZ (2, 4, 6 tripiridil-s triazina, Acrôs Organics, EEUU) en HCl 40 mM, y una solución 20 mM de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, en una proporción de 10:1:1. Las soluciones del ensayo se prepararon mezclando $180\mu\text{L}$ del reactivo de FRAP con $24\mu\text{L}$ de una mezcla de agua/muestra en proporción 3:1. Para la obtención de las curvas de calibración se utilizó una solución metanólica (80%) de Fe^{2+} en el rango de 100 a $3000\mu\text{M}$ a partir de una solución madre $3000\mu\text{M}$ de FeSO_4

7H₂O. Todas las lecturas se llevaron a cabo a 37 °C. La absorbancia se midió a 595 nm, cada 30 s, durante 60 min., mediante un lector de microplaca BioRad Benchmark Plus (Bio-Rad México, México D. F., México). Los resultados se expresaron como mmol de Fe²⁺/100 g de peso fresco (PF) del durazno, calculados al minuto 30.

Determinación de capacidad antioxidante total mediante la metodología de ORAC. Se llevó a cabo con base en la metodología descrita por Eberhardt *et al.* (2005) con ligeras modificaciones. Se realizaron curvas de calibración con ácido 6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico (Trolox), 20-100 µM en solución salina. Los resultados de capacidad antioxidante fueron expresados en milimoles de equivalentes de trolox/100g de peso fresco (mmol TE/100g PF). Las determinaciones se realizaron en una microplaca de 96 pocillos. Se colocaron en cada pocillo 20 µL de estándar de calibrado o muestra (dilución 1:100), se agregaron 120 µL de fluoresceína 70 nM y se incubó en oscuridad a 37 °C durante 20 min. Una vez transcurrido este tiempo, se agregaron 60 µL de dihidrocloruro de 2,2-Azobis-2-metilpropionamida (AAPH) 4.8 mM, se agitó y se midió la fluorescencia en un lector de microplacas marca Biotek (FLx800) (Bio-Tek Instruments, Winooski, VT, EEUU), con filtro de excitación 485/20 nm y de emisión 528/25 nm. Las áreas bajo la curva de las gráficas de intensidad de fluorescencia vs tiempo fueron calculadas mediante el software Sigma Plot 9.1 (Systat Software Inc., San José, CA, EEUU).

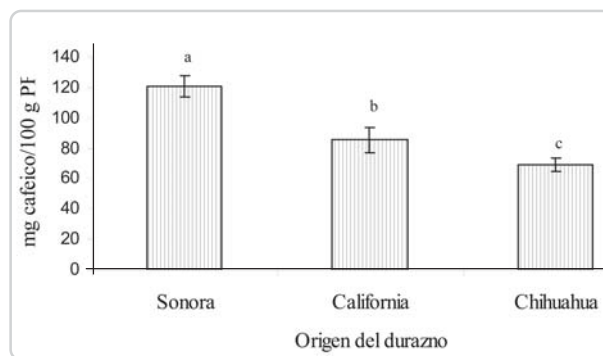
Análisis estadístico. Todas las muestras (tres grupos de 24 unidades cada uno, de los tres orígenes mencionados California (EEUU), Sonora y Chihuahua (México)) se analizaron por cuadruplicado. Las diferencias entre muestras de diferentes regiones de cultivo fueron analizadas mediante las pruebas ANOVA y Tukey, con un nivel de significancia de $p < 0,05$. La correlación entre variables se realizó mediante una prueba de correlación de Pearson, con un nivel de significancia de $p < 0,01$.

Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el software SPSS 15.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, EEUU).

Resultados y discusión

Contenido de fenoles totales en duraznos comercializados en Ciudad Juárez. En la Figura 1 se presentan los valores de concentración de fenoles, expresados como mg equivalentes de ácido caféico en 100 g de peso fresco (CAE/100 g PF). Las muestras de duraznos procedentes del estado de Sonora, fueron las que mayor concentración de fenoles presentaron dentro de las comercializadas en el Mercado de Ciudad Juárez. Su contenido fue de 121 ± 34 mg de CAE/100g PF, seguido por las muestras procedentes del estado de California (EEUU) con 85 ± 39 (mg CAE/100g PF).

Figura 1. Contenido de fenoles totales para las muestras de duraznos variedad Prisco de los estados de Sonora, California y Chihuahua expresados en mg de ácido caféico/100 g de peso fresco (PF).



Valores medios y desviación estándar de cuadruplicados. Letras diferentes en las barras indican diferencias significativas (Tukey, 0.05) (n=24).

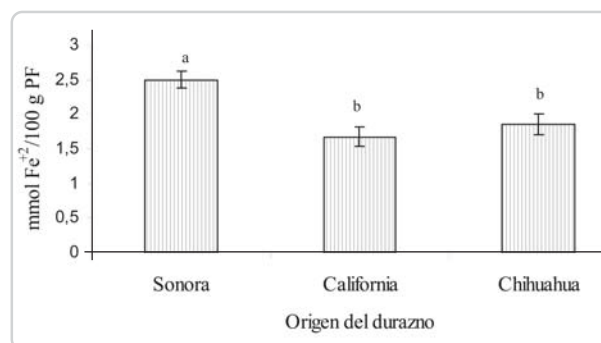
Las muestras procedentes del estado de Chihuahua fueron las que menor contenido en fenoles presentaron con 69 ± 22 y todos los grupos fueron significativamente diferentes entre sí. Las muestras de los estados de California (USA) y Chihuahua (México) presentaron valores similares a los reportados por Chang *et al.* (2000) para duraznos de la variedad Clingstone (Winters, California, EEUU) con

valores comprendidos entre 80 y 47 mg de equivalentes de ácido gálico (GAE) por 100g de peso fresco. Sin embargo, el grupo de muestras procedentes del estado de Sonora (120 mg CAE/100g PF) fueron superiores a las reportadas por estos autores. Las muestras de duraznos comercializados en el Mercado de Ciudad Juárez, presentaron valores mayores en contenido de fenoles a los reportados para duraznos comercializados en Reino Unido (38 mg GAE/100g PF) pero mucho menores a los reportados para las fresas (330 mg GAE/100g PF), que fueron las frutas con mayor concentración de fenoles reportadas en dicho estudio (Proteggente *et al.*, 2002). En otro estudio realizado en el área de Fresno, California (USA), mediante un análisis por HPLC, las muestras de duraznos amarillos mostraron valores entre 61.2 y 21.1 mg/100g y las de duraznos blancos, entre 110.9 y 28.2 mg/100g en peso fresco (Gil *et al.*, 2002). De nuevo los valores descritos para los duraznos comercializados en Ciudad Juárez fueron ligeramente superiores. Esta diferencia en el valor de fenoles totales reportada para duraznos de California, puede ser explicada considerando que el método de Folin puede producir una ligera sobreestimación debido a que otros componentes diferentes a los fenoles pueden reaccionar con el reactivo de Folin-Ciocalteu. Kähkönen *et al.* (1999) reportaron valores de fenoles libres para diferentes frutas, los cuales oscilaron entre 1190 (manzana) y 5080 (baya similar al arándano, *Empetrum nigrum*) mg GAE /100g en peso seco (PS). Los valores obtenidos en las muestras de durazno comercializadas en Juárez, fueron ligeramente inferiores (alrededor de 800 mg CAE/100g PS) a lo reportado por estos autores para la manzana. Como se puede apreciar los duraznos comercializados en el Mercado de Ciudad Juárez, presentaron valores altos en comparación a los descritos en otros estudios. Es así, que se considera que esta fruta puede contribuir de manera muy positiva en la alimentación, de modo que un durazno contribuiría con aproximadamente un 10% del

aporte total de compuestos fenólicos en la dieta, que ha sido calculado en 1g de compuestos fenólicos totales al día para la población estadounidense (Scalbert y Williamsom, 2000).

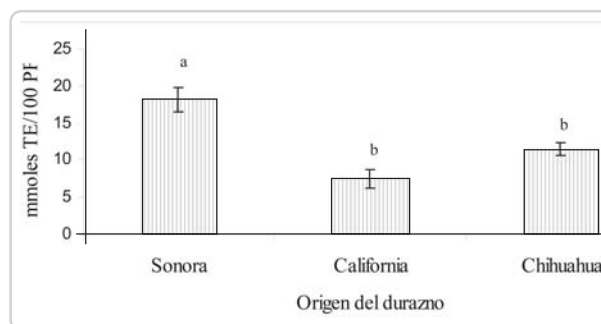
Capacidad antioxidante total de duraznos comercializados en Ciudad Juárez. La Figura 2 muestra los valores de capacidad antioxidante total de duraznos comercializados en Ciudad Juárez, determinados mediante la metodología de FRAP y expresados como mmol Fe²⁺/100 g PF.

Figura 2. Capacidad antioxidante total, valorada por metodología de FRAP para las muestras de duraznos variedad Prisco de los estados de Sonora, California y Chihuahua, expresados en mili moles de Fe²⁺/100 g de peso fresco (PF).



Valores medios y desviación estándar de cuadruplicados. Letras diferentes en las barras indican diferencias significativas (Tukey, 0.05) (n=24).

Figura 2. Capacidad antioxidante total, valorada por metodología de FRAP para las muestras de duraznos variedad Prisco de los estados de Sonora, California y Chihuahua, expresados en mili moles de Fe²⁺/100 g de peso fresco (PF).



Valores medios y desviación estándar de cuadruplicados. Letras diferentes en las barras indican diferencias significativas (Tukey, 0.05) (n=24).

La Figura 3 muestra los valores cuantificados por la técnica de ORAC, que se expresan en mmol TE/100 g PF. En ambos

casos, las muestras de durazno procedentes del estado de Sonora fueron las que mayor capacidad antioxidante presentaron, con valores de 2.50 ± 0.59 mmol $\text{Fe}^{+2}/100\text{g}$ PF y 18.15 ± 7.9 mmol TE/100 g PF, según la técnica FRAP y ORAC, respectivamente. Las muestras procedentes de Chihuahua y California fueron estadísticamente iguales entre sí y presentaron valores entre 1.86 y 1.67 mmol. $\text{Fe}^{+2}/100\text{g}$ PF según la metodología FRAP (Figura 2) y entre 11.46 y 7.53 mmol TE/100 g PF evaluados mediante ORAC (Figura 3).

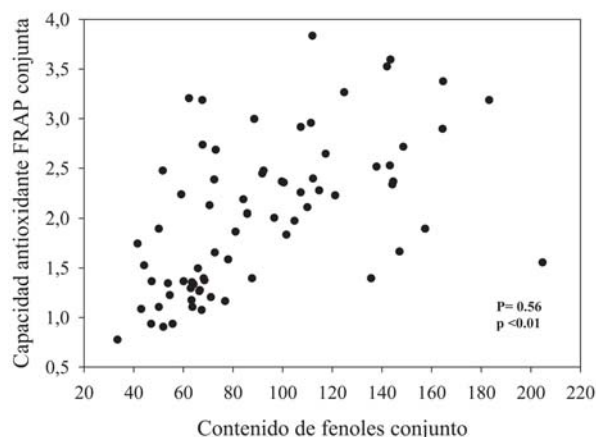
Al comparar estos resultados con los reportados en la literatura, se observa que los valores calculados según la metodología FRAP para las muestras de durazno de Sonora son superiores a los reportados por Imeh y Khokhar (2002) para duraznos de Reino Unido (1.76 mmol $\text{Fe}^{+2}/100\text{g}$ PF), mientras que las muestras de Chihuahua y California presentaron valores similares a las británicas. Los valores más altos reportados por estos autores fueron para muestras de manzana variedad Braeburn con 2.89 mmol $\text{Fe}^{+2}/100\text{g}$, y los más bajos los mostrados por los kiwis con valores de 1.57 mmol $\text{Fe}^{+2}/100\text{g}$ en peso fresco (Imeh y Khokhar, 2002); es decir, la capacidad antioxidante de los duraznos cultivados en Sonora es comparable a las de las manzanas Braeburn. Los duraznos comercializados en Ciudad Juárez también mostraron valores superiores a los reportados por Remorini *et al.* (2008) que se situaron alrededor de 1.25 mmol $\text{Fe}^{+2}/100\text{g}$ PF. Otro estudio sobre capacidad antioxidante evaluada mediante la técnica de FRAP, fue realizado en hortalizas donde se observaron valores que oscilaron entre 1.7 y 0.4 mmol $\text{Fe}^{+2}/100\text{g}$ para el berro y col respectivamente (Márquez *et al.*, 2006). Por tanto, la capacidad antioxidante de los duraznos comercializados en Ciudad Juárez es elevada, en comparación con hortalizas en general.

Por otro lado, los valores de capacidad antioxidante determinada por el método de ORAC son considerablemente mayores a los reportados por diversos autores para varias frutas, vegetales y legumbres. Patthamakanokporn *et al.* (2008)

reportaron valores entre 2.5 y 0.3 mmol TE/100g PF en diferentes frutas tropicales, mientras que Wu *et al.* (2004) encontraron desde 9.26 hasta 0.14 mmol TE/ 100 g PF en diversas frutas y 14.9 – 0.11 mmol TE/100 g PF en vegetales (incluyendo leguminosas).

Correlación entre contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante. Se analizó la correlación, utilizando todas las muestras de durazno de forma conjunta, entre: i) capacidad antioxidante, valorada por la metodología de FRAP y contenido de fenoles; ii) capacidad antioxidante valorada por la técnica ORAC y contenido de fenoles; y iii) capacidad antioxidante valorada por FRAP con capacidad antioxidante valorada por ORAC. Solamente se encontró una correlación significativa ($R= 0.56$, $P < 0.01$) entre el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante total mediante la metodología de FRAP, tal y como podemos observar en la Figura 4.

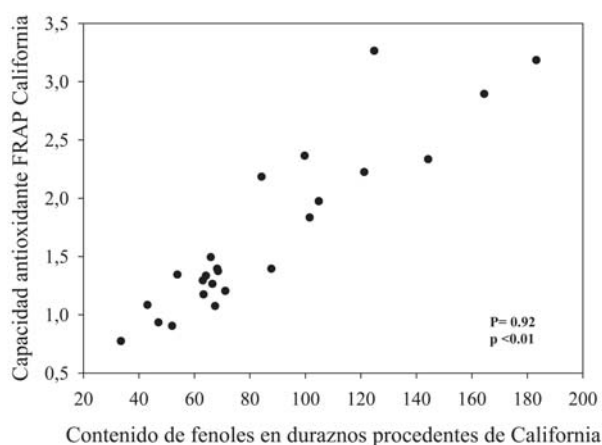
Figura 4. Correlación global entre el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante total evaluada por FRAP de duraznos variedad Prisco de diferentes áreas de cultivo (Pearson, 0.01).



Las correlaciones encontradas entre otros parámetros fueron aún menores y no significativas. Esto sugiere que la metodología de FRAP es más adecuada para determinar la capacidad antioxidante dada por compuestos polifenólicos en duraznos, pero que a su vez, la capacidad antioxidante de estas frutas depende

también de otros compuestos, como vitamina C y carotenoides (Imeh y Khokhar, 2002). Otra fuente de interferencia en la capacidad antioxidante de frutas se debe a la alta cantidad de azúcares, los cuales son compuestos reductores, más no antioxidantes (Kähkönen *et al.*, 1999). Sin embargo, al realizar el análisis estadístico individualizado atendiendo a la procedencia de las muestras, se observó que la correlación de los compuestos fenólicos totales con la capacidad antioxidante valorada mediante la metodología de FRAP, en las muestras de California (Figura 5), fue muy elevada, ya que mostró una $R = 0.92$ ($P < 0.01$) lo cual confirma que los compuestos fenólicos aportan una buena proporción de la capacidad antioxidante de estas frutas.

Figura 5. Correlación entre el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante total evaluada por FRAP en las muestras de duraznos variedad Prisco de California (Pearson, 0.01).




Conclusiones

Los duraznos procedentes del estado de Sonora mostraron un mayor contenido en fenoles (121 ± 34 mg de CAE/100g PF) y de capacidad antioxidante, por las dos metodologías empleadas FRAP y ORAC (2.50 ± 0.59 mmol Fe^{+2} /100g PF y 18.15 ± 7.9 mmol TE/100 g PF, respectivamente). El aporte de compuestos fenólicos para todos los duraznos analizados supondría aproximadamente un 10%

de los fenoles que se consumen en la dieta norteamericana, y que ha sido reportado como de 1 g diario. Finalmente, se encontró una correlación entre el contenido en fenoles y la capacidad antioxidante valorada mediante FRAP ($R = 0.56$), que en el caso de las muestras de duraznos procedentes de California, EEUU fue mayor que en el resto de las muestras ($R = 0.92$).

Literatura citada

- ALVAREZ-PARRILLA, E., L. A. De la Rosa, N. R. Martínez, and G. A. González Aguilar. 2007. Total phenols and antioxidant capacity of commercial and wild mushrooms from Chihuahua, México. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 5:329-34.
- BENZIE, I. F. F., and J. J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239:70-76.
- CHANG, S., C. Tan, E. N. Frankel, and D. M. Barrett. 2000. Low density lipoprotein antioxidant activity of phenolic compounds and polyphenols oxidase activity in selected Clingstone peach cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48:147-151.
- EBERHARDT, M. V., C. Y. Lee, and R. H. Liu. 2000. Nutrition: Antioxidant activity of flesh apples. *Nature* 405:903-904.
- Eberhardt, M. V., K. Kobira, A. S. Keck, J. A. Juvik, and E. H. Jeffery. 2005. Correlation analyses of phytochemical composition, chemical and cellular measures of antioxidant activity of broccoli (*Brassica oleracea* L. Var. italica). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53:7421-7431.
- GEORGE, S., P. Brat, P. Alter, and M. J. Amiot. 2005. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53:1370-1373.
- GIL, M. I., F. A. Tomas-Barberan, B. Hess-Pierce, and A. Kader. 2002. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50:4976-4982.
- IMEH, U., and S. Khokhar. 2002. Distribution of conjugated and free phenols in fruits: antioxidant activity and cultivars variations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50:6301-6306.
- KÄHKÖNEN, M.P., A. I. Hopia, J. V. Heikki, R. Jussi-Pekka, K. Pihlaja, T. S. Kujala, and M. Heinonen. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47:3954-3962.
- LIU, R. H. 2004. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. *The Journal of Nutrition* 134:3479S-3485S.
- MÁRQUEZ, E., N. Park, H. Araya, and J. L. Rodríguez. 2006. Actividad antioxidante total de algunas hortalizas evaluadas mediante el ensayo FRAP. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 16:37-41.
- PATTHAMAKANOKPORN, O., P. Puwastien, A. Nithamyong, and P. P. Sirichakwal. 2008. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. *Journal of Food Composition and Analysis* 21:241-248.

- PROTEGGENTE, A. R., A. S. Pannala, G. Paganga, L. Van Buren, E. Wagner, S. Wiseman, F. Van de Put, C. Dacombe, and C. A. Rice-Evans. 2002. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Radical Research* 36:217-233.
- REMORINI, D., S. Tavarini, E. Degl'Innocenti, F. Loreti, R. Massai, and L. Guidi. 2008. Effect of rootstocks and harvesting time on the nutritional quality of peel and flesh of peach fruits. *Food Chemistry* 110:361-367.
- SCALBERT, A., G. Williamson. 2000. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *The Journal of Nutrition* 130:2073S-2085S.
- STEINBERT, D., S. Parthasarathy, T. E. Carew, J. C. Khoo, and J. L. Witztum. 1989. Beyond cholesterol. Modification of low-density lipoproteins that increase its atherogenicity. *New England Journal of Medicine* 320:915-924.
- STRATIL, P., B. Klejdus, and V. Suban. 2007. Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. *Talanta* 71:1741-1751.
- TEMPLE, N. J. 2000. Antioxidants and disease: More questions than answers. *Nutrition Research* 20:449-459.
- WU, X., G. R. Beecher, J. M. Holden, D. B. Haytowitz, S. E. Gebhardt, and R. L. Prior. 2004. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common food in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52:4026-4037. 

Este artículo es citado así:

Rodrigo-García, J., L. A. De la Rosa, B. Herrera-Duenez, A. G. González-Barrios, J. A. López-Díaz, G. A. González-Aguilar, S. Ruiz-Cruz y E. Alvarez-Parrilla. 2011: *Cuantificación de polifenoles y capacidad antioxidante en duraznos comercializados en Ciudad Juárez, México*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 5(2): 67-75.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

JOAQUÍN RODRIGO GARCÍA. Terminó su licenciatura en 1992, año en que le fue otorgado el título de Licenciado en Veterinaria, en 1998 obtuvo su título de Doctor en Veterinaria en el área de Nutrición y Bromatología por la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Murcia, España. Desde 1999 trabaja en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas y en el de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) y posee la categoría de Profesor-Investigador titular C. Es colaborador del postgrado de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía, del Instituto Politécnico Nacional (2000-2002; 2009-presente). Actualmente se encuentra en estancia sabática en la Universidad de Texas en el Paso, en el área de neurociencias relacionado a la prevención del estrés oxidativo mediante fitoquímicos. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores como Candidato el periodo 2000-2003 y como nivel I desde 2007. Actualmente trabaja sobre el efecto en la salud de fitoquímicos y en el área de caracterización química y actividad biológica de fitoquímicos obtenidos de productos alimenticios. Ha dirigido 10 tesis de licenciatura, 1 de maestría y 3 como asesor y actualmente 1 de doctorado. Es autor de aproximadamente 15 artículos científicos en revistas internacionales y 7 capítulos de libro. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT y proyectos internos de la universidad Autónoma de Baja California y del Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo, CIAD.

LAURA A. DE LA ROSA. Terminó su licenciatura en 1996, año en que le fue otorgado el título de Licenciada en Oceanología por la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Realizó su posgrado en España, donde obtuvo el grado de Doctor en Ciencias Biológicas en el área de Farmacología en 2001 por la Universidad de Santiago de Compostela. Desde 2002 labora en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) y posee la categoría de Profesor-Investigador titular C. Recientemente ha realizado una estancia sabática en el Departamento de Bioquímica de la Memorial University of Newfoundland, Canadá en el área de alimentos funcionales. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2002 (Nivel 1). Actualmente trabaja en el área de caracterización química y actividad biológica de fitoquímicos obtenidos de productos alimenticios. Ha dirigido 13 tesis de licenciatura y 1 de maestría. Es autora de aproximadamente 25 artículos científicos en revistas internacionales, 9 capítulos de libro y co-editora de 2 libros científicos. Es evaluadora de proyectos de investigación del CONACYT y proyectos internos de la universidades Autónoma de Baja California, Autónoma de Chihuahua y Universidad de Colima.

JOSÉ ALBERTO LÓPEZ DÍAZ. Obtuvo el título de Químico Biólogo por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca en 1995. Realizó estudios de posgrado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo obteniendo el grado de Maestro y Doctor en Ciencias en el área de Ciencia de los Alimentos en el año 2003. Desde 2005 es profesor investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, en el Instituto de Ciencias Biomédicas. Su área de especialización es la química y bioquímica de los alimentos. Ha dirigido 8 tesis de licenciatura y 2 de maestría. Es autor de diversos artículos de difusión y divulgación, capítulos de libro, ha presentado ponencias en congresos nacionales e internacionales y ha dirigido proyectos de investigación con financiamiento externo.

SAÚL RUIZ CRUZ. Terminó su licenciatura en 2000, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero bioquímico en alimentos por el Instituto Tecnológico de los Mochis. Realizó su posgrado en Hermosillo, Sonora, México, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias (2002) y el grado de Doctor en Ciencias (2005) en el área de alimentos de origen vegetal por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Laboró en CIAD (unidad Delicias) del 2006 al 2008. Desde 2008 labora en el Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) y posee la categoría de Académico titular B. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2006 (Nivel 1 2006-2011). Su área de especialización es la bioquímica y tecnología de frutas y hortalizas e inocuidad alimentaria. Ha dirigido 10 tesis de licenciatura, 1 de maestría y 3 de doctorado en proceso. Es autor de aproximadamente 15 artículos científicos, más de 30 ponencias en congresos, y 7 capítulos de libros científicos; además ha impartido 16 conferencias por invitación y ha dirigido 2 proyectos de investigación financiados por fuentes nacionales. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (ciencia básica, fondos mixtos) y Fundación Produce Chihuahua, y es revisor de revistas científicas de circulación nacional e internacional.

EMILIO ALVAREZ-PARRILLA. Terminó su licenciatura en 1992, año en que le fue otorgado el título de Licenciado en Oceanología por la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Realizó su posgrado en España, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ciencia e Ingeniería de Alimentos en 1995 por la Universidad Politécnica de Valencia y el grado de Doctor en Ciencias Químicas en el 2000 por la Universidad de Santiago de Compostela. Desde 2001 labora en el Instituto de Ciencias Biomédicas de la UACJ y posee la categoría de Profesor Investigador de Tiempo Completo categoría C. Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 2001 (Nivel 1). Su área de especialización es fitoquímicos de alimentos y sus efectos benéficos sobre la salud. Ha dirigido 22 tesis de licenciatura y 2 de maestría. Es autor de 27 artículos científicos, más de 40 ponencias en congresos, y 18 capítulos de libros científicos, y coeditor de 2 libros científicos; ha participado 13 proyectos de investigación financiados por fuentes externas. Es evaluador de proyectos de investigación del CONACYT (Fondos institucionales, mixtos y sectoriales) y proyectos internos de la Universidad de Colima y Universidad Autónoma de Baja California, es árbitro de once revistas científicas de circulación internacional.