

Capacidad antioxidante (ORAC_{FL}) de pulpas de frutos congelados

Antioxidant capacity (ORAC_{FL}) of frozen fruits' pulps

ABSTRACT

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; FETT, R. Antioxidant capacity (ORAC_{FL}) of frozen fruits' pulps. *Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.* = J. Brazilian Soc. Food Nutr., São Paulo, SP, v. 31, n. 1, p. 53-64, abr. 2006.

The production of fruits' pulps has reached growing regional and international market. This is basically due to the fact that they are easily available to the consumers together with the benefits of a rich diet with substantial antioxidant activity. Even more, the properties of phenolic compounds and powerful antioxidant potential of fruits are associated to the human health. This work aimed to determine the antioxidant activity of the pulps from commercial fruits (mulberry, grape, açai, guava, strawberry, acerola, pineapple, mango, graviola, cupuaçu and passion fruit) applying the method: ORAC_{FL}. The total polyphenol content (PT), the total flavanol content (TF) and the total anthocyanin (TA) were evaluated with the object of assessing the contribution for the antioxidant capacity. The acerola and mango pulps contained a high amount of total polyphenols (580.1 and 544.9mg/100g respectively) while mulberry and grape were the pulps which presented the highest amount of anthocyanins (41.8 and 30.9 mg/100g); strawberry and acerola were the pulps that presented higher amount of flavanol (83.4 and 75.8mg/100g). In addition, higher values of flavanoles corresponded to the strawberry and acerola pulps. The antioxidant activity determined by ORAC_{FL} in pulps of frozen fruits is presented in the following order: acerola> strawberry> mango> grape> açai >graviola> guava> cupuaçu> passion fruit> pineapple> mulberry.

Keywords: Pulp of fruits. Antioxidant activity. ORAC_{FL} method.

EUGENIA MARTA KUSKOSKI^{1,2}; AGUSTIN GARCIA ASUERO²; ANA MARIA TRONCOSO²; ROSEANE FETT¹

¹Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Rod. Admar Gonzaga 1346, Itacorubi, Florianópolis, CEP 88034-001.

²Universidad de Sevilla, Departamento de Química Analítica y Departamento de Bioquímica, Bromatología y Toxicología, Facultad de Farmacia, C/ García González n. 2, 41012 – Sevilla, ES.

Endereço para correspondência:
Profa. Dra. Roseane Fett
Rod. Admar Gonzaga, 1346
Itacorubi - CEP 88034-001,
Florianópolis, SC
e-mail: rfett@cca.ufsc.br

Agradecimiento:
Al CNPq por el apoyo financiero al proyecto número: 150822/2003-0

RESUMEN

La producción de pulpa de frutas en Brasil está ganando mercado tanto a nivel regional como internacional. Esto se debe a la facilidad que representa para los consumidores la adquisición del producto, unido a los beneficios de una dieta rica en compuestos antioxidantes. Las evidencias cuanto a la capacidad antioxidante de las frutas estar determinada por la presencia de los fenoles son cada vez más aceptadas, así como también, los beneficios que representan para la salud. El objetivo del trabajo fue determinar la capacidad antioxidante de pulpa de frutas comerciales congeladas. Fueron analizadas pulpas de mora, uva, asaí, guayaba, frutilla, acerola, piña, mango, graviola, cupuassu y maracuyá. La actividad antioxidante fue determinada por un método in vitro ampliamente utilizado: ORAC_{FL} (capacidad de absorbancia del radical oxígeno), la concentración de poli fenoles totales (PT), flavonoles totales (FT) y de pigmentos antocianinas (AT). Los resultados obtenidos muestran que las pulpas de acerola y mango presentan mayor concentración de fenoles totales (580,1 y 544,9mg/100g respectivamente) mientras que las pulpas de mora y uva una mayor cantidad de antocianinas (41,8 y 30,9mg/100g respectivamente) y las pulpas de frutilla y acerola mayores valores para flavonoles (83,4 y 75,8mg/100g respectivamente). En relación a la capacidad antioxidante, en orden decreciente de actividad están: acerola > frutilla > mango > uva > asaí > graviola > guayaba > cupuassu > maracuyá > piña > mora.

Palabras clave: Pulpa de frutas.

Actividad antioxidante.

Método ORAC_{FL}.

RESUMO

A produção de polpas de frutas no Brasil ganha mercado tanto em nível regional, como internacional. Este fato se deve à facilidade de aquisição pelos consumidores somados aos efeitos benéficos de uma dieta rica em compostos antioxidantes. Cada vez mais, se atribui, aos compostos fenólicos o potencial antioxidante das frutas e suas possíveis implicações benéficas à saúde humana. O objetivo deste trabalho foi determinar a capacidade antioxidante de polpas de frutos comerciais congeladas. Em polpas de amora, uva, açaí, goiaba, morango, acerola, abacaxi, manga, graviola, cupuaçu e maracujá determinou-se a atividade antioxidante aplicando um método in vitro amplamente utilizado: ORAC_{FL} (capacidade de absorbância do radical oxigênio), a concentração de polifenóis totais (PT), flavanóis totais (FT) e de pigmentos antocianínicos (AT). Os resultados encontrados demonstram que as polpas de acerola e manga apresentaram maior concentração de fenólicos totais (580,1 e 544,9mg/100g, respectivamente), enquanto que, as polpas de amora e uva uma maior quantidade de antocianinas (41,8 e 30,9mg/100g), e as polpas de morango e acerola maiores valores de flavanóis (83,4 e 75,8mg/100g). Com respeito à capacidade antioxidante, em ordem decrescente as polpas que demonstraram maior atividade foram: acerola > morango > manga > uva > açaí > graviola > goiaba > cupuaçu > maracujá > abacaxi > amora.

Palavras-chave: Polpa de frutas.

Atividade antioxidante.

Método ORAC_{FL}.

INTRODUCCIÓN

Alimentos ricos en compuestos bioactivos o fitoquímicos son cada vez más importantes en la dieta. Los consumidores muestran cada vez más interés por una alimentación sana que disminuya los riesgos de enfermedades y contribuya para retardar el envejecimiento (SLOAN, 2000). La capacidad antioxidante de esos compuestos es frecuentemente relacionada a la disminución de la incidencia de algunas enfermedades en poblaciones en que el consumo de frutas y verduras es elevado (CHU et al., 2002; HERTOG; HOLLMAN; KATAN, 1992; HUANG, JOHANNING; O'DELL, 1986; WANG; CAO; PRIOR, 1996; CALDWELL, 2003).

Actualmente la utilización de pulpa de frutas tropicales en las industrias láctea, heladera, pastelera, confitera así como a nivel doméstico, en la preparación de zumos, tartas, etc. está en plena expansión. Paralelamente, a nivel científico se observa el interés en la determinación de la capacidad antioxidante de los alimentos con elevado tenor de compuestos fenólicos. Este interés deriva de la evidencia del papel de las especies reactivas de oxígeno (EROS) en el proceso de envejecimiento y en la patogénesis de diversas enfermedades (GOU et al., 1997; PRIOR, 2003; ROSS; KASUM, 2002). Es necesario destacar que los compuestos fenólicos pueden actuar como antioxidantes o pro-oxidantes según el tipo de estructura, pH, solubilidad y concentración (DECKER, 1997; PRIOR; CAO, 1999; RICE-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1996; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

Varios métodos para medir la capacidad antioxidante in vitro han sido desarrollado y evaluados (ANTOLOVICH et al., 2002; MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2003; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). Como algunos de esos estudios fueron conducidos a pH no fisiológico, los resultados ofrecen poca posibilidad de inferencias a nivel fisiológico. El método ORACFL desarrollado a pH fisiológico y recientemente modificado por la substitución de la beta-ficoeritrina (ORACPE) por la fluoresceína se ha convertido en el método de elección para evaluar la capacidad antioxidante en plantas, alimentos y muestras biológicas (HEIM; TAGLIAFERRO; BOBILYA, 2002; MOYER et al., 2002; OU; HAMPSCH-WOODILL; PRIOR, 2001; PRIOR et al., 2003).

El método ORACFL ha sido validado a través de su especificidad, linealidad, precisión y exactitud. Según Dávalos, Gómez-Cordovés y Bartolomé (2004), las diferencias observadas en la curva cinética de los métodos ORACPE y ORACFL se deben posiblemente a interacciones entre los compuestos fenólicos del vino y la beta-ficoeritrina, interacciones que no ocurrirían con la fluoresceína.

Dada la escasez de estudios de la capacidad antioxidante de pulpas congeladas, este trabajo tiene por objeto determinar esa capacidad por medio del ensayo ORACFL y confrontarla con la concentración de compuestos fenólicos presente en las pulpas de frutas que son comercializadas en la región sur de Brasil: mora (*Morus nigra*, Moraceae), uva (*Vitis vinifera*, Vitaceae), asaí (*Euterpe oleracea* Mart., Palmae), guayaba (*Psidium guajava*, Myrtaceae), fresa (*Fragaria* spp, Rosaceae), acerola (*Malpighia*

glabra Linn., Malpighiaceae), piña (*Ananas comosus* L. Bromeliaceae), mango (*Mangifera indica* L., Anacardiaceae), graviola (*Anona muricata* L., Annonaceae), cupuassu (*Theobroma grandiflorum*, Sterculiaceae) y maracuya (*Passiflora* spp, Passifloraceae).

MATERIAL Y MÉTODOS

MATERIAL

Utiliza-se Trolox (6-hidroxi-2, 5, 7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico 97%), Aldrich Chemical Co. Gillingham, Dorset, UK) como antioxidante de referencia. El AAPH (2,2-azobis(2-amidinopropano) dicloridrato) y la fluoresceína fueron obtenidos de Sigma Aldrich (Poole, Dorset, UK). La determinación de la fluorescencia por medio de un Fluorímetro modelo RF-1501 de la Shimadzu (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) equipado con microcubetas fluorimétricas de cuarzo (10mm) marca Hellma.

MUESTRAS

Las muestras de pulpa de fruta congelada, 100% naturales, fueran colectadas al azar, en embalajes de 100g, cosecha 2003/2004 y conservadas a -15°C. Para los ensayos de polifenoles totales, flavanoles y antocianinas totales, las muestras fueron diluidas en agua Milli-Q, siguiendo las indicaciones descritas por el fabricante (10g/25mL), y centrifugadas a 14000rpm durante 15 min. Para los ensayos ORAC_{FL} fueron disueltas en solución tampón fosfato 75mM con diluciones de 0,1 a 1,0:100.

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE: MÉTODO ORAC_{FL}

El método descrito por Dávalos, Gómez-Cordovés y Bartolomé (2004) fue modificado y validado. La reacción fue conducida en tampón de fosfato 75mM (pH 7,4) con volumen final de 600µL. Antioxidante (60µL) y fluoresceína (360mL; concentración final: 70nM) fueron mezclados en microcubeta (1mL) fluorimétrica, preincubados durante 15 minutos a 37°C adicionándose enseguida la solución de AAPH (180µL; concentración final: 12mM). Inmediatamente se midió la fluorescencia con una λ de excitación de 485nm y de emisión de 520nm, cada 5 minutos durante 80 minutos o hasta una disminución correspondiente a 0-5% del valor inicial. El blanco (FL + AAPH) en tampón fosfato y la curva estándar de Trolox (concentración final: 1-8µM). Todas las determinaciones fueron realizadas en duplicado, y se llevaron a cabo tres ensayos independientes para cada muestra. La capacidad antioxidante fue calculada por la diferencia del área bajo la curva de disminución de la fluorescencia, de la muestra en relación al blanco, expresada en equivalentes de Trolox (µM):

$$\text{ORAC}_{\text{FL}} (\mu\text{M}) = 20 \text{ K} (S_{\text{muestra}} - S_{\text{referencia}}) / (S_{\text{Trolox}} - S_{\text{referencia}})$$

20 = concentración del Trolox, K= factor de dilución de la muestra y S = área bajo la curva de disminución de fluorescencia (blanco, muestra y Trolox).

El área se calcula de la siguiente forma:

$$S = (0,5 + f_5/f_0 + f_{10}/f_0 + f_{15}/f_0 + f_{20}/f_0 + f_{25}/f_0 + f_{30}/f_0 + f_{35}/f_0 \dots + f_{70}/f_0) \times 5$$

f_0 = fluorescência inicial medida en el tiempo 0 y f_i = fluorescência medida en el tiempo i .

ANALISIS ESTADISTICA DE LOS DATOS

Los datos fueron analizados aplicando la ecuación del área (S) utilizando Microsoft Excel (Microsoft, Remond, WA). Las determinaciones fueron realizadas en triplicado y para el cálculo de la media fue aplicada una sistemática de rechazo de datos: un dato era rechazado si el cociente entre su diferencia con el valor central y la diferencia del central con el tercer valor era superior a 1,5. Siendo $X_1 > X_2 > X_3$. Se rechazaba X_1 si $X_1 - X_2 / X_2 - X_3 > 1,5$. Se rechazaba X_3 si $X_2 - X_3 / X_1 - X_2 > 1,5$. Fue utilizado el programa "Statistical Analysis System software 6.0" (SAS Institute, 1990).

DETERMINACIÓN DE ANTOCIANOS TOTALES (AT): MÉTODO POR DIFERENCIA DE PH

Un método alternativo para estimar el contenido de antocianos totales esta el que utiliza la diferencia de pH (GIUSTI; WROLSTAD, 2001), en el que se aplican dos sistemas de solución tampón: cloruro de potasio pH 1,0 (0,025M) y acetato de sodio pH 4,5 (0,4M). A 0,2mL de una muestra diluida (para conseguir una absorbancia en el rango de 0,100-1,200 a 510nm) se añaden 1,8mL de la correspondiente solución tampón y se mide contra un blanco a 510nm y 700nm. La absorbancia se calcula a partir de la fórmula:

$$A = (A_{\text{max. vis}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}1,0} - (A_{\text{max. vis}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}4,5}$$

La concentración de pigmentos monoméricos en el extracto puede ser calculada y expresada en cianidina-3-glucósido.

$$\text{Antocianos monoméricos (mg/100g)} = \frac{A \times \text{PM} \times \text{FD} \times 100}{(\epsilon \times 1)}$$

A = Absorbancia; PM = peso molecular; FD = Factor de dilución (250); ϵ = absortividad molar

La concentración final de antocianos (mg/100g) se calcula con base en el volumen de extracto y peso de la muestra expresada en cianidina 3-glucósido (PM: 449,2 y ϵ : 26900).

DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES (PT)

El método espectrofotométrico desarrollado por Folin y Ciocalteu (1927) para determinar polifenoles totales se fundamenta en el carácter reductor que presentan siendo el método más empleado. La reacción utiliza una mezcla de ácidos fosfowolfrámico y fosfomolibdico en medio básico, que se reducen al oxidar los compuestos fenólicos, originando óxidos azules de wolframio (W₈O₂₃) y molibdeno (Mo₈O₂₃). La absorbancia del color azul desarrollado se mide a 765nm. El resultado se expresa en mg de ácido gálico/100g de pulpa.

FLAVANOLES TOTALES (FT)

La determinación de flavanoles totales fue realizada según el método DMACA (p-dimetilaminocinamaldeido) (ARNOUS; MAKRIS; KEFALAS, 2002). Este método presenta la ventaja de no sufrir interferencias de los antocianos. A 0,2ml de la muestra diluida se añade 1ml de la solución de DMACA (0,1% en MeOH a 1N HCl). Después de homogenizar y transcurridos 10 minutos a temperatura ambiente se mide la absorbancia contra un blanco a 640nm. La concentración de FT se calcula a partir de la curva de calibración preparada con una solución de catequina (1-16 mg/L⁻¹). El resultado se expresa en equivalentes de catequina mg/L⁻¹.

RESULTADOS

CONCENTRACIÓN DE FENOLES TOTALES

Prácticamente todas las frutas y vegetales frescos contienen cantidades apreciables de fenoles naturales. El contenido total de polifenoles de 11 tipos de pulpas de frutos congelados fue determinado aplicando el método de Folin-Ciocalteu. Las concentraciones encontradas expresadas en mg equivalentes de ácido gálico/100g de pulpa, son mostradas en la tabla 1. Las pulpas de acerola y mango contenían los mayores valores de PT de 580,1mg/100g y 544,9mg/100g respectivamente, mientras que asaí, fresa, mora, uva, graviola y guayaba presentaban valores muy próximos entre sí y las pulpas de cupuassu, maracuya y piña mostraban las menores concentraciones de PT.

ANTOCIANOS Y FLAVANOLES TOTALES

Los antocianos, moléculas de pigmentos rojos, azules y púrpuras fueron determinados en las pulpas de mora, uva, asaí, guayaba, fresa y acerola (tabla 1). Se determinaron en las pulpas de mora, uva, fresa, asaí y acerola concentraciones de 41,8; 30,9; 23,7; 22,8 y 16,0mg de antocianos (expresados en cianidina 3-glucósido) por 100g de pulpa, respectivamente. Mora y uva mostraron los mayores contenidos de antocianos; acerola y guayaba son las pulpas que presentaron menor contenido de antocianos, mientras que piña, mango, graviola, cupuassu y maracuya no contienen.

Tabla 1 - Determinación de polifenoles totales (PT), antocianos totales (AT), flavanoles totales (FT) y actividad antioxidante de la pulpa de frutas método ORAC_{FL} (media ± DE, n=3)

muestra	PT ^a (mg/100g)	AT ^a (mg/100g)	FT ^a (mg/100g)	ORAC _{FL} ^b (μmol TE/g)
<i>pulpa de mora</i>	118,9 ± 2,1	41,8 ± 1,8	27,9 ± 2,8	6,38 ± 0,2
<i>pulpa de uva</i>	117,1 ± 0,6	30,9 ± 0,1	68,17 ± 1,3	14,07 ± 0,4
<i>pulpa de asaí</i>	136,8 ± 0,4	22,8 ± 0,8	54,97 ± 0,2	13,7 ± 0,3
<i>pulpa de guayaba</i>	83,0 ± 1,3	5,26 ± 0,2	14,6 ± 0,4	9,75 ± 0,3
<i>pulpa de fresa</i>	132,1 ± 3,8	23,7 ± 2,3	83,36 ± 1,7	59,63 ± 0,7
<i>pulpa de acerola</i>	580,1 ± 4,6	16,0 ± 0,5	75,82 ± 1,9	147,88 ± 1,5
<i>pulpa de piña</i>	21,7 ± 4,5	nd	nd	6,53 ± 0,9
<i>pulpa de mango</i>	544,9 ± 7,3	nd	nd	19,31 ± 0,4
<i>pulpa de graviola</i>	84,3 ± 5,8	nd	30,36 ± 1,5	11,44 ± 0,2
<i>pulpa de cupuaçu</i>	20,5 ± 3,0	nd	nd	9,52 ± 0,1
<i>pulpa de maracuja</i>	20,0 ± 2,6	nd	nd	8,36 ± 0,1

^adatos espectrofotométricos. ^bdatos fluorimétricos. Nd: no detectada. μmol TE/g: equivalente a Trolox por g de pulpa.

Los mayores valores de flavanoles fueron encontrados en las pulpas de fresa, acerola, uva y asaí, mientras que graviola, guayaba y mora presentaron valores más bajos; en las pulpas de mango, piña, cupuassu y maracuya no fueron detectados. La pulpa de mango contiene elevadas concentraciones de compuestos fenólicos que al parecer no están representados ni en las determinaciones de antocianos ni de flavanoles, expresados en cianidina y catequina, respectivamente, una vez que con los métodos aplicados no han sido detectados.

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

En la tabla 1 se presenta la media y la desviación estándar de los valores determinados utilizando ORAC_{FL} (expresado en μmol/g). El mayor valor encontrado, 147,9 μmol, equivalente a trolox, por gramo de pulpa, corresponde a acerola y el menor valor 6,4 μmol TE/g a pulpa de mora. La media de los mayores valores TEAC es de 147,9; 59,6; 19,3 y 14,1 μmol/g correspondientes a los extractos de acerola, fresa, mango y uva, respectivamente.

DISCUSIÓN

Existen evidencias científicas que la determinación de compuestos bioactivos en alimentos y productos agrícolas es importante para mejorar la calidad y el valor nutritivo de la dieta humana. En este estudio se evaluaron las propiedades de las pulpas de frutas congeladas.

Son escasos los datos publicados en frutas congeladas. La concentración de compuestos fenólicos encontrados de 580,1; 544,9; 132,1; 117,1 y 21,7mg/100g para las pulpas de acerola, mango, fresa, uva y piña, respectivamente (Tabla 1) es elevada en comparación a valores encontrados en la literatura en frutos frescos como fresa (147,8 ± 1,1mg/100g), arándano (507,0 ± 21,1mg/100g) y menor para piña (40,4 ± 1,0mg/100g) y uva (182,0 ± 2,6mg/100g) valores encontrados por Sun et al. (2002). En un estudio realizado por Saura-Calixto y Goñi (2006) en frutas que componen la dieta mediterránea Española los valores para compuestos fenolicos fueron en media de 538 ± 20,3mg/100g (materia seca de la parte comestible).

Los antocianos son inestables frente a diversos factores como: temperatura, pH, oxígeno, enzimas o interacciones con otros componentes o también la forma de procesamiento y/o almacenamiento de la fruta. En las pulpas congeladas se encontraron valores menores de antocianos (23,7; 16,0 y 41,8mg/100g) para acerola, fresa y asaí respectivamente, comparado con los valores encontrados por Vendramini y Trugo (2004) en la piel de frutos frescos de acerola (37,5mg/100g), en el zumo de fresa (55,7mg/100mL) estudiado por Torreggiani et al. (1999) y en la pulpa fresca de asaí (104,0mg/100mL) expresados como cianidina 3-glucósido y (7,4mg/100mL) expresados como perlagonidina 3-glucósido por Del Pozo-Insfran, Brenes y Talcott (2004).

La figura 1 presenta las curvas de disminución de la fluorescencia relativa de la fluoresceína en relación al tiempo y en presencia de los radicales formados y de las muestras de las pulpas. Se observa que las muestras de acerola, mango y fresa presentan curvas de mayor área, sin embargo la dilución ha sido 1:1000 (acerola y mango) y 1:200 (fresa), mientras que para el resto de las muestras la dilución fue 1:100, aproximadamente 10 veces mayor.

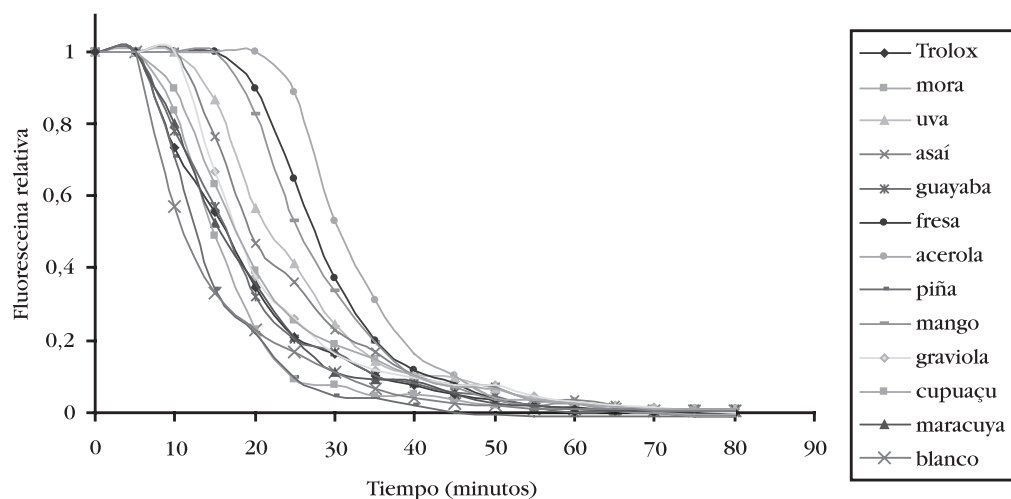


Figura 1 - Fluorescencia relativa al blanco, de Trolox y de las muestras de pulpas congeladas (Dilución 1:100 para mora, uva, asaí, guayaba, piña, graviola, cupuçu y maracuya; 1:200 para fresa y 1:1000 para acerola y mango)

La capacidad antioxidante encontrada en las pulpas congeladas es relativamente elevada para fresa, uva, asaí y maracuya (59,6; 14,1; 13,7 y 8,36 μ mol TE/g) en relación a otras frutas ricas en compuestos antocianicos como fresa (18,3 – 22,9 μ mol TE/g) determinados por Kalt et al. (1999), zumo de uva (18,2 - 26,7 μ mol TE/g) determinado por Talcott et al. (2003b); pulpa de asaí (48,6 μ mol/mL) determinado por Del Pozo-Insfran, Brenes y Talcott (2004) y zumos de maracuya (17,2 μ mol/mL) determinado por Talcott et al. (2003). Otros autores encontraran valores relativamente elevados para la capacidad antioxidante (ORAC) para arándanos (15 μ mol TE/g), Ehlenfeldt y Prior (2001); para frambuesas (*Rubus idaeus* Michx.) (19,2 – 22,6 μ mol TE/g), Kalt et al. (1999); de zarzas (*Rubus fruticosus*) (13,7 - 25,1 μ mol TE/g), Wang y Lin (2000) y de arándanos agrios (*Vaccinium macrocarpon* Aiton) (8,20-145 μ mol TE/g), Wang y Stretch (2001).

Según Talcott et al. (2003a) en los alimentos procesados la capacidad antioxidante puede ser mas elevada que en alimentos no procesados debido a los cambios fisicoquímicos que pueden ocurrir durante el procesamiento, dependiendo también de la composición y condiciones de almacenamiento. Wang y Stretch (2001) observaron que la capacidad antioxidante de arándanos era afectada por los tipos de cultivo utilizados en el experimento, tamaño del fruto y las temperaturas de almacenamiento.

El ORAC_{FL} es un método recientemente validado para ser usado en sistemas tanto de manejo automático (OU; HAMPSCH-WOODILL; PRIOR, 2001) como de manejo manual (DÁVALOS; GÓMEZ-CORDOVÉS; BARTOLOMÉ, 2004). La precisión, exactitud, reproducibilidad y estabilidad en compuestos puros y/o antioxidantes dietéticos comerciales fueron demostradas, y todos exhibieron una respuesta lineal a la concentración. No obstante, es muy difícil evaluar los efectos antioxidantes en la salud humana cuando se utiliza un modelo experimental.

Una respuesta lineal se observa entre la concentración de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante, el coeficiente de correlación ($r^2=0.8942$, $p<0,01$) entre el valor TEAC y PT, indica que existe mayor correlación entre la capacidad antioxidante de la pulpa de los frutos con el contenido de PT que de FT ($r^2=0.5779$, $p<0,01$) (Figura 2) y de AT ($r^2=0.475$, $p<0,01$). Según Zheng y Wang, (2003) la contribución individual de cada compuesto fenólico a la capacidad antioxidante depende de la estructura y del contenido en la fruta. Generalmente, la correlación entre contenido total de fenoles y la capacidad antioxidante es mayor que entre esta y el contenido de antocianos (PRIOR et al., 1998; ZHEN; WANG, 2003).

Varios aspectos de este estudio merecen ser destacados. En primer lugar, en un estudio con frutas congeladas puede existir una gran variabilidad en las muestras, en el estado de madurez de la fruta en el período de cosecha, el estado de conservación y tipo de procesamiento. Además hay que considerar que las condiciones de almacenamiento pueden alterar la composición química de la fruta. Todavía, una determinada muestra

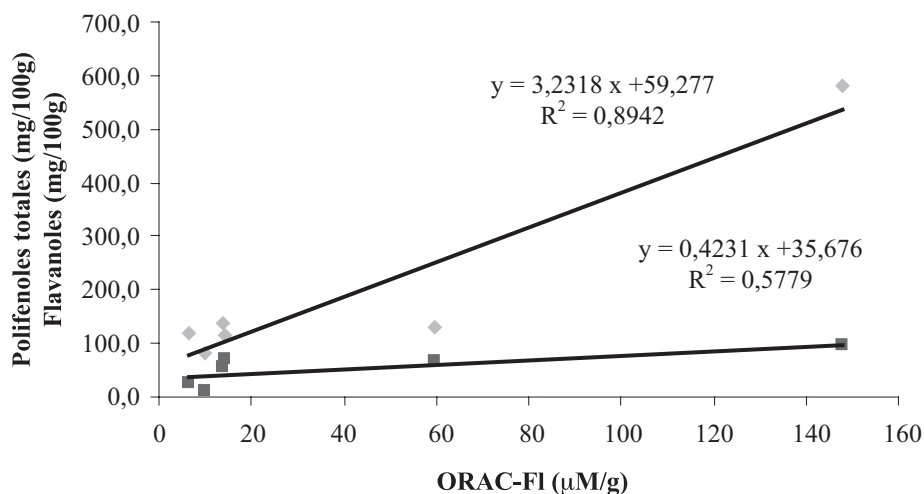


Figura 2 - Correlación entre polifenoles totales ($r^2=0,89$) y flavanoles ($r^2=0,58$) para la actividad antioxidante ORAC_{FL} ($\mu\text{mol/g}$) de las pulpas de frutos congeladas

que presenta una llamativa concentración de antioxidantes no significa que tenga efecto antioxidante dado que según la estructura y composición que presenten los compuestos fenólicos pueden presentar efectos pro-oxidantes. Aún así, es de gran interés al consumidor considerar los valores de la capacidad antioxidante, al elegir el tipo de zumo o de pulpa de fruta de su preferencia y además saber que un producto que es ofrecido congelado mantiene gran parte sus propiedades funcionales.

CONCLUSIÓN

Las pulpas de acerola, fresa, mango y uva se destacan por su capacidad antioxidante que se relaciona a los compuestos fotoquímicos, principalmente a los compuestos fenólicos y moderadamente al contenido de antocianos totales.

REFERÊNCIAS/REFERENCES

ANTOLOVICH, M.; PRENZLER, P. D.; PATSALIDES, E.; MCDONALD, S.; ROBARDS, K. Methods for testing antioxidant activity. *Analyst*, v. 127, n. 1, p. 183-198, 2002.

ARNOUS, A.; MAKRIS, D.; KEFALAS, P. Correlation of pigment and flavanol content with antioxidant properties in selected aged regional wines from Greece. *J. Food Comp. Anal.*, v. 15, n. 6, p. 655-665, 2002.

CALDWELL, C. R. Alkylperoxyl radical scavenging activity of red leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) phenolics. *J. Agric. Food Chem.*, v. 51, n. 1, p. 4589- 4595, 2003.

CAO, E. S.; PRIOR, R. L. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *J. Agric. Food Chem.*, v. 44, n. 11, p. 3426-3431, 1996.

- CHU, Y. F.; SUN, J.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables. *J. Agric. Food Chem.*, v. 50, n. 23, p. 6910-6516, 2002.
- DÁVALOS, A.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; BARTOLOMÉ, B. Extending applicability of the oxygen radical absorbance capacity (ORAC – Fluoresceín) assay. *J. Agric. Food Chem.*, v. 52, n. 1, p. 48-54, 2004.
- DECKER, E. A. Phenolics: Prooxidants or antioxidants? *Nutr. Rev.*, v. 55, n. 11, p. 396-407, 1997.
- DEL POZO-INSFRAN, D.; BRENES, C. H.; TALCOTT, S. T. Phytochemical composition and pigment stability of açai (Euterpe oleracea Mart.). *J. Agric. Food Chem.*, v. 52, n. 6, p. 1539-1545, 2004.
- EHLENFELDT, M. K.; PRIOR, R. L. Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and phenolic and anthocyanin concentrations in fruit and leaf tissues of highbush blueberry. *J. Agric. Food Chem.*, v. 49, n. 5, p. 2222-2227, 2001.
- FOLIN, C.; CIOCALTEAU, V. Tyrosine and tryptophan determination in proteins. *J. Biol. Chem.*, v. 73, p. 627-650, 1927.
- GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Unit. F1.2.1-13. Anthocyanins. Characterization and Measurement with UV-Visible Spectroscopy. In: WROLSTAD, R. E. *Current protocols in food analytical chemistry*. New York: John Wiley, 2001.
- GOU, C.; CAO, G.; SOFIC, E.; PRIOR, R. L. High-performance liquid chromatography coupled with coulometric array detection of electroactive components in fruits and vegetables: Relationship to oxygen radical absorbance capacity. *J. Agric. Food Chem.*, v. 45, n. 5, p. 1787-1796, 1997.
- HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *J. Nutr. Biochem.*, v. 13, n. 10, p. 572-584, 2002.
- HERTOG, M. G. L.; HOLLMAN, P. C. H.; KATAN, M. B. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands. *J. Agric. Food Chem.*, v. 40, n. 12, p. 2379-2383, 1992.
- HUANG, H. M.; JOHANNING, G. L.; O'DELL, B. L. Phenolic content of food plants and possible nutritional implications. *J. Agric. Food Chem.*, v. 34, n. 1, p. 48-51, 1986.
- KALT, W.; FORNEY, C. F.; MARTIN, A.; PRIOR, R. L. Antioxidant capacity, vitamin c, phenolics and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *J. Agric. Food Chem.*, v. 47, n. 11, p. 4638-4644, 1999.
- MOREIRA, A. V. B.; MANCINI-FILHO, J. Atividade antioxidante das especiarias mostarda, canela e erva doce em sistemas aquoso e lipídico. *Nutrire*, v. 25, p. 31-46, 2003.
- MOYER, R. A.; HUMMER, K. E.; FINN, C. E.; FREI, B.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanins, phenolics, and Antioxidants capacity in diverse small fruits: Vaccinium, Rubus, and Ribes. *J. Agric. Food Chem.*, v. 50, n. 3, p. 519-525, 2002.
- OU, B.; HAMPSCH-WOODILL, M.; PRIOR, R. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *J. Agric. Food Chem.*, v. 49, n. 10, p. 4619-4626, 2001.
- PRIOR, R. L. Fruits and vegetables in the prevention of cellular oxidative damage. *Am. J. Clin. Nutr.*, v. 78, n. 3, p. 570S-578S, 2003.
- PRIOR, R. L.; CAO, G. In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. *Free Rad. Biol. Med.*, v. 27, n. 11/12, p. 1173-1181, 1999.
- PRIOR, R. L.; CAO, G.; MARTIN, A.; SOFIC, E.; MCEWAN, J.; O'BRIEN, C.; LISCHNER, N.; EHLENFELDT, M.; KALT, W.; KREWER, G. Y.; MAINLAND, C. M. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* species. *J. Agric. Food Chem.*, v. 46, n. 7, p. 2686-2693, 1998.

- PRIOR, R. L.; HOANG, H.; GU, L.; BACCHIOCCA, M.; HOWARD, L.; HAMPSCH-WOODILL, M.; HUANG, D.; OU, B.; JACOB, R. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORAC_{FL})) of plasma and other biological and food samples. *J. Agric. Food Chem.*, v. 51, n. 11, p. 3273-3279, 2003.
- RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Rad. Biol. Med.*, v. 20, n. 7, p. 933-956, 1996.
- ROSS, J. A.; KASUM, C. M. Dietary Flavonoids: Bioavailability, metallic effects, and safety. *Annu. Rev. Nutr.*, v. 22, p. 19-34, 2002.
- SAS Institute. *SAS user's guide: statistics*. Version 6. 4th. ed. Cary, NC: SAS Institute, 1990.
- SAURA-CALIXTO, F.; GOÑI, I. Antioxidant capacity of the Spanish mediterranean diet. *Food Chem.*, v. 94, n. 3, p. 442-447, 2006.
- SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M.A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. *Quim. Nova*, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.
- SLOAN, A. E. The top ten functional food trends. *Food Technology*, v. 54, n. 4, p. 33-62, 2000.
- SUN, J.; CHU, Y. F.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *J. Agric. Food Chem.*, v. 50, n. 25, p. 7449-7454, 2002.
- TALCOTT, S. T.; PERCIVAL, S. S.; PITTET-MOORE, J.; CELORIA, C. Phytochemical composition and antioxidant stability of fortified yellow passion fruit (*Passiflora edulis*). *J. Agric. Food Chem.*, v. 51, n. 4, p. 935-941, 2003a.
- TALCOTT, S. T.; BRENES, C. H.; PIRES, D. M.; DEL POZO-INSFRAN, D. Phytochemical stability and color retention of copigmented and processed Muscadine Grape Juice. *J. Agric. Food Chem.*, v. 51, n. 4, p. 957-963, 2003b.
- TORREGGIANI, L. B. M.; FORNI, E.; GUERCILENA, I.; MAESTRELLI, A.; BERTOLO, G.; ARCHER, G. P.; KENNEDY, C. J.; BONE, S.; BLOND, G.; CONTRERAS-LOPEZ, E.; CHAMPION, E. Modification of glass transition temperature through carbohydrates additions: effect upon colour and anthocyanin pigment stability in frozen strawberry juices. *Food Res. Int.*, v. 32, n. 6, p. 441-446, 1999.
- VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Phenolic compounds in acerola fruit (*Malpighia punicifolia*, L.). *J. Brazil. Chem. Soc.*, v. 15, n. 5, p. 664-668, 2004.
- WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. L. Total antioxidant capacity of fruits. *J. Agric. Food Chem.*, v. 44, n. 3, p. 701-705, 1996.
- WANG, H.; LIN, H. S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *J. Agric. Food Chem.*, v. 48, n. 2, p. 140-146, 2000.
- WANG, H.; STRETCH, A. W. Antioxidant capacity in cranberry is influenced by cultivar and storage temperature. *J. Agric. Food Chem.*, v. 49, n. 3, p. 969-974, 2001.
- ZHENG, W.; WANG, S. Y. Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries and lingonberries. *J. Agric. Food Chem.*, v. 51, n. 2, p. 502-509, 2003.

Recebido para publicação em 08/06/05.
Aprovado em 01/02/06.