

## Capacidad antioxidante de frutas y verduras cultivados en Chile\*

Héctor Araya L., Carolina Clavijo R. y Claudia Herrera

Universidad de Chile, Facultad de Medicina, Universidad Tecnológica Metropolitana. Santiago, Chile

**RESUMEN.** El aumento de la prevalencia de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) relacionadas con la alimentación ha conducido a un mayor interés por estudiar la relación alimentación y salud. Se ha demostrado una menor incidencia de las mismas con patrones alimentarios que involucran un alto consumo de frutas y verduras, lo que ha motivado a investigar las propiedades químicas de estos alimentos. El efecto protector de los alimentos de origen vegetal se ha atribuido a diversos nutrientes y fitoquímicos con actividad antioxidante lo cual es frecuentemente olvidado en las recomendaciones alimentarias. Para determinar la capacidad antioxidante de alimentos vegetales cultivados en Chile, se analizaron frutas y verduras naturales según el método FRAP (ferric reducing activity power), realizando la lectura a los 4 minutos. En las verduras se observaron valores, expresados en base húmeda, comprendidos entre 0,002 y 1,91 milimoles de Fe/100g para zanahoria cocida y ají rojo respectivamente. Los valores de las frutas estuvieron comprendidos entre 0,02 milimoles de Fe/100g para el pepino hasta 12,32 para el maqui, destacando el alto valor de este último y los obtenidos en los berries: frutilla 3,10 y zarzamora 3,55. En la zona intermedia se ubicaron frutos como el limón y el membrillo con 0,25 y 0,23 respectivamente; los valores más bajos dentro de las frutas correspondieron a manzana (variedad fuji) y duraznos.

**Palabras clave:** Capacidad antioxidante, polifenoles, frutas, verduras, fitoquímicos.

### INTRODUCCION

El aumento de la prevalencia de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) relacionadas con la alimentación de la población ha conducido a un mayor interés por estudiar la relación alimentación y salud. En este sentido, estudios epidemiológicos han demostrado una menor incidencia de las mismas con patrones alimentarios que involucran un alto consumo de frutas y verduras (1-4). Esta situación ha motivado a investigar las propiedades químicas de estos alimentos que, además de su importancia nutricional, muestran un efecto protector de la salud, expresado por una disminución del riesgo de sufrir determinadas patologías.

El efecto protector de los alimentos de origen vegetal, se atribuye a diversos nutrientes y fitoquímicos con actividad antioxidante; sin embargo, cuando se ha relacionado el con-

**SUMMARY. Antioxidant capacity of fruits and vegetables cultivated in Chile.** The high prevalence of non transmissible chronic diseases (NCD) related to food consumption had increased the studies conducted to investigate the relationship between diet and health. A smaller incidence of NCD, with food patterns with high consumption of fruits and vegetables has been observed and chemical compounds of these foods have been one of the main subjects of the actual research in the reaction between food consumption and health. The effect of vegetable foods has been attributed to various nutrients and bioactive compounds with antioxidant activity. In order to determine the antioxidant capacity of vegetable foods cultivated in Chile, natural fruits and vegetables were analyzed according to the FRAP (ferric reducing activity power) method, reading to the 4 minutes. In vegetables, the values were between 0.002 and 1.91 milimoles of Fe/100g for cooked carrot and red pepper respectively. The values of the fruits ranged between 0.02 milimoles of Fe/100g for the cucumber and 12.32 for maqui, the berries studies showed values between 3.10 for strawberry and 3.55 for wild blackberry. Lemon and quince with 0.25 and 0.23 respectively are located in the intermediate level and the lowest values within the fruits corresponded to apple (fuji variety) and peaches.

**Key words:** Antioxidant capacity, polyphenols, fruits, vegetables, phytochemical.

sumo de nutrientes antioxidantes con la prevalencia de ECNT, no se han encontrado las relaciones descritas y en otros casos se observa un efecto limitado (5). Por otra parte, en las intervenciones que suplementan la dieta con nutrientes antioxidantes no se ha demostrado efectos protectores, lo que sugiere que los beneficios del consumo de frutas y verduras podrían deberse a la acción concertada de nutrientes y compuestos bioactivos con acción antioxidante (6-8).

El énfasis en destacar la capacidad antioxidante de los alimentos se sustenta en que el stress oxidativo es un proceso biológico propuesto como un factor etiológico de las ECNT (9-11) y ocurre cuando la velocidad de formación de los radicales libres es superior a la actividad de los sistemas protectores. En condiciones fisiológicas, los compuestos agresores son controlados por la acción integrada y armónica de enzimas generadas por la evolución de miles de años y que depende de nutrientes antioxidantes de los alimentos de origen vegetal, como las vitaminas E y C y compuestos bioactivos antioxidantes llamados fitoquímicos, siendo el grupo más

\*Parcialmente financiado por Proyecto FONDEF DO1/1069.

importante el de los polifenoles, que actúan de forma directa e independiente del sistema enzimático (12-15). La nutrición juega un rol clave en la mantención del balance adecuado y es necesario considerar prioritariamente la propiedad antioxidante de los alimentos y jerarquizar el valor de los mismos (7,16-19). La biosíntesis de los compuestos bioactivos depende de factores tales como la variedad, el tipo de suelo, la temperatura y el tipo de fertilizante utilizado (12,20) por lo que es indispensable disponer de datos de los alimentos cultivados en el país.

Es importante conocer la capacidad antioxidante de los alimentos como primer acercamiento para evaluar sus efectos biológicos. Se han desarrollado diversas metodologías para estimar la capacidad antioxidante no enzimática de los vegetales y sus derivados (19,21) y así disponer de una herramienta de laboratorio para recomendar el consumo de los alimentos que muestren una alta capacidad antioxidante. En consecuencia en el presente trabajo, se estudia, utilizando el método FRAP, la capacidad antioxidante de alimentos de origen vegetal de consumo habitual en la población chilena.

Los alimentos seleccionados fueron frutas, y verduras compradas en el comercio local y clasificados de acuerdo a la nomenclatura botánica estándar y con un grado de madurez adecuado para su consumo. Los alimentos se analizaron en el mismo día de su compra. Para cada alimento se analizaron 4 muestras, se homogenizaron en un Warring Blendor y se adicionó agua debidamente medida. Se tomó 1 gramo de este homogenizado y se adicionaron 10 mL de metanol absoluto y se realizó la extracción durante una hora, bajo agitación magnética. Posteriormente se centrifugó a 12 000 x g y en el sobrenadante se determinó la capacidad antioxidante por duplicado de acuerdo al método FRAP, según Benzie and Strain (21), realizando la lectura espectrofotométrica a los 4 minutos después de la adición de los reactivos. Los resultados se expresan como promedio y desviación estándar.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos, expresados en base húmeda, se muestran en la Tabla 1. En las verduras se observa que los valores están comprendidos entre 0,0015 milimoles de Fe/100 g para zanahoria cocida hasta 1,91 para ají rojo. Los valores de las frutas se encuentran entre 0,018 milimoles de Fe/100 g para el pepino hasta 12,32 para el maqui, destacando la alta capacidad antioxidante de este último, así como los altos valores obtenidos para los berries, por ejemplo: frutilla 3,10, zarzamora 3,55. En la zona intermedia se ubican los cítricos como limón y el membrillo con 0,25 y 0,23 respectivamente; los valores más bajos corresponden a una serie de frutas de consumo habitual como peras, manzanas y duraznos. En las Figuras 1, 2 y 3 se muestran los efectos de diversos

factores inherentes y adquiridos sobre la capacidad antioxidante de los alimentos.

## DISCUSION

El organismo dispone de un sistema enzimático antioxidante generado por la evolución a través de miles de años y que es dependiente de una serie de vitaminas y microminerales provenientes de la dieta. También, algunos nutrientes como la vitamina E, vitamina C, beta caroteno y compuestos bioactivos, entre los que se destacan los polifenoles y licopenos, actúan como antioxidantes sin estar asociados a enzimas (22-24). En la dieta existen un gran número de estos compuestos, principalmente polifenoles que son los antioxidantes más abundantes y su ingesta puede alcanzar a 1 g/persona/día, siendo su consumo varias veces mayor a la de los nutrientes antioxidantes (12).

El hecho que los alimentos difieran en su poder antioxidante y por lo tanto en su eventual capacidad para disminuir los riesgos de las enfermedades crónicas no transmisibles es un aspecto que frecuentemente es olvidado en las recomendaciones alimentarias. Estas aconsejan aumentar el consumo de frutas y verduras de acuerdo a las sugerencias establecidas en el modelo de la pirámide alimentaria, sin recomendar en forma específica aquellos con mayor capacidad antioxidante. Sin embargo, en vista de la evidencia de la relación que existe entre consumo de alimentos con nutrientes y compuestos bioactivos antioxidantes y las ECNT, se han propuesto modelos alimentarios que privilegian su capacidad antioxidante: rueda y pirámide alimentaria antioxidante (16).

Existen diversos factores que inciden en la capacidad antioxidante de los alimentos *in vitro*. Por ejemplo es destacable el hecho que los polifenoles le confieren a los alimentos colores acentuados con diferentes matices que los hacen atractivos al consumidor. En nuestros resultados por ejemplo, claramente se puede evidenciar una mayor capacidad antioxidante de aquellos alimentos que presentaron un color en la gama del rojo al vino tinto: maqui, zarzamora, frambuesa, guinda, ají rojo, mora y uva (Figura 1).

Excepcional es el caso del maqui que presentó la mayor capacidad antioxidante dentro del grupo de alimentos estudiados (12,323 + 0,168) con un color rojo vino tinto atribuido al contenido de antocianinas, presentes en frutos pertenecientes a la familia de los berries de reconocida capacidad antioxidante (18,25,26).

La forma de consumo de las frutas, es otra variable que es necesario considerar. Se observó diferencias entre la capacidad antioxidante de la fruta con y sin cáscara (Figura 2), hecho que se explica por la ubicación de los polifenoles, que se encuentran en mayor cantidad en la cáscara. En el caso del haba, se llega a una actividad cercana a cero cuando esta sin cáscara y en la manzana se aprecia una reducción de alrede-

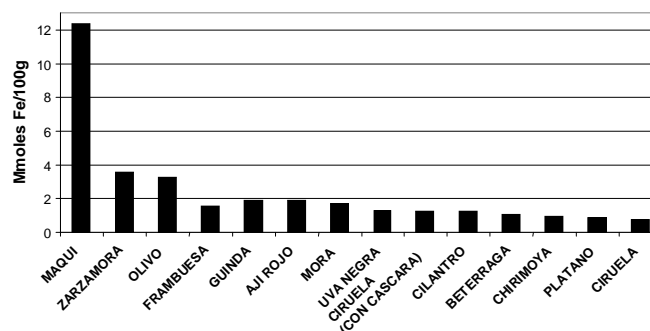
dor de un 50% de la capacidad antioxidante, principalmente debido a la pérdida de quercetina, flavonol presente en la cáscara en una cantidad de alrededor de 1mg/g peso fresco (27).

TABLA 1  
Capacidad antioxidante de frutas y verduras\*

	mmoles Fe/100g (4 min) (promedio ± d.s.)
<b>Frutas</b>	
Ciruela ( <i>Prunus domestica</i> )	0,755 ± 0,060
Ciruela con cáscara ( <i>Prunus domestica</i> )	1,233 ± 0,092
Chirimoya ( <i>Annona cherimola</i> )	0,946 ± 0,091
Damasco ( <i>Prunus armeniaca</i> )	0,194 ± 0,020
Durazno ( <i>Prunus persica</i> )	0,042 ± 0,004
Durazno con cáscara ( <i>Prunus persica</i> )	0,050 ± 0,010
Frambuesa ( <i>Rubus idaeus</i> )	1,569 ± 0,084
Frutilla ( <i>Fragaria ananassa</i> )	3,102 ± 0,249
Guinda ( <i>Prunus cerasus</i> )	1,911 ± 0,051
Kiwi ( <i>Actinidia Chinensis</i> )	0,504 ± 0,064
Manzana fuji ( <i>Malus domestica</i> )	0,121 ± 0,029
Manzana fuji con cáscara ( <i>Malus domestica</i> )	0,458 ± 0,021
Manzana roja ( <i>Malus domestica</i> )	0,253 ± 0,041
Manzana roja con cáscara ( <i>Malus domestica</i> )	0,671 ± 0,005
Maqui ( <i>Aristotelia chilensis</i> )	12,323 ± 0,168
Membrillo ( <i>Cydonia oblonga</i> )	0,236 ± 0,015
Mora ( <i>Morus alba</i> )	1,723 ± 0,193
Mora blanca ( <i>Morus alba</i> )	0,225 ± 0,016
Níspero ( <i>Mespilus germanica</i> )	0,174 ± 0,007
Olivo ( <i>Olea europaea</i> )	3,254 ± 0,100
Pepino ( <i>Solanum muricatum</i> Ait)	0,018 ± 0,001
Pera ( <i>Pyrus communis</i> )	0,485 ± 0,040
Platano ( <i>Musa paradisiaca</i> )	0,881 ± 0,166
Limón ( <i>Citrus limon</i> )	0,250 ± 0,023
Tuna ( <i>Opuntia spp</i> )	0,171 ± 0,013
Uva blanca ( <i>Vitis vinifera</i> )	0,232 ± 0,034
Uva negra ( <i>Vitis vinifera</i> )	1,331 ± 0,052
Zarzamora ( <i>Rubus fruticosus</i> )	3,549 ± 0,166
<b>Verduras</b>	
Acelga ( <i>Beta vulgaris</i> var. <i>Cicla</i> )	0,190 ± 0,014
Ajo ( <i>Allium sativum</i> )	0,125 ± 0,006
Ajo cocido ( <i>Allium sativum</i> )	0,021 ± 0,004
Ají rojo ( <i>Capsicum spp</i> )	1,911 ± 0,051
Ají verde ( <i>Capsicum spp</i> )	0,667 ± 0,081
Alcachofa ( <i>Cynara scolymus</i> )	0,353 ± 0,045
Betarraga cocida ( <i>Beta vulgaris</i> )	1,055 ± 0,223
Brocoli ( <i>Brassica oleracea</i> )	0,121 ± 0,029
Cebolla ( <i>Allium cepa</i> )	0,259 ± 0,039
Cebolla cocida ( <i>Allium cepa</i> )	0,062 ± 0,004
Cilantro ( <i>Coriandrum sativum</i> )	1,231 ± 0,126
Espárrago ( <i>Asparagus officinalis</i> )	0,233 ± 0,008
Espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> )	0,274 ± 0,030
Espinaca cocida ( <i>Spinacia oleracea</i> )	0,210 ± 0,029
Orégano ( <i>Lippia spp</i> )	0,688 ± 0,032
Palta ( <i>Persea americana</i> )	0,167 ± 0,020
Perejil ( <i>Petroselinum crispum</i> )	0,504 ± 0,021
Pimentón rojo ( <i>Capsicum annuum</i> )	0,618 ± 0,025
Zanahoria cruda ( <i>Daucus carota</i> )	0,027 ± 0,004
Zanahoria cocida ( <i>Daucus carota</i> )	0,015 ± 0,004

\*n=4

FIGURA 1  
Frutas y verduras con mayor capacidad antioxidante, cultivadas en Chile



Otro factor importante es la forma de preparación de los alimentos. La cocción de las verduras, realizada de acuerdo a las prácticas culinarias de la población chilena (Figura 3), es un proceso que disminuye en diferentes porcentajes el poder antioxidante, de acuerdo al tipo de alimentos elaborados; siendo menor en la espinaca y cercana a un 50% en el ajo y la cebolla. Las explicaciones propuestas para este hecho son: la sensibilidad de los polifenoles a la temperatura y la solubilización de los mismos en el agua de cocción (12,13).

Con respecto al real significado de los valores descritos en el presente trabajo, es necesario examinar las limitaciones de la metodología del FRAP, las que se sintetizan en los siguientes aspectos: a) no informa acerca de los compuestos responsables de la acción antioxidante ya que proporciona valores totales, b) la preparación del extracto puede hacer variar significativamente los resultados c) la lectura se hace a los 4 minutos o a los 30 minutos después de adicionar el reactivo de desarrollo de color, hecho que se ve reflejado directamente en los resultados. Por lo tanto para fines comparativos se deben tener en cuenta sólo metodologías similares. Nuestros resultados presentan algunas diferencias con los valores de antioxidantes encontrados por Halvorsen (7), existiendo cierta similitud en betarraga, ciruela, manzana y zanahoria, la cual en ambos trabajos resultó ser el vegetal, con menor poder antioxidante. No debe sorprender que en algunos alimentos existan variaciones, debido a que no sólo la variedad botánica influye en el contenido de polifenoles, sino también, las condiciones del cultivo, de almacenamiento y de procesamiento y comercialización.

Es necesario considerar que una capacidad antioxidante más alta, no siempre significa que su acción sea mejor o más efectiva in vivo, ya que la estructura química determina la absorción de los polifenoles y la efectividad en el organismo depende de la biodisponibilidad de estos compuestos antioxidantes. Por ejemplo el té, el vino tinto y el chocolate tienen catequinas de buena biodisponibilidad; no así el maqui rico en antocianinas de baja biodisponibilidad (5).

FIGURA 2  
Comparación de la capacidad antioxidante de frutos con y sin cáscara

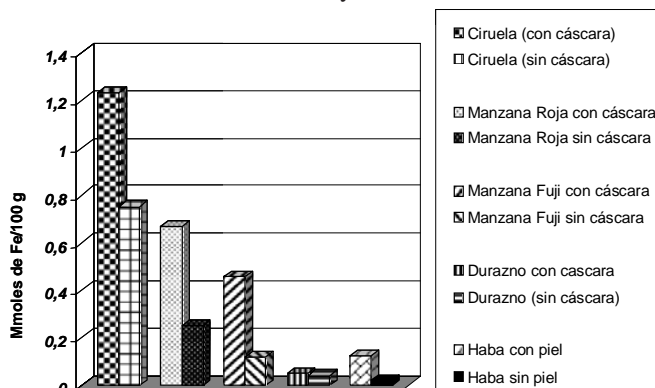
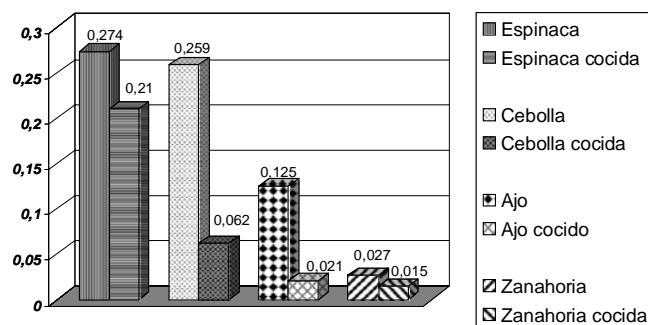


FIGURA 3  
Comparación de la capacidad antioxidante de alimentos crudos y cocidos



Siguiendo la perspectiva descrita, es importante conocer las propiedades antioxidantes de los alimentos como un primer e ineludible acercamiento al estudio de sus efectos biológicos, tal como ocurre con el método del cómputo aminoacídico para estimar la calidad de las proteínas de los alimentos. La recomendación alimentaria para disminuir los riesgos inherentes al estrés oxidativo se fundamenta en privilegiar el consumo de los alimentos que tengan un alto contenido en los nutrientes protectores y en aquellos compuestos del tipo no nutriente con capacidad reductora. En lo que respecta a los nutrientes antioxidantes, esta recomendación no sólo debe estar dirigida a cubrir las recomendaciones nutricionales, sino que debe proporcionar cantidades mucho más altas, debido a que las recomendaciones se elaboran con el propósito de disminuir los riesgos por déficit de nutrientes y no consideran la protección de las ECNT. Por otra parte, cuando se disponga de la información de la capacidad antioxidante de los alimentos se debe considerar tanto sus

ventajas como sus limitaciones y como cualquier indicador, sus valores deben interpretarse y aplicarse en forma adecuada. La información de la capacidad antioxidante influirá sobre los profesionales que elaboren recomendaciones alimentarias y a los consumidores, para que tengan los elementos necesarios para seleccionar alimentos con mayor capacidad antioxidante.

## REFERENCIAS

1. Ness A, Powles JW. Fruit and vegetables, and cardiovascular disease: a review. *Int J Epidemiol* 1997; 26:1-13.
2. Prior RL, Fruits and vegetables in the prevention of cellular oxidative damage. *Am J Clin Nutr* 2003; 78:570-578.
3. Law MR, Morris JK. By how much does fruit and vegetable consumption reduce the risk of ischaemic heart disease? *Europ J Clin Nutr* 1998; 52:549-556.
4. Hung HC, Joshipura KJ, Jiang R, Hu FB, Hunter D, Smith Warnes SA, et al. Fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease. *J Natl Cancer Inst* 2004; 96:1577-1584.
5. Williamson G, and Manach C. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans II. Review of 93 intervention studies. *Am J Clin Nutr* 2005; 81 (suppl): 243S-255S.
6. Hai Lui R. Health benefits of fruits and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *Am J Clin Nutr* 2003; 78(suppl): 517S-520S.
7. Halvorsen BL, Holte K, Myhrstad MCW et al. A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *J Nutr* 2002; 132:461-471.
8. Stahl W, Van den BH, Arthur JI, Bast A, Dainty J, Faulks RM, et al. Bioavailability and metabolism. *Mol Aspects Med* 2002; 23:39-100.
9. Halliwell B. Reactive oxygen species in living systems: Source, biochemistry, and role in human diseases. *Am J Med* 1991; 91:14-22.
10. Slater TF. Free radicals mechanisms in tissue injury. *Biochem J* 1984; 222:1-15.
11. Halliwell B. Oxidation of low density lipoproteins: questions of initiation, propagation, and the effect of antioxidants. *Am J Clin Nutr* 1995; 61: 6705-6775.
12. Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr* 2004;79: 727-747.
13. Agostini LR, Moron Jimenez MJ, Ramon AN, Ayala Gomez A. Determination of the antioxidant capacity of flavonoids in fruits and fresh and thermally treated vegetables. *Arch Latinoam Nutr* 2004;54: 89-92.
14. Scalbert A, Johnson IT, Saltmarsh Polyphenols: antioxidants and beyond. *Am J Clin Nutr* 2005; 81: 215 S- 217 S.
15. Diplock A. Antioxidant nutrients and disease prevention: an overview. *Am J Clin Nutr*. 1991; 53:189-193.
16. Saura-Calixto F, Goñi I, Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. *Food Chemistry* 2006;94:442-447.
17. Ninfali P, Mea G, Giorgini S, Rocchi M, Bacchiocca M. Antioxidant capacity of vegetables, spices and dressing relevant to nutrition. *Br J Nutr* 2005;93: 257-266.

18. Reyes-Carmona J, Youssef GG, Martínez-Peniche R, Lila MA. Antioxidant capacity of fruit extracts of blackberry (*Rubus* sp.) produced in different climatic regions. *J Food Sci* 2005;70:497-503.
19. Ou B, Huang D, Hampsch - Woodill M, Flanagan J, Deemer E. Analysis of antioxidants of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. *J Agric Food Chem* 2002; 50:3122-3128.
20. Burda S., Oleszed W. & Lee, C.Y. Phenolic compounds and their changes in apples during maturation and cold storage. *J Agric Food Chem* 1990;38:945-948.
21. Benzie IFF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem* 1996;239:70-76.
22. Bendich A, Machlin LJ, Scandurra O, Burton GW, Wayner DDM. The antioxidant role of vitamin C. *Free Rad Biol Med* 1986;2:419-444.
23. Traber MG, Sies H. Vitamin E in humans: demand and delivery. *Ann Rev Nutr* 1996;16: 321-347.
24. Edge R, McGarvey DJ, Truscott TG. The carotenoids as antioxidants- a review. *J Photochem Photobiol* 1997; 41:189-200.
25. Silva M. y Bittner M. Estudio Químico de las especies de la familia Eleocarpaceae que crecen en Chile. En: *Química de la Flora de Chile*. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Departamento Técnico de Investigación. Chile. 1992; p.153-164.
26. Hong V, Wrolstad RE. Characterization of anthocyanin containing colorants and fruits juices by HPLC/ photodiode array detection. *J Agric Food Chem* 1990;38:698-708.
27. Eberhardt MV, Lee CY, Liu RH. Antioxidant activity of fresh apples. *Nature* 2000; 405:903-904.

Recibido: 28-06-2006

Aceptado: 24-10-2006