



# Antioxidantes vegetales y su influencia en la dieta

**José M. Palma**

*Departamento de Bioquímica, Biología Celular y Molecular de Plantas, Estación Experimental del Zaidín, CSIC, Granada.*

## La paradoja del oxígeno

El oxígeno representa aproximadamente el 21% de los gases de la atmósfera y es un elemento fundamental para el desarrollo de cualquier sistema viviente, tal y como lo conocemos hoy en día. Las reacciones químicas más importantes en las que toma parte el oxígeno son la combustión y la oxidación. De hecho, la respiración no es más que la etapa final de un proceso de combustión por el cual obtenemos energía a base de "quemar" compuestos químicos de elevado poder energético (hidratos de carbono y grasas, fundamentalmente). Por otro lado, el oxígeno puede participar en otras reacciones químicas, en las que actúa oxidando a otros compuestos. Esta propiedad adquiere gran relevancia en los sistemas biológicos aerobios, ya que la elevada concentración de oxígeno en el medio propicia que las biomoléculas (ácidos nucleicos, proteínas y lípidos) puedan oxidarse y perder, de esa manera, la función a la que están destinadas. Está muy extendido el concepto de que envejecemos porque nos oxidamos. En cierta manera, esta aseveración responde al hecho de que las reacciones

de oxidación que normalmente sufre nuestro organismo son contrarrestadas por mecanismos de defensa que se encargan de devolver a la célula a su estado normal. No obstante, en situaciones patológicas y de envejecimiento en las que el organismo deja de funcionar de manera óptima, los capítulos de oxidación adquieren una mayor notabilidad. Entre las patologías relacionadas con procesos oxidativos no controlados destacan la degeneración macular propia de las cataratas, la diabetes, Alzheimer y ciertos procesos neurodegenerativos (Halliwell & Gutteridge, 2007; Seifried y col. 2007).

## Función de los antioxidantes

Como su propio nombre indica, los antioxidantes son aquellos compuestos que son capaces de contrarrestar o prevenir cualquier estado de oxidación molecular. Clásicamente, los antioxidantes siempre se han clasificado en dos grupos. Por un lado están los que tienen naturaleza proteica a los que se denomina antioxidantes enzimáticos; el otro grupo engloba a los antioxidantes no enzimáticos que, a diferencia de las proteínas, son moléculas





**Fig 1:** Balance entre las reacciones de oxidación y los antioxidantes en diferentes situaciones fisiológicas. En las condiciones normales de equilibrio los antioxidantes son capaces de contrarrestar las reacciones de oxidación que se producen en la célula (A). Sin embargo en ciertos estados patológicos, de estrés, y por envejecimiento celular se produce un exceso de reacciones oxidativas que superan la capacidad de los antioxidantes. En dichos casos se produce estrés oxidativo que tiende a evolucionar hacia procesos de degeneración celular (B).

**A**  
Condiciones normales:  
equilibrio



**B**  
Estados patológicos: estrés,  
envejecimiento y otros





de pequeño tamaño. En algunos casos, estos antioxidantes no enzimáticos se corresponden con vitaminas y, por tanto, son estrictamente necesarios para el metabolismo celular. Entre estos últimos destacan los carotenos (provitamina A), el ácido ascórbico (vitamina C) y el  $\alpha$ -tocoferol (vitamina E), y a ellos nos referiremos de forma más extensa en el próximo capítulo. No obstante, todos, tanto enzimáticos como no enzimáticos, son igualmente importantes, ya que cada uno tiene sus especificidades. Además, por lo general, no actúan de manera aislada e independiente, sino que forman un entramado de reacciones que permiten dar al organismo una respuesta global.

En condiciones normales, en las células existe un equilibrio entre las reacciones de oxidación y los niveles de antioxidantes (Figura 1A). En las situaciones patológicas indicadas anteriormente, de estrés, o en casos de envejecimiento la balanza se desequilibra. En dichas circunstancias las células sufren alteraciones en su metabolismo y los sistemas antioxidantes no son tan efectivos. En dichas situaciones se habla de que se produce un estrés oxidativo (Figura 1B).

### Efecto de los antioxidantes en la dieta: vitaminas A, C y E

En humanos la deficiencia de los antioxidantes de tipo vitamínico (fundamentalmente A, C y E) está asociada a ciertas patologías. Conceptualmente, las vitaminas son sustancias que son requeridas en muy pequeña cantidad para que nuestro organismo funcione de forma diaria. La vitamina A o retinol es un carotenoide que es esencial para el crecimiento y la diferenciación celular, así como para la visión. De hecho la deficiencia de vitamina A es la causa principal de la ceguera infantil a nivel mundial. Se ha comprobado que, "in vitro", los carotenoides pueden disminuir la formación de tumores en animales, sobre todo los generados por los rayos UV a nivel de la piel. Los carotenoides son pigmentos de color normalmente rojos, amarillos o naranjas, en los

que son ricos alimentos como la zanahoria, el tomate, pimientos rojos, etc. La ausencia de vitamina A en la dieta de los países orientales de Asia, cuyo principal alimento es el arroz, es la causa del alto porcentaje de patologías relacionadas con la visión que padecen dichos países. Este hecho ha promovido la producción de cepas transgénicas de arroz amarillo rico en carotenos en un proyecto de investigación multinacional financiado con fondos públicos.

En humanos la ausencia de vitamina E en la dieta no causa a corto plazo ninguna patología de deficiencia, si bien en bebés prematuros niveles bajos de vitamina E pueden predisponer a los afectados a una anemia hemolítica. Además, se ha descrito un buen número de disfunciones asociadas a bajos niveles de vitamina E, pero aún se sigue investigando en este campo. Las principales fuentes de vitamina E en nuestra dieta las encontramos en el germen de trigo, aceites vegetales, margarinas, nueces, semillas y hojas verdes (Halliwell & Gutteridge, 2007).

Por otro lado, estudios epidemiológicos sugieren que la vitamina C desempeña una función importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares, especialmente aquellas que implican una disfunción endotelial (Kris-Etherton y col., 2004). La vitamina C es un potente antioxidante que además es capaz de regenerar a los carotenoides y a la vitamina E, lo que le confiere un doble valor. La deficiencia en vitamina C ocasiona escorbuto, una enfermedad propia de los marineros de largas travesías de hace unos siglos. En los productos naturales los mayores contenidos de vitamina C se detectan en el pimiento, tanto verde como rojo y amarillo, kiwi, fresa, brócoli, cítricos y otros (Proteggente y col., 2002; Palma y col., 2007). De ellos, uno de los productos hortofrutícolas que posee mayores niveles de vitamina C es el pimiento, algo que hasta hace poco sonaba inaudito, máxime cuando, de manera errónea, se atribuía a los cítricos el mayor contenido de esta vitamina. En el caso del pimiento, el 0,1%







de su peso fresco corresponde a vitamina C. Es tal la cantidad de vitamina C que contiene esta hortaliza que unos 60 gramos (1/4 de una pieza del tipo California) de la misma serían suficientes para satisfacer nuestras necesidades diarias de esta vitamina (Palma y col., 2007). Hay que dedicar algo más de atención a la vitamina C por su singularidad metabólica. De hecho, todos los primates, incluidos los humanos, han perdido la capacidad de sintetizar vitamina C, lo que nos hace casi estrictamente dependientes del reino vegetal para obtenerla. En este caso, la disponibilidad de fuentes ricas en vitamina C se hace una necesidad perentoria.

### Conclusiones: ¿son buenos los antioxidantes?

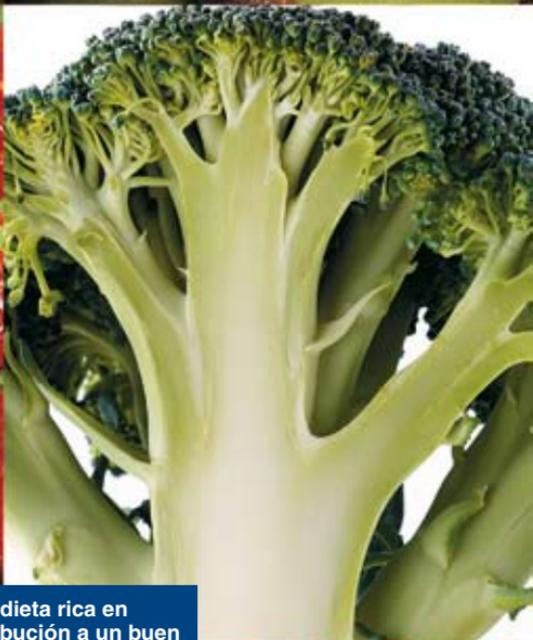
En estados de carencia vitamínica siempre se recomienda la administración de complejos vitamínicos que compensen el déficit. En la actualidad se ha llegado a una situación en la que, según un estudio del Servicio de Nutrición y Salud Nacional de Estados Unidos, más de la mitad de la población ingiere suplementos dietéticos, una tercera parte complejos multivitamínicos y más de una octava parte usa suplementos de vitamina E y/o C (Seifried y col., 2007). Si no existe ese déficit, la ingestión de complejos vitamínicos sobrecargaría el organismo con sustancias que



en realidad serían innecesarias. El ritmo de vida actual y el total desconocimiento de todas las implicaciones metabólicas de los antioxidantes nos han hecho que, de manera indiscriminada, seamos unos sumideros vitamínicos. Una vez probados los beneficios de los antioxidantes, se instaló en nuestra sociedad la idea de que lo bueno, si abundante, dos veces bueno. No obstante, una sobrecarga de antioxidantes, como en otras cosas relacionadas con la nutrición, incluido cualquier tipo de alimento, nunca es deseable.

Lo que está claro es que se ha considerado la ingesta natural de antioxidantes como una terapia prometedora para la

prevención y el tratamiento de determinadas enfermedades. Así, se ha probado que existe una correlación entre una dieta con altos contenidos en frutas y verduras y un menor riesgo de padecer cáncer y enfermedades cardiovasculares (Seifried y col., 2007). Igualmente, se han probado los efectos favorables de los antioxidantes incluidos en la dieta para la menopausia (Miquel y col. 2006). Y así, se podría seguir obteniendo una pléyade de efectos beneficiosos que han quedado registrados en miles de publicaciones científicas. En resumidas cuentas, sobre lo que sí hay consenso por parte de todos los especialistas es que una dieta rica en frutas y



**Fig 2:** Los especialistas recomiendan una dieta rica en frutas y verduras como mejor contribución a un buen estado de salud. Los productos hortofrutícolas son ricos en vitaminas A, C y E.



verduras (Figura 2) contribuye a una mejora del estado de salud y, por tanto, de la calidad de vida. Siempre es preferible consumir un producto natural que uno elaborado o un comprimido enriquecido en multitud de compuestos que no siempre son sinérgicos con nuestro metabolismo (Halliwell, 1999; Bonnefoy y col., 2002).

Como conclusión última habría que redundar en el concepto de equilibrio. Y nada más apropiado que recordar la imagen del "Hombre de Vitrubio", ese diseño de Leonardo da Vinci que, ya hace años, nos relevaba el sentido de las proporciones en la naturaleza y, por tanto en el hombre con su entorno. Como ya apuntábamos no hace mucho (Palma & del Río, 2006), las vitaminas, así como los antioxidantes han de tomarse siempre en su justa medida.

### Agradecimientos:

El autor agradece al Ministerio de Educación y Ciencia la concesión de un proyecto de investigación (AGL2005-00101) dedicado al estudio de los antioxidantes de frutos de pimiento.

## Bibliografía

- n **Bonnefoy M, Drai J, Kostka T** (2002) Antioxidants to slow aging, facts and perspectives. *Presse Médique* 31, 1174-1184.
- n **Halliwell B, Gutteridge JMC** (2007) *Free Radicals in Biology and Medicine*. Oxford University Press, Oxford.
- n **Kris-Etherton PM, Lichtenstein AH, Howard BV, Steinberg D, Witztum JL, Nutrition Committee of the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, Metabolism** (2004) Antioxidant vitamin supplements and cardiovascular disease. *Circulation* 110, 637-641.
- n **Miquel J, Ramírez-Boscá A, Ramírez-Boscá JV, Alperi JD** (2006) Menopouse: a review on the role of oxygen stress and favorable effects of dietary antioxidants. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 42, 289-306.
- n **Palma JM, Mateos RM, Jiménez A, Corpas FJ, Sevilla F, del Río LA** (2007) Papel del ascorbato en la fisiología del fruto de pimiento (*Capsicum annuum* L.). VIII Reunión del Grupo Español de Radicales Libres, Valencia.
- n **Palma JM, del Río LA** (2006) Vitaminas en su justa medida. *El País*, 5 de abril, p. 34.
- n **Proteggente AR, Pannala AS, Paganga G, Van Buren L, Wagner E, Wiseman S, Van De Put F, Dacombe C, Rice-Evans CA** (2002) The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Radical Research* 36, 217-233.
- n **Seifried HE, Anderson DE, Fisher EI, Milner JA** (2007) A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species. *Journal of Nutritional Biochemistry*, DOI 10.1016/j.jnutbio.2006.10.007.





## José Manuel Palma Martínez

*Arjona, Jaén, 1961*

Es investigador científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Se doctoró en Ciencias Biológicas por la Universidad de Granada, defendiendo su tesis sobre proteínas de guisante implicadas en la tolerancia a concentraciones altas de cobre, que realizó en la Estación Experimental del Zaidín (EEZ, CSIC) de Granada. Disfrutó de una estancia post-doctoral en el Mount Sinai School of Medicine de Nueva York (1990-1991), donde trabajó en la biogénesis de peroxisomas de levadura. Posteriormente, se trasladó al Instituto de Investigaciones Agrobiológicas (CSIC) de Santiago de Compostela, donde desarrolló una investigación basada en el estudio de antioxidantes de castaño y de minorizas. En 1992 se incorporó a la EEZ, donde ha trabajado en el metabolismo de los peroxisomas de hojas y en antioxidantes vegetales, y su relación con situaciones de estrés ejercido por metales pesados, herbicidas y senescencia. Desde 2002 es investigador principal de sendos proyectos dedicados al estudio molecular de los antioxidantes de frutos de pimiento, y la implicación de los mismos en la maduración y en la respuesta frente a estrés medioambiental. Ha publicado más de 70 artículos científicos y ha participado en numerosos congresos nacionales e internacionales. Asimismo, ha sido profesor de diversos cursos de la Universidad de Granada y participa en el Máster de Biología Agraria y Acuicultura de dicha universidad. Desde marzo de 2007 desempeña el cargo de Vicedirector de la EEZ.



