

■ Propiedades saludables y nutritivas

## Compuestos antioxidantes: parámetro de interés en fruta y hortaliza

*El contenido de antioxidantes de la fruta y hortaliza es un parámetro ya muy estimado por los consumidores. La valoración de su actividad permite estimar una característica global del producto, independientemente de su composición particular.*

Bañón, B.; Acosta, M.; Cano, A.

Dep. de Biología Vegetal, Universidad de Murcia  
marino@um.es

### Introducción

La gran competitividad en los mercados nacionales e internacionales hacen que, además de factores de productividad y temporalidad, dichos mercados y sus consumidores demanden productos de alta calidad. De este modo, son

valoradas muy positivamente aquellas características del producto que le confieren un valor añadido, como son la información sobre cualidades beneficiosas para la salud, la escasa manipulación del producto o la inexistencia de aditivos.

Los productos vegetales, además de tener un valor energético, aportan a la dieta una serie de micronutrientes tales como minerales, fibras y vitaminas. Dentro del grupo de las vitaminas proporcionadas por los vegetales cabe señalar, por su relevancia, la vitamina C (ácido ascórbico), la vitamina E (a-tocoferol) y la vitamina A, en forma de pro-vitamina (b-caroteno) (Archer y Tannenbaum, 1979; Nagy, 1980; Johnson, 1995). Más recientemente ha ganado interés el estudio de otras sustancias del metabolismo de las plantas, tales como flavonoides, carotenoides, fenoles simples, glucosinolatos, etc. Muchas de estas sustancias, además de presentar un papel bioquímico y fisiológico específico en las plantas, tienen un gran atractivo a nivel farmacológico, nutricional y agroalimentario. Estas sustancias



**Tabla 1.**

**Principales fuentes de antioxidantes en vegetales.**

<b>Vitamina C</b>	Cítricos, hortalizas de hoja, crucíferas, patatas, fresas, kiwis, melones, pimientos, tomates.
<b>Carotenos y Xantofilas</b>	Cítricos, espinacas, brócoli, judías verdes, pimientos, tomates, guisantes y zanahorias.
<b>Vitamina E</b>	Aceites vegetales, frutos secos, semillas, germen de trigo, algunas frutas y verduras.
<b>Flavonoides</b>	Piel de los vegetales y frutos coloreados, manzanas, cítricos, cebollas, patatas, piel de raíces y tallos, té.
<b>Ubiquinona-10</b>	Aceite de soja, frutos secos, germen de trigo, judías, ajos, espinacas.
<b>Glucosinolatos</b>	Brasicáceas (col, coliflor, brócoli, col de bruselas, nabo, rábano) soja, berros.

se encuentran en frutas, verduras, frutos secos, harinas, aceites vegetales, bebidas, infusiones, etc. (Tabla 1). Su consumo puede hacerse bien como productos frescos o bien como productos procesados en conservas, zumos, congelados, cocinados, salsas, etc. (Mackerras 1995; Duel, 1996; Shahidi y Naczki, 1995).

En las últimas décadas, las sustancias antioxidantes (vitaminas y otras) han adquirido una relevancia notoria, ya que, en muchos casos, ha sido demostrada su participación en la prevención de enfermedades degenerativas, como las cardiovasculares y neurológicas, diferentes tipos de cánceres y otras disfunciones relacionadas con el estrés oxidativo (Halliwell y Gutteridge, 1999; Halliwell, 1996; Harborne, 1994; Gey et al. 1991;

**Numerosas investigaciones señalan que compuestos oxidantes, que aceleran el deterioro celular, pueden ser neutralizados por antioxidantes vegetales. Las investigaciones señalan que el tomate fresco es rico en vitamina E; un importante antioxidante natural.**

**Muchas sustancias presentes en las plantas, además de jugar un papel bioquímico y fisiológico en las mismas, tienen un gran atractivo farmacológico, nutricional y agroalimentario como antioxidantes**

# EFICACIA EN RIEGO

- Tuberías emisoras
- Tuberías microirrigación
- Tuberías polietileno y accesorios
- Goteros y accesorios
- Sistemas de gestión integrada

## TwinDrops

Tel: (34) 965 28 88 51 - 965 28 85 17  
 Fax: (34) 965 11 44 39  
<http://www.twindrops.es>  
 e-mail: twindrop@arrakis.es



Duell, 1996; Riemersma, 1994; Schwartz, 1996; Ames et al. 1993).

Una de las peculiaridades de muchas de las sustancias citadas anteriormente es su capacidad para actuar como agentes antioxidantes. Generalmente, un antioxidante se puede definir como aquella sustancia natural o artificial con capacidad para neutrali-

**Determinadas características del producto fresco, como sus cualidades beneficiosas para la salud, le confieren valor añadido a ojos del consumidor, por lo cual deben ser medidas y publicitadas adecuadamente**

zar y proteger el sistema biológico frente a radicales libres, tales como los radicales de oxígeno, los de nitrógeno y los radicales orgánicos (lipídicos, etc.). Estos radicales aparecen en los tejidos, en gran cantidad, en condiciones especiales, como situaciones de estrés oxidativo (dietas inadecuadas, grandes esfuerzos físicos), en atmósferas contaminadas (humos de tabaco y otras combustiones, ozono, óxidos de nitrógeno), etc. La acumulación de estas especies provoca la aparición de daños oxidativos en el ADN, así como en las proteínas y lípidos de las membranas celulares (peroxidación de lípidos), acontecimientos íntimamente relacionados con los procesos de envejecimiento de tejidos y la aparición de enfermedades (Krinsky, 1989; Ames et al., 1993; Halliwell, 1996; Halliwell y Gutteridge, 1999).

Habitualmente, la industria alimentaria utiliza técnicas analíticas sofisticadas para conocer el contenido en los alimentos de compuestos de naturaleza antioxidante, separando y purificando



aquellos compuestos de interés. Es obvio que este tipo de metodología, encima de ser costosa en dinero y tiempo, no muestra el potencial antioxidante de un producto vegetal, puesto que son muchos y muy variados los componentes que pueden contribuir a la capacidad antioxidante del mismo, porque puede existir un efecto cooperativo entre los distintos antioxidantes (sinergismo: el efecto antioxidante neto es mayor que la suma de las actividades antioxidantes individuales) o un efecto contrario (antagonismo), ambos muy relacionados con las capacidades antioxidantes y/o prooxidantes de determinadas sustancias, por lo que el aislamiento del resto no reflejaría con exactitud su acción combinada. Por ello, en la actualidad, y en parte también debido a las restricciones en el uso de los antioxidantes artificiales, existe un evidente interés por la medida

**El tomate fresco tiene un alto contenido de antioxidantes, especialmente si este fruto se consume directamente.**

de la denominada "actividad antioxidante" que presenta un determinado alimento (Paloza y Krinsky, 1992; Halliwell, 1996; Miller et al. 1995; Stanley y Mogg, 1995). Este es un parámetro que cuantifica la capacidad de una muestra biológica compleja, o de un producto natural o artificial, para captar radicales libres. Tales enfoques presentan la ventaja de contemplar la actividad antioxidante como una característica global del producto, independientemente de su composición particular. Asimismo, este parámetro puede ser utilizado para la caracterización de la materia prima y su evolución con el procesado industrial o con las condiciones de almacenamiento y puede formar parte del control de calidad. Uno de los aspectos más interesantes que se deben aplicar en productos hortofrutícolas es la posible diferenciación entre Actividad Antioxidante Hidrofílica (debida a componentes hidrosolubles) y la Actividad Antioxidante Lipofílica (debida a componentes liposolubles). Para ello,



se deben utilizar métodos de valoración estandarizados que nos permitan comparar ambas actividades, que en conjunto mostrarán la Actividad Antioxidante Total del alimento analizado.

En estos últimos años, han aparecido nuevas metodologías con el objeto de cuantificar la actividad antioxidante de diversos productos de interés. Una actualización sobre los métodos más utilizados en la determinación del potencial antioxidante se puede consultar en las revisiones de: Halliwell y Gutteridge, 1999; Robards et al., 1999; Arnao et al. 1998a y 1999. Así, los estudios e investigaciones dirigidos al conocimiento exhaustivo de los productos hortofrutícolas y de los procesados de éstos, desde el punto de vista de su potencial antioxidante, se plantean como objetivos a corto plazo muy interesantes. Es posible que, en un futuro, sea la valoración de este tipo de características saludables de los

Figura 1

**Esquema general de reacción para estimar la actividad antioxidante utilizando compuestos cromóforos de naturaleza radical.**



productos vegetales (actividad antioxidante, actividad anticancerígena, actividad cardioprotectora, etc.) las que en mayor medida puedan contribuir a la extensión de su consumo con la consecuente mejora en la calidad de las dietas.

En este trabajo se exponen algunas de las investigaciones de nuestro grupo en el ámbito de los antioxidantes vegetales y la metodología para su estudio. También se presentan distintas aplicaciones para mostrar las posibilidades de los estudios sobre propiedades

antioxidantes de diversos productos de origen vegetal.

**Metodología**

Se han desarrollado varios métodos fotométricos para la determinación de la actividad antioxidante (Arnao et al., 1995, 1996 y 2001; Cano et al., 1996, 1998a y 2000). Estos métodos son de rápida aplicación, escasa manipulación del material biológico y bajas necesidades instrumentales, con lo que su aplicación y transferencia a empresas se ve facilita-

**La mejor fórmula**

- Asimilación rápida por la planta.
- Aportador de NPK y microelementos.
- Complejante de micronutrientes.
- Reactivador de la planta en situaciones de stres.
- Aportador de materia orgánica.
- Mejorador de las cualidades organolépticas.

- Rapid plant intake.
- NPK and micro element provider.
- Complexing Micronutrient.
- Restores plant activity in stress situations.
- Organic matter provider.
- Improves organoleptic qualities.

**JISA** LOCAL INDUSTRIALSA  
Agronutrientes

FABRICA: Antigua Azucarera, s/n  
Tel. +34 978 86 00 11 • Fax +34 978 86 00 30 • E-mail: jisa.fab@ediho.es  
44300 SANTA EULALIA DEL CAMPO (Teruel) España

OFICINA COMERCIAL: Cronista Carreres, 3 5ª H  
Tel. +34 96 351 79 01 • Fax +34 96 351 79 01 • E-mail: jisa@ediho.es  
Web: <http://www.jisa.es> • 46003 VALENCIA - España

*Estamos por la labor.*

GRUPO azucarera obros agrícolas



da. Los métodos se basan en la determinación de la reacción de un cromóforo de naturaleza radical metaestable con muestras de naturaleza antioxidante, comparando su eficacia con patrones conocidos como ácido ascórbico o Trolox (un análogo estructural de la vitamina E). En la Figura 1 se muestra un esquema general, donde la presencia de antioxidantes revierte la aparición del cromóforo-radical y, por tanto, la señal fotométrica de éste. Así, mediante una curva de dosis-respuesta se puede cuantificar la actividad antioxidante de una muestra problema. A su vez, a través de una serie de modulaciones en el sistema de reacción se puede diferenciar en la misma muestra la Actividad Antioxidante Hidrofílica (AAH, debida a componentes hidrosolubles) y la Actividad Antioxidante Lipofílica (AAL, debida a componentes liposolubles). Los métodos han sido patentados (Arnao et al., 1998c) y adaptados a lectores multimuestra en microplacas para poder aumentar considerablemente el número de análisis que hay que realizar y poder ser aplicados a una gran diversidad de materiales (Foto 1).

## Resultados y Discusión

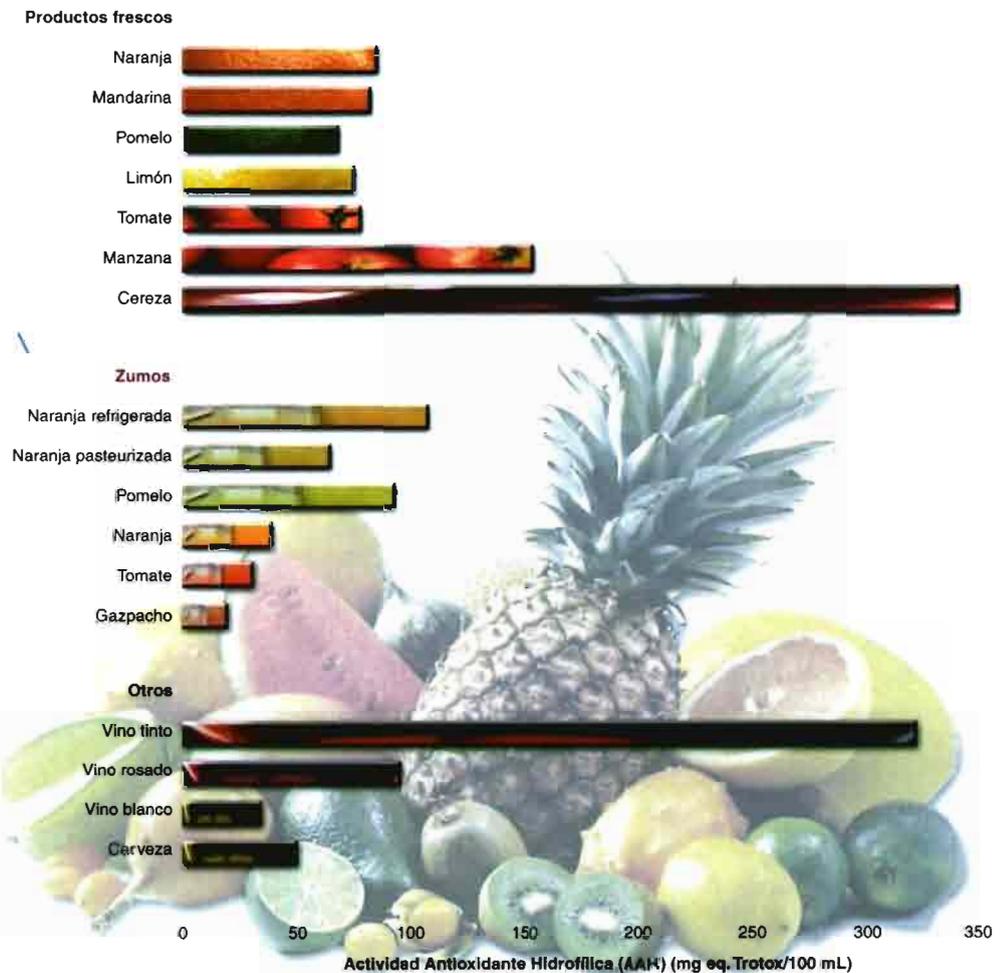
Respecto a las aplicaciones prácticas de estos métodos con materiales de origen vegetal podemos definir tres ámbitos de actuación: a) estudios dirigidos a conocer las propiedades antioxidantes de alimentos frescos; b) estudios sobre alimentos procesados en mayor o menor grado, y c) estudios sobre la evolución de las propiedades antioxidantes durante los procesos industriales.

### Estudios en alimentos frescos

Los materiales vegetales frescos presentan un excelente potencial antioxidante y, aparte de su contenido en vitaminas hidrosolubles, muestran unas actividades antioxidantes elevadas, a pesar de que su mayor o menor contenido en agua las hace variar

**Figura 2.**

**Estimaciones de la actividad antioxidante hidrofílica (AAH) de diversas fuentes, tales como frutas, hortalizas, zumos y vinos.**



cuantitativamente. Nuestros estudios han ido enfocados principalmente a frutas, aunque más recientemente hemos empezado a estudiar algunas hortalizas como tomate y alimentos derivados del mismo. La Figura 2 muestra la Actividad Antioxidante Hidrofílica (AAH, debida a componentes hidrosolubles) de distintas frutas y hortalizas. Entre los cítricos, naranja y mandarina son los que presentan mayor AAH, mas todos presentan AAH entre 70-90 mg equivalentes de Trolox/100 mL de zumo recién exprimido. En otros casos, como en tomate, presenta también una elevada AAH, aunque son los casos de pulpa de manzana y cereza los que desta-

can por su elevado contenido en antioxidantes. Sobre todo en cítricos, la AAH se correlaciona con el contenido en vitamina C, la cual contribuye a la actividad antioxidante en un porcentaje entre el 30-60 % dependiendo del cítrico. En general, las mayores AAH se relacionan con altos contenidos en vitamina C y/o con elevados niveles de antocianos. Por otra parte, un aspecto importante que se debe destacar es que existe un factor de variabilidad de la AAH con respecto a las variedades de cada fruta. Por ello, un estudio pormenorizado de la actividad antioxidante basado en las diferencias varietales sería de gran interés.



# TORRES FILM PLASTIC, S.L.

TRANSFORMACION DE MATERIAS PLASTICAS

## EXPERIENCIA, INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LAS NECESIDADES MÁS EXIGENTES

### PLÁSTICOS AGRICULTURA

- Plásticos tricapa larga duración (3 campañas)
- Plásticos tricapa larga duración (36 meses)
- Plásticos térmicos gran luminosidad
- Plásticos larga duración (2 campañas)
- Plásticos larga duración (2 años)
- Plásticos térmicos (2 campañas)
- Plásticos térmicos (24 meses)

### INDUSTRIA

- Tubos y fundas para paletizar
- Láminas retráctiles e industriales
- Tubo FFS. Envasado automático
- Sacos boca abierta
- Film coextrusión 3 capas
- Láminas impresas hasta 8 colores, cuatricomias, etc.
- Contracolados varias capas y materiales

### CONDUCCIÓN DE AGUA

- Palstocanal en diversos anchos y espesores
- Tuberías con goteros insertados e integrados



### FÁBRICA Y OFICINAS

C/ MASIA DE JUEZ, 100 (KM.3)  
46900 TORRENT (Valencia)  
Tel. +34 96 158 86 00 • Fax +34 96 158 86 25  
Web: www.xpress.es/torresfilm/  
E-mail: torres@torresfilm.es

### ESPECIALES AGRICULTURA

#### • Plástico especial desinfección de suelos

#### • Plástico anti-blackening

Film especialmente diseñado para el cultivo de rosas rojas. El ennegrecimiento de las rosas reduce su pigmentación.

#### • Plástico antivirus

La película Antivirus selecciona del sol únicamente la luz necesaria para el crecimiento y el desarrollo óptimo de las plantas, y al mismo tiempo impide la entrada de la luz necesaria para el desarrollo de las plagas.

#### • Plástico anti-botrytis

Ha sido diseñado especialmente diseñado para evitar el desarrollo de esta plaga. El compuesto EVA BOTRYFILM-TORRES se ha desarrollado especialmente para el cultivo de fresas.

Sus propiedades más importantes son:

- Buena difusión de la luz, 61%
- Transmitancia global de la luz visible: 89%
- Excelentes propiedades termoaislantes

#### • Plástico coextrusión (cultivo hidropónico)



### DELEGACIONES

#### ANDALUCÍA

C/ Thailandia, 20 portal 5 - 3ª B • 41020 SEVILLA

#### CATALUÑA

Edificio BCIN • Polígon Les Guixeres, s/n.  
08915 BADALONA (Barcelona)

Tel. 93 464 80 50 • Fax 93 464 80 50

#### MURCIA

Ctra. Nacional 301, Km. 387  
30500 MOLINA DE SEGURA (Murcia)

Tel. 968 64 05 28 • Fax 968 64 53 52

#### CANTABRIA

C/ Simón Cabarga, 2 F - 2ª • 39005 SANTANDER

Tel. 942 27 27 00 • Fax 942 27 36 15

#### PORTUGAL

Rua de Tomar Lote 3 Loja 1 - 1ª Itzq.

2410 - 187 Leiria (Portugal)

Tel. 00-351-2-44815965 • Fax 00-351-2-44851681

#### ALMERÍA

Ctra. ALP 108, Nacional 340 • PK 0,700 Margen Izquierdo

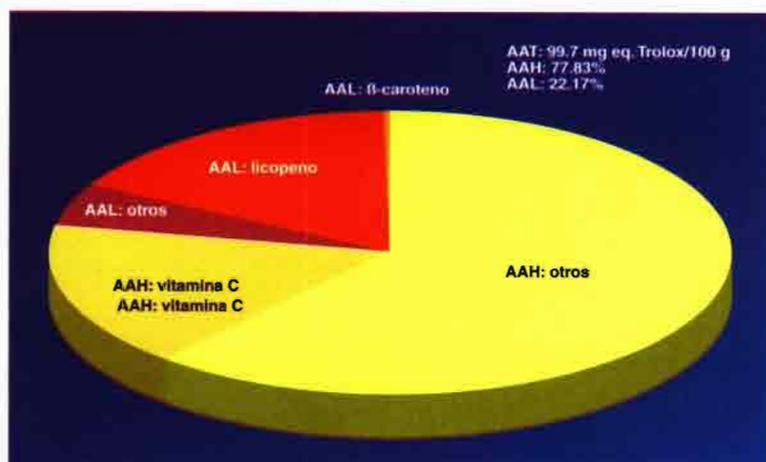
Término Municipal Vicar (Almería)

Tel. 950 60 34 85 • Fax 950 60 34 86

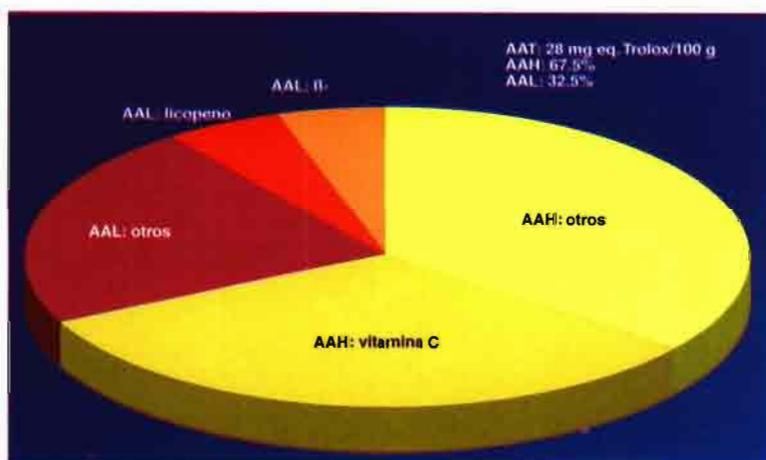


**Figura 3.**

## Estimaciones de actividad antioxidante en frutos de tomate y en gazpacho



Las sustancias antioxidantes de interés son la vitamina C y los carotenoides (licopeno y beta caroteno).



### Estudios en alimentos procesados

También los alimentos procesados presentan elevadas AAH (Figura 2). Incluso en algunos casos como en ciertos zumos de naranja, el alimento procesado indica valores más elevados que los que presenta su materia prima, aunque a veces resulta difícil comparar ambos datos por las pérdidas y/o aportaciones que se dan en el proceso de producción. En los casos en los que el alimento está conformado por varias materias primas vegetales (purés vegetales, zumos mixtos, etc.) o incluso por mezclas de zumos y otros ingredientes, como leche, cereales, etc., las determinaciones de la actividad antioxidante con

estos métodos se revelan muy prácticas, ya que debido a la complejidad de sus constituyentes, estos alimentos son más complicados en su análisis particular y se puede obtener una información muy valiosa aplicando los métodos de AAH y AAL. Un ejemplo de los productos elaborados estudiados se muestra en la Figura 2 y van desde zumos hasta purés, pasando por vinos, refrescos, cervezas, infusiones, etc.

### Estudios en procesos industriales

Otro de los ámbitos donde hemos utilizado el parámetro de la actividad antioxidante como marcador de calidad es durante el procesado de alimentos. De esta

manera, en un estudio particular con zumos de corta vida (zumos refrigerados), el análisis de la AAH durante su elaboración mostraba que el leve tratamiento térmico, al cual se someten estos zumos, incrementa sus valores de AAH, debido seguramente a la liberación y solubilización de componentes con actividad antioxidante. De modo que estos tratamientos suaves posibilitan la aparición de compuestos saludables, desde el punto de vista antioxidante. También con estos alimentos se han realizado estudios de conservación a distintas temperaturas, optimizando, mediante el parámetro AAH, los tiempos de vida media de consumo del producto.

Otro tipo de estudio es el realizado en la elaboración de vinos. Trabajando con variedades de uva tinta (Cencibel, Cabernet Sauvignon) y blanca (Airen), se ha caracterizado la materia prima (uva) y el producto embotellado (vino) y, al mismo tiempo, se ha conseguido seguir la evolución del mosto a través del proceso de vinificación. Teniendo en cuenta las diferentes etapas en el proceso de vinificación para vino tinto y vino blanco, se han obtenido datos cuantitativos de la importancia de cada una de las etapas en la evolución de las propiedades antioxidantes del vino. Igualmente hemos realizado varios estudios sobre vinos españoles de distintas denominaciones de origen (Arnao et al., 1998a; Cano et al., 1999a).

### Actividades antioxidantes hidrofílica y lipofílica

Tal vez uno de los aspectos de mayor interés sea el poder discriminar entre la Actividad Antioxidante Hidrofílica (AAH) y la Actividad Antioxidante Lipofílica (AAL). Muchos de los productos hortofrutícolas, si no todos, poseen entre sus constituyentes sustancias de carácter acuoso y oleoso y pueden mostrar propiedades antioxidantes causadas por uno u otro componente. Ambos configuran su AAT (Actividad Antioxidante Total) como la suma de la



AAH y la AAL (AAT = AAH + AAL). Esta suma sólo puede hacerse cuando los métodos utilizados para una y otra determinación son equiparables, de forma que las estimaciones sean aditivas. La Figura 3 enseña algunos ejemplos de cómo varían tanto los valores de AAT, según el producto analizado, como los porcentajes relativos de AAH y AAL. Por ejemplo, comparando frutos de tomate con un puré de gazpacho comercial, el tomate fresco presenta una AAT 3,5 veces superior, pero gran parte de su AAT (~78%) es debido a la fracción hidrofílica (AAH), sobre todo a componentes fenólicos y vitamina C. En cambio, en el gazpacho, la porción de AAL se hace más relevante (~33%) debido a la mayor diversidad en componentes lipofílicos y a la contribución del aceite de oliva virgen que contiene.

**Conclusiones y perspectivas**

La utilización de estos métodos para caracterizar materiales vegetales frescos y procesados, así como la influencia de factores de producción industrial y condiciones de almacenamiento (temperatura ambiente, refrigeración, congelación) se ha mostrado muy apropiada dada su versatilidad, mostrando las propiedades antioxidantes y organolépticas de determinados alimentos. En nuestros estudios previos, se han caracterizado diversos productos

(cítricos, frutas, hortalizas, zumos, vinos, cervezas, refrescos, infusiones,...) respecto a su potencial antioxidante, apuntando a que puede ser utilizado como factor de calidad y parámetro que hay que seguir en el control de calidad de procesos industriales (Arnao et al. 1997, 1998b y 2001; Cano et al. 1998b, 1999a y 1999b).

Evidentemente, existe todavía mucho por conocer en el campo de los antioxidantes naturales. Algunos aspectos importantes donde se debería profundizar serían:

- 1) el estudio sobre niveles de antioxidantes en distintas frutas y hortalizas de consumo relevante, con énfasis en la diversidad varietal;
- 2) efecto de las condiciones de cultivo y nutrición en las propiedades antioxidantes del producto final;
- 3) el conocimiento de las interacciones de los antioxidantes naturales con la matriz de los alimentos;
- 4) la bioactividad de compuestos naturales desconocidos;
- 5) la aparición de antioxidantes naturales nuevos tras el procesado industrial y/o el almacenamiento;
- 6) la interacción entre antioxidantes de fuentes (alimentos) de origen distinto y su repercusión en las propiedades antioxidantes globales del producto;
- 7) la absorción, biodisponibilidad y papel de los antioxidantes

naturales a nivel fisiológico.

**Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (I.N.I.A.) del Ministerio de Ciencia y Tecnología a través del proyecto CAL00-062 dentro del Programa Nacional de Alimentación 2000-2003.

También deseamos agradecer su colaboración a la empresa Alvalle S.A. (Murcia) y a la Cooperativa Cristo de la Vega (Ciudad Real). Antonio Cano Lario disfruta de una beca de formación predoctoral de la Fundación Séneca de la C.A. de la región de Murcia.

**Autores**

Dr. Marino Bañón Arnao  
Profesor Titular de Universidad  
marino@um.es

Tlfno. 968-367001. Fax: 968-363963.

Dr. Manuel Acosta Echeverría  
Catedrático de Universidad

Lcdo. Antonio Cano Lario  
Becario de Investigación

Departamento de Biología Vegetal.  
Unidad de Fisiología Vegetal.  
Universidad de Murcia. 30100-Murcia.

**Para saber más...**

<http://www.fruitveg.com>

Suscripción

**horticultura**  
**&**  
**INTERNACIONAL**

90 €

+

Libro

**La Horticultura**  
**Española**

Una edición SECH

36 €

=

**oferta**

**100 €**

Ahorro 26 €

Oferta válida hasta el 30 de octubre de 2001

Ediciones de Horticultura - Tel.: +34-977 75 04 02 - Fax: +34-977 75 30 56 - e-mail: pedidos@edho.es