

## **ANTIOXIDANTES NATURALES UNA ALTERNATIVA EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS**

Daymi Mercedes Camejo López

Prometeo de la Senescyt. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, ESPAM, Ecuador.

[daymicl@yahoo.com](mailto:daymicl@yahoo.com)

### **Abstract**

En la industria de alimentos, el proceso de oxidación es la vía más común de descomposición de los alimentos luego de la producida por microorganismos. En los alimentos las grasas, aceites y alimentos conteniendo lípidos son los más susceptibles a ser deteriorados ya sea por oxidación de sus ácidos grasos, por temperatura, luz o por el tiempo de almacenaje. De ahí que evitar o detener el proceso de oxidación de lípidos es un reto de la industria de alimento para incrementar el tiempo de vida útil de los alimentos. En este sentido los antioxidantes son aquellas moléculas adicionadas a los alimentos en su proceso de manipulación y elaboración que detienen o retardan los procesos de oxidación. En la sociedad moderna el uso de aditivos antioxidantes sintéticos cada vez es más cuestionable, y por tal razón, la investigación orientada a la obtención de antioxidantes naturales capaces de sustituir los sintéticos es de vital importancia. En esta conferencia hacemos una reflexión sobre qué son los antioxidantes, su papel en la célula, su origen en la naturaleza y los avances en la industria de alimento para su incorporación.

## INTRODUCCIÓN

Los antioxidantes son definidos como aquellas moléculas capaces de evitar o retardar la oxidación de otras moléculas por la acción de radicales libres. La reacción de oxidación es una reacción en cadena, una vez iniciada, continúa acelerándose hasta la oxidación total del sustrato. Con estas reacciones de oxidación aparecen sustancias orgánicas (como aldehídos y cetonas) capaces de modificar el olor, el sabor, el color y la textura de los alimentos, así como de producir sustancias tóxicas que disminuyen el valor nutricional de los alimentos.

Los principales componentes biológicos susceptibles de oxidación en la célula son los lípidos, proteínas y ácidos nucleicos los cual pueden cambiar su estructura, función y localización celular después de su oxidación. Los procesos de oxidación son promovidos por los radicales libres, los cuales son constantemente generados como consecuencia del metabolismo basal de la célula. Los radicales libres son cualquier especie química, entiéndase átomo, molécula o ión, que contenga al menos un electrón desapareado en su orbital más externo y es capaz de existir en forma libre en la célula. Son altamente reactivos e inestables y son capaces de reaccionar con los componentes celulares.

Las especies reactivas de oxígeno (ROS, del inglés, Reactive Oxygen Species) son aquellas derivadas de la reacción del oxígeno con electrones libres dentro de la célula, y comprende aquellas formas reactivas, siendo radicales o no, que derivan de la reacción del oxígeno (Figura 1).

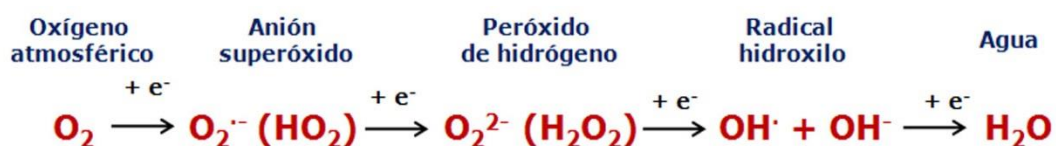


Figura: 1. Reacción de reducción del oxígeno con electrones libres presentes en la célula, para dar lugar a las sucesivas especies reactivas de oxígeno (ROS).

Sin embargo, otras especies reactivas pueden generarse en la célula no dependientes del oxígeno como son las derivas del NO y el cloruro, denominadas especies reactivas de nitrógeno (RNS, del inglés con Reactive Nitrogen Species)

y especies reactivas de cloruro (RCS, del inglés Reactive Chlorine Species), respectivamente.

Los antioxidantes pueden ser clasificados en antioxidantes enzimáticos y no-enzimáticos. Los antioxidantes enzimáticos son proteínas con actividad catalítica que transforman los radicales libres en otras especies químicas menos reactivas y más estables. Dentro de las enzimas antioxidantes descritas se encuentra la Superóxido Dismutasa (SOD, EC 1.15.1.1), localizada en el citoplasma, mitocondria y peroxisomas en la célula animal, mientras que en la célula vegetal también se ha descrito en cloroplastos. Esta enzima constituye la primera línea de defensa contra la generación de radical superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ) para generar como producto de la reacción oxígeno ( $O_2$ ) y peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) (McCords y Fridovich, 1969) (Figura 2).



*Figura 2. Mecanismo de reacción de la enzima Superóxido Dismutasa (SODs) catalizando la descomposición del  $O_2^{\cdot-}$  en oxígeno ( $O_2$ ) y agua ( $H_2O_2$ ).*

En respuesta a la generación de  $H_2O_2$  se activan en la célula enzimas como peroxidasas (Pxs, EC. 1.11.) y catalasa (CAT, EC. 1.11.1.6), capaces de descomponer el  $H_2O_2$  en agua y oxígeno.

Los antioxidantes no enzimáticos comprenden una serie de compuestos no proteicos presentes en la célula capaces de descomponer las ROS generadas durante el metabolismo basal de la célula o bajo condiciones de estrés. Entre ellos podemos citar el ácido ascórbico (vit. C),  $\alpha$ -tocoferol (vit. E), carotenos (retinol, conocido como vit. A;  $\beta$ -caroteno, licopenos), flavonoides, ubiquinol (coenzima Q), glutathion, melatonina, ácido lipoico, ácido úrico, polifenoles. Los antioxidantes no enzimáticos son los comúnmente usados en la industria de alimentos, así como en la cosmética.

Los alimentos son una fuente importante de antioxidantes, caracterizar su aporte nutricional en cuanto al contenido de antioxidantes, su estabilidad, su biodisponibilidad y su capacidad para conservar los alimentos, constituye un conocimiento básico esencial para dirigir las políticas en el sector alimentario de una sociedad moderna. En esta conferencia hacemos una reflexión sobre qué

son los antioxidantes, su papel en la célula, su origen en la naturaleza y los avances en la industria de alimento para su incorporación.

## **LOS ANTIOXIDANTES, SU USO EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS**

Los antioxidantes son moléculas orgánicas ya sean naturales o sintéticas que previenen o retardan la oxidación de lípidos. Su reacción química esta basa en la donación de un hidrógeno a los radicales libres lipídicos para restaurar la estructura de los lípidos o una donación de un hidrógeno a un radical peróxido libre para formar hidroperóxido y un radical libre antioxidante estable (Valenzuela y Nieto, 1996).

Los antioxidantes ejercen su función protectora sobre los alimentos evitando su oxidación, y ella puede ser mediada por tres vías:

1. Deteniendo la reacción de oxidación en cadena de grasas.
2. Atrapando el oxígeno disuelto en el producto, o en el ambiente modificado de su conservación.
3. Eliminando las trazas de ciertos metales, como el cobre o el hierro, que facilitan la oxidación (agentes quelantes).

La conservación de alimentos es una práctica que realiza el hombre desde hace muchos años, en un principio compuestos naturales como el cloruro de sodio, hierbas aromáticas, zumo de limón, fueron los más usados para dicho fin. El desarrollo de las tecnologías de transformación de alimentos, la ganancia de conocimiento y la producción acelerada de alimentos conllevó al reemplazamiento de lo natural por lo sintético. Las ventajas del uso de aditivos antioxidantes sintéticos es su fácil disponibilidad, su pureza, su capacidad antioxidante más uniforme y su bajo costo. En la tabla 1 se muestra los antioxidantes sintéticos con mayor uso en la industria de alimentos y que están permitidos según normativas de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Debemos de señalar que los antioxidantes sintéticos BHA, BHT, TBHQ y E310 están aprobados para el uso humano, aunque están establecidas sus

restricciones. Sin embargo, EQ es solamente aceptado para el uso de alimentos con destino animal.

*Tabla 1. Antioxidantes sintéticos permitidos en la industria de alimentos según los Comité Científico de Alimentación regidos por Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS).*

<b>Antioxidantes sintéticos permitidos en la industria de alimentos</b>
BHA, Butilhidroxianisol ó E320
BHT, Butilhidroxitoluol ó E321
TBHQ, Tertbutil-hidroquinona
Galato de propilo (E 310)
Ethoxyquina (EQ)

En la actualidad el uso de antioxidantes sintéticos es cada vez más cuestionado por los consumidores de ahí que el uso de antioxidantes naturales se impone como una necesidad demandante de la sociedad moderna. En la actualidad son muchos los intentos que se llevan a cabo para reemplazar los antioxidantes sintéticos por naturales. La mayor fuente de antioxidantes naturales son las frutas, hojas, raíz y flores de las plantas, así como los granos y semillas. Se han descrito sustancias con capacidad antioxidantes en plantas como el romero, orégano, tomillo, salvia, cacao, té, olivo, avena, ajo, cebolla roja, fresa, los cítricos, entre otros (Özcan, 2004). Sin embargo, el mayor interés en la investigación se centra en las propiedades antioxidantes del ácido ascórbico (vit. C), el tocoferol (vit. E), los carotenoides, fenoles y flavonoides (Valenzuela et al., 2003). En la table 2 se muestran los compuestos naturales con actividad antioxidantes más empleados en la industria de alimentos.

*Tabla 2. Antioxidantes naturales más usados en la industria de alimentos.*

<b>Antioxidantes naturales</b>
Ácido ascórbico (vit.C)
Tocoferol (Vit. E)
Flavonoides
Carotenoides (retinol, Vit.A)

A continuación, describiremos algunos de los avances encontrados en la obtención de estos compuestos naturales con actividad antioxidante.

## **ANTIOXIDANTES NATURALES**

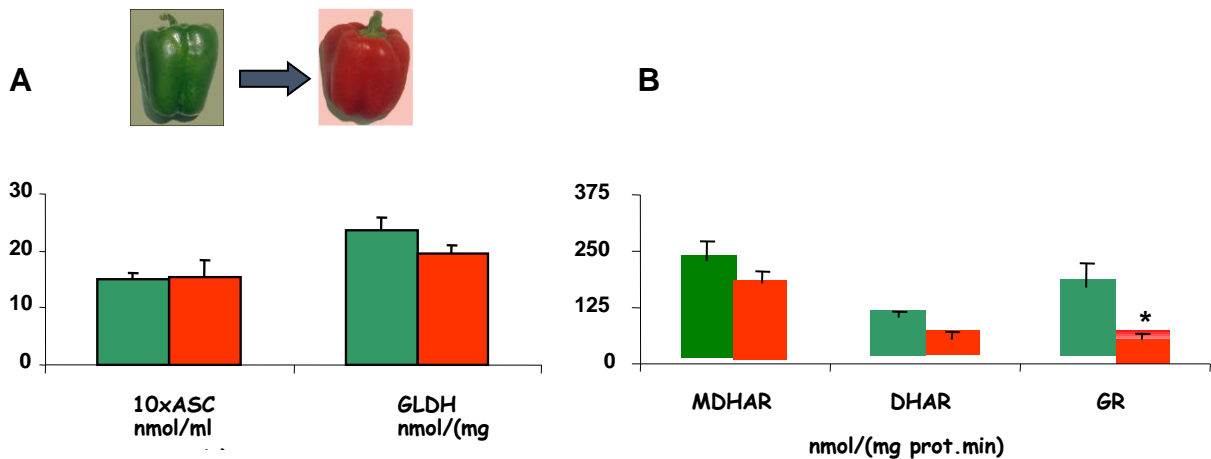
### *Ácido ascórbico*

El ácido ascórbico es considerado el candidato más atractivo para su uso en la industria de alimentos por ser un antioxidante soluble en agua y con gran poder antioxidantes que funciona como secuestrador de radicales libres ( $O_2^*$  y  $\bullet OH$ ). En su interacción con la ROS el ácido ascórbico es oxidado a dehidroascorbato, el cual es reciclado a ácido ascórbico por la enzima dehidroascorbato reductasa. El ascorbato en el medio celular también funciona como cofactor de enzimas como la ascorbato peróxidasa que participa en la descomposición del  $H_2O_2$  (Jimenez et al., 1997).

Un creciente interés despierta el uso de ácido ascórbico como antioxidante por su interacción con vitamina E. El ácido ascórbico es capaz de regenerar la forma oxidada de la vitamina E (tocopheroxyl radical) a tocoferol. Sin embargo, un papel pro-oxidante del ascorbato ha sido también descrito en determinadas condiciones, especialmente en presencia de un exceso de metales como el  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  y ascorbato. La formación del radical libre hidroxil se favorece y éste actúa como un potente oxidante de lípidos de membranas (Nimse and Palb, 2015). Estas condiciones son pocas favorables en condiciones *in vivo* pues los metales libres presentes en la célula funcionan como cofactor de enzimas para su actividad.

El contenido de ascorbato, tanto en su estado reducido como oxidado, en frutas y verduras está influenciado por la etapa del crecimiento de la planta, el estado de maduración de los frutos, por la variedad, por las condiciones climáticas, por el tratamiento post-cosecha y por la manipulación industrial (Martí et al., 2011). Estudios llevados a cabo en frutos de pimientos (*C. annuum* L.) en diferentes estados de maduración (rojo y verde) revelaron que el contenido de ascorbato y de la enzima encargada de su síntesis no cambiaron con el estado de maduración (Figura 3 A). Igualmente, la actividad de las enzimas involucradas en su generación (monodehidroascorbato reductasa, MDAR; dehidroascorbato

reductasa, DHAR) no cambiaron, excepto la enzima glutatión reductasa (GR), la cual disminuyó significativamente en pimiento rojo (Figure 3).



*Figura 3. Contenido de ascorbato y actividad L-galactona-γ-lactona dehidrogenasa (GLDH) en pimiento verde (barra verde) y rojo (barra roja) (A). Actividad de las enzimas involucradas en la generación de ascorbato (B). Monodehidroascobato reductasa (MDAR); dehidroascobato reductasa (DHAR); glutatión reductasas (GR) en pimiento rojo y verde.*

Adicionalmente se comprobó que el contenido de ROS ( $H_2O_2$  y  $O_2^{\bullet-}$ ) en el fruto estuvo influenciado por el estado de maduración. La acumulación de  $H_2O_2$  no fue alterada por la maduración, pero si la acumulación de radicales libres como el  $O_2^{\bullet-}$  el cual incrementó en frutos rojos (Camejo et al., 2015).

Estudios llevados a cabo con extracto de romero y salvia han demostrado que existen en estos extractos compuestos naturales con alta capacidad antioxidante. En extracto de romero se han identificados cuatro antioxidantes naturales: carnosol, rosmanol, isorosmanol y un romero-difenol. Estos cuatro compuestos cuando se procesa, son diterpenolactonas inodoro e insípido y entre estos, las lactonas, romero-difenol y rosmanol muestran actividad antioxidante más fuerte que BHA y BHT, pero más débil que TBHQ. Estos compuestos antioxidantes naturales han demostrado ser unos buenos estabilizadores de grasas y son termoestables y actualmente son comercializados en Europa y Estados Unidos como antioxidantes naturales (Valenzuela et al., 2002).

De los resultados obtenidos en la investigación científica surge la necesidad imperiosa de caracterizar bioquímicamente todos aquellos extractos naturales que potencialmente contengan compuestos estables con gran capacidad antioxidante. Este conocimiento nos permitirá avanzar en la posibilidad de sustituir a los antioxidantes sintéticos por naturales y hacer un uso responsable de los aditivos sintéticos añadidos a los alimentos para alarga su vida útil.

### *Tocoferoles*

La vitamina E (tocoferol) es el antioxidante natural más importante en nuestra dieta. Los tocoferoles son un grupo de sustancias mayormente liposolubles que presentan una estructura de un anillo crómico con una cola fítica y un grupo hidroxilo en la cabeza. Existen dos clases de tocoferoles: con cadenas saturadas y cadenas insaturadas. Dentro de cada grupo existen 4 estructuras homologas designadas como alfa, beta, gamma y delta, las cuales varían en su grupo de metilos alrededor de su anillo cromano (Seppanen et al., 2010). De estas cuatro estructuras solo tienen capacidad antioxidante el alfa y gamma tocoferol. Un adecuado consumo de vitamina E es vital para garantizar un nivel nutricional saludable por la incapacidad del hombre para sintetizar esta vitamina.

*El uso de tocoferoles en la industria de alimentos viene dado por su capacidad protectora frente a la oxidación de grasas, su estabilidad al calor y su actividad sinérgica con la vitamina C, el ácido cítrico y la lecitina en mezclas con determinadas concentraciones. La mayor extracción de tocoferol por vía natural se obtiene a partir de los residuos del proceso de desodorización obtenidos por la destilación de los aceites vegetales.*

### *Flavonoides*

Los flavonoides son una gran familia de compuestos naturales distribuidos ampliamente en el reino vegetal. Su papel biológico se ha descrito mediando la respuesta a la luz, controlando los niveles de las auxinas, hormona reguladora del crecimiento y diferenciación de las plantas. Funcionan también como antioxidantes descomponiendo  $O_2^{\cdot-}$ ,  $\cdot OH$ , peróxidos lipídicos o hidroperóxidos de esta manera bloquean la acción deletérea de dichas sustancias sobre las células (Saeed et al., 2012). Se ha descrito que algunos flavonoides actúan como agente quelantes en presencia de metales como  $Fe^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ , lo cual incrementa su



efectividad como antioxidantes. En el reino vegetal los flavonoides se encuentran distribuidos en: arándano, ginkgo, biloba, cardo, mariano o crataegus entre otros.

En función de sus características estructurales los flavonoides pueden clasificarse en:

1. Flavanos, como la catequina, con un grupo -OH en posición 3 del anillo C.
2. Flavonoles, representados por la quercitina, que posee un grupo carbonilo en posición 4 y un grupo -OH en posición 3 del anillo C.
3. Flavonas, como la diosmetina, que poseen un grupo carbonilo en posición 4 del anillo C y carecen del grupo hidroxilo en posición C3.
4. Antocianidinas, que tienen unido el grupo -OH en posición 3 pero además poseen un doble enlace entre los carbonos 3 y 4 del anillo C.

Se han identificado más de 5.000 flavonoides, entre los que se pueden destacar:

Citroflavonoides (quercitina, hesperidina, rutina, naranjina y limoneno).

La quercitina es un flavonoide amarillo-verdoso presente en cebollas, manzanas, brócolis, cerezas, uvas o repollo rojo. La función antioxidante de la quercitina muestra efectos sinérgicos con la vitamina C. El ácido ascórbico reduce la oxidación de la quercitina, de manera tal que combinado con ella permite al flavonoide mantener sus funciones antioxidantes durante más tiempo. Por otra parte, la quercitina protege de la oxidación a la vitamina E, con lo cual también presenta efectos sinergizantes. Se ha demostrado que la quercitina tiene una capacidad antioxidante 5 veces superior que la vit. C y la vit. E en solución acuosa y solución lipídica (Merck, 2000; Podsedek, 2005).

La hesperidina se encuentra en los hollejos de las naranjas y limones. La naranjina da el sabor amargo a frutas como la naranja, limón y toronja. El limoneno se ha aislado del limón y la lima.

Isoflavonoides (genisteína y la daidzeína)

Su abundancia en la naturaleza está asociado a aquellos alimentos con soja tales como porotos, tofu, tempeh, leche, proteína vegetal texturizada, harina, miso.

## Proantocianidinas

Estos flavonoides son más abundantes en las semillas de uva, vino tinto y extracto de corteza del pino marino.

## Antocianidinas

Son pigmentos vegetales responsables de los colores rojo y rojo-azulado de las cerezas.

## Ácido elágico

Es un flavonoide que se encuentra en frutas como la uva y en verduras.

## Catequina

Su mayor abundancia es en el té verde y negro.

## Kaemferol

Está presente en puerros, brócolis, rábano, endibias y remolacha roja.

## *Carotenoides*

Los carotenoides son los responsables de la gran mayoría de los colores amarillos, anaranjados o rojos presentes en los alimentos vegetales, y también de los colores anaranjados de varios alimentos animales. Desde el punto de vista químico, pertenecen a la familia de los terpenos con presencia de abundantes dobles enlaces conjugados y de un buen número de ramificaciones de grupos metilo, situados en posiciones constantes.

Los carotenoides se dividen en dos tipos: carotenos, que son hidrocarburos, y las xantofilas, sus derivados oxigenados. El valor biológico de los carotenos radica en su actividad vitamínica ( $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno y  $\beta$ -criptoxantina). Sin embargo, otros carotenoides como el licopeno, zeaxantina y luteína no tienen valor como vitamina A, pero sí como antioxidantes.

$\beta$ -caroteno es un carotenoide que es sintetizado por plantas y microorganismos, pero no por los animales. En la industria de alimentos el  $\beta$ -caroteno se emplea mucho como colorante alimentario. Al ser insoluble en agua, no es fácil de utilizar. Para colorear bebidas refrescantes, una de sus principales aplicaciones,

se utiliza en forma de polvo extremadamente fino, que se puede dispersar en el agua, con la ayuda de un polisacárido como la goma arábiga.

Su mayor obtención es por síntesis química, o bien por cultivo de *Dunaliella salina*, un alga microscópica que prolifera en aguas con concentraciones muy elevadas de sal.

### Licopeno

El Licopeno es otro antioxidante natural con una potencial aplicación en la industria de alimento. El licopeno no tiene actividad vitamínica, pero si es reconocido como un antioxidante (Amarowicz, 2011). El licopeno es el carotenoide más abundante en el tomate, pero está presente en otras frutas como la sandía, el pomelo, papaya, y guayaba roja. Aunque su contenido depende mucho del grado de maduración, exposición a la luz, tipo de suelo, y de la variedad. La mayor absorción del licopeno presente en las frutas se realiza después de su cocción o añadiendo aceite a los preparados como ensaladas por su naturaleza liposoluble.

### Cantaxantina

La cantaxantina se encuentra en la seta *Cantharellus cinnabarinus*, de donde se extrajo por primera vez, y de cuyo nombre latino procede el de carotenoides. También aparece asociada a otros carotenoides, como pigmento en los crustáceos y en la carne de salmón. Se utiliza extensamente como aditivo en los piensos destinados a los salmónidos, para dar color a su carne, y en el destinado a las gallinas y pollos, para dar color a la yema del huevo, a la piel y carne.

La cantaxantina se utiliza como “bronceador químico”, dado que se deposita en la piel y permite obtener un tono dorado sin necesidad de sol. Ahora bien, dosis elevadas utilizadas provocan deposición del pigmento en la retina. Por tal razón, su uso está limitado, tanto en alimentos para uso humano como en piensos con efecto “colorante”.

## Astaxantina

La astaxantina es el carotenoide más común en los animales. Es el principal pigmento responsable del color rosa de la carne del salmón o de la trucha, y también de las huevas de algunos peces. La astaxantina es también la causa del color rojo de la mayoría de los crustáceos. En los crustáceos muchas veces este pigmento está unido fuertemente a proteínas, lo cual modifica sus propiedades ópticas. En el caso del bogavante, la astaxantina está formando parte de un complejo multimérico llamado crustacianina, que es de color azulado. La desnaturalización de la proteína, por calentamiento, hace que aparezca el color del carotenoide y el típico color rosado que caracteriza al alimento.

## $\beta$ -criptoxantina

La  $\beta$ -criptoxantina es el carotenoide predominante en las naranjas. También se encuentra presente en otras frutas de color amarillo o anaranjado, como la papaya o el melocotón, en el boniato y, acompañando a la zeaxantina, en algunas variedades de maíz.

## Capsantina

La capsantina es el principal carotenoide del pimiento común (*Capsicum annuum*), pero también se encuentra en especies del mismo género, incluyendo el pimentón, el cual es usado en la industria de alimentos como colorante y aromatizante. La capsantina es un carotenoide bastante raro, no se encuentra en otros vegetales.

## Zeaxantina

La zeaxantina se encuentra distribuida entre los vegetales, acompañando a otros carotenoides. Es el carotenoide típico del maíz, y de ahí procede su nombre. También se encuentra en muchas bacterias.

## Luteína

La luteína se encuentra en muchos vegetales, como las judías verdes, las espinacas o el brócoli, aunque su color está enmascarado por el de la clorofila. Junto con la zeaxantina, es el carotenoide responsable del color de la yema de

huevo. En los pétalos de algunas flores, como el llamado “clavelón de la India”, *Tagetes erecta* (oriundo de México), en los que es muy abundante, se encuentra como mono o di ésteres de los ácidos palmítico o mirístico. Esta flor es interesante porque precisamente de ella se extrae gran parte de la luteína comercializada como suplemento para piensos, y también la utilizada en el mercado de los mal llamados “suplementos dietéticos” para humanos.

## **Conclusiones**

Teniendo en cuenta la demanda actual de la sociedad moderna en un consumo responsable y saludable de alimentos, es prioridad buscar alternativas naturales que permitan sustituir los aditivos sintéticos comúnmente usados en la industria de alimentos por productos naturales. Existen avances en este sentido, pero aún queda mucho por andar en el ámbito de la transferencia de conocimiento y en la búsqueda de compuestos naturales estables, con elevada capacidad antioxidante y de fácil manipulación en la industria. Por tal razón, el avance en el conocimiento básico de las bases bioquímicas y moleculares que rigen a los antioxidantes naturales, los métodos más eficientes de extracción de compuestos estables y con alta capacidad antioxidante, es esencial para avanzar en la tecnología de alimentos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Amarowicz A. (2011). Lycopene as a natural antioxidant. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2011, 113, 675–677 DOI: 10.1002/ejlt.201100157.

Camejo, D., Jiménez, A., Palma, J.M., Sevilla, F. (2015). Proteomic identification of mitochondrial carbonylated proteins in two maturation stages of pepper fruits. *Proteomics*, DOI 10.1002/pmic.201400370 00.

Jiménez, A., Hernández, J.A., del Río, L.A., Sevilla, F. (1997). Evidence for the presence of the ascorbate-glutathione cycle in mitochondria and peroxisomes of pea leaves. *Plant Physiol* 114, 275–284.

Martí, M. C., Camejo, D., Vallejo, F., Romojaro, F., Bacarizo, S., Palma, J.M., Sevilla, F., Jiménez, A. (2011). Influence of Fruit Ripening Stage and Harvest Period on the Antioxidant Content of Sweet Pepper Cultivars. *Plant Foods Hum Nutr*, 66, 416–423.

McCord, J.M., Fridovich, I. (1969) Superoxide dismutase: an enzymic function for erythrocyte superoxide dismutase (henocuprein). *J Biol Chem* 244, 6049–6055

Merck, S.A. Industrias Químicas: Bioflavonoides: Quercetina y Rutina. Informe a Profesionales, 2000.

Nimse, S. B., Palb, D. (2015). Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. *RSC Adv.*, 5, 27986–28006. DOI: 10.1039/c4ra13315c.

Özcan, M. (2004). Antioxidant Activities of Rosemary, Sage, and Sumac Extracts and Their Combinations on Stability of Natural Peanut Oil. *Journal of Medicinal Food*. 6(3), 267-270. doi:10.1089/10966200360716698.

Podsedek, A (2005). Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT*, 40, 1–11. doi:10.1016/j.lwt.2005.07.023.

Saeed N., Khan, M. R., Shabbir, M. (2012). Antioxidant activity, total phenolic and total flavonoid contents of whole plant extracts *Torilis leptophylla* L. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 12:221, DOI: 10.1186/1472-6882-12-221.

Seppanen, C.M., Song, Q. & Saari Csallany, A. (2010). The Antioxidant Functions of Tocopherol and Tocotrienol Homologues in Oils, Fats, and Food Systems. *J Am Oil Chem Soc* 87: 469. doi:10.1007/s11746-009-1526-9.

Valenzuela, A., Nieto, S. (1996). Synthetic and natural antioxidants: food quality protectors. *Grasas y Aceites* 47, 186-196.

Valenzuela, A., Sanhueza, J., Alonso, P., Corbari, A., and Nieto, S. (2002<sup>a</sup>). Inhibitory action of conventional food grade natural antioxidants and of natural antioxidants of new development on the thermal-induced oxidation of cholesterol. *Int. J. Food Sci. Nutr.* (submitted).

Valenzuela, A., Sanhueza, J., and Nieto, S. (2002). Thermal stability of some natural products with antioxidant activity. *J. Am. Oil Chem. Soc.* (submitted).

Valenzuela, B., Sanhueza, J., Nieto S. (2003). Natural antioxidants in functional foods: from food safety to health benefits. *Grasas y Aceites*, 54, 295-303.