



Ingredientes Funcionales de México S.A. de C.V.

Alta calidad en productos especializados que impulsan soluciones integrales para aplicaciones y desarrollos de lácteos, grasas, confitería, chocolates, panificación, pastelería, cárnicos, jugos, bebidas y mucho más en la industria de los alimentos.

PALSGAARD

Pioneros en el desarrollo de emulsificantes y estabilizantes de alta pureza.

HILMAR

Proteínas concentradas de suero de alta funcionalidad y valor nutricional.

PROLIANT

Proteínas funcionales y extractos cárnicos, además de una división de productos para la salud.

KIEVIT

Vanguardia tecnológica en la producción de grasas en polvo.

NATURAL PRODUCTS, INC.

Productores de ingredientes de soya, para la industria de alimentos.

SOUTH POLE BIOGROUP

Colorantes naturales para alimentos y productos nutracéuticos de última generación.

PALATINIT

ISOMALT y PALATINOSA, como marcas bien reconocidas para sustitución de azúcar.

BIOXITRAL

Conservador y sanitizante natural, extraído de la semilla de toronja. Evita el uso de conservadores peligrosos para la salud.

GUMIX

Amplia gama de gomas naturales para la industria como; Agar, Xantán, Guar, Tragacanto, etc.

FIBRAS, DESHIDRATADOS Y OTROS PRODUCTOS

Gran variedad de fibras vegetales, proteínas aisladas de soya, proteínas aisladas y recombinadas de leche y deshidratados vegetales, son algunos de los productos con los que complementamos nuestra línea de ingredientes para ofrecerle un servicio integral.

Compromiso y confianza

Ventas:

Tels. 5564.0593, 5574.6463

5584.6643, 5264.0580

www.ifmex.com

Sugerencias y atención a clientes: **Tel. 5264.0743**



Oxidación del Colesterol: Peligros en la Salud y el Papel de los Antioxidantes en la Prevención de Enfermedades

Alfonso Valenzuela, Julio Sanhueza y Susana Nieto-*

Los efectos citotóxicos, mutagénicos y probablemente carcinogénicos descritos para algunos oxiesteroles se han observado en modelos *in vitro*. Sin embargo, la acción aterogénica de los oxiesteroles se han demostrado en modelos *in vitro* e *in vivo*.



Foto: Alan Hudson

Importancia Biológica del Colesterol

El colesterol (colest-5-en- β -ol) es un metabolito esencial requerido en las principales funciones biológicas, como la formación de esteroides en la estructura

de la membrana celular, junto con las moléculas de los fosfolípidos, forman la parte integral de la capa bilipídica. (Spector & Yorek, 1985). El colesterol se inserta dentro de las bicapas de la membrana con su eje largo perpendicular al plano de la membrana, previ-

niendo la cristalización de las cadenas acil de las grasas al ajustarse entre ellas (Yeagle, 1985) y modificando la actividad de las enzimas enlazadas a la membrana (Valencia et al., 1999). El colesterol también proporciona la estructura de andamiaje para la síntesis



Tipper Tie México tiene la respuesta para todas las necesidades de embutido.

Ahora con las líneas de engrapadoras Tipper Tie Alpina, embutidoras y hornos Marlen, así como la línea completa de llenadoras, cubicadoras y deshebradoras marca Carruthers.



TIPPER TIE
A DOVER INDUSTRIES COMPANY

Grapas Nacionales de México, S.A. de C.V.
Cráter No. 644 Col. Jardines del Pedregal C.P. 01900, México, D.F. Tel.: (55) 5652-8960 Fax: (55) 5652-6171 E-mail: cgarcess@tippertie.com.mx

www.tippertie.com.mx

sis de esteroides y hormonas esteroideas, y para la biosíntesis de la bilis y las sales ácidas de la bilis. El colesterol juega también un papel importante en el desarrollo embrionario (Roux et al., 2000).

Los organismos obtienen el colesterol a través de la biosíntesis y la dieta. La biosíntesis del colesterol es un proceso altamente regulado que ocurre en casi todos los tejidos animales pero principalmente en el hígado, glándulas suprarrenales, ovarios y testículos de mamíferos, los cuales muestran mayor actividad biosintética. La bilis sirve como ruta de excreción del colesterol para su eliminación del cuerpo, primordialmente como colesterol unesterificado (Robins & Brunengraber, 1982). En el adulto humano, se convierten aproximadamente 400 mg de colesterol a ácidos biliares bilis por día y sólo aproximadamente 50 mg se convierten en hormonas (Ishibashi et al., 1996).

Oxidación y Autooxidación del Colesterol

El colesterol es una molécula con un enlace insaturado en la posición $\Delta 5-6$ del núcleo del esteroide, por tanto es propenso para la oxidación (Maerker, 1987). La molécula sufre una auto-oxidación por el mecanismo de radicales libres generando la formación de hidroperóxidos y posteriormente oxidación de varios productos, denominado oxisteroles. Estos productos de la oxidación son un grupo de esteroides similares en estructura al colesterol, pero contienen un oxígeno funcional adicional como un grupo hidroxilo, grupo epóxido o grupo cetona en el núcleo del esteroide o al extremo de la cadena de la molécula. Se han identificado varios oxisteroles diferentes (hasta 70) (Schroepfer,

2000), y algunos probablemente estén sin identificar. El estado físico del colesterol influye especialmente a ciertos tipos de productos oxidados. La auto-oxidación de colesterol sólido se ha estudiado extensamente y está bien documentada (Korahani et al., 1982). Cuando el colesterol está en estado cristalino y en presencia de aire, la reacción de oxidación se rige por el arreglo de las moléculas en el cristal. Las moléculas de colesterol se acomodan en capas dobles con grupos 3-hidroxilo yuxtapuestos y expuestos al extremo de la cadena.

La oxidación del colesterol puede iniciarse por la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados (Kubow, 1993). La interacción de triglicéridos con colesterol puede acelerar la oxidación del esteroide, y el colesterol puede influenciar la oxidación de triglicéridos (Kim & Nawar, 1991). Los peróxidos formados en los ácidos grasos poliinsaturados durante la oxidación lipídica puede sustraer el hidrógeno del doble enlace $\Delta 5-6$, permitiendo la formación de radicales libres dentro de la estructura del colesterol (Paniangvait et al., 1995). Estos radicales libres pueden migrar a la posición 4 o 7 de los anillos A y B respectivamente, permitiendo la reacción del oxígeno molecular en la posición 4, 5, 6 o 7. Sin embargo, la posición preferida y más estable es en el carbón 7, en donde el hidroperóxido puede formar ya sea un derivado hidroxil por descomposición (7α -hidroxicolesterol o 7β -hidroxicolesterol) o un derivado ceto- por deshidratación (7 -cetocolesterol) (Kubow, 1991). Otra posibilidad es la reacción del oxígeno molecular de radicales libres con el doble enlace, formando por adición $5,6$ -epocolesterol, que por una deshidratación posterior se puede transformar en un triol (Colestano- $3\beta,5\alpha,6\beta$ -triol). La oxidación en el lado lateral de la cadena puede producir los

derivados 20-hidroxi- o el 25-hidroxicolesterol. El oxígeno de los radicales libres muestra un comportamiento diferente como inductor de la oxidación del colesterol. Aunque los superóxidos de los radicales libres no son efectivos para inducir la oxidación, la presencia de radicales libres junto con peróxido de hidrógeno, el producto de la dismutación (o desproporción) del superperóxido de los radicales libres, ejercen un efecto pro-oxidativo fuerte (Lee et al., 1977). Esto significa que el hidroxil de los radicales libres formado en la reacción de superóxidos con peróxido de hidrógeno, puede estar involucrado en el mecanismo de oxidación (Sevanian & McLeod, 1987). La estructura de los principales oxisteroles que se pueden identificar en alimentos tradicionales del oeste se muestran en la Figura 1.

Oxisteroles en Alimentos Comúnmente Consumidos

Se ha estimado que aproximadamente el 1% del colesterol consumido en una dieta del Oeste es colesterol oxidado (van de Bovenkam et al., 1988). Las fuentes de los oxisteroles son los alimentos ricos en colesterol, como los lácteos, huevo procesado y algunos productos cárnicos. Cuando los alimentos que contienen colesterol se someten a altas temperaturas durante su elaboración y/o procesamiento, pueden formarse cantidades variables de oxisteroles; dependiendo del método analítico aplicado para su identificación. Los oxisteroles comúnmente detectados en alimentos son principalmente productos de la oxidación del colesterol: 7α -hidroxicolesterol, 7β -hidroxicolesterol, α -epocolesterol, β -epocolesterol, y 7 -cetocolesterol, los cuales se pueden encontrar en cantidades entre los nano gr a los mg/gr de muestra (Sandet et al., 1989; Paniangvait, et al., 1995).

Laboratorio de Lípidos y Antioxidantes, INTA, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Más allá de la limpieza, nos dedicamos a simplificar la vida de nuestros clientes...



velocidad resultados innovación optimización higiene velocidad resultados innovación
 eficiencia desinfección presupuesto calidad consistencia desinfección presupuesto calidad
 eficiencia sanitización eficacia simplicidad ahorro eficiencia sanitización eficacia simplic
 óns soluciones capacitación sustentabilidad legislación soluciones sustentabilidad cap
 ductividad tecnología servicio seguridad productividad tecnología servicio segurid
 icación lavado costos compromiso tiempo dedicación lavado costos compromiso tie
 ad automatización programas global rentabilidad automatización programas global



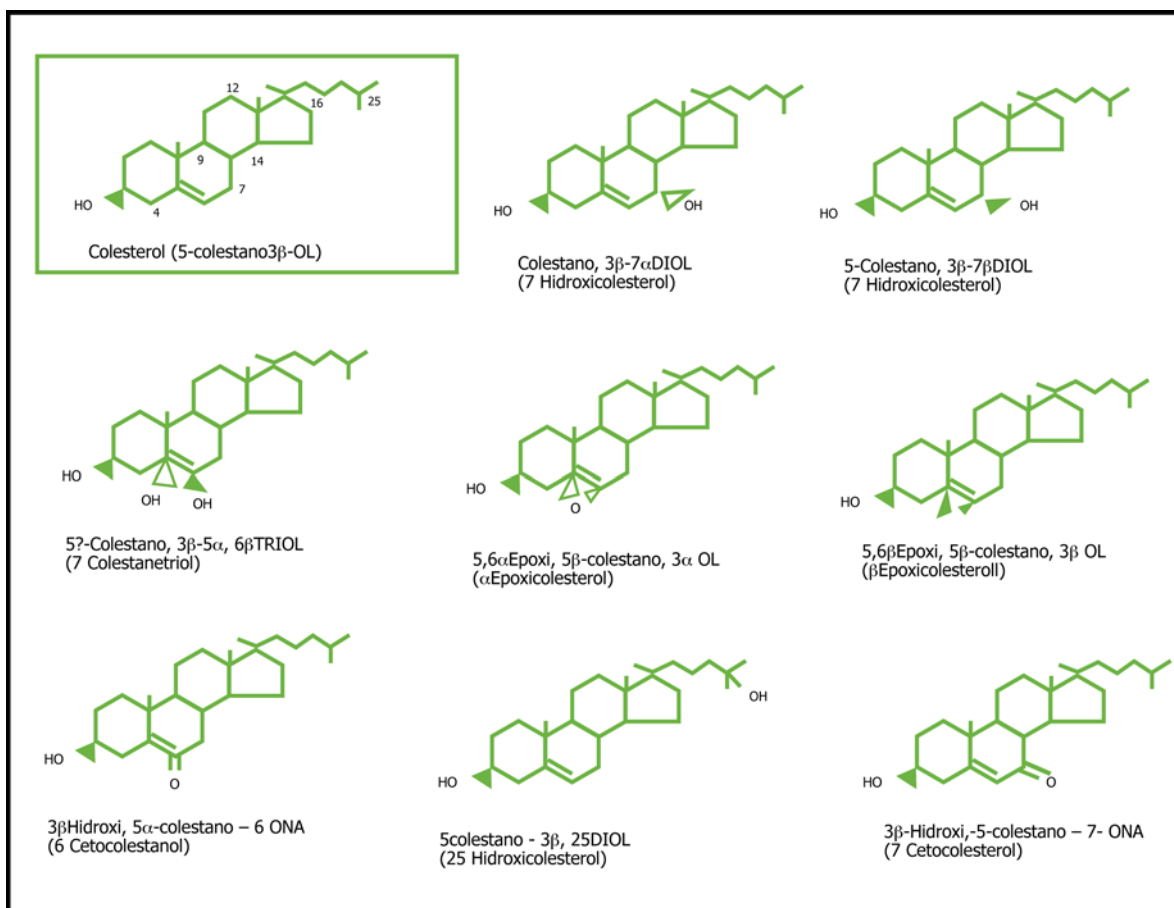
[Limpieza CIP](#) [Limpieza de Áreas y Equipos de Proceso](#) [Lavandería Textil](#) [Limpieza de Membranas](#) [Higiene Personal](#)

JohnsonDiversey ofrece las mejores y más completas soluciones de higiene para la industria de alimentos y bebidas. El amplio portafolio de productos de limpieza y sanitización, junto con los mejores expertos de la industria, hacen de JohnsonDiversey su mejor socio posible, en el cuidado de la higiene de su planta y la inocuidad de los productos que usted elabora. **Llámenos. Podemos ayudarlo.**

JohnsonDiversey México
 Tel.: +52 55 53214107
customerservicemexico@johnsondiverse.com

JohnsonDiversey Centroamérica
 Tel.: 502 23283400
servicioalcliente.centroamerica@johnsondiverse.com

JohnsonDiversey 

Figura 1. Principales Óxidos de Colesterol (Oxiesteroles)

Huevos y Productos derivados del huevo

Los alimentos que se caracterizan naturalmente por su alto contenido de colesterol son las principales fuentes de oxisteroles cuando se procesan, como los huevos y los productos derivados del huevo. En promedio un huevo contiene de 200-220 mg de colesterol, lo que es aproximadamente el doble del contenido en mantequilla y productos cárnicos secos-congelados. El huevo entero deshidratado o yema de huevo deshidratada, pero no la yema de huevo fresca, son fuentes importantes de oxisteroles cuando se utilizan para la elaboración de alimentos de conveniencia (Missler et al., 1985; Galobart et al., 2002). El contenido de oxisterol en huevos (deshidratados, secos) está en el rango de 15 a 120 μ g/g (Morgan

& Armstrong, 1992). La irradiación que se aplica para el control de *Salmonella* aumenta considerablemente la cantidad de oxisteroles en la yema de huevo en polvo de un promedio de 10 μ g/g a 470 μ g/g (Du & Ahn, 2000).

Productos Lácteos

Se ha reportado que varios productos lácteos y leche en polvo contienen óxidos de colesterol después del procesamiento (Dionisi et al., 1998). Los oxisteroles encontrados en estos productos son los mismos que se encuentran en el huevo procesado. Sin embargo, la leche fresca contiene 0 o sólo trazas de óxidos de colesterol, lo que significa que el procesamiento (ej., temperatura alta) es la fuente principal de los oxisteroles (Angulo et al., 1997). Otros productos

de la leche como los quesos, yogurt y leche evaporada, contienen cantidades muy bajas de óxidos de colesterol. El contenido de óxido de colesterol en la leche en polvo está en un rango de 1.0 – 2.5 μ g/g. Los quesos deshidratados tienen 8 – 15 μ g/g; la leche descremada en polvo, 0.01 – 0.1 μ g/g; y la leche entera en polvo, 0.2 – 0.8 μ g/g (Paniangvait et al., 1995). La cantidad de oxisteroles presente en estos productos dependen de la temperatura de procesamiento y del tiempo de almacenamiento (Nourooz-Zadeh & Appelqvist, 1988).

Carne y productos derivados de la carne

El promedio de contenido de grasa en carne magra es del 10%, peso en base húmeda, de los cuales los

triglicéridos y los fosfolípidos son los principales componentes y el colesterol es el compuesto en menor cantidad en un rango de 50 a 89 mg. La fuente principal de oxisteroles en carnes (de origen bovino, avícola y porcino) es el calentamiento durante el proceso, principalmente un sobre-calentamiento. La carne fresca y productos de carne fresca contienen 0 o trazas de óxidos de colesterol. Los oxisteroles contenidos en la carne cocida están en un rango de 180 a 1900 µg (Paniangvait et al., 1995).

Otros productos alimenticios

Se ha propuesto que el freído con aceite vegetal/animal es una fuente importante de oxisteroles en la dieta del Oeste. El ejemplo principal son las papas fritas a la francesa, las cuales junto con otros alimentos bien fritos y cocinados en grasa animal/vegetal, son considerados la fuente principal

de oxisteroles en Estados Unidos y Latinoamérica. El contenido de oxisterol en papas fritas en sebo aceite vegetal/animal puede encontrarse en el rango de 1.4 mg/g a 16.7 mg/g dependiendo del origen y/o grasa animal contenido en el aceite para freír (Paniangvait et al., 1995).

Absorción y Efectos Biológicos de los Oxisteroles

Los oxisteroles que tienden a ser más polares que el colesterol pueden ser absorbidos también en el tracto intestinal por un mecanismo similar al de la absorción de colesterol (Emmanuel et al., 1991); los oxisteroles pueden formar una parte estructural de las micelas mezcladas en el lumen del intestino delgado. Los oxisteroles pueden entrar en el torrente sanguíneo con el colesterol dietario y el colesterol biliar (colesterol endógeno) como parte de la estructura

del quilomicrón (Linseisen & Worfran, 1998). Los oxisteroles también se transportan con las lipoproteínas de baja densidad (LDL); como lo hace el colesterol y existe evidencia de que las lipoproteínas de alta densidad (HDL), realizan el transporte reverso del colesterol, y también están involucrados en el transporte de los oxisteroles de los tejidos al hígado (streuli et al., 1981; Robins & Fasulo, 1997; Rigotti, 2000).

A pesar de que una gran cantidad del porcentaje de oxisteroles se derivan de fuentes dietarias, se ha sugerido que algunos de los oxisteroles circulantes se pueden formar de la oxidación de lipoproteínas en el flujo sanguíneo y/o en el metabolismo intracelular (Linseisen et al., 1998). Los oxisteroles pueden pasar a través de las membranas lipofílicas mucho más

Purificadores de agua por medio de luz ultravioleta

Calidad, Confianza, Garantía y Servicio

Equipos desde 4 hasta 3,800 litros por minuto también contamos con:

- Portacartuchos
- Cartuchos Filtrantes
- Lámparas Germicida
- Filtros Multicapa
- Filtros Carbón Activado
- Suavizadores
- Desmineralizadores
- Ósmosis Inversa
- Generadores de Ozono
- Plantas Embotelladoras y mucho más...

Instapura
Agua purificada para siempre

Tel: **(777) 380-0791**
info@instapura.com.mx
Fax sin costo: 01800-202-3845
Subida a Chalma 2044, Lomas Tetela
62158, Cuernavaca, Mor. México
www.instapura.com.mx

Somos Fabricantes

rápido que el colesterol (Björkhem, 2002), y también se pueden formar por reacciones enzimáticas intracelulares. Se ha pensado que los hepatocitos parenquimales son el principal, si no el único, sistema enzimático funcional tipo celular que puede convertir el colesterol en derivados oxidados, llamado el sistema citocromo P-450 (Björkhem, 1994). Dentro de la familia del citocromo P-450, la actividad de la enzima 27-hidroxilasa es importante por ser responsable de la hidroxilación del colesterol lateral (Cali & Russell, 1991). Datos disponibles sugieren que los oxisteroles generados enzimáticamente pueden contar como un porcentaje significativo de oxisteroles encontrados en el suero y otros tejidos (Linseisen et al., 1998).

Oxisteroles y Aterogénesis

Los efectos citotóxicos, mutagénicos y probablemente carcinogénicos descritos para algunos oxisteroles se han observado en modelos *in vitro*. Sin embargo, la acción aterogénica de los oxisteroles se han demostrado en modelos *in vitro* e *in vivo*, por ser la mejor expresión patológica característica de la oxidación del colesterol (Staprans et al., 1998; Leonarduzzi et al., 2002) y comparable con la acción aterogénica de los isómeros de ácidos grasos trans (Valenzuela & Morgado, 1999).

Las lesiones ateroscleróticas no sólo contienen colesterol, sino que también una serie de oxisteroles (Ostlund et al., 2002). En un modelo ampliamente aceptado para patogénesis de aterosclerosis, es muy importante el impacto de las partículas de lipoproteínas de baja densidad (LDL) oxidativamente modificadas (Brown & Jessup, 1999). Además de los ácidos grasos poliinsaturados y apolipoproteínas, la fracción de colesterol del LDL puede sufrir daño oxidativo, produciendo diferentes efectos en las células objetivo (ej., macrófagos, células del músculo liso aórtico) que puedan

promover el desarrollo de aterosclerosis (Chang et al., 1997). El LDL oxidado es potencialmente más aterogénico que el LDL nativo de varias maneras:

- 1.- Es quemoatáctico para los monocitos circulantes.
- 2.- Es un inhibidor de la movilidad de macrófagos resistentes;
- 3.- Son citotóxicos para células en cultivos;
- 4.- Puede estimular la liberación del factor quemoatáctico de las células endoteliales (Rong et al., 1999).

Varios de estas características oxidativas del LDL se atribuyen al contenido de oxisterol de la lipoproteína (Leonarduzzi et al., 2002). Los oxisteroles *in vivo* se forman ya sea enzimáticamente o vía auto oxidación del colesterol. A pesar de que no se ha determinado la causa más frecuente de la oxidación *in vivo* del colesterol LDL, se considera que la contribución del hierro libre para la oxidación (a través de una auto oxidación no enzimática) es significativa (Schroepper, 2000). La contribución de los oxisteroles para la medición de la cantidad total de oxisteroles en el plasma y lipoproteínas de humanos sigue siendo poco claro.

Inhibición de la Formación de Oxisterol, el Papel de los Antioxidantes

En vista de los efectos dañinos de los oxisteroles en la salud humana, actualmente se están realizando esfuerzos para reducir o prevenir el consumo de oxisteroles. Debido a que los alimentos procesados de origen animal son la principal fuente de oxisteroles, es muy importante la prevención de su formación durante la elaboración, procesamiento, almacenamiento o preparación culinaria. Los antioxidantes, de origen sintético o natural, se aplican ampliamente para prevenir la oxidación lipídica en alimentos procesados, materia prima,

o grasas y aceites utilizados en su elaboración (Valenzuela & Nieto, 1996).

Sin embargo, la acción de los antioxidantes está dirigida para prevenir o retrasar la oxidación de los ácidos grasos. El efecto de los antioxidantes para prevenir la formación de oxisteroles se ha investigado escasamente.

Los antioxidantes son sustancias orgánicas solubles en aceite o agua que pueden buscar las formas activas del oxígeno involucrado en las etapas iniciales de la oxidación, o romper la cadena de la reacción oxidativa. Los antioxidantes pueden reaccionar con los radicales peróxido de los ácidos grasos para formar radicales antioxidantes estables, que son ya sea insuficientemente reactivos para reacciones posteriores o forman productos sin radical (Valenzuela & Nieto, 1996). Los antioxidantes sintéticos más utilizados en alimentos para humanos son: 2,6-di-tertiaributil-4-metilfenol (BHT), terciaributil-4-hidroxianisole (BHA), terciaributilhidroquinona (TBHQ) y el n-propil ester del ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico (propil galato, PG) (Dorko, 1994). En la alimentación animal también se usa el 6-etoxi-1,2-dihidro-2,4-trimetilquinolina (etoxiquina, EQ), el cual no está permitido para el consumo humano. Estos antioxidantes sintéticos se han utilizado desde hace mucho tiempo, sin embargo recientemente ha surgido preocupación debido a su posible toxicidad (Lachance et al., 2001). Los antioxidantes naturales, los cuales están presentes en cantidades variables en vegetales y frutas, hojas, flores, raíces, granos y semillas, han ganado importancia como alternativas a los antioxidantes sintéticos (Aruoma, 1997).

La investigación de las propiedades y la incidencia de antioxidantes naturales se enfoca en la vitamina E (principalmente los homólogos del tocoferol alfa, beta y gama), algunos

extractos de hierbas, como el extracto de romero, carotenoides y varios flavonoides (Valenzuela, 2002; Valenzuela et al. 2003). Ya que la oxidación del colesterol se lleva a cabo vía mecanismo de radicales libres, similar a la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados (Kubow, 1993), los antioxidantes suelen inhibir la oxidación de la grasa y aceite y también son capaces de prevenir o retrasar la oxidación del colesterol.

Sin embargo, los resultados son diferentes y algunas veces contradictorios. Morgan & Armstrong (1992) demostraron que el BHT, BHA y PG son ligeramente efectivos para retardar la oxidación del colesterol inducida por el peróxido de hidrógeno en yemas de huevos durante el secado por aspersión. Huber et al, (1995) demostraron un efecto inhibitorio significativo del BHA en la formación del oxiesterol cuando la oxidación de las yemas de huevo secadas por aspersión se catalizaba con el Cu^{2+} durante un almacenamiento acelerado a 60°C . Maerker & Unruh (1986) observaron que el BHT es incapaz de inhibir la oxidación del colesterol durante la saponificación en calientes de triglicéridos. El mismo antioxidante no puede inhibir la formación de oxiesterol de yema de huevo en polvo irradiada (Morgan & Armstrong, 1992). Recientemente se dio a conocer el efecto de los antioxidantes sintéticos BHT, BHA, TBHQ, PG y EQ en la oxidación de colesterol usando aceite vegetal como sustrato para la oxidación y monitoreo bajo condiciones del test de Rancimat 679 (Valenzuela et al., 2002). El BHE y TBHQ actúan como la mayoría de inhibidores efectivos; El BHA y EQ son menos efectivos y el PG es incapaz de inhibir la oxidación del colesterol.

Además de la función de la vitamina E, los tocoferoles son los antioxidantes naturales principales en alimentos y son importantes para la estabilidad



Foto: Edward Dullard

de aceites vegetales (Valenzuela & Nieto, 1996). Este aspecto antioxidantes de la química del tocoferol ha sido ampliamente estudiada, especialmente con respecto a la actividad antioxidante relativa del α -tocoferol, y menos exhaustivamente para los homólogos γ - y δ -tocoferol. Mientras algunos investigadores afirman que el γ -tocoferol es mejor antioxidante que el α -tocoferol (Pokorny, 1991; Lampi et al., 1999), otros investigadores reportaron una mayor eficacia del α -tocoferol como antioxidante (Yoshida et al., 1993). Las diferencias son probablemente debido a que los diferentes modelos de oxidación usados para evaluar la actividad antioxidante de estos tocoferoles. Generalmente se reconoce que el α -tocoferol tiene una mayor habilidad para donar hidrógeno que su homólogo γ -tocoferol. Frecuentemente se encontró que el último era un mejor antioxidante en sistemas en pura fase líquida, especialmente cuando se hicieron comparaciones utilizando altas concentraciones.

El efecto antioxidante del α -tocoferol contra la oxidación del colesterol

se ha estudiado en modelos de diferente complejidad, como yemas de huevo secadas por aspersión, aceite de pescado, aceite de girasol y aceite de palma (Li et al., 1996), o anchoas deshidratadas y en polvo (Shozen et al., 1997). Para todos estos modelos, el α -tocoferol se ha identificado como el antioxidante más efectivo, con mejor actividad que otros antioxidantes como el BHA y BHT.

Csallany et al., (2002) demostraron recientemente que el α -tocoferol, BHA y BHT pueden inhibir la oxidación del colesterol en presencia del anión superóxido, agua y peróxido de hidrógeno. En un modelo *in vivo*, Golabart et al (2002) demostraron que alimentar a gallinas ponedoras con aceite de linaza o aceite de girasol con acetato de α -tocoferol puede reducir la oxidación del colesterol de huevos enriquecidos con omega-6/omega-3 secados por aspersión durante su almacenamiento. Nuestro equipo recientemente reportó el efecto de α -, β -, γ -, y δ -tocoferol en liposomas que contenían colesterol, cuando se indujo la oxidación de ácidos grasos y colesterol con Fe^{2+} (Valenzuela

et al., 2002a). Bajo estas condiciones, los tocoferoles exhiben un efecto antioxidante diferente. El γ -tocoferol actúa como el antioxidante más fuerte, seguido del α -tocoferol. El δ -tocoferol y β -tocoferol carecen de actividad antioxidante. Los tocoferoles con actividad antioxidante han demostrado ser más efectivos para inhibir la formación de oxisteroles en la cadena lateral del colesterol (ej., inhibición de 20-OH y 25-OH) que en el núcleo del esteroide (ej., alfa-OH, 7 beta-OH, 5 alfa-3OH, y 7-ceto)(Valenzuela et al., 2002a).

El extracto de romero es una oleoresina natural con grado alimentario que se utiliza como antioxidante y se obtiene de las hojas perennes del arbusto del romero (*Rosmarinus officinalis*, L) (Okamura et al., 1994). El extracto contiene cuatro antioxidantes efectivos: carnosol, rosmanol, isorosmanol y rosmadifenol (Wu et al., 1982). Cuando se procesan, estos cuatro compuestos son diterpenolactonas sin olor ni sabor, y junto con estas lactonas, el rosmaridifenol y rosmanol, mostraron una actividad antioxidante más fuerte que el BHA y BHT. El efecto del extracto de romero en la oxidación del colesterol se analizó recientemente usando aceite de soya altamente purificado como un sustrato para la oxidación. Bajo estas condiciones experimentales, el extracto de romero ejerció un efecto antioxidante fuerte previniendo la oxidación del aceite de soya y del colesterol (Valenzuela et al., 2002b).

Los flavonoides componen a una bien conocida familia de sustancias naturales que tienen propiedades antioxidantes (Cook & Samman, 1996; IEM et al., 2002). Estas estructuras se encuentran en células fotosintéticas, semillas, frutas, polen y flores (Havsteen, 1983). Los flavonoides se han definido como antioxidantes de 'alto nivel' (Robak & Gryglewski,

1988; Urquiaga & Leighton, 2000). Actúan al recuperar los radicales de oxígeno involucrados en las primeras etapas de la oxidación de lípidos, como el oxígeno singlete, el radical libre superóxido o el radical libre hidroxilo (Fraga et al., 1987). La efectividad de estos flavonoides como antioxidantes para grasas y aceites se ha demostrado anteriormente (Das & Pereira, 1990; Nieto et al., 1993; Lotito & Fraga, 2000). El efecto de cuatro flavonoides, quercetina, catequina, morina y rutina se evaluó recientemente contra la oxidación del colesterol cuando se indujo la oxidación con temperatura y usando aceite de soya como sustrato para la oxidación (Valenzuela et al., 2002b). Bajo estas condiciones, la quercetina fue altamente efectiva para prevenir la oxidación del colesterol. La catequina también mostró una acción protectora pero menos eficiente que la quercetina. Los otros dos flavonoides, morina y rutina, carecieron de actividad antioxidante. La literatura no describe análisis de la oxidación de colesterol que involucre flavonoides como antioxidantes, por tanto sustancias como quercetina y catequina no se pueden subestimar como futuros antioxidantes grado alimentario y como inhibidores de la oxidación inducida con temperatura.

La información sobre los efectos de los antioxidantes naturales además de los tocoferoles en la oxidación del colesterol es limitada. En las últimas dos décadas, el interés por usar ingredientes naturales en alimentos ha aumentado dramáticamente. Se han hecho muchos intentos para reemplazar los antioxidantes sintéticos con productos naturales (Valenzuela et al., 2003). El énfasis dado a los antioxidantes naturales son el resultado de la preocupación por la toxicidad de algunos antioxidantes sintéticos y de resultados de investigadores que señalan una relación entre los ingredientes

dietarios activos, como los antioxidantes naturales, y la protección de células de radicales libres inducidos por estrés oxidativo en el cuerpo humano (Fitch-haumann, 1990).

Conclusiones

Los productos de la oxidación del colesterol pueden ser potencialmente dañinos para la salud humana. Estos productos se forman del colesterol contenido en alimentos durante el procesamiento, especialmente cuando se aplican altas temperaturas durante las etapas de la elaboración del alimento. Al paralelo con la identificación de estos productos oxidados del colesterol que pueden ser dañinos y sus acciones a nivel celular, es necesario hacer un esfuerzo para prevenir la formación de oxisterol durante diferentes etapas del procesamiento de alimentos o introducirlo dentro de la materia prima usada en su elaboración. Tanto los antioxidantes naturales como los sintéticos pueden permitir esta protección, algunos han demostrado eficientemente inhibir la oxidación del colesterol en diferentes modelos experimentales. Sin embargo se necesita más información para definir la mejor manera de aplicar antioxidantes para la prevención de la oxidación del colesterol. Este es un reto para bioquímicos, químicos en alimentos, ingenieros en alimentos y tecnólogos.

Fuente:

Biol. Res 36, 2003.
Universidad de Chile.

Traducción: I.A. Violeta Morales V.