

Luz Amparo Urango Marchena¹, Gina Alejandra Montoya Parra¹, María Adelaida Cuadros Quiroz, Diana Carolina Henao, Paula Andrea Zapata, Leidy López Mira, Erika Castaño, Ángela María Serna López, Claudia Vanesa Vanegas, María Camila Loaiza, Briana Davahiva Gómez²

Resumen

Los fitoquímicos y algunos componentes bioactivos despiertan especial interés en la comunidad científica, por ser sustancias con efectos benéficos en la salud, evidenciado por estudios que involucran efectos, acciones y prevención de riesgo en ciertas enfermedades. Las razones de interés de los consumidores por estas sustancias radica en obtener bienestar por medio de la dieta, por ello demandan información sobre los efectos de estas sustancias y de los alimentos funcionales.

Este artículo de revisión proporciona un marco de las investigaciones que evalúan la relación entre la dieta y la salud, en especial de los componentes biológicos que aportan la connotación de funcionales a los alimentos. Aunque no se consideran nutrientes esenciales algunos de esos componentes, proporcionan una importante protección para la salud junto a una adecuada nutrición. Cada compuesto revisado en este documento, muestra la relación con la salud y posibles efectos en el tratamiento de enfermedades.

Palabras clave: alimentos funcionales, carotenoides, antioxidantes, compuestos bioactivos.

1 Grupo Académico Alimentos, Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. luzurango@pijaos.udea.edu.co

2 Estudiantes, Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Como citar este artículo: Urango Marchena LA, Montoya Parra GA, Cuadros Quiroz MA, Henao DC, Zapata PA, López Mira L, et al. Efecto de los compuestos bioactivos de algunos alimentos en la salud. *Perspect Nutr Humana*. 2009;11:27-38.

Bioactive compounds on food and health-promoting properties

Abstract

Phytochemical substances are bioactive compounds that have special interest for scientist because of the health-promoting properties that have been demonstrated in scientific studies. Some consumers are interested to eat these products to be healthier; therefore they are requiring information about of the nutritional properties in functional foods which could be placed in the product advertising label.

This review focuses on researches about bioactive compounds and the relevance of functional foods for nutrition and health, bringing an overview of what is published about bioactive compounds and the relationship between diet and health. Although these compounds are not considered essential nutrients, this article discusses the biological activity of those compounds, in particular their properties and the resulting health benefits.

Keywords: functional food, carotenoids, antioxidants, health food, bioactive compounds.

INTRODUCCIÓN

La alimentación ha sido una de las necesidades y preocupaciones fundamentales del hombre. Anteriormente se creía que sólo era esencial para la entrega de los nutrientes y energía necesaria para mantener los procesos vitales, hoy impera el concepto de una alimentación saludable y equilibrada. Por esta razón los alimentos funcionales han tomado gran importancia en la alimentación actual, pues además de nutrir, aportan algunos compuestos con propiedades fisiológicas a la salud humana.

Para que un alimento sea declarado como funcional, por sus propiedades nutricionales y saludables en función de sus nutrientes, debe comprobarse con una evidencia científica válida y suficiente para justificar las declaraciones. Se debe proveer información verídica y no engañosa para ayudar al consumidor a elegir dietas saludables, apoyada por educación específica para el consumidor y que se declare que ejerce efectos benéficos sobre una o más funciones del órgano blanco, además de sus efectos nutritivos intrínsecos, apropiado para mejorar el estado de salud y bienestar y reducir el riesgo de enfermedad

(1,2). Aunque no se puede atribuir la disminución del riesgo de una enfermedad específica a la acción de una sustancia en especial, en combinación con estilos de vida saludable y un consumo constante del fitoquímico específico.

Los alimentos están compuestos por un gran número de sustancias que se clasifican principalmente en tres tipos: nutrientes, compuestos indeseables o antinutricionales y compuestos bioactivos (que pueden ser nutrientes, o compuestos que confieren características sensoriales). No se trata de comprimidos ni cápsulas, sino de alimentos, tanto de origen animal como vegetal u otro tipo de alimentos, que son fortificados y/o mejorados que forman parte de un régimen normal (2). En Colombia, se percibe poco conocimiento acerca de este tema, por lo cual es necesario investigar y promover las características favorecedoras de los alimentos funcionales, entre la población, productores de alimentos y autoridades que reglamentan en este campo. Por ello esta revisión pretende informar sobre las funciones de algunos de los compuestos bioactivos y sustancias fitoquímicas encontradas en alimentos, que constituyen un desafío científico

y por ahora, poco notificado en las etiquetas nutricionales de los productos.

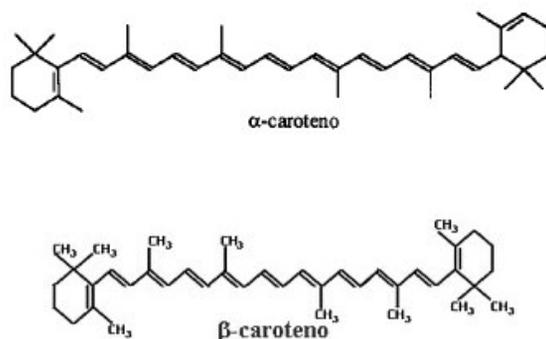
Carotenoides

Los carotenoides son un grupo de pigmentos vegetales liposolubles ampliamente distribuidos, químicamente son terpenoides con diferentes estructuras, constituidos por átomos de carbono. Ver figura 1.

Para que los carotenoides produzcan coloraciones intensas, necesitan al menos de siete enlaces dobles conjugados, estas coloraciones oscilan entre el amarillo (por ejemplo el betacaroteno), el rojo (el licopeno) y el naranjado, responsables del color de frutas, raíces, flores, pescados, invertebrados y en algunas especies de pájaros. Todos los organismos que dependen del sol para obtener energía sean bacterias o plantas, contienen carotenoides. Su efecto antioxidante hace que estos compuestos, tengan un papel esencial para proteger a los organismos evitándoles daños durante la fotosíntesis; llamado así al conocido proceso de convertir la luz solar en energía química.

Los carotenoides más comunes en los alimentos son: el fitoflueno, betacaroteno, licopeno, alfa caroteno, alfa criptoxantina, beta criptoxantina, zeaxantina, luteína, violaxantina y astaxantina.

Figura 1. Estructura de los principales carotenoides



Fuente: Fennema, 2000

En las hortalizas de hoja, el betacaroteno es el carotenoide predominante. Las frutas y hortalizas naranjadas como las zanahorias, los mangos o la calabaza, tienen concentraciones elevadas de betacaroteno. Este contenido en carotenoides de las frutas aumenta durante la maduración, si bien parte de la intensificación del color se debe a la pérdida de clorofila. Las hortalizas amarillas tienen una mayor concentración de carotenoides amarillos (xantofilas) y luteína que pueden tener beneficios importantes para la salud debido a sus efectos antioxidantes. Las legumbres, los cereales y las semillas son también fuentes importantes de carotenoides, también se encuentran en varios alimentos de origen animal, como el salmón, la yema de huevo, los mariscos, la leche y el pollo; en estos, son incorporados a través de la dieta y se almacenan en el tejido adiposo sin transformarse. Factores como la cantidad, tipo y forma física de los carotenoides en la dieta, la ingesta de grasas, interacción con otros de la misma naturaleza, vitamina E y fibra, entre otros, influyen en la absorción y utilización de la provitamina A (2,4).

Se ha puesto especial atención al desempeño de los carotenoides en varias enfermedades, entre ellas la aterosclerosis, al prevenir la formación de la placa arterial. Se ha comprobado que personas que presentaban elevadas concentraciones de licopeno, una variedad de carotenoide, en el tejido, disminuían en un 60% los riesgos de infarto, en comparación a los sujetos con bajas concentraciones de esta sustancia tanto a nivel sérico como en el tejido. De igual modo se ha observado menor riesgo de complicaciones de enfermedad coronaria en las personas que tenían un alto consumo de alimentos con buen aporte de betacaroteno y de otros carotenoides, sin tener en cuenta los factores extra consumo (5).

Del mismo modo se ha estudiado la suplementación de betacarotenos y la muerte por cáncer y aunque no se ha encontrado evidencia que confirme que la suplementación con betacaroteno disminuya la

Efecto de los compuestos bioactivos...

mortalidad, si se ha sugerido que en algunos casos puede tener un efecto protector debido a su papel como antioxidante.

En modelos animales, los carotenos estimulan la función inmunológica de los linfocitos T y B; así como pueden producir inhibición del crecimiento tumoral también disminuyen la formación de radicales libres de oxígeno, que influyen en las células responsables de la formación de la placa de ateroma de las enfermedades cardiovasculares. Está demostrado que dietas ricas en alimentos que tengan antioxidantes (frutas y verduras) reducen el riesgo de estas enfermedades (6,7). A pesar de las evidencias mencionadas es importante recordar que esta actividad antioxidante depende de una serie de factores, como su estructura química (tamaño, número de sustituyentes, configuración *cis* o *trans*, entre otros), su concentración, la presión parcial de oxígeno o su interacción con otros antioxidantes, sobre todo las vitaminas C y E. De igual forma se observó que el incremento de los niveles plasmáticos de carotenoides estaba asociado con un menor daño del ADN y una mayor actividad reparadora (4).

Los subgrupos de carotenoides menos conocidos, como son la luteína y zeaxantina, también han sido investigados por su posible papel en prevenir la degeneración macular. Estos son encontrados principalmente en las verduras de hojas verde oscuro como las espinacas, la col rizada verde y col común. Se ha propuesto que la luteína podría proteger la mácula del daño inducido por la luz tiñéndola de amarillo, actuando así como una especie de lentes de sol naturales; también actúan en la forma usual de antioxidante, neutralizando los radicales libres (8). En un estudio multicéntrico con la participación de 776 sujetos con edades entre los 55 y los 80 años, diagnosticados con un estado avanzado de degeneración macular relacionada con la edad, se asoció una alta ingesta dietética de carotenoides con una disminución del 43% en el riesgo de degeneración

macular relacionada con la edad, comparada con aquellos que consumieron bajas cantidades de estos carotenoides. Se ha sugerido como dosis mínima diaria de luteína la cantidad de 6 mg para reducir el riesgo de degeneración macular y cataratas (9).

En un estudio realizado en Estados Unidos en 2.410 sujetos que habían presentado adenocarcinoma primario de colon, se sugiere que la luteína puede ayudar en la prevención del riesgo del desarrollo del cáncer del colon; entre los alimentos que más contribuyen para este efecto son las espinacas, el brócoli, la lechuga, los tomates, las naranjas y jugo de naranja, zanahoria y apio (10). Los diferentes estudios revisados, demuestran que cada compuesto de la familia de los carotenoides tomados mediante una dieta regular, que incluya frutas y vegetales ricos en estos pigmentos, podría ayudar en la prevención de la aparición de enfermedades cardiovasculares, así como en la del daño oxidativo producido por los radicales libres.

Otro de los compuestos pertenecientes a la familia de los carotenoides es el licopeno, pigmento vegetal soluble en grasas. Es el responsable del color rojo característico del tomate, el cual se considera la mejor fuente de este compuesto, aunque también se encuentra en menor cantidad en otras frutas como la sandía, la guayaba y la toronja rosa (tabla 1). La estructura química del licopeno es muy sencilla, está constituido por una cadena alifática formada por cuarenta átomos de carbono y se caracteriza por poseer un gran número de dobles enlaces conjugados, ver figura 2. Esta estructura le confiere su alto carácter lipofílico, por lo cual se concentra en lipoproteínas de baja y muy baja densidad en fracciones del serum (11).

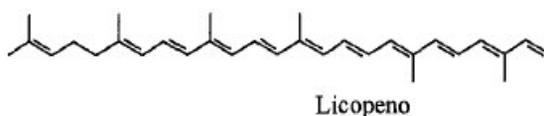
El licopeno es el carotenoide predominante en el plasma humano, se encuentra en las glándulas suprarrenales, hígado, testículos y próstata. Las propiedades funcionales del licopeno en el organismo se deben principalmente a su alta capacidad

Tabla 1. Contenido de licopeno de algunos alimentos

Producto	Licopeno (mg /100 g)	Tamaño de la porción	Licopeno (mg /ración)
Zumo de tomate	9,5	250 ml	25,0
Salsa de tomate (ketchup)	15,9	15 ml	2,7
Salsa para spaghetti	21,9	125 ml	28,1
Pasta de tomate	42,2	30 ml	13,8
Sopa de tomate (condensada)	7,2	250 ml preparada	9,7
Salsa de tomate	14,1	60 ml	8,9
Salsa de chiles	19,5	30 ml	6,7
Salsa para mariscos	17,0	30 ml	5,9
Sandía	4,0	368 g (1 rebanada 25 x 2 cm)	14,7
Pomelo rosa	4,0	123 g (1/2)	4,9
Tomate crudo	3,0	123 g (1 mediano)	3,7

Fuente: www.lycopene.org

Figura 2. Estructura del licopeno



Fuente: Fennema, 2000

antioxidante, siendo incluso, más poderoso que el betacaroteno y que la vitamina E. La acción del licopeno consiste en neutralizar radicales (óxidos y peróxidos) atenuando sus daños oxidativos, sobre los tejidos. Existen cada vez más estudios epidemiológicos, que sugieren que el consumo de licopeno tiene un efecto beneficioso sobre la salud humana, reduciendo notablemente la incidencia de las enfermedades cardiovasculares y de diversos

tipos de cáncer, especialmente de próstata, pulmón y tracto digestivo (11). Algunas investigaciones han evidenciado que el licopeno puede proteger a las lipoproteínas de baja densidad (LDL) del estrés oxidativo, lo cual puede ser de gran importancia en la disminución del riesgo de enfermedad coronaria (12-14).

El efecto de este componente del tomate en la prevención del cáncer, fue demostrado en una investigación realizada con un grupo de ancianos estadounidenses que ingirieron una dieta alta en tomates y presentaron en general un 50% menos de cáncer del tracto gastrointestinal, que el grupo de quienes no lo hicieron (15). Sin embargo, la mayor evidencia científica existe alrededor de la asociación entre el consumo de licopeno y la disminución del riesgo de cáncer de próstata. El grupo de investigación de la Universidad de Illinois realizó un estudio en

Efecto de los compuestos bioactivos...

32 pacientes con diagnóstico de cáncer de próstata, quienes consumieron un plato de pasta de tomate todos los días durante tres semanas antes de realizarles la prostatectomía. Cada plato contenía 30 mg de licopeno en salsa de espaguetis comercial. Se hicieron pruebas bioquímicas en sangre y en el tejido de la próstata, para medir la progresión del cáncer y el daño oxidativo del DNA, los resultados evidenciaron que la oxidación en los leucocitos y tejidos de la próstata disminuyó significativamente, debido a las propiedades antioxidantes del licopeno. Este compuesto causó también, un aumento en la apoptosis y una disminución en la proliferación de las células cancerígenas de la próstata (16). Adicionalmente, se han encontrado fuertes evidencias de las propiedades bioactivas del licopeno en la salud de la próstata en animales, lo que podría explicar los mecanismos de acción de este compuesto (17,18). En estudios realizados en ratas suplementadas con licopeno durante dos semanas, se evidenció que este compuesto disminuye la expresión de la enzima esteroide 5- α -reductasa, productora del 5- α -dihidrotestosterona (DHT), compuesto involucrado en la progresión del cáncer de próstata, porque bloquea la apoptosis o muerte de las células tumorales (19,20). Lo anterior podría explicar el efecto del licopeno sobre la apoptosis en la región del carcinoma.

También se ha demostrado que el licopeno disminuye la expresión de citoquinas (factor de crecimiento tipo insulínico I e interleucina 6), implicadas en el desarrollo del cáncer (21,22), igualmente disminuye la expresión de las enzimas óxido nítrico sintetasa y NADPH oxidasa, ambas generadoras de radicales libres, consideradas especies reactivas de oxígeno (ROS). Este último constituye, el mecanismo de acción mediante el cual el licopeno disminuye el daño oxidativo (12,23,24).

Es indispensable tener presente que para lograr el aprovechamiento de los efectos benéficos del

licopeno sobre la salud, este compuesto al igual que los demás carotenoides, aumenta su biodisponibilidad con la cocción y con la presencia de grasa en la misma comida, ya que el licopeno se absorbe mejor a través de las grasas y aceites, por su liposolubilidad, y el calor al permitir que se rompan las paredes celulares del fruto, aumenta la liberación del compuesto y se facilita su absorción, por ejemplo al cocinar tomates en aceite (11).

Tocoferoles y tocotrienoles

Los tocoferoles y tocotrienoles son antioxidantes liposolubles, que difieren estructuralmente por la presencia de tres dobles enlaces en la cadena carbonada en los segundos, ver figura 3. En las plantas los tocoferoles y tocotrienoles, cumplen varios objetivos relacionados con actividades fotosintéticas o no fotosintéticas, debido a su habilidad para reducir radicales libres. En los cloroplastos los tocotrienoles, están envueltos en un aparato que protege la fotosíntesis de la peroxidación lipídica; mientras que en otros tejidos, ellos protegen los ácidos grasos poliinsaturados de la oxidación. Son componentes esenciales de la dieta, porque no pueden ser sintetizados por los animales, en estos, tienen la habilidad de reemplazar los radicales libres en las membranas celulares, lo que protege del daño de los ácidos grasos poliinsaturados de la membrana celular, este daño es considerado causa de las enfermedades crónicas (desordenes neurológicos o cardiovasculares, cáncer, cataratas y enfermedades inflamatorias). Se encuentran en gran variedad de alimentos como son los aceites de origen vegetal de soya, maní, algodón y girasol; las leguminosas, y algunos cereales sin refinar (25,26) (tabla 2).

Los tocotrienoles poseen actividad neuroprotectora, anticancerígena y anticolesterolemica, propiedades que a menudo no son exhibidas por los tocoferoles. En estudios científicos sobre la actividad fisiológica de la vitamina E; se ha sugerido que los tocotrienoles

Tabla 2 Contenido de vitamina E en algunos alimentos

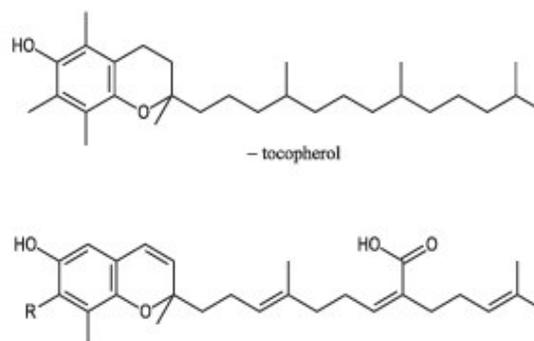
Alimento	Tamaño de la porción	mg
Aceite de germen de trigo	1 cucharada	43,6
Aceite de maíz	1 cucharada	11-14
Aceite de soya	1 cucharada	8,8-14
Aceite de girasol	1 cucharada	8,5-8,8
Aguacate	1 unidad	4
Aceite de oliva	1 cucharada	1,8
Salmón	84 g	1,3

Fuente: www.alertanutricional.org/

tienen una acción antioxidante cuarenta veces superior al alfa-tocoferol, cuando han sido comparados utilizando sistemas lipídicos bicapa similares a los de las membranas celulares (27,28). La mezcla de tocoferoles, podría ser más potente en su actividad antioxidante, en comparación con el alfatocoferol en solitario. Esto lo demuestra un estudio en el que se usó una mezcla de tocoferoles y alfatocoferol solitario, para la prevención de la agregación plaquetaria, relacionando la mezcla de tocoferoles con una mayor liberación de óxido nítrico y activación de superóxido dismutasa, que puede contribuir a conseguir un efecto sobre la agregación plaquetaria en los eventos cardiovasculares (29).

La vitamina E se ha considerado el antioxidante liposoluble más importante, localizado en el medio hidrofóbico de las membranas biológicas, cuya principal función es actuar como antioxidante natural ya que reacciona con los radicales libres que se generan en la fase lipídica, protegiendo a los lípidos de las membranas; además desempeña una función fisicoquímica en el ordenamiento de las membranas lipídicas, estabilizando las estructuras de membrana (5). En cuanto a las investigaciones sobre el posible papel preventivo de la ingestión de vitamina E en relación con el cáncer, resulta interesante el efecto de

Figura 3 Estructura del tocoferol y tocotrienol



Fuente: Fennema, 2000

ésta sobre el proceso denominado apoptosis. Este tipo de muerte celular puede estar involucrada en la eliminación de células tumorales y se caracteriza por la retención de la integridad estructural de las membranas y organelos, reducción del volumen celular, condensación de la cromatina, fragmentación nuclear y finalmente fragmentación celular en forma de cuerpos apoptóticos (30).

Estos efectos de la vitamina E dependen de la dosis, el período de exposición y el tipo de células, ya que incluso se ha descrito la inducción de eventos antiapoptóticos en algunas células neoplásicas (31). Sin embargo, estudios realizados en animales y en humanos, a los que se les ha suministrado altas dosis de vitamina E, no han podido demostrar la inducción de apoptosis en células normales. Este efecto selectivo sobre la apoptosis proporciona nuevas perspectivas sobre el uso de la vitamina E en la prevención del cáncer. También se ha propuesto que la vitamina E, previene la neurodegeneración por los procesos que lleva a cabo en la regulación específica de la neurotoxicidad provocada por la proteína tirosina quinasa, que induce la muerte celular. Las insaturaciones que poseen las cadenas laterales de vitamina E permite la penetración eficaz en los tejidos del cerebro y el hígado para la

regulación específica (32). Esto tiene concordancia con un estudio de 1.014 pacientes con Alzheimer, en donde se asoció la menor incidencia de esta enfermedad y un ritmo más lento del deterioro cognitivo, con la ingesta de vitamina E (alfatocoferol y gamma-tocoferoles), lo que sugiere que las diversas formas de tocoferol en lugar de alfatocoferol por sí solo, pueden ser importantes en la protección de la vitamina E en asociación con la enfermedad de Alzheimer (33). El alfatocoferol solo se utiliza para estimar las necesidades de vitamina E y la recomendación de ingesta diaria de vitamina E, ya que las otras formas naturales de esta vitamina, no se convierten a la alfatocoferol en el ser humano (34).

En cuanto al riesgo cardiovascular, los alfa-tocoferoles van a reaccionar con radicales libres peroxilo, a los cuales dona una molécula de hidrógeno para llegar a su transformación final en hidroperóxidos lipídicos. Sin embargo estos exhiben un carácter prooxidante, cuando se utiliza en suplementación como único agente para la prevención de la oxidación de las LDL, diferente a si se utiliza junto con otros antioxidantes, como la vitamina C, que permite la regeneración del alfa-tocoferol, neutralizando así su efecto antioxidante como lo es esta vitamina (35,36).

La recomendación diaria del Food and Nutrition Board en el año 1989 (37) fue de 8 mg de alfatocoferol para mujer y 10 mg de alfatocoferol para hombres. En la actualidad las recomendaciones se han elevado a 15 mg tanto para hombres como para mujeres y han considerado también un nivel máximo de consumo seguro de 1.000 mg. Sin embargo, en noviembre de 2004, la American Heart Association (38), estableció que altas cantidades de vitamina E pueden ser dañinas y que tomar 363 mg ó 400 IU en suplementos por día, o más, puede incrementar el riesgo de muerte. Se debe tomar en cuenta que la absorción de vitamina E es inversamente proporcional a su consumo: normalmente una persona absorbe entre el 20 y 50% del la ingesta, pero cuando ésta se incrementa la absorción decrece.

Ácidos grasos

Los ácidos grasos, componentes de todas las grasas, pueden clasificarse como saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. El primer tipo generalmente se obtiene de alimentos de origen animal, mientras que los alimentos vegetales son ricos en grasas monoinsaturadas y poliinsaturadas, aunque existen grasas de origen vegetal, que pueden ser saturadas como las obtenidas a partir de la palma y el coco. Las grasas poliinsaturadas son de gran relevancia en la alimentación de todo individuo a diferencia de las otras clases, ya que éstas se obtienen exclusivamente de la dieta. Los principales ácidos grasos de este tipo son el ácido linoleico (Omega-6), proveniente de cereales, frutos secos y semillas como el aceite de maíz, cártamo, girasol y soya; y el ácido alfa linolénico (Omega-3), presente en pescados de agua profunda, como principal fuente, aunque las cantidades de este en el aceite de linaza, de soya y canola son significativas (39). Es precisamente la incapacidad que tiene el organismo humano en producir y sintetizar los ácidos grasos, por lo que deben ser tomados en la dieta. Estudios realizados estiman que la relación óptima de ácidos grasos omega-6, omega-3 en la alimentación debe estar en torno a 5:1 o 10:1 como máximo (40).

Diversos estudios han demostrado que aunque es importante controlar la ingesta de grasa, es de más relevancia adecuar la naturaleza de la misma; debido a que un mayor consumo de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados y menos cantidad de saturados, puede prevenir enfermedades cardiovasculares y mejorar el estado de individuos que las padecen (41,42). En el caso de los omega 6, éstos tienen un efecto positivo sobre la reducción de los niveles de colesterol, aunque en cantidades excesivas pueden causar daño a nivel del ADN mitocondrial y posteriormente trastorno cardiaco. Los estudios del efecto de las dietas altas en PUFA (poliinsaturados) omega-6, colaboran en la disminución de las concentraciones de colesterol HDL y LDL. El

descenso en la concentración de HDL parece estar relacionado con una mayor degradación de la misma a nivel hepático, favoreciéndose el transporte inverso del colesterol (37).

En cuanto a los omega 3, también reducen los niveles de colesterol y triglicéridos, pero a su vez aumentan los niveles de HDL. Diferentes estudios demuestran, que una dieta rica en omega omega-3 como la que incluye aceite de canola, reduce en un 70% los eventos coronarios y las muertes cardíacas. Del mismo modo, se han comprobado los efectos protectores que tiene el omega-3 sobre el nivel cognoscitivo de los adultos mayores, en especial de los que padecen de Alzheimer, demostrándose que estos ácidos grasos desempeñan diferentes papeles en la función cerebral (44). Se ha evidenciado que el contenido de docosahexaenoico (DHA) en el tejido cerebral, está disminuido en los pacientes que sufren alguna alteración neuronal, como en el caso de la enfermedad de Alzheimer, depresión, esquizofrenia, hiperreactividad, esclerosis múltiple, isquemia y desórdenes peroxisómicos, alteraciones que mejoran tras la administración de DHA (45). Estudios epidemiológicos han mostrado una relación entre la ingesta alimentaria de grasas y el desarrollo de Alzheimer, corroborada por estudios experimentales, que han demostrado que una ingesta elevada de colesterol y grasa saturada incrementa el riesgo de sufrir esta enfermedad, mientras que el consumo de aceite de pescado lo reduce (46). Además, Morris y colaboradores (47) observaron que la ingesta semanal de pescado reducía el riesgo de desarrollar Alzheimer en una población mayor de 65 años.

Por otra parte el papel de los ácidos grasos como inmunonutrientes, principalmente los omega-3 y el oleico es una respuesta de carácter protector, de un gran número de enfermedades como la aterosclerosis, algunas infecciones persistentes, enfermedades autoinmunes como la artritis reumatoide, el lupus

eritematoso y la fibrosis pulmonar; así como la cirrosis hepática y las enfermedades inflamatorias intestinales. Las células del sistema inmune activadas (neutrófilos, eosinófilos, basófilos, monocitos y linfocitos), son susceptibles de modificar el perfil de ácidos grasos de sus membranas según el aporte de lípidos de la dieta (48). Durante la inflamación, los procesos de marginación, rodamiento, adhesión, y la posterior transmigración de los leucocitos a través del endotelio (diapédesis), están conducidos por distintos mecanismos de estimulación quimiotáctica y determinados por la fijación de moléculas de adhesión complementarias, entre la superficie de los leucocitos y de las células endoteliales. El perfil lipídico de las membranas de las células inmunitarias va a condicionar la producción de mediadores químicos, determinando así la intensidad de la respuesta (49).

Cuatro estudios clínicos han evaluado el efecto de la administración de ácidos grasos poliinsaturados omega-3, y sólo dos han mostrado su eficacia como estabilizadores de la función renal. El estudio más amplio, fue llevado a cabo en 106 pacientes, que demostró que la administración durante dos años de 12 g/d de aceite de pescado (1,8 g/d de EPA y 1,2 g/d de DHA) reduce la progresión de la enfermedad (50).

Los alimentos fuente en ácidos grasos omega-3 y omega-6, constituyen una buena opción como alimentos cardioprotectores, por lo que se deben de incluir en la dieta regularmente, a la vez que se disminuye la ingesta de ácidos grasos saturados (51). La influencia de los ácidos grasos monoinsaturados de la dieta a través del aceite de oliva, sobre los lípidos plasmáticos tiene un efecto favorable, principalmente debido a un incremento de HDLc y a una caída en los niveles de colesterol total y LDLc en el riesgo de enfermedad cardiovascular, considerando que el consumo excesivo de grasa, es tan solo un factor de riesgo dentro de la etiología de las enfermedades cardiovasculares y que se trata de un problema complejo (52).

CONCLUSIONES

Cada uno de los reportes consignados en esta revisión, conducen a describir el efecto de los diferentes compuestos bioactivos como parte del desarrollo de los procesos vitales de los seres humanos y su participación en la prevención de enfermedades. Así mismo al revisar y analizar los resultados de las investigaciones de forma rigurosa, se evidencia la acción y participación de los alimentos funcionales y sus componentes, en la ayuda en el tratamiento

y prevención de riesgos de enfermedades crónicas como cáncer y enfermedad cardiovascular principalmente. Es así, como el papel del profesional nutricionista dietista, cobra gran importancia, por el conocimiento de las cualidades no solo nutricionales, sino también funcionales, que poseen los alimentos y contribuir a prevención de enfermedades. La información sobre los beneficios para la salud de estas sustancias contenidas en diferentes fuentes alimentarias, permite crear una conciencia de consumo de alimentos naturales.

Referencias

1. Ashwell M. Conceptos sobre alimentos funcionales. Washington: International Life Science; 2004; 48p.
2. FAO. Directrices para el uso de declaraciones nutricionales y saludables: CAC/GL 23-1997. Codex Alimentarius, 22º período de sesiones (1997) y enmendadas en su 24º período de sesiones. Roma; 2001.
3. Meléndez A, Vicario I, Heredia F. Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. Arch Latinoamer Nutr. 2004;54:149-54.
4. Rodríguez BD. Carotenoides y preparación de alimentos: la retención de los carotenoides provitamina A, en alimentos preparados, procesados y almacenados. Washington: USAID; 1997.
5. Zamora J. Antioxidantes: micronutrientes en lucha por la salud. Rev Chil Nutr. 2007;34:17-26.
6. Bendich A. Symposium conclusions: Biological actions of carotenoids. J Nutr. 1989;119:135-6.
7. Blumberg JB. Considerations of the scientific substantiation for antioxidant vitamins and b-carotene in disease prevention. Am J Clin Nutr. 1995;62:1521S-6S.
8. Landrum JT, Bone RA, Kilburn MD. The macular pigment: a possible role in protection from age-related macular degeneration. Adv Pharmacol. 1997;38:537-55.
9. Solórzano H. La retinopatía y el soporte nutricional. Guadalajara: Universidad Autónoma de Guadalajara; 2006.
10. Slattery M, Benson J, Curtin K, Ma Khe-Ni, Schaeffer D. Carotenoids and colon cancer. Am J Clin Nutr. 2000;71:575-82.
11. Solórzano H. Las propiedades nutricionales del licopeno. Guadalajara Universidad Autónoma de Guadalajara; 2006.
12. Hadley CW, Clinton SK, Schwartz SJ. The consumption of processed tomato products enhances plasma lycopene concentrations in association with reduced lipoprotein sensitivity to oxidative damage. J Nutr. 2003;133:727-73.
13. Agarwal S, Rao V. Tomato lycopene and low density lipoprotein oxidation: A human dietary intervention study. Lipids. 1998;33:981-98.
14. Sharma JB, Kumar A, Kumar A. Effect of lycopene on pre-eclampsia and intra-uterine growth retardation in primigravidas. Int J Gynaecol Obstet. 2003;81:257-62.
15. Franceschi S, Bidoli E, La Vecchia C. Tomatoes and risk of digestive-tract cancers. Int J Cancer. 1994;59:181-4.
16. Stacewicz M, Bowen E. Role of lycopene and tomato products in prostate health. Biochim Biophys Acta. 2005;1740:202-20.

17. Siler U, Barella L, Spitzer V, Schnorr J, Lein M, Goralczyk R, et al. Lycopene and vitamin E interfere with autocrine/paracrine loops in the dunning prostate cancer model. *Faseb J.* 2004;18:1019-21.
18. Herzog A, Siler U, Spitzer V, Seifert N, Denelavas A, Buchwald Hunziker p, et al. Lycopene reduced gene expression of steroid targets and inflammatory markers in normal rat prostate. *Faseb J.* 2005;19:272-4.
19. Debes JD, Tindall DJ. The role of androgens and the androgen receptor in prostate cancer. *Cancer Lett.* 2002;187:1-7.
20. Kimura K, Markowski M, Bowen C, Gelmann EP. Androgen blocks apoptosis of hormone-dependent prostate cancer cells. *Cancer Res.* 2001;61:5611-8.
21. Pollak M. Insulin like growth factors and prostate cancer. *Epidemiology.* 2001;23:59-66.
22. Giri D, Ozen M, Ittmann M. Interleukin-6 is an autocrine growth factor in human prostate cancer. *Am J Pathol.* 2001;159:2159-65.
23. Kucuk O, Sarkar FH, Sakr W, Djuric Z, Pollak MN, Khachik F, et al. Phase II randomized clinical trial of lycopene supplementation before radical prostatectomy. *Cancer Epidemiol Biomark.* 2001;10:861-8.
24. Matlaga BR, Hall MC, Stindt D, Torti FM. Response of hormone refractory prostate cancer to lycopene. *J Urol.* 2001;166:613.
25. Hidalgo A, Brandolini A, Pompei C, Piscozzi R. Carotenoids and tococls of einkorn wheat (*Triticum monococcum* ssp. *Momococcum* L.) *J Cereal Sci.* 2006;44:182.
26. Chandan S, Savita K, Sashwati R. Tocotrienols: vitamin E beyond tocopherols. *Life Sci.* 2006;78:2088.
27. Rodríguez G. Funciones de la vitamina E en la nutrición humana. *Rev Cubana Aliment Nutr.* 1997;11:46-57.
28. Bayon J. Envejecimiento y piel. *Rev Med Estet.* 2003;5:1-3.
29. Liu M, Wallmon A, Olsson-Mortlock C, Wallin R, Saldeen T. Mixed tocopherols inhibit platelet aggregation in humans: potential mechanisms. *Am J Clin Nutr.* 2003;77:530-1.
30. Febles C, Soto C, Saldaña A. Funciones de la vitamina E, actualización. *Rev Cubana Estomatol.* 2002;39:34.
31. Theriault A, Chao JT, Wang Q, Gapor A, Adeli K. Tocotrienol: a review of its therapeutic potential. *Clin Biochem.* 1999;32:309-31.
32. Chandan K, Savita K, Sashwati R. Tocotrienols in health and disease: The other half of the natural vitamin E family. *Mol Aspects Med.* 2007;28:692-728.
33. Morris MC, Evans DA, Tangney CC, Bienias JL, Wilson RS, Aggarwal NT, et al. Relation of the tocopherol forms to incident Alzheimer disease and to cognitive change. *Am J Clin Nutr.* 2005;81:508-14.
34. Institute of Medicine, National Academies. Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. Washington: National Academy Press; 2000.
35. Gutiérrez A, Gómez R, Veiga H. Efectos de los antioxidantes en la prevención de patologías cardiovasculares. *Biociencias.* 2004;2:3-12.
36. Ngah WZ, Jarien Z, San MM, Marzuki A, Top GM, Shamaan NA, Kadir KA. Effect of tocotrienols on hepatocarcinogenesis induced by 2-acetylaminofluorene in rats. *Am J Clin Nutr.* 1991;53:1076S-81S.
37. Food and Nutrition Board. Dietary reference intakes: vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. Washington: National Academy Press; 1989.
38. American Heart Association. Meeting report. High doses of vitamin E supplements do more harm than good. 2004 [Citado agosto de 2008] Disponible en: www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=3026060.
39. Muñoz N. Lípidos. Bogotá: Hospital El Tunal (E.S.E); 2001.
40. Valenzuela A, Garrido G. Importancia nutricional de los ácidos grasos poliinsaturados n-3 de cadena larga: el beneficio de su suplementación. *Rev Chil Nutr.* 1998;25:21-9.

Efecto de los compuestos bioactivos...

41. Astiasarán I. Alimentos composición y propiedades. Barcelona: McGraw-Hill/Interamericana; 1999; p. 115.
42. Lorigeril M. Alpha-linolenic acid and coronary heart disease. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2004;14:162.
43. Antalis C, Stevens L, Campbell M, Pazdro P, Ericson K, Burgess J, et al. Omega-3 fatty acids, energy substrates, and brain function during aging. *Prostagl Leukot Essent Fatty Acids.* 2006;75:213-22.
44. Horrocks LA, Farooqui AA. Docosahexaenoic acid in the diet: its importance in maintenance and restoration of neural membrane function. *Prostagl Leukot Essent Fatty Acids.* 2004;70:361-72.
45. Kalmijn S, Van Boxtel MP, Ocke M, Verschuren WM, Kromhout D, Launer LJ. Dietary intake of fatty acids and fish in relation to cognitive performance at middle age. *Neurology.* 2004;27:2752-80.
46. Morris MC, Evans DA, Bienias JL. Consumption of fish and n-3 fatty acids and risk of incident Alzheimer disease. *Arch Neurol.* 2003;60:940-4.
47. García C, Aguilera G, Gil H. Importancia de los lípidos en el tratamiento nutricional de las patologías de base inflamatoria. *Nutr Hosp.* 2006;21(supl 2):45.
48. De Caterina R, Endres S, Kristensen SD, Schmidt EB. n-3 fatty acids and renal diseases. *Am J Kidney Dis.* 1994;24:397-415.
49. Aguilera MC, Ramírez T. Efectos protectores de los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados sobre el desarrollo de la enfermedad cardiovascular. *Nutr Hosp.* 2001;16:78-91.
50. Martínez-González J, Badimon L. Estatinas y ácidos grasos omega-3. Disminución de la mortalidad cardiovascular dependiente e independiente de la reducción de la colesterolemia. *Rev Esp Cardiol.* 2006;6(Supl D):20-30.