

ALIMENTOS FUNCIONALES O FITOQUÍMICOS, CLASIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Nancy Chasquibol S., Laura Lengua C., Inés Delmás, Dolores Rivera C., Dora Bazán, Rosa Aguirre M., Martha Bravo A.

Departamento de Química Analítica, Facultad de Química e Ingeniería Química
Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Resumen: Los alimentos funcionales o fitoquímicos tienen diversos beneficios en la prevención de enfermedades y contribuyen a reducir ciertas enfermedades crónicas. Se presenta el siguiente artículo como contribución para el desarrollo de esta nueva área de investigación.

Palabras clave: Alimentos funcionales o fitoquímicos, clasificación y funcionalidad.

Abstract: We described the benefits of functional or phytochemicals foods in disease prevention and health promotion. This article is a contribution for the development of this new research area.

Key words: Functional or phytochemicals foods, classification.

I. INTRODUCCIÓN

El concepto tradicional de que la dieta diaria debe proveer cantidades adecuadas de nutrientes esenciales, para el mantenimiento de una salud óptima, ha cambiado en los últimos años; los alimentos contienen también sustancias fisiológicamente activas que cumplen, al igual que los nutrientes esenciales, una función de beneficio y contribuyen a reducir la incidencia de ciertas enfermedades crónicas y, por tanto, son necesarias para una vida saludable (Caragay, 1992). Excepto los nutrientes reconocidos, la mayoría de las sustancias alimentarias permanece sin ser completamente caracterizada por sus funciones fisiológicas.

Estudios epidemiológicos en vivo, in vitro y clínicos indican que una dieta a base de vegetales puede reducir el riesgo de enfermedades crónicas, especialmente del cáncer, conforme lo demuestra la revisión de 200 estudios epidemiológicos llevada a cabo por Block y sus colaboradores en 1992, en la cual

se demuestra que el riesgo de cáncer en personas que consumen dietas altas en frutas y vegetales, es el 50 % del riesgo que se observa en personas que consumen poco de estos alimentos. La evidencia es clara de que las dietas basadas en vegetales contienen otras sustancias, además de los nutrientes tradicionales, que contribuyen a reducir el riesgo de cáncer (Steinmetz and Potter, 1991a, 1991b).

Como resultado, el interés de los consumidores por obtener dietas óptimas para mantener una buena salud, por extender los años de vida, la desconfianza hacia los alimentos "procesados" y el aumento en el mercado de los alimentos "naturales" ha creado el estado de "revolución" tecnocientífica de los "alimentos funcionales" o "alimentos diseñados" en la que cada vez más participan. La base de estos componentes es, eminentemente, de origen vegetal o fitoquímica, aunque como excepción también están incluidos los suplementos prebióticos y probióticos.

La comprensión científica de cómo estos componentes no nutricionales o fitoquímicos actúan en el organismo apenas está en sus inicios; no solo se está identificando y encontrando que aparentemente existen cientos de ellos, sino que también se está logrando establecer la forma de acción de algunos. Aunque los fitoquímicos no contribuyen con energía o material estructural al organismo, pueden cumplir importantes funciones.

Especialistas en nutrición humana, ciencia y tecnología de alimentos, mercadotecnia, etc., investigan activamente esta nueva área y se encuentran formulando nuevos productos que permitan un futuro más saludable para la humanidad.

Suplementos (píldoras, barras nutritivas y dietas líquidas) pueden ser fuentes concentradas de vitaminas, energía y fitonutrientes, pero fallan en proveer la gama completa de ingredientes naturales que un alimento provee. La absorción, distribución y metabolismo de un nutriente individual o de un fitonutriente pueden ser afectadas por estas deficiencias. Por ejemplo, las formas puras o concentradas de vitaminas en píldoras o en cápsulas pueden ser no absorbidas apropiadamente y pueden interferir con la absorción de otros nutrientes. Igualmente, los extractos de algunas sustancias fitoquímicas no son tan efectivos como cuando aquella sustancia se encuentra en su forma natural como parte de un alimentos.

Esto sugiere que algunos fitoquímicos podrían ser no metabolizados en su forma pura y que algunos necesitan la presencia de otros compuestos o componentes alimenticios para funcionar apropiadamente. Se puede concluir que no necesariamente un compuesto fitoquímico individual, sino la combinación de compuestos fitoquímicos entre sí o con otras sustancias en los alimentos es lo que favorece su absorción, transporte a los tejidos, metabolismo y su función protectora en contra de enfermedades. Este concepto merece, y es objeto, de investigación científica a fin de establecer el mecanismo de funcionamiento biológico de los fitonutrientes y de su valor en la lucha por una mejor salud y calidad de vida (Dwyer, 1996).

II. ¿QUÉ SON LOS ALIMENTOS FUNCIONALES?

No existe un acuerdo para definir en forma precisa lo que son los "alimentos funcionales". Muchos consideran que se trata de un concepto aún en desarrollo y que bien podría considerárselos como productos intermedios entre los tradicionales y la medicina. Pero podrían definirse como "cualquier alimento en forma natural o procesada, que además de sus componentes nutritivos contiene componentes adicionales que favorecen la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona".

The International Life Science Institute (ILSI) establece que se puede considerar que un alimento es funcional si se logra demostrar satisfactoriamente que posee un efecto beneficioso sobre una o varias funciones específicas en el organismo, que mejora el estado de salud y de bienestar, o bien que reduce el riesgo de una enfermedad.

La idea de los "alimentos funcionales" fue desarrollada en el Japón durante la década del '80 como una necesidad para reducir el alto costo de los seguros de salud que aumentaban por la necesidad de proveer cobertura a una población cada vez mayor en edad, gracias a los avances en cuidado médico y una buena nutrición (Anónimo, 1991). El término se refería a alimentos procesados que contienen ingredientes que ayudan a ciertas funciones específicas del organismo, además de ser nutritivos: "alimentos para uso específico de salud" (*foods for specified health use* o FOSHU); estos alimentos son elegibles para llevar un sello de aprobación del Ministerio de Salud y Bienestar (Arai, 1996). Más de 100 productos tienen licencia FOSHU en el Japón (Hasler, 1998).

De acuerdo a los japoneses, los "alimentos funcionales" pueden clasificarse en tres categorías:

1. Alimentos a base de ingredientes naturales.
2. Alimentos que deben consumirse como parte de la dieta diaria.

3. Alimentos, que al consumirse cumplen un papel específico en las funciones del cuerpo humano, los cuales son:
- a) mejoramiento de los mecanismos de defensa biológica;
 - b) prevención o recuperación de alguna enfermedad específica;
 - c) control de las condiciones físicas y mentales, y,
 - d) retardo en el proceso de envejecimiento.

En los Estados Unidos la categoría de alimentos funcionales no está legalmente reconocida. A pesar de esto, muchas organizaciones han propuesto definiciones para esta nueva área de las ciencias de los alimentos y de la nutrición.

El Directorio de Alimentos y Nutrición del Instituto de Medicina ha definido a los alimentos funcionales como "cualquier alimento o ingrediente alimentario que pueda proporcionar beneficios de salud, además de los tradicionalmente nutricionales" (IOM/NAS, 1994).

Otros términos creados para caracterizar los "alimentos funcionales" son:

- Alimentos genéticamente diseñados
- Farmacoalimentos
- Fitoalimentos, fitonutrientes
- Alimentos inteligentes
- Alimentos terapéuticos
- Alimentos de valor añadido
- Alimentos genómicos
- Prebióticos/Probióticos
- Fuentes fitoquímicas

El término "fitoquímico" constituye la evolución más reciente del término "alimentos funcionales" y enfatiza las fuentes vegetales de la mayoría de los compuestos preventivos de enfermedades.

III. CLASIFICACIÓN Y FUNCIONALIDAD DE LOS COMPUESTOS FITOQUÍMICOS

1. Terpenos

Los terpenos funcionan como antioxidantes, que protegen a los lípidos, a la sangre y a

otros fluidos corporales contra el ataque de radicales libres, algunas especies de oxígeno reactivo, grupos hidroxilos, peróxidos y radicales superóxidos. Los terpenos más intensamente estudiados son los carotenoides y los limonoides.

En estudios experimentales, los terpenos previenen la aparición del cáncer en muchos órganos como los pulmones, las glándulas mamarias, el colon, el estómago, la próstata, el páncreas, el hígado y la piel ¹

1.1 Carotenoides. Esta subclase de terpenos se encuentra en los pigmentos de color amarillo intenso, naranja y rojo de los vegetales como el tomate, el perejil, la naranja, la toronja roja, la espinaca, el aceite de palma, la yema de huevo, etc. La familia de los carotenoides, de los cuales existen más de 600 compuestos, incluyen dos tipos de moléculas: carotenos y xantofilas.

Los carotenos, incluyen alfa, beta y epsilon-caroteno, los únicos que poseen actividad como vitamina A. El beta-caroteno es el más activo. Estos carotenos, conjuntamente con el gama-caroteno, el licopeno y la luteína (que no tienen actividad como vitamina A), parecen ofrecer protección contra el cáncer de los pulmones, cáncer colorectal, cáncer de las glándulas mamarias, cáncer del útero y cáncer de la próstata (Bendich y Olson, 1989). Los carotenos tienen un efecto favorable para el sistema inmunológico y protegen a la piel contra la radiación ultravioleta (Bendich, 1989).

1.1.1 Beta-Caroteno

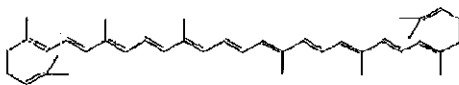
El licopeno, presente en forma abundante en tomates, toronjas rojas, sandías y pimientos rojos, es el carotenoide encontrado en más alta concentración en el plasma sérico humano. Su concentración (0.5 mmoles/L de plasma) constituye aproximadamente el 50% de los carotenoides totales.

Estudios llevados a cabo durante seis años por las Escuelas de Medicina y de Salud Pública de la Universidad de Harvard

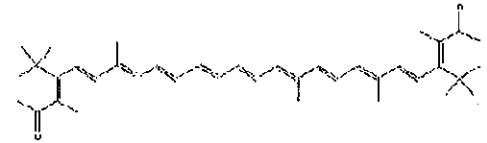
(Giovannucci, *et al*, 1995) en las dietas de más de 47 000 sujetos indican que de 46 frutas y vegetales evaluados, sólo los productos de tomate (que contienen altos niveles de licopeno) tales como pizza y salsa de tomates podrían reducir el riesgo de cáncer de la próstata. La actividad biológica del licopeno incluye su acción antioxidante y el control del crecimiento celular, pero no su actividad como vitamina A (Stahl y Sies, 1996).

Los beneficios de salud del licopeno pueden lograrse por el consumo de dos vasos de jugo de tomates (540 mL) diarios. El licopeno ingerido es almacenado en el hígado, los pulmones, la próstata, el colon y la piel. Su concentración en los tejidos corporales tiende generalmente a ser más alta que la de otros carotenoides.

Otros estudios que se están llevando a cabo en varios centros de investigación sugieren que el licopeno podría reducir el riesgo a la degeneración muscular, oxidación de lípidos séricos y el cáncer de los pulmones, de la vejiga, de la cervix y de la piel (Gerster, 1997). Giovannucci en una revisión de la literatura sobre licopeno y cáncer (Giovannucci, 1999) concluye que aunque la evidencia indica efectos beneficiosos del licopeno, es necesario considerar que muchos otros componentes potencialmente benéficos están presentes en los tomates y otros productos vegetales, y cuya interacción entre sí y con el licopeno podrían contribuir a los efectos anticancerígenos observados y esto necesita mayores estudios y confirmación.



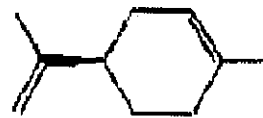
Licopeno



Cantaxantina

Las xantofilas son importantes porque parecen ejercer una función protectora en favor de la vitamina A, la vitamina E y otros carotenoides, en contra de los procesos de oxidación. La criptoxantina podría tener un alto efecto protector para los tejidos vaginal, uterino y cervical (Parker, 1989).

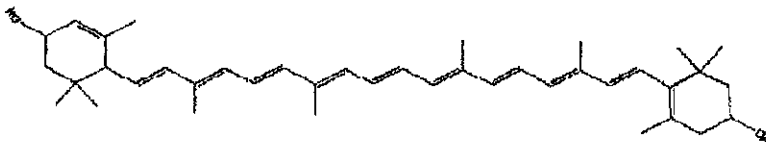
1.2 Limonoides. Esta subclase de terpenos (d-limoneno, pineno, eucalipto) se encuentra en la cáscara de frutas cítricas; parece estar específicamente destinada a la protección del tejido pulmonar. Además los limonoides parecen actuar como agentes quimo preventivos específicos (Nair, *et al*, 1984). En algunas pruebas preliminares, pacientes de cáncer reciben limoneno oralmente para probar su efectividad terapéutica.



d-Limoneno



Pineno

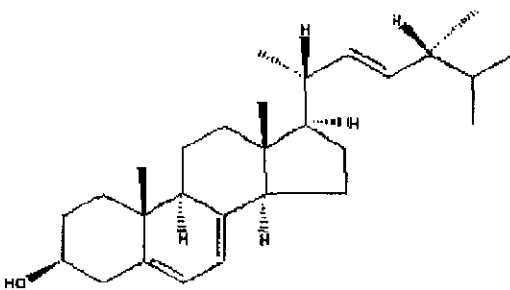


Xantofila

Basados en estudios experimentales, los fitoquímicos de esta clase se encuentran en pequeñas cantidades en los aceites de cáscara de naranjas y otros frutos cítricos, así como también en otras frutas. Estos compuestos dan a estos aceites su fragancia característica. El limoneno, por ejemplo, se encuentra principalmente en las cáscaras de naranjas y limones y actúa como inhibidor de la reacción de isoprenilación, como un mecanismo para prevenir la expresión oncogénica y controlar de esa manera el crecimiento celular. El alcohol perillífilo, presente en las cerezas, es un metabolito que se parece mucho en su estructura química al limoneno y es cinco veces más potente que éste como anticancerígeno.

2. Fitoesteroles

Los fitoesteroles están presentes en la mayoría de las plantas. Los vegetales verdes y amarillos contienen cantidades significativas, con alta concentración en las semillas. La mayor parte de las investigaciones acerca de estos fitonutrientes se han llevado a cabo en semillas de calabazas, soya, arroz y hierbas y han demostrado que los fitoesteroles tienen habilidad para bloquear la absorción del colesterol.



Ergosterol - Provitamin D₂. Un Fitoesterol

Algunas investigaciones han revelado que los fitoesteroles bloquean el desarrollo de tumores en el colon, en las glándulas mamarias y en la próstata. Los mecanismos por los cua-

les esto ocurre no están claramente establecidos, pero se conoce que los fitoesteroles alteran los mecanismos de transferencia a través de la membrana celular durante el crecimiento de tumores y reducen la inflamación.

3. Fenoles

Estos fitonutrientes incluyen un numeroso grupo de compuestos que han sido sujeto de una extensiva investigación como agentes preventivos de enfermedades.

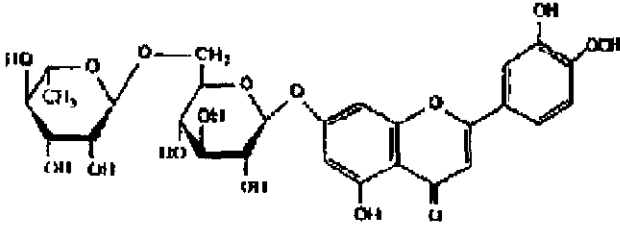
Los fenoles protegen a las plantas contra los daños oxidativos y llevan a cambio la misma función en el organismo humano. Las coloraciones azul, azul-rojo y violeta característicos de ciertas variedades de cerezas y uvas y el color púrpura de la berenjena se deben al contenido fenólico de estos vegetales. La característica principal de los compuestos fenólicos es su habilidad para bloquear la acción de enzimas específicas que causan inflamación. Los fenoles también modifican los pasos metabólicos de las prostaglandinas, y por lo tanto, protegen la aglomeración de plaquetas (Hertog, *et al*, 1993). Basados en los datos obtenidos de estudios experimentales, parece que existen algunos posibles mecanismos para la acción de los fenoles. Estos inhiben la activación de carcinógenos, y por lo tanto, bloquean la iniciación del proceso de carcinogénesis. Los fenoles son también antioxidantes y como tales atrapan radicales libres, y previenen que éstos se unan y dañen las moléculas de ácido deoxiribonucleico (DNA), un paso crítico en la iniciación de los procesos carcinogénicos. Como antioxidantes, los fenoles también previenen la peroxidación de lípidos, los cuales, siendo radicales libres pueden causar daño estructural a las células normales. El daño estructural a las membranas de las células normales interfiere con el transporte de moléculas a través de éstas afectando el crecimiento y proliferación celular.

El grupo de los fenoles incluye a los flavonoides y sus subgrupos las antocianidinas, las catequinas, los ácidos gálicos y las isoflavonas.

3.1. Flavonoides. Los flavonoides incluyen las flavonas y las isoflavonas, las cuales se encuentran en varias frutas y vegetales. La soya y el tofú son ricas fuentes de flavonoides no cítricos; las frutas cítricas son ricas fuentes de flavonoides cítricos, incluyendo los

mostrado que diosmina y hesperidina inhiben carcinogénesis por reducción de los niveles de poliaminas (So, *et al*, 1996; American Institute for Cancer Research, 1996).

Algunos tumores acumulan poliaminas y su tratamiento con compuestos fitoquímicos ta-



Diosmina

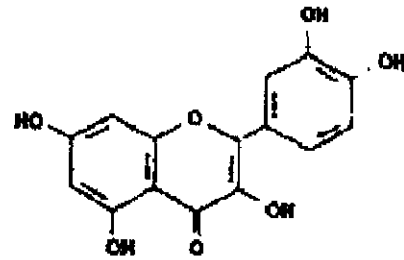
compuestos diosmina y hesperidina, que son encontrados en toronjas y naranjas. Estos compuestos favorecen también los efectos del ácido ascórbico (vitamina C).

les como diosmina y hesperidina (también llamada por algunos, vitamina P) disminuye los niveles de poliaminas; esto a su vez disminuye la proliferación de tumores celulares.

Los flavonoides han sido agrupados como:

Quercetina es un flavonoide no cítrico ampliamente distribuido en los alimentos. Está clasificada como una flavona debido a que contiene la estructura 2-fenilcromona.

- Flavónes (contienen el flavonoide apigenina que se encuentra en la camomila);
- Flavonoles (quercetina: toronja; rutina: alforfón; ginkgo);
- Flavonones (hesperidina: frutas cítricas; silibina).

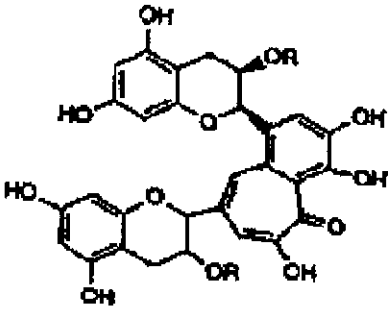


Quercetina

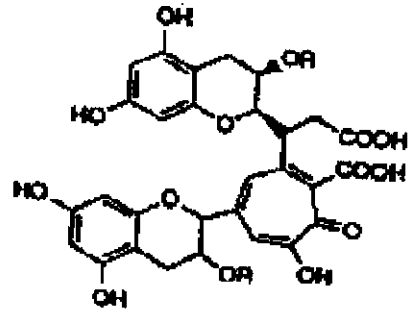
La actividad biológica de los flavonoides incluye su acción contra alergias, inflamaciones, radicales libres, hepatotoxinas, aglomeración de plaquetas, microorganismos, úlceras, virus y tumores (Kinsella, *et al*, 1993) y su acción inhibitoria de ciertas enzimas. Por ejemplo, los flavonoides bloquean la enzima de conversión de angiotensina (ECA) que causa aumento de la presión arterial; previenen la «gomosidad» de las plaquetas, y por lo tanto, su aglomeración; protegen el sistema vascular y fortalecen a los pequeños capilares que llevan oxígeno y otros nutrientes esenciales a todas las células (Anónimo, 1993).

3.1.1. Antocianidinas. Técnicamente conocidos como «flavonales», estos compuestos proveen enlaces cruzados o «puentes» que conectan o fortalecen las fibras entrecruzadas del colágeno. La gran fortaleza tensil del colágeno depende de la preservación de los enlaces cruzados. Las antocianidinas, siendo solubles en agua, también recogen radicales libres que se encuentran en los fluidos de los tejidos. Ésta es una potente habilidad que beneficia, especialmente, a atletas y otras personas dedicadas a la actividad deportiva y física, debido a que el ejercicio extenuante genera gran cantidad de radicales libres.

Además de todo lo anterior los flavonoides bloquean las enzimas que producen estrógeno (Northrup, 1994). Los resultados de estudios llevados a cabo usando ratas, han de-



Teaflavina



Tearubigina

3.1.2. Catequinas y Ácidos Gálicos. Las catequinas difieren ligeramente en su estructura química de otros flavonoides, pero comparten con ellos sus propiedades quemoprotectivas.

Las catequinas más comunes son los ésteres gálicos, llamados epicatequinas (EC), galato de epicatequina (GEC) y el galato de epigalocatequinas (GEGC). Todos estos compuestos se encuentran en los tés verdes (*Camelia sinensis*) y se cree que son responsables por los beneficios protectores de esta bebida (Komori, 1994). Los tés verdes y negros son productos de la misma planta. El té verde no es fermentado y contiene catequinas naturales tales como la epigalocatequina. El té negro es fermentado y luego secado. El proceso de fermentación oxida las catequinas naturales formando teaflavinas y tearubiginas que le dan al té el color negro.

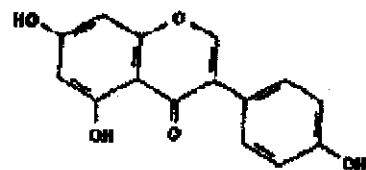
Tanto el té verde como el negro inhiben la inducción química del cáncer del esófago en animales; el té verde actúa como un inhibidor más potente que el té negro. Esto parece sugerir que la teaflavina y la tearubigina no son tan efectivos como sus precursores; sin embargo, esto todavía está por establecerse.

1.2 Isoflavonas. Los fitonutrientes de esta subclase provienen de frejoles

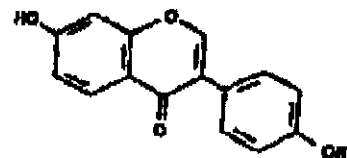
-especialmente la soya- y de otras leguminosas y son ejemplo de flavonoides no cítricos. Las isoflavonas funcionan en forma bastante similar a los flavonoides en el sentido que bio-

quean efectivamente las enzimas que promueven los crecimientos tumoríficos y aparentemente actúan también como hormonas. Genisteina y daidzeina, que se encuentran en la soya son ejemplos de isoflavonas. Son mejor conocidas por sus efectos antitumoríficos en cáncer de la glándula mamaria en animales experimentales.

Genisteina y daidzeina son «fitoestrógenos», esto es, débiles agonistas del estrógeno y pueden actuar como tal, especialmente en mujeres con bajos niveles de estrógeno. Ambas compiten con y bloquean el receptor hormonal normal y en esta forma interfieren con los efectos de crecimiento de las hormonas naturales.



Genisteina

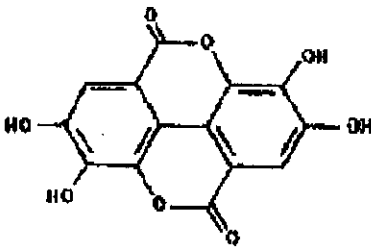


Daidzeina

3.3 Otros Compuesto Fenólicos. El ácido elágico, presente en uvas, fresas, zarcamo-

ras, arándanos, nueces y otros alimentos es un ejemplo de un tipo de compuesto fenólico que actúa como un fitoquímico y hace de estos productos ejemplos de alimentos funcionales.

En estudios usando ratas como modelo experimental, el ácido elágico inhibe tumores del esófago. Estos estudios, sin embargo, no indican que el ácido elágico no se encuentra fácilmente disponible y puede variar en efectividad dependiendo si está en forma purificada o en su forma natural. Para ser biodisponible, el ácido elágico necesita estar en una forma en que la célula pueda reconocerlo y utilizarlo. Tal forma puede ser la forma química libre o en una forma combinada a otra biomolécula. El ácido elágico, generalmente, se une a moléculas de azúcar.



ácido Elágico

4. Lignanos

Los lignanos son compuestos químicos de bajo peso molecular que se encuentran en muchas frutas y vegetales tales como el brécol. Al igual que los flavonoides, los lignanos tienen una débil actividad estrogénica y compiten con los compuestos estrogénicos normales, no permitiéndoles promover el crecimiento de tumores. Investigaciones epidemiológicas apoyan la hipótesis de que los países con más altos niveles de consumo de flavonoides y lignanos en su dieta tienen las más bajas incidencias de cáncer.

5. Tioles

Los fitonutrientes de esta clase (contienen azufre) están presentes en el ajo y en vegetales del género crucífero (col, nabos y miembros de la familia de la mostaza). Incluyen los siguientes grupos:

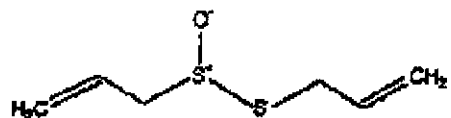
5.1 Glucosinolatos. Potentes activadores de las enzimas de detoxificación hepática. Regulan a los glóbulos blancos y a las citoquinas (Zhang, *et al*, 1994). Las citoquinas actúan como «mensajeros», coordinando las actividades de todas las células del sistema inmunológico. La biotransformación de los glucosinolatos incluyen los isocianatos y el sulforafano, compuesto que aparentemente tienen una función protectora de tejidos específicos bloqueando enzimas que promueven el crecimiento de tumores, especialmente, en las glándulas mamarias, el hígado, el colon, los pulmones, el estómago y el esófago (Tadi, 1992).

El sulforafano es el compuesto fitoquímico reconocido por la prensa popular por su potencial anticarcinogénico y su presencia en relativamente alto nivel en el brócoli.



Sulforafano

5.2 Sulfidos Alílicos. El ajo y las cebollas son los más potentes miembros de esta subclase de tioles, que también incluyen el puerro, chalote y cebolleta. Los sulfidos alílicos en estas plantas son liberados cuando las plantas son cortadas o majadas. Una vez que el oxígeno llega a las células de las plantas, se generan varios productos de biotransformación. Cada uno de ellos parece ser específico para un tejido determinado.



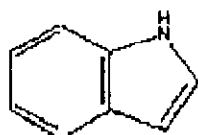
Alicina



Sulfito Dialílico

Como grupo, sin embargo, los sulfidos alílicos parecen poseer propiedades antimutagénicas y anticarcinogénicas, así como, además, propiedades protectoras de los sistemas inmunológico y cardiovascular. También parecen ofrecer una actividad anticrecimiento para tumores, hongos, parásitos, colesterol y para los factores de adhesión de plaquetas y de leucocitos, así como una función de activación de los sistemas enzimáticos de detoxificación del hígado y el bloqueo de la actividad de las toxinas producidas por bacterias y virus (Tadi, 1992).

5.3 Índoles. Los índoles son compuestos nitrogenados que se encuentran en la col y en otros vegetales crucíferos. Estudios experimentales demuestran que los índoles tienen un efecto protector contra los cánceres de las glándulas mamarias, del colon y de otros tipos de cánceres.



Índol

Al remover los cancerígenos potenciales, los índoles directamente bloquean el proceso de carcinogénesis. Los índoles incluyen nutrientes que interactúan con la vitamina C, lo cual no es sorprendente puesto que los vegetales que contienen índoles también contienen cantidades significativas de vitamina C. Los índoles se unen a los compuestos cancerígenos y activan las enzimas detoxificantes, en su mayoría en el tracto gastrointestinal. El producto más activo es el «ascorbígeno» considerado un metabolito

«activo» de la vitamina C (Preabrazhenskaya, *et al*, 1993).

5.4 Isoprenoides. Los isoprenoides neutralizan los radicales libres en una forma única. Cualquier radical libre que atenta unirse a la región lípida de la membrana celular es atrapado rápidamente por los isoprenoides y entregado a otros antioxidantes para su destrucción.

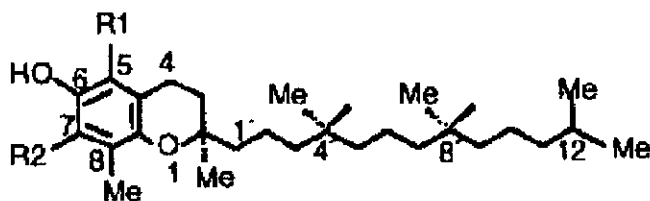
6. Tocoferoles y Tocotrienoles

Los tocoferoles y tocotrienoles son reconocidos por su eficiente efecto inhibitorio de los procesos de oxidación de lípidos en alimentos y en sistemas biológicos (McCay, 1978; Burton y Traber, 1990).

Los tocoferoles se encuentran en semillas oleaginosas, hojas y otras partes verdes de plantas. El alfa-tocoferol se encuentra principalmente en los cloroplastos de las células vegetales, mientras que sus homólogos beta-, gamma- y delta- se encuentran fuera de estas células. Por su parte, los tocotrienoles se encuentran en la corteza y en el germen de algunas semillas y cereales.

Puesto que la vitamina E y sus homólogos, los tocoferoles y los tocotrienoles, son sintetizados sólo en plantas, estos compuestos constituyen nutrientes muy importantes en la dieta del hombre y otros animales mayores.

Los tocotrienoles parecen inhibir el crecimiento de las células cancerígenas en las glándulas mamarias, mientras que los tocoferoles no exhiben este efecto. Los resultados obtenidos de recientes investigaciones parecen



Tocoferoles a-tocoferol: R1 = CH₃ R2 = CH₃; b-tocoferol: R1 = CH₃ R2 = H;
g-tocoferol: R1 = H R2 = CH₃; d-tocoferol: R1 = H R2 = H

indicar que las funciones biológicas de tocoferoles y tocotrienoles no parecen estar relacionadas entre sí (Hayes, *et al*, 1993).

La actividad antioxidante de los tocoferoles y de los tocotrienoles es debido principalmente a su habilidad para donar sus hidrógenos fenólicos a los radicales libres. Aunque generalmente se acepta la idea de que la actividad autooxidante relativa de los tocoferoles es en el orden siguiente: $\alpha > \beta > \gamma > \delta$, existe una confusión general en relación a su potencia relativa *in vitro* (Burton e Ingold, 1981). En contraste a los tocoferoles, hay muy pocos artículos sobre el efecto autooxidante de los tocotrienoles. Parece que el mecanismo de acción de éstos es similar al de los tocoferoles aunque menos eficiente, una teoría que merece mayor investigación.

IV. SUSTANCIAS NATURALES QUE PODRÍAN PREVENIR ENFERMEDADES

Sus componentes tienen posibles propiedades benéficas, las cuales se encuentran en las fuentes alimentarias.

Bifidobacterias. Podrían favorecer la función gastrointestinal y la producción de vitamina B12 y vitamina K: Yogurt y otros productos lácteos

Súlfidos alílicos. Inhibición de síntesis del colesterol: Extracto añejado de ajos

Ácido α -linolénico. Reduce la inflamación del sistema inmunológico: Productos de soya, nueces y almendras

Carotenoides Antioxidantes. Protegen contra el cáncer. Ayudan a reducir la acumula-

ción de plaquetas arteriales: Zanahorias, camotes, frutas cítricas, melones, espinaca, acelgas, duraznos y perejil.

Catequinas. Muchos estudios las han relacionado a una baja incidencia de cánceres intestinales. Pueden ayudar al sistema inmunológico y reducir el cáncer: Ts, cerezas.

Cumarinas. Parecen tener actividad anticarcinogénica. Previenen la coagulación de la sangre: Zanahorias, frutas cítricas, perejil.

Flavonoides. Bloquean los receptores de ciertas hormonas involucradas en la ocurrencia de cáncer: Zanahorias, frutas cítricas, brócoli, col, pepinos, zapallos, tomates, pimientos, berenjenas, productos de soya, cerezas, perejil.

g-glutamil cisteína alílica. Podría reducir la presión sanguínea, y favorecer el sistema inmunológico: Extracto añejado de ajos.

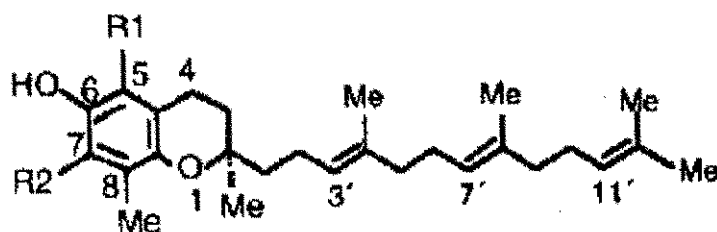
Índoles. Induce la síntesis de enzimas que desactivan el estrógeno: Col

Isotiocianatos. Potentes inductores de enzimas protectoras: Mostaza, rábanos.

Limonoides. Potentes inductores de enzimas protectoras: Frutas cítricas.

Licopeno. Potente antioxidante. Ayuda al organismo a resistir el cáncer especialmente el cáncer de la próstata y cánceres cervicales: Tomates, toronja roja, pimientos rojos, sandía.

Monoterpenos Antioxidantes de acción anticáncer. Inhiben la producción de colesterol



Tocotrienoles α -tocotrienol: R1 = CH₃ R2 = CH₃; β -tocotrienol: R1 = CH₃ R2 = H; γ -tocotrienol: R1 = H R2 = CH₃; δ -tocotrienol: R1 = H R2 = H

y ayudan en la protección de la actividad de ciertas enzimas: Perejil, zanahorias, brécol, col, tomates, berenjenas, pimientos, frutas cítricas, granos integrales, cerezas, pepinos.

b-glucanes. Podrían reducir el riesgo a las enfermedades cardiovasculares: avena.

Oligosacáridos. Pueden mejorar la calidad de la microflora Intestinal (probióticos). Usados como sustitutos del azúcar en confitería.

Isoflavones. Su consumo regular podría reducir el colesterol en individuos con altos niveles de colesterol: Soya y algunos productos derivados de ésta.

Fibra insoluble. Puede reducir el riesgo al cáncer de pecho y al cáncer del colon: cascarrilla de trigo, arroz no pilado, bananas, lentejas, nueces.

Ácidos Fenólicos. Podrían ayudar al organismo a resistir procesos carcinogénicos por inhibición de la formación de nitrosaminas y por efecto en la actividad de ciertas enzimas: Perejil, zanahoria, brécol, col, tomates, berenjena, pimientos, frutas cítricas, granos integrales, cerezas.

Ftálidos benéficos que desintoxifican procesos carcinogénicos. Estimulan la producción de enzimas: Perejil, zanahorias.

Fitoesteroles. Bloquean la acción del estrógeno en la promoción de cáncer de los senos. Podrían ayudar a bloquear la absorción del colesterol: Brócoli, col, pepinos, productos de soya, tomates, berenjenas, pimientos, granos integrales.

Poliacetilenos. Protegen contra ciertos carcinógenos. Ayudan a regular la producción de prostaglandinas: Perejil, zanahorias, apio.

Triterpenoides. Previenen las caries y actúan como agentes antiulcerativos. Se unen al estrógeno e inhiben los procesos inflamatorios por supresión de la actividad de ciertas enzimas: Frutas cítricas, extracto de raíz de licorice, productos de soya.

V. CONCLUSIONES

Los alimentos funcionales o fitoquímicos, como se deduce de la literatura examinada, contribuyen a reducir la incidencia de muchas enfermedades crónicas. Asimismo, permiten mejorar el mecanismos de defensa biológica, el control efectivo de estado físico y mental y el retardo del proceso de envejecimiento de los seres humanos.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- [1] American Institute for Cancer Research (1996). *Dietary phytochemicals in cancer prevention and treatment. Proceedings of the American Institute for Cancer Research's Sixth Annual Research Conference.* Washington, D.C., Aug. 31-Sep. 1, 1995. Adv. Exp. Med. Biol., vol. 401. Plenum Publishing Corp., New York, NY.
- [2] Anónimo. «When food meets medicine». *Food Manuf.* 66:26, 1991.
- [3] Anónimo. *Antioxidant vitamins and cancer and cardiovascular disease.* FDA Initiated Public Conference, National Academy of Sciences, Washington, D. C., November 1-3, 1993.
- [4] Arai, S. *Studies on functional foods in Japan.* State of the art. Biosci. Biotech. Biochem. 60:9-15, 1996.
- [5] Bendich, A. y Olson, J. A. (1989). *Biological actions of carotenoids.* FASEB J. 3(1):1927-1932.
- [6] Block, G., Patterson, B. and Subar, A. «Fruit, vegetables and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence». *Nutr. Cancer* 18(1): 1-29, 1992.
- [7] Burton, G. W. e Ingold, K. V. *Autooxidation of biological molecules. I. The antioxidant activity of vitamin E and related chain-breaking phenolic antioxidants in vitro.* J. Amer. Chem. Soc. 103:6472-6477, 1981.
- [8] Caragay, A. B. «Cancer-preventive foods and ingredients». *Food Technol.* 46(4):65-68, 1992.

- [9] Dwyer, J. T. «Is there a need to change the American diet?» *Adv. Exp. Med. Biol.* 401:189-198, 1996.
- [10] Gerster, H. «The potential role of lycopene for human health». *J. Amer. Coll. Nutr.* 16:109-126, 1997.
- [11] Giovannucci, E. «Tomatoes, tomato-based products, lycopene and cancer: Review of the epidemiologic literature». *J. Natl. Cancer Inst.* 91(4):317-331, 1999.
- [12] Hasler, C. M. «Functional foods: Their role in disease prevention and health promotion. Scientific Status Summary». *Food Tech.* 52(11):63-70, 1998.
- [13] Hayes, K.C. *et al.* «Differences in the plasma transport and tissue concentrations of tocopherols and tocotrienols: observations in humans and hamsters». *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 202(3):353-359, 1993.
- [14] Hertog, M. G. *et al.* «Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: The Zutphen Elderly Study». *Lancet*, 342(8878):1007-1011, 1993.
- [15] Institute of Medicine/National Academy of Sciences. *Opportunities in the Nutrition and Food Sciences*. Ed. P. R. Thomas and R. Earl, pp. 109. Institute of Medicine/National Academy of Sciences, National Academy Press, Washington, D.C., 1994.
- [15] Kawamori, T. *et al.* «Inhibitory effects of d-limonene on the development of colonic aberrant crypt foci induced by azoxymethane in F344 rats». *Carcinogenesis* 17(2):369-372, 1996.
- [16] Kinsella, J. E. *et al.* Possible mechanisms for the protective role of antioxidants in wine and plant foods. *Food Technology*, 47(4):85-90. 1993.
- [17] McCay, P. B. «Possible role of vitamin E as a free radical scavenger and singlet oxygen quencher in biological systems which initiate radical-mediated reactions». En *Tocopherol, Oxygen and Biomembranes*. De Suve, C. and Hayaishi, O., ed. Elsevier/North Holland Biochemical Press, Amsterdam, Holland, 1978.
- [18] Nair, P. P. *et al.* «Diet, nutrition intake, and metabolism in populations at high and low risk for colon cancer. Dietary cholesterol, beta-sitosterol, and stigmaterol». *Amer. J. of Clin. Nutr.* 40(4 Suppl):927-30, 1984.
- [19] Northrup, C. *Women's Bodies, Women's Wisdom*, Bantam Books, New York, NY. pp. 305, 1994.
- [20] Parker R.S. «Carotenoids in human blood and tissues». *J Nutr.* 119(1):101-104, 1989.
- [21] Preabrazhenskaya, M. N., *et al.* «Ascorbigen and other indole-derived compounds from brassica vegetables and their analogs as anticarcinogenic and immunomodulating agents». *Pharmacol. Ther.* 60:301-313, 1993.
- [22] So, F. V. *et al.* «Inhibition of human breast cancer cell proliferation and delay of mammary tumorigenesis by flavonoids and citrus juices». *Nutr. Cancer* 26(2):167-181, 1996.
- [23] Stahl, W. y Sies, H. «Lycopene: A biologically important carotenoid for humans?» *Arch. Biochem. Biophys.* 336:1-9, 1996.
- [24] Steinmetz, K. A. y Potter, J. D.. «Vegetables, fruits and cancer. I. Mechanisms». *Cancer Causes Control* 2:325-357. 1991a.
- [25] Steinmetz, K. A. y Potter, J. D. «Vegetables, fruits and cancer. II. Mechanisms». *Cancer Causes Control* 2:427-442, 1991b.
- [26] Tadi, P. P. «Anticarcinogenic, antitumor, and antifungal properties of allium sativum (garlic)». *Diss. Abstr. Int.* 52-08B:4144, 1992.