



Consumo de antioxidantes naturales en adultos jóvenes de entre 30 y 40 años.

Tutor: Dr. Álvarez Lemos Raúl

Autor: Sabbatini María Lis

Licenciatura en Nutrición.

Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud.

Noviembre de 2012

Agradecimientos

A Dios que fue, es y será siempre la más auténtica compañía en cada momento de mi vida.

Introducción

La evidencia de que una alimentación sana es uno de los pilares más importantes de salud, se ha ido consolidando en nuestro estilo de vida en los últimos años. Así, se trata de buscar en los alimentos todas aquellas propiedades que los hicieran especialmente beneficiosos a la hora de incrementar o mantener el estado de salud; incorporándose de manera gradual, pero ininterrumpida en la población la preocupación por una dieta saludable.

Esta nueva forma de entender la alimentación supone, sin dudas, una mejora en las expectativas y posibilidades del consumidor. Se supera la idea tradicional de una “dieta adecuada” en el único sentido de aportar los nutrientes suficientes, satisfacer sus necesidades metabólicas, y complacer placenteramente su sensación de hambre y bienestar. Hoy, además de ello y de lo relativo a la seguridad alimentaria, el énfasis se acentúa en la potencialidad de los alimentos para la promoción de la salud, mejorar el bienestar y reducir el riesgo de enfermedades. El concepto de “nutrición adecuada” tiende a ser sustituido por el de “nutrición óptima”.

Términos como alimentos funcionales, diseño de alimentos, alimentos terapéuticos y antioxidantes se están utilizando, tanto por parte de los Equipos de salud como por los consumidores en general, cada vez con mayor asiduidad y frecuencia. Sin embargo, la información disponible no es suficiente, generándose entonces una gran necesidad de investigar este tipo de productos, a fin de obtener la mayor cantidad de provecho posible de los mismos. Por lo tanto, los alimentos tradicionales que se han utilizado durante varias generaciones están siendo objeto de una investigación más profunda.

Planteo del problema:

¿Consumen con la alimentación diaria los adultos jóvenes (30 a 40 años) la dosis diaria recomendada de antioxidantes naturales para ejercer un efecto protector contra los radicales libres?

La noción de alimentación equilibrada es un concepto fundamental, resultado de un siglo de investigaciones en nutrición realizadas a partir del descubrimiento de los nutrientes y de su importancia para el desarrollo y crecimiento del cuerpo y su mantenimiento. Ha sido la principal fuerza impulsora de la elaboración de recomendaciones nutricionales y orientaciones alimentarias. Según su definición actual, la salud no es la mera ausencia de enfermedad, pues abarca también el bienestar físico, mental y psicológico. Se reconoce, además, que el alimento no sólo es necesario para el sustento así como para el desarrollo y crecimiento del cuerpo, sino que desempeña un papel clave en la calidad de la vida. El concepto de alimento funcional, que surgió hace poco tiempo en Japón, ha sido posteriormente ampliado en los Estados Unidos y en Europa. Expresa implícitamente que los alimentos y los componentes alimentarios pueden ejercer una influencia beneficiosa sobre las funciones fisiológicas al mejorar el estado de bienestar y salud, y reducir el riesgo de enfermedad.

Actualmente las sociedades prósperas han avanzado de tal forma que el concepto de alimentación equilibrada ha pasado a significar el consumo de una dieta óptima a base de alimentos que promuevan la salud y disminuyan el riesgo de enfermedades crónicas relacionadas con la alimentación.

Consumo de antioxidantes naturales en adultos jóvenes de entre 30 y 40 años. **2012**

Objetivo general: Evaluar el consumo de antioxidantes naturales en una población de adultos jóvenes de la ciudad de San Nicolás.

Objetivos específicos:

- Identificar los alimentos que contienen antioxidantes naturales.
- Analizar el consumo de los distintos tipos de alimentos fuente de antioxidantes naturales de la población de estudio.
- Analizar si el consumidor posee conocimientos respecto a los alimentos que contienen antioxidantes y sus beneficios.

Hipótesis:

El consumo de antioxidantes naturales en la población de adultos jóvenes, resulta suficiente para obtener beneficios en la salud, o se acerca a los valores recomendados.

Marco teórico.

Conceptos importantes.

Alimentarse bien es uno de los caminos más fiables para proteger y mejorar la salud y la calidad de vida. La Nutrición ha jugado y juega un importante papel en nuestra existencia, aunque muchas veces no seamos conscientes de ello. Cada día, seleccionamos y consumimos alimentos que pueden estar condicionando nuestro estado de salud. La Alimentación puede definirse, según el profesor Grande Covián (1984), como el proceso mediante el cual tomamos del mundo exterior una serie de sustancias que, contenidas en los alimentos que forman parte de nuestra dieta, son necesarias para la nutrición. El alimento es, por tanto, todo aquel producto o sustancia que una vez consumido aporta materiales asimilables que cumplen una función nutritiva en el organismo. La Nutrición, también en palabras de Grande Covián, es el conjunto de procesos mediante los cuales el hombre ingiere, absorbe, transforma y utiliza las sustancias que se encuentran en los alimentos y que tienen que cumplir cuatro importantes objetivos:

1. Suministrar energía para el mantenimiento de sus funciones y actividades.
2. Aportar materiales para la formación, crecimiento y reparación de las estructuras corporales y para la reproducción.
3. Suministrar las sustancias necesarias para regular los procesos metabólicos.
4. Reducir el riesgo de algunas enfermedades.

Dieta, es otro término que se emplea habitualmente, y se define como el conjunto y cantidades de los alimentos o mezclas de alimentos que se consumen habitualmente, aunque también puede hacer referencia al régimen que, en determinadas circunstancias, realizan personas sanas, enfermas o convalecientes en el comer y beber. Solemos decir: “estar a dieta” como sinónimo de una privación parcial o casi total de comer. La Dietética estudia la forma de proporcionar a cada persona o grupo de personas los alimentos necesarios para su adecuado desarrollo, según su estado fisiológico y sus circunstancias. Es decir, interpreta y aplica los principios y conocimientos científicos de la Nutrición elaborando una dieta adecuada para el hombre sano y enfermo.

Se entiende como dietas adecuadas, equilibradas o saludables, aquellas que contienen la energía y todos los nutrientes en cantidad y calidad suficientes para mantener la salud, en este sentido existen hoy a disposición del consumo muchas; pero la elección de la más correcta según todos los condicionantes del individuo se convierte en un arte. Por eso hablamos de la Ciencia de la Nutrición y del Arte de la Dietética, en la que también interviene la Gastronomía, o el arte de preparar con los alimentos elegidos una buena comida: equilibrada, apetecible y con buena digestibilidad.

Los componentes de los alimentos que llevan a cabo las importantes funciones antes descritas se conocen con el nombre de nutrientes. Así, un nutriente es toda sustancia, de estructura química conocida, esencial para el mantenimiento de la salud, que sin embargo a diferencia de otras, no puede formarse o sintetizarse dentro de nuestro cuerpo, por lo que debe ser aportada desde el exterior a través de la dieta.

Aspectos básicos de la dieta equilibrada.

EL BALANCE ENERGÉTICO

El hombre para vivir, para llevar a cabo todas sus funciones, necesita un aporte continuo de energía.

Para el funcionamiento del sistema cardiovascular, del sistema nervioso, para realizar el trabajo muscular, para desarrollar una actividad física, para los procesos biosintéticos relacionados con el crecimiento, la reproducción y la reparación de tejidos y también para mantener la temperatura corporal.

Esta energía es suministrada al organismo por los alimentos consumidos y se obtiene de la oxidación de hidratos de carbono, grasas y proteínas. Se denomina valor energético o calórico de un alimento a la cantidad de energía que se produce cuando es totalmente oxidado o metabolizado para producir dióxido de carbono y agua (y también urea en el caso de las proteínas). En términos de kilocalorías, la oxidación de los alimentos en el organismo tiene como valor medio el siguiente rendimiento:

Grasa 9 kcal/gramo

Proteína 4 kcal/gramo

Hidratos de Carbono 4 kcal/gramo

EL PERFIL CALÓRICO: REPARTO DE LA ENERGÍA ENTRE LOS MACRONUTRIENTES

En términos energéticos, el perfil calórico es uno de los índices de calidad de la dieta más utilizados en la actualidad.

Se define como el aporte calórico de macronutrientes (proteínas, lípidos e hidratos carbono) y alcohol (si se consume) a la energía total de la dieta. Se expresa como porcentaje.

Se recomienda que:

- Las proteínas aporten entre un 10 y un 15% de las calorías totales;
- Los lípidos, menos del 30-35%;
- Los hidratos de carbono, al menos el 50-60% restante, siendo mayoritariamente hidratos de carbono complejos. Los mono y disacáridos (excepto los de lácteos, frutas y verduras) no deben aportar más del 10% de la energía total.
- Si existe consumo de alcohol, su aporte calórico no debe superar el 10% de las calorías totales

EL EQUILIBRIO PONDERAL DE LOS ALIMENTOS

- La Pirámide de la Alimentación

La primera consideración que se debe resaltar es que la dieta debe ser variada; es decir, que incluya alimentos de todos los grupos y en las proporciones y frecuencia de consumo que

se indica en la pirámide. El consumo en cantidades moderadas para mantener el peso estable y dentro de los límites aconsejados, equilibrando la ingesta con lo que se gasta mediante la realización diaria de ejercicio físico.

La segunda consideración viene de la propia investigación en Nutrición, que ha demostrado reiteradamente y de forma consistente que las dietas que mejor se adaptan a los objetivos que debe cumplir la dieta equilibrada son aquellas basadas principalmente en el consumo de alimentos de origen vegetal, utilizando con moderación los alimentos de origen animal. Se recomienda aumentar el consumo de cereales, frutas, verduras, hortalizas y leguminosas por su aporte de hidratos de carbono complejos, fibra, antioxidantes (nutrientes y no nutrientes), minerales y vitaminas. Es de importancia además incluir en la dieta los pescados, principales suministradores de ácidos grasos poli insaturados de la familia n-3, el aceite de oliva, por su aporte de ácidos grasos mono insaturados, y moderar el consumo de carnes y de grasas de origen animal e hidrogenado.

FACTORES QUE CONDICIONAN EL VALOR NUTRICIONAL DEL ALIMENTO.

Cada alimento tiene un valor nutricional distinto y su importancia desde el punto de vista nutricional depende de diversos factores:

- De la composición en crudo del alimento, tal y como es comprado.
- Del grado en que se modifican (pierden o ganan) los nutrientes durante el transporte, almacenamiento, preparación o cocinado doméstico o industrial y de la adición de otros nutrientes durante su elaboración. El tipo de preparación empleado puede aumentar la absorción de vitaminas rompiendo paredes celulares y solubilizándolas. Algunos nutrientes

y especialmente las vitaminas son muy sensibles a la luz, calor, oxígeno, ácidos, álcalis y su contenido puede verse sensiblemente disminuido cuando se ven sometidos a los agentes anteriores. Entre las vitaminas, las más estables son la niacina y las vitaminas liposolubles y las más lábiles la vitamina C y el ácido fólico. Las vitaminas hidrosolubles pueden también perderse en el agua de cocción si esta no se consume.

- De la interacción de los nutrientes con otros componentes de la dieta. La vitamina C aumenta la absorción del hierro no hemínico y por tanto su biodisponibilidad, pues reduce el Fe^{+++} a Fe^{++} , mucho más soluble. Por otro lado, hay sustancias como los fitatos que pueden formar complejos insolubles y disminuir la absorción de algunos minerales.
- De la cantidad que se consuma y de la frecuencia de consumo. Todos los alimentos son igualmente importantes por muy pequeñas cantidades de nutrientes que contengan, pero la cantidad consumida y la frecuencia de consumo es un gran determinante del valor nutritivo del alimento.
- De las necesidades nutricionales de cada persona y la medida en que éstas hayan sido cubiertas por otros alimentos de la dieta.
- De que el nutriente se sintetice en el organismo y de las características de dicha síntesis. En condiciones óptimas, las vitaminas D y K pueden formarse en el cuerpo en cantidades importantes (más del 50% de las necesidades), disminuyendo la dependencia de la dieta. Sin embargo, la falta de sol (en el caso de la vitamina D) o la antibioterapia prolongada (vitamina K) reducen notablemente la síntesis endógena y convierten al alimento en vehículo imprescindible de estas vitaminas, “aumentando” su valor nutritivo.

- De los almacenes corporales y de otros muchos factores individuales.

ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL.

En general, los alimentos de origen vegetal son especialmente ricos en agua, hidratos de carbono y fibra. Tienen poca grasa, excepto los aceites y carecen de colesterol. Aportan una cantidad moderada de una proteína de menor calidad que la de origen animal, pero en absoluto menospreciable, y contienen prácticamente todos los minerales (aunque en el caso del hierro, éste sea de escasa biodisponibilidad) y vitaminas hidrosolubles. Entre las liposolubles, las vitaminas E, K y los carotenos se encuentran en cantidades apreciables en algunos componentes de este grupo. Los alimentos de origen vegetal carecen de retinol y vitaminas B12 y D.

ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL.

Se caracterizan por aportar proteína de elevada calidad pues está formada por casi todos los aminoácidos necesarios para formar las proteínas corporales. En general, tienen prácticamente de todo, excepto vitamina C, ácido fólico y carotenos que se encuentran en muy pequeñas cantidades. Son pobres en hidratos de carbono (excepto la leche) y carecen de fibra. Tienen, a diferencia de los alimentos de origen vegetal, colesterol, retinol, vitaminas D y B 12.

LA ADAPTACIÓN DE LA DIETA A LO LARGO DE LA VIDA

Durante los primeros años tiene gran importancia una correcta alimentación pues cualquier malnutrición por exceso o por defecto puede tener repercusiones a corto y largo plazo. La leche (materna o de fórmula) es suficiente para cubrir los requerimientos del lactante durante los primeros meses de vida caracterizados por un rápido crecimiento.

Los niños constituyen uno de los grupos vulnerables clásicos en el campo de la nutrición, en los que la instauración de unos adecuados hábitos alimentarios es la mejor garantía para la prevención de muchas de las enfermedades crónicas más prevalentes en las sociedades desarrolladas.

La adolescencia es una época de rápido crecimiento y desarrollo, demanda mayores necesidades de energía y nutrientes. Esta demanda ya es diferente en chicos y chicas.

En cuanto a la edad adulta, las necesidades nutricionales no cambian mucho entre los 19 y los 50 años, excepto durante la gestación y lactación.

En esta etapa, no obstante, hay que hacer un mayor hincapié en la relación que puedan tener los procesos de alimentación y nutrición con la mayor prevalencia de obesidad, cardiopatías, cáncer, osteoporosis o diabetes.

Los ancianos representan un grupo vulnerable cada vez más numeroso, en el que además confluyen otra serie de factores nutricionales, del estilo de vida y relacionados con la salud, que aumentan su importancia.

El mantenimiento de un buen estado nutricional y de una óptima funcionalidad física y cognitiva, garantizan en este grupo de edad, un adecuado estado de salud que será la mejor garantía de una buena calidad de vida.

RADICALES LIBRES.

La vida humana sería imposible sin oxígeno. Los mamíferos, y muchos otros animales, lo utilizan para obtener la mayor parte de la energía que necesita la subsistencia. Pero es imposible usar altas tasas de oxígeno sin que este dañe algunas moléculas vitales. Este daño oxidativo se debe a que nuestro organismo produce constantemente formas activas de oxígeno y forma radicales libres (RL).

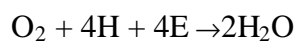
Se consideran RL aquellas moléculas que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo, dándole una configuración espacial que genera una alta inestabilidad. Es una entidad química que contrario a la normal tendencia espontánea de los electrones localizados en los átomos y moléculas a la formación de parejas es desapareado. Esto lo hace muy inestable, extraordinariamente reactivo y de vida efímera, con una enorme capacidad para combinarse inespecíficamente en la mayoría de los casos, así como con la diversidad de moléculas integrantes de estructura celular: carbohidratos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y derivados de cada uno de ellos.

Los RL son elaborados continuamente como un producto del metabolismo normal de cada célula e inactivados por un conjunto de mecanismos (unos enzimáticos y otros de

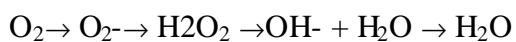
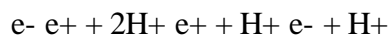
atrapamiento). Son componentes normales de células y tejidos, existiendo RL particulares en cada estirpe celular y en algunos tipos celulares permiten la mejor adaptación a su habitat. Al elevarse o disminuir las concentraciones fisiológicas de las especies reactivas de oxígeno (EROS) pueden acarrear importantes alteraciones funcionales. La aterosclerosis, el envejecimiento y el cáncer por citar algunos ejemplos, son un tercio de la enorme lista de problemas fisiológicos y padecimientos que de alguna manera se asocia con una elevada concentración de RL.

El oxígeno molecular (O₂) es fundamentalmente birradical ya que tiene 2 electrones no apareados en su orbital externo, ambos con el mismo giro paralelo, impidiendo que capte 2 electrones simultáneamente en las reacciones que interviene. El oxígeno solo puede intervenir en reacciones univalente y aceptar los electrones de uno en uno.

La mayor parte del oxígeno utilizado por el organismo humano es reducido a agua por acción del complejo citocromo-oxidasa (citocromo A+a₃) de la cadena respiratoria mitocondrial, según la reacción global siguiente:



Por razones anteriores, la reacción se hace en 4 pasos univalentes:



e⁻ = electrón

H^+ = hidrogeniones

O_2^- = radical anión superóxido

H_2O_2 = peróxido de hidrógeno

OH = radical hidroxilo

H_2O = agua

Estos intermediarios señalados quedan unidos al sitio activo de la citocromo-oxidasa y no difunden al resto de la célula en condiciones normales. En la molécula de O_2 se generan por su reducción parcial las especies reactivas siguientes:

O_2^- = anión superóxido

OH = radical hidroxilo

H_2O_2 = peróxido de hidrógeno

* O_2 = oxígeno singlete

El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) no es estrictamente un RL pero por su capacidad de generar el OH^- en presencia de metales como el hierro, se le incorpora como tal.

La sangre, fluido biológico compuesto por eritrocitos, leucocitos y plaquetas como elementos celulares, cumple entre otras funciones la de transportar el oxígeno desde los pulmones hasta los tejidos, y es aquí donde este actúa como sustrato en diversas reacciones

bioquímicas intracelulares y como resultado se desencadena una gran producción de H_2O_2 y superóxido, entre otras EROS.

FUENTES BIOLÓGICAS DE RADICALES LIBRES

La **mitocondria** constituye la fuente principal de RL. Este fenómeno se efectúa a nivel de la cadena de transporte de electrones, que es la última etapa de producción de protones de alta energía, y cuyo pasaje a través de la membrana interna mitocondrial genera un gradiente eléctrico que aporta la energía necesaria para formar el ATP o adenosina trifosfato.

En este proceso de fosforilación oxidativa el oxígeno actúa como aceptor final de electrones, adquiriendo en más del 95 % de estas reacciones un total de 4 electrones de moléculas con producción de 2 moléculas de agua. Una consecuencia directa de este proceso es que entre los nutrientes iniciales y la generación de energía al final del proceso, se forman varias moléculas con diferente grado de oxidación. Algunas de ellas puede entregar 1 ó 2 electrones al oxígeno y producir intermediarios parcialmente reducidos que son los RL.

Otras fuentes son las **peroxisomas**, organelas del citosol muy ricas en oxidasas y que generan H_2O_2 , el cual es depurado por enzimas específicas (catalasas) y transformado en agua.

Los **leucocitos** polimorfonucleares constituyen una fuente importante, cuando se activan por diversas proteínas que actúan específicamente sobre ellos (complemento, interleukinas,

etc). Los leucocitos poseen en sus membranas la enzima NADPH oxidasa generadora de O₂ que en presencia de hierro se transforma en el altamente tóxico OH⁻. Esta situación se da particularmente en los procesos inflamatorios.

La enzima **xantina deshidrogenasa** predomina en los endotelios, normalmente depura las xantinas (isquemia), genera O₂..

Se puede apreciar, por lo tanto, que los RL se forman en condiciones fisiológicas en proporciones controlables por los mecanismos defensivos celulares. En situación patológica esta producción se incrementa sustancialmente, ingresándose al estado de estrés oxidativo.

Los factores que llevan a esta situación son:

- **Químicos:** aumento de metales pesados, xenobióticos, componentes del tabaco.
- **Drogas:** adriamicina.
- **Físicos:** radiaciones ultravioleta, hiperoxia.
- **Orgánicos y metabólicos:** dieta hipercalórica, dieta insuficiente en antioxidantes, diabetes, procesos inflamatorios y traumatismos, fenómenos de isquemia y ejercicios extenuantes.

TOXICIDAD DE LOS RADICALES LIBRES

En 1954 una investigadora argentina, *Rebeca Gerschman*, sugirió por primera vez que los RL eran agentes tóxicos y generadores de enfermedades.

Por la alta inestabilidad atómica de los RL colisionan con una biomolécula y le sustraen un electrón, oxidándola, perdiendo de esta manera su función específica en la célula. Si se trata de los lípidos (ácidos grasos polinsaturados), se dañan las estructuras ricas en ellas como las membranas celulares y las lipoproteínas. En las primeras se altera la permeabilidad conduciendo al edema y la muerte celular y en la segunda, la oxidación de la LDL, génesis de la placa ateromatosa.

Las características de la oxidación lipídica por los RL, tratan de una reacción en cadena en la que el ácido graso al oxidarse, se convierte en radical de ácido graso con capacidad de oxidar a otra molécula vecina.

Este proceso es conocido como peroxidación lipídica, genera numerosos subproductos, muchos de ellos como el malondialdehído (MDA), cuya determinación en tejidos, plasma u orina es uno de los métodos de evaluar el estrés oxidativo.

En caso de las proteínas se oxidan preferentemente los aminoácidos (fenilalanina, tirosina, triptofano, histidina y metionina) y como consecuencia se forman entrecruzamientos de cadenas peptídicas, fragmentación de la proteína y formación de grupos carbonilos que impiden el normal desarrollo de sus funciones (transportadores iónicos de membranas, receptores y mensajeros celulares, enzimas que regulan el metabolismo celular, etc).

Otra molécula que es dañada por los RL es el ADN; el daño a los ácidos nucleicos produce bases modificadas, lo que tiene serias consecuencias en el desarrollo de mutaciones y carcinogénesis por una parte, o la pérdida de expresión por daño al gen específico.

El daño a biomoléculas que determinan los RL se haya implicado en la génesis o exacerbación de numerosos procesos:

- **Aparato cardiovascular:** aterosclerosis, infarto del miocardio, cirugía cardíaca, diabetes, cardiopatía alcohólica.
- **Sistema neurológico:** enfermedad de Parkinson, Alzheimer, neuropatía alcohólica, hiperoxia, isquemia o infarto cerebral, traumatismos craneales.
- **Aparato ocular:** cataratas, daño degenerativo de la retina, fibroplasia retrolental.
- **Aparato respiratorio:** distrés respiratorio (síndrome de dificultad respiratoria del adulto), tabaquismo, cáncer de pulmón, enfisema.
- **SOMA:** artritis reumatoidea.
- **Riñón:** síndrome autoinmune, nefrotoxicidad por metales.

El estrés oxidativo puede producir mutaciones en las bases del ADN. Los RL producen enlaces anómalos entre las bases púricas y pirimidínicas del ADN. Con ello, se inter?ere la normal multiplicación de las células, favoreciendo la aparición de mutaciones. Este mecanismo se complementa con la capacidad de los RL de activar sustancias cancerígenas. Hay muchos pasos entre una célula sana y una célula tumoral y por supuesto, la lesión que se produce en el ADN resultante del estrés oxidativo no necesariamente termina siempre provocando cáncer, pero altos niveles de estrés oxidativo producirá la muerte celular.

En algunas enfermedades pulmonares, la a?uencia de los glóbulos blancos en la lesión se debe al exceso de formación de radicales. Situaciones similares pueden ocurrir en enfermedades in?amatorias del intestino como son la enfermedad de Chron y la colitis

ulcerosa. En otro tipo de patologías, se produce gran cantidad de los glóbulos blancos, por lo que se genera una sobrecarga de RL, las defensas antioxidantes resultan insuficientes y se dañan los tejidos. En la artritis reumatoide, se originan cambios en el sistema inmune que causan una afluencia de los glóbulos blancos en las articulaciones, agravando así el daño tisular.

En determinados estudios se ha observado que durante el proceso de envejecimiento, los RL causan también cambios degenerativos en el sistema inmunológico, lo que conduce a la formación de cataratas, placas ateroscleróticas, artritis o incluso enfermedad de Parkinson.

Los cambios en la estructura de las membranas oculares alteran su transparencia. Las agresiones oxidativas del globo ocular se deben sobre todo a la exposición a radiaciones ultravioleta, lo que hace más susceptibles a los ancianos y personas expuestas a la luz solar. Los RL se han relacionado con la formación de opacidades en el cristalino debido a la polimerización de sus proteínas. La susceptibilidad de las proteínas a la agresión de los RL va a depender de: 1) los aminoácidos que las componen; 2) la importancia y la localización de los aminoácidos sensibles en la configuración y actividad de la proteína; y 3) de la posibilidad de reparación de las lesiones. La localización intracelular de las proteínas también influye en la gravedad de la afección. Hay que tener en cuenta que las proteínas que contienen triptófano, tirosina, fenilalanina, histidina, metionina y cisteína son especialmente sensibles a la agresión oxidativa, así como todas las moléculas con enlaces insaturados y que contienen azufre. Las enzimas que dependen de estos aminoácidos son inhibidas por la exposición a los RL.

La enfermedad cardiovascular es otra de las patologías relacionadas con la agresión oxidativa por RL. En el caso del desarrollo de aterosclerosis se producen mecanismos de peroxidación lipídica. La lesión del endotelio arterial es el punto de partida para la formación de la placa de ateroma. Se desconoce la causa de la lesión inicial. Los hidroperóxidos lipídicos derivados de la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados por los RL, tienen la capacidad de producir esta lesión inicial. Una vez producida la lesión incipiente, la agregación de las plaquetas en la zona dañada consolida y amplifica dicha lesión. La formación de prostaciclina, que podrían evitar la agregación plaquetaria, se inhibe por los hidroperóxidos lipídicos. La vitamina E también podría inhibir la agregación y especialmente reducir la adhesividad de las plaquetas. En este proceso aparecen luego células espumosas en la pared vascular dañada, que se forman a partir de los macrófagos y de las células musculares lisas de la pared arterial. Las lipoproteínas de baja densidad (LDL) oxidadas atraen a los macrófagos hacia la lesión e inhiben su migración posterior. Las LDL oxidadas penetrarían en el interior de estos macrófagos constituyendo acumulaciones de grasa intracelulares que les confieren una apariencia espumosa. Una vez iniciado el proceso, se mantendría debido a la capacidad de los macrófagos de oxidar directamente las LDL.

ESTRES OXIDATIVO

Especies reactivas del oxígeno (ERO) es el término que se aplica colectivamente a las moléculas radicales y no radicales que son agentes oxidantes y/o son fácilmente convertidos a radicales. En la última década se han acumulado evidencias que permiten

afirmar que los RL y el conjunto de especies reactivas que se les asocian juegan un papel central en nuestro equilibrio homeostático, que es el normal funcionamiento de los mecanismos de regulación que conservan el estado normal fisiológico de los organismos. En mamíferos son muchos los procesos fisiopatológicos causados por estas especies tales como los mecanismos asociados a virus, bacterias, parásitos y células anormales, constituyendo un mecanismo de defensa del organismo frente a estos agresores.

Cuando el aumento del contenido intracelular de ERO sobrepasa las defensas antioxidantes de la célula se produce el estrés oxidativo, a través del cual se induce daño a moléculas biológicas como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. El estrés oxidativo se presenta en diversos estados patológicos en los cuales se altera la funcionalidad celular, contribuyendo o retroalimentando el desarrollo de enfermedades degenerativas.

De todas las especies reducidas del oxígeno, sin duda, la más dañina es el radical hidroxilo. Su alta toxicidad se debe a que posee una vida muy corta (10^{-9} segundos) y una alta reactividad, que le permite interactuar con todo tipo de sustratos. En cambio, otras, especies, como el peróxido de hidrógeno, son más, estables, por lo que pueden difundir grandes distancias y elegir la molécula sobre la que actúan.

El radical hidróxilo, por tanto, actúa sobre todo tipo de biomoléculas. Así, en los lípidos, provoca peroxidación lipídica de las membranas en las proteínas, da lugar a inactivación enzimática, en el ADN, ocasiona mutaciones y, en los glúcidos, puede provocar alteraciones, en los receptores celulares.

Dentro de las fuentes de sustancias oxidantes, tenemos dos grupos:

1) Las endógenas: Cadena de transporte electrónico mitocondrial, peroxisomal y microsomal (citocromo P-450 y citocromo b5). Enzimas, citoplasmáticas (como la XOD, catecolamina y riboflavina) y enzimas fagocíticas (como la mieloperoxidasa y la NADPH-oxidasa).

2) Las exógenas: Xenobióticos, (benzopireno, quinonas, biperilidos), el humo del cigarro, ciertos componentes de la dieta (sales de hierro y cobre y compuestos fenólicos) las radiaciones y la hiperoxia.

- Un primer grupo de fuentes endógenas, lo constituyen las cadenas de transporte electrónico. En condiciones normales, estas cadenas de transporte son tan eficaces que ningún electrón se escapa a ellas. Sin embargo, pueden existir fugas en éstas por ruptura de la cadena o interacción con xenobióticos. Así, en el caso de la cadena de transporte mitocondrial, se ha comprobado que tanto la ubiquinona como ciertos complejos ferro-sulfurados en presencia de antimicina A, se autooxidan, dando lugar a la pérdida de electrones y la formación y la formación de superóxido. Asimismo, en la cadena de transporte peroxisomal, intervienen las flavinoxidasas, que producen peróxido de hidrógeno, que puede escapar de la cadena y originar radical hidroxilo. Por último, en la microsomal, también puede producirse cierta fuga electrónica, cuando la oxidación del sustrato no está bien acoplada al flujo electrónico, tanto en el caso de compuestos endógenos (prostaglandinas, ácidos grasos) como exógenos (xenobióticos del tipo de benzopireno).

- Otra fuente endógena es la fagocitosis activa por leucocitos, en la cual estas células generan una serie de sustancias oxidantes como el superóxido, el peróxido de hidrógeno, los óxidos de nitrógeno y el hipoclorito para atacar a virus y bacterias.

Por último, una mención a las fuentes endógenas:

- En primer lugar, están los xenobióticos, como las quinonas, biperidilos e hidrocarburos aromáticos, vía citocromo P-450 y ciclo redox. Este ciclo redox puede definirse como un proceso en el cual un mediador acepta un electrón de un compuesto reducido y transfiere el electrón al oxígeno para producir superóxido. Este compuesto reducido puede ser tanto endógeno (ubiquinona) como exógeno (xenobióticos del tipo quinonas y biperidilos) y la reacción es catalizada por reductasas NAD (P)-H dependientes, de naturaleza flavoproteica y de baja selectividad por el sustrato. Cabe señalar que la cantidad de superóxido producida por esta vía es superior a la estequiométrica.

- Además, tenemos los óxidos de nitrógeno del humo del cigarrillo, que se ha comprobado que aumentan la oxidación de moléculas y disminuyen los antioxidantes. También están las sales de hierro y cobre, que aumentan la producción de oxi-radicales, que provocan un aumento de las oxidaciones vía ciclo redox. Por último, existen otras fuentes, como las radiaciones y la hiperoxia.

ESPECIES REACTIVAS DEL OXIGENO

El oxígeno es una molécula básicamente oxidante, hasta el punto que en las células que lo utilizan para su metabolismo es el principal responsable de la producción de especies

reactivas del oxígeno (ERO). Sin embargo, no todas las especies oxidantes tienen un origen endógeno; la existencia de factores exógenos, como la radiación solar, toxinas fúngicas, pesticidas o xenobióticos, pueden incrementar su nivel. En condiciones normales, las células metabolizan la mayor parte del oxígeno con la formación de agua sin formación de intermediarios tóxicos, mientras que un pequeño porcentaje forman tres intermediarios altamente tóxicos, dos de los cuales son literalmente radicales libres (el anión superóxido y el hidroxilo). En situaciones en las que exista una mayor actividad metabólica (etapas del crecimiento, desarrollos activos o procesos inflamatorios) ocurre una mayor demanda tisular de oxígeno y parte de él se metaboliza, generándose un alto número de sustancias oxidantes.

La segunda gran fuente de especies reactivas del oxígeno también es endógena y está constituida por el metabolismo de las células defensivas tales como los polimorfo nucleares, los monocitos sensibilizados, los macrófagos y los eosinófilos. Para que éstas puedan cumplir su misión, están dotadas de diversas proteínas así como de vías metabólicas que generan varias especies químicamente agresivas como peróxido de hidrógeno, radicales superóxido e hidroxilo, cuyo fin último es destruir elementos extraños. En condiciones normales estas especies reactivas son producidas y utilizadas en compartimentos celulares como los lisosomas que, aunque se encuentren en el interior de los fagocitos, no tienen por qué dañar a las células siempre y cuando los mecanismos antioxidantes de éstas funcionen adecuadamente.

Los oxidantes pueden también proceder del exterior, bien sea directamente o como consecuencia del metabolismo de ciertas sustancias. Algunos ejemplos lo constituyen la contaminación ambiental, la luz solar, las radiaciones ionizantes, una concentración de oxígeno demasiado elevada, los pesticidas, metales pesados, la acción de ciertos xenobióticos (cloroformo, paracetamol, etanol, tetra cloruro de carbono, violeta de genciana) o el humo de tabaco.

REACTIVIDAD DE LOS RADICALES LIBRES DE OXIGENO

Como ya he dicho anteriormente, la mayoría de los RL de interés biológico suelen ser extremadamente reactivos e inestables, por lo que tienen un período de vida media muy corto, que se puede medir incluso en fracciones de microsegundo. No obstante, cuando un RL reacciona con un compuesto no radical pueden formarse otros RL, de manera que es posible que se creen reacciones en cadena y den lugar a efectos biológicos lejos del sistema que originó el primer radical. Un ejemplo lo constituye la peroxidación de lípidos.

Las proteínas, los lípidos insaturados, los ácidos nucleicos y los carbohidratos son los blancos fundamentales de las reacciones de los RL. A continuación, describiremos los daños que pueden sufrir estas moléculas.

PROTEINAS

Las proteínas son modificadas de diferente manera por especies reactivas de oxígeno. Los RL de oxígeno, por ejemplo, pueden reaccionar directamente con el ligando metálico de muchas metaloproteínas. Se ha comprobado que el hierro de la oxihemoglobina puede reaccionar con el radical superóxido o el peróxido de hidrógeno para formar

metahemoglobina. Otra importante hemoproteína citoplasmática, la catalasa, es inhibida por el O_2^- , que la convierte en sus formas inactivas ferroxí y ferrilo. Por último, el peróxido de hidrógeno, producto de la dismutación del O_2^- , también puede reducir el Cu^{2+} de la superóxido dismutasa CuZn a Cu^{1+} , reaccionando después con él y generando radical hidroxilo. A su vez, este radical hidroxilo ataca un residuo adyacente de histidina del centro activo de la enzima, necesario para la actividad catalítica.

Debido a la reactividad de los RL con las moléculas insaturadas o que contienen azufre, las proteínas con proporciones elevadas de triptófano, tirosina, fenilalanina, histidina, metionina y cisteína pueden sufrir modificaciones aminoacídicas mediadas por RL. En este sentido, se ha observado que enzimas tales como la papaína, la gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa e incluso la superóxido dismutasa, que dependen todas ellas de estos aminoácidos para presentar actividad, se inhiben en presencia de RL. Las reacciones de los RL con estos aminoácidos dan lugar también a alteraciones estructurales en las proteínas provocando entrecruzamientos y fenómenos de agregación, que se ven favorecidos por la formación de puentes disulfuro intra e intermoleculares. Los enlaces peptídicos también son susceptibles de ser atacados. Estos enlaces pueden romperse tras la oxidación de residuos de prolina por radicales hidroxilo o superóxido.

Finalmente, la reacción de los RL con las proteínas también puede generar subproductos que amplificarían el daño inicial. Un ejemplo lo constituye la oxidación del triptófano hasta H_2O_2 y N-formil kinurenina, un compuesto que, al reaccionar con grupos amino, provoca entrecruzamientos entre proteínas y/o lípidos.

LIPIDOS

Todas las células están rodeadas por una membrana que las separa del medio extracelular. La membrana celular contiene proteínas que juegan papeles vitales en la interacción de la célula con otras células, hormonas y agentes reguladores del líquido extracelular. La estructura básica de todas las membranas biológicas es la bicapa lipídica, la que funciona como una barrera de permeabilidad selectiva. Éstas son ricas en ácidos grasos poliinsaturados y por lo tanto vulnerables al ataque de RL que traen como consecuencia la peroxidación lipídica. Los RL hidroxilo e hidroperoxilo y el oxígeno singlete pueden reaccionar con los ácidos grasos de los fosfolípidos y otros componentes lipídicos de las membranas para formar hidroperóxidos lipídicos. Este proceso de peroxidación lipídica comienza cuando el RL quita un átomo de hidrógeno de uno de los carbonos metilenos de la cadena carbonada para rendir un RL lipídico. Los ácidos grasos poliinsaturados de membrana son especialmente susceptibles de ser atacados por RL puesto que contienen grupos metilenos separados por dobles enlaces que debilitan el enlace C-H metileno. Cuando el radical lipídico se origina, sufre inmediatamente un reajuste molecular, produciéndose un dieno conjugado que puede reaccionar con el O₂ y formar un radical hidroperoxilo. Este RL da lugar a endoperóxidos, o bien, puede tomar un átomo de hidrógeno de un carbono metileno de otro ácido graso poliinsaturado adyacente para formar, de nuevo, un RL lipídico y un hidroperóxido. El radical lipídico se combina con otra molécula de oxígeno y así se establece una cadena de propagación del daño peroxidativo. Por su parte, el hidroperóxido, que es un compuesto estable, si entra en contacto con iones metálicos de transición, producirá más RL que iniciarán y propagarán

otras reacciones en cadena. Así, las membranas resultan seriamente dañadas y, por tanto, su funcionalidad se ve alterada.

Los productos finales del proceso de peroxidación lipídica, entre los que se incluyen hidrocarburos volátiles, alcoholes o aldehídos, pueden difundir lejos del lugar donde se originaron y causar edema celular e influir en la permeabilidad vascular, inflamación y quimiotaxis. Estos productos pueden también alterar la actividad fosfolipasa e inducir la liberación de ácido araquidónico y la subsecuente formación de prostaglandinas y distintos endoperóxido. El malondialdehído, que es otro producto final de la peroxidación de ácidos grasos con tres o más dobles enlaces, puede causar entrecruzamientos y polimerización de distintos componentes de la membrana. Así pues, las propiedades de las membranas aún resultan más alteradas.

Los mecanismos homeostáticos con que el organismo enfrenta el daño oxidativo que habitualmente causan estas especies son numerosos y diversos, reflejando la multiplicidad de formas de radicales libres y especies reactivas, como también los numerosos compartimientos donde actúan en el organismo y las propiedades físicas de éstos.

ACIDOS NUCLEICOS

Los ácidos nucleicos también pueden ser atacados por los RL. Realmente la citotoxicidad de estas especies químicas, en gran parte, es una consecuencia de las aberraciones cromosómicas producidas por las modificaciones químicas que sufren las bases y los azúcares del ADN al reaccionar con los RL, especialmente con el OH. Las modificaciones químicas de los nucleótidos provocan, en muchos casos, la ruptura de las hebras del ADN.

Si el daño que se origina es tan grande que no puede ser reparado, se produce una mutación, o bien, la célula muere. Se ha comprobado, por ejemplo, que la ruptura del ADN que ocurre durante la explosión respiratoria producida por los neutrófilos en respuesta a determinados estímulos, puede causar la muerte de estas células e inducir procesos autoinmunes.

CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos son dañados por los RL en menor proporción que otras moléculas.

Azúcares tales como la glucosa, el manitol o ciertos desoxiazúcares pueden reaccionar con el radical OH, para producir sustancias reactivas. Así mismo, los polisacáridos pueden sufrir el ataque de los RL, en este caso, fragmentándose a unidades más sencillas.

Greenwald y Moy (1980) han demostrado que el ácido hialurónico se despolimeriza en presencia de concentraciones elevadas de radicales hidroxilo, provocando un descenso de la viscosidad del líquido sinovial de las articulaciones.

A pesar de que los RL son especies extremadamente reactivas, las células disponen de sistemas de protección frente a ellos. De hecho los RL se están produciendo continuamente en el organismo, el problema sólo surge cuando hay una sobreproducción o cuando los sistemas antioxidantes están debilitados (para una revisión sobre los sistemas de defensa antioxidante).

ANTIOXIDANTES

Un antioxidante se puede definir como la sustancia que es capaz de retrasar o prevenir la oxidación de un sustrato. El tipo de sustratos susceptibles incluye prácticamente la totalidad de los alimentos y a nivel tisular estructuras como las proteínas, lípidos, hidratos de carbono y ADN.

La mayoría de los organismos poseen mecanismos que les protegen de los efectos nocivos de los RL. Estos sistemas de defensa son de carácter antioxidante y estabilizan estos compuestos altamente reactivos convirtiéndolos en inocuos. Los procesos naturales de protección contra la agresión oxidativa pueden estar en nuestro organismo, el cual posee enzimas antioxidantes que ejercen su acción fundamentalmente a nivel intracelular e interferen en la fase de iniciación de la síntesis de RL inactivando las moléculas precursoras de los mismos. Entre estas enzimas tenemos la superoxidodismutasa que puede ser de dos tipos, la mitocondrial, que requiere manganeso, y la citosólica, que es cobre-dependiente y cinc-dependiente. Ambas inactivan el anión superóxido ($2O_2^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$). La catalasa, que requiere la presencia de hierro para su actividad, ejerce su acción en los peroxisomas y cataliza la descomposición del peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno ($H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$). Se ha descrito una glutationperoxidasa (GSHPX) a nivel intracelular y otra a nivel extracelular. Ambas son selenio-dependientes y necesarias para la descomposición del peróxido de hidrógeno y de los productos de reacción de la peroxidación lipídica: ($H_2O_2 + AH_2 \rightarrow 2H_2O + A$).

VITAMINAS ANTIOXIDANTES

Otro proceso natural de protección frente a los RL lo constituyen las vitaminas y/o provitaminas como la vitamina E, la vitamina C y los carotenos. La vitamina E es el principal antioxidante celular liposoluble, especialmente eficaz evitando la peroxidación lipídica de la membrana en tejidos con alta presión parcial de oxígeno. Se sitúa en la superficie polar de las membranas celulares e interacciona con los ácidos grasos poliinsaturados de los fosfolípidos situados en el interior no polar de la membrana. La vitamina C desempeña un papel antioxidante en la defensa extracelular contra los radicales libres. Inactiva directamente estos compuestos activos en medio acuoso e indirectamente también reduce la peroxidación lipídica al regenerar la vitamina E reducida.

Los carotenos constituyen un conjunto de compuestos pigmentados y liposolubles con propiedades antioxidantes. Entre ellos el β -caroteno que puede convertirse en vitamina A y es una molécula con capacidad para reducir radicales de oxígeno, especialmente activo a bajas presiones de oxígeno sobre todo en los capilares no expuestos directamente. La vitamina E puede proteger los dobles enlaces conjugados del β -caroteno, por lo que, en presencia de vitamina E, la actividad, del β -caroteno es mayor.

VITAMINA E

Estructura química y nomenclatura

La vitamina E es un antioxidante esencial en humanos, que protege contra las enfermedades cardiovasculares, participando en el metabolismo de las plaquetas, modulando la formación de derivados de ácido araquidónico y la agregación plaquetaria.

El termino Vitamina E es un descriptor genérico para dos familias: los tocoferoles y tocotrienoles, los cuales exhiben actividad de vitamina E. Químicamente consiste de un anillo de cromano con un grupo alcohol en la posición 6, los miembros de ambas familias son designados a, b y g dependiendo de la posición que ocupe el grupo metilo en el anillo citado. Los tocoferoles y tocotrienoles poseen estructuras similares, la diferencia entre ellos radica en que los primeros poseen una cadena lateral saturada y los segundos insaturada. El a-tocoferol es el isomero de Vitamina E más potente, además la mayoría de Vitamina E que se encuentra en los alimentos (80%) se encuentra en esta forma, mientras que los compuestos sintéticos de Vitamina E son una mezcla de ocho isomeros.

Fuente

Esta vitamina está presente en pequeñas cantidades en muchos alimentos, especialmente en el germen de trigo, Aceites vegetales, huevos, nueces, almendras y maní, plantas verdes, leche entera, hígado y en menor proporción espinaca, brócoli, espárragos, duraznos, fresas.

Actividad biológica

Actividad Antioxidante: Es la función más importante que se le atribuye a esta Vitamina, las toxinas del medio ambiente, el envejecimiento y la carcinogenesis, entre otros, son eventos mediados por los RL. Se ha demostrado que los fosfolípidos de las membranas celulares y subcelulares poseen un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados que son susceptibles de peroxidarse y originar radicales con capacidad oxidativa.

La Vitamina E es un antioxidante liposoluble, capaz de proteger a estas membranas, así entonces el a-tocoferol actuaría como un barredor de RL, interrumpiendo la formación de estos, los cuales pueden causar daño a la membrana de las organelas subcelulares.

Otras Funciones: Mas allá de su función antioxidante, la Vitamina E ha sido involucrada en la diferenciación celular, también se ha relacionado con la regulación de la agregabilidad plaquetaria y modulación del sistema inmunológico a través de las prostaglandinas y leucotrienos, se le atribuye un papel esencial en la función neurológica. Se ha observado en el reconocimiento de pacientes con alteraciones en la absorción de grasa a nivel intestinal que se producen deficiencias severas de la vitamina E, lo que causa síntomas neurológicos y un incremento en el daño oxidativo in vivo.

Recomendaciones

Con relación a este punto hay que tener en consideración: 1) Las recomendaciones de la RDA (Recommended Dietary Allowance) con relación al consumo adecuado de Vitamina E para prevenir deficiencia nutricional y sus síntomas clínicos son para los hombres y mujeres adultos de 10 y 8 mg respectivamente, en este punto es pertinente aclarar que 1 mg de la forma sintética de dl - α -tocoferil acetato es equivalente a una unidad internacional (UI) de Vitamina E y un mg de la forma natural equivale a 1,49 UI. Los niveles séricos considerados normales o suficientes desde el punto de vista nutricional se encuentran en el orden de 500 $\mu\text{g/dl}$ en plasma (11,6 $\mu\text{mol/mol/L}$). 2) Los requerimientos antioxidantes, son mayores que los nutricionales y se acepta que para lograr efecto antioxidante con la Vitamina E se debe consumir por encima de lo recomendado por la RDA, para así garantizar concentraciones plasmáticas antioxidantes, las cuales se acepta que están entre 1200 a 1300 mg/dl . (28 a 30 mmol/mol/L). Además, hay que tener en cuenta que los requerimientos de Vitamina E se incrementan en ciertas situaciones: ejercicio muy intenso, consumo de dietas ricas en ácidos grasos poliinsaturados, exposición a contaminación ambiental, edad, etc.

Ahora bien, para la evaluación del estado de Vitamina E no se cuenta con un índice que refleje con exactitud su consumo y sus depósitos en el organismo. La concentración de tocoferoles es el índice más apropiado para medir el estado de Vitamina E en el organismo y hay que tener en cuenta que los niveles séricos de α -tocoferol y γ -tocoferol están altamente correlacionados con el colesterol sérico y la concentración total de lípidos,

por ser esta, una Vitamina liposoluble, de ahí que, los niveles plasmáticos de Vitamina E necesitan ser estandarizados con los valores de los lípidos plasmáticos.

VITAMINA C

El término vitamina C debe considerarse una descripción genérica de todos los compuestos que muestran cualitativamente la actividad biológica de ácido ascórbico, este último nombre debe restringirse a dicha sustancia específica. Se oxida reversiblemente en el organismo a ácido dehidroascórbico, el cual tiene actividad de vitamina C.

Fuentes

El Acido ascórbico se encuentra particularmente en las frutas, sobre todo las cítricas, fresas, tomates, vegetales verdes (col, repollo) y papas. Hay otras fuentes naturales que pueden ser más ricas en esta vitamina, pero no se consumen en cantidades considerables, tal como el perejil, el cual tiene un contenido aproximado de 189 mg de vitamina C por cada 100 g. En general casi todas las frutas y verduras frescas son ricas en vitamina C cuando se consumen crudas, la cocción provoca algo de pérdida de la vitamina.

Actividad biológica

Su papel básico es como antiescorbútico, adicionalmente, el ácido ascórbico tiene efectos profilácticos y terapéuticos en condiciones patológicas, tales como enfermedades infecciosas, deficiencias inmunológicas, aterosclerosis, enfermedades malignas, etc.

El ácido ascórbico es un cofactor de diversas reacciones de hidroxilación y amidación al transferir electrones a enzimas que proporcionan equivalentes reductores. Debido a sus propiedades reductoras y a sus reacciones con radicales libres juega un papel importante en muchas reacciones bioquímicas, aunque los mecanismos de acción no están completamente descritos a nivel molecular. Hay evidencia que el ácido ascórbico puede ser crucial en la síntesis de colágeno y carnitina, conversión del ácido fólico en ácido folínico, metabolismo microsomal de fármacos, hidroxilación de dopamina para formar noradrenalina. El ácido ascórbico, también favorece la acción de una enzima amidante, que se cree participa en el metabolismo de algunas hormonas tales como oxitoxina, vasopresina y colecistocinina.

Por otra parte, contribuye a la oxidación del hierro ferrico no hem a hierro ferroso en el estomago y favorece así la absorción de este. Adicionalmente el ácido ascórbico ha sido relacionado con el metabolismo del colesterol, postulándose que regula la actividad de la enzima 7a colesterol oxigenasa, la cual cataliza el paso de colesterol a ácidos biliares.

Igualmente se ha descrito que una hipovitaminosis C puede estar implicada como un factor de riesgo etiológico en la patogénesis de hipercolesterolemia y enfermedad arterial coronaria. Ha sido involucrada en el metabolismo y detoxificación de numerosas drogas y sustancias como el alcohol.

La vitamina C es el principal antioxidante soluble en agua y actúa como la primera defensa contra los RL en la sangre completa y en el plasma. Junto con la vitamina E y los beta-carotenos cumplen la función de antioxidantes tanto de una manera individual como también cooperativamente, e incluso en algunos casos en forma sinérgica. El ácido

ascórbico actúa como elemento terminal en la protección contra el daño tisular mediado por RL, así cuando la Vitamina C se asocia con el tocoferol, este último atrapa al radical y el ácido ascórbico restaura al tocoferol.

La vitamina C como protector en los procesos neoplásicos posee una importante función como antioxidante en plasma y en la regeneración de la vitamina E. El ácido ascórbico presente en una relación 2:1 (ascorbatos a nitritos), bloquea la formación de nitrosaminas, las cuales son consideradas sustancias cancerígenas. En este sentido algunos estudios han sugerido que el ácido ascórbico puede tener un efecto inhibitorio sobre la formación de nitrosaminas carcinogénicas y así reducir la probabilidad de formación de tumores malignos.

Recomendaciones

Las recomendaciones diarias de la RDA, son de 60 mg/día lo cual se basa en el umbral para la excreción urinaria de la vitamina y en la dosis necesaria para prevenir con un adecuado margen de seguridad el escorbuto. Sin embargo las recomendaciones de vitamina C para cumplir su función antioxidante son mayores, sugiriéndose para alcanzar este efecto entre 100 a 200 mg diarios para lograr concentraciones plasmáticas aproximadas de 0,9 y 1,0 mg/dl. Las concentraciones séricas de ácido ascórbico han sido consideradas una medida indirecta y estática del estado nutricional de vitamina C. Concentraciones séricas menores de 0,2 mg/dl, han sido asociadas con la aparición de signos clínicos de escorbuto. Se aceptan tres categorías de riesgo para la deficiencia de vitamina C: 1) Alto riesgo de presentar signos clínicos de deficiencia, para los grupos de todas las edades que tienen un

nivel plasmático por debajo de 0,2 mg/dl. 2) Un riesgo moderado fue considerado cuando los valores estaban comprendidos entre 0,2 y 0,4 mg/dl. 3) Bajo riesgo de deficiencia, fue considerado cuando los valores estaban por encima de 0,4 mg/dl y por debajo de 0,6 mg/dl. Desde el punto de vista de protección antioxidante se han sugerido que los valores óptimos ácido ascórbico sérico deben estar por encima de 0,9 mg/dl.

En la deficiencia, dos tipos de factores pueden ser resaltados, aquellos que afectan la ingesta de vitamina C, tales como estación, edad, hospitalización y enfermedad crónica; y aquellos que afectan el metabolismo o los requerimientos diarios, tales como embarazo, lactación, terapias con drogas por largos periodos, abuso de alcohol, cigarrillos o enfermedad aguda. Específicamente el alcohol causa una disminución del incremento de la concentración de vitamina C plasmática posterior a la ingesta de esta última. Estos hallazgos han sido atribuidos como un efecto adverso del alcohol sobre la absorción del ascorbato. En el caso de los fumadores, algunos estudios han reportado un efecto negativo del consumo de cigarrillos por largo tiempo sobre los niveles de vitamina C en plasma y leucocitos, causado por un efecto metabólico del ácido ascórbico mayor que en los individuos no fumadores.

Toxicidad

La Vitamina C en dosis muy altas puede irritar el tubo digestivo o el epitelio urinario por la acción acidificante sobre la orina, reportándose que puede inducir cálculos de oxalato.

VITAMINA A

Estructura química

La Vitamina A es un término genérico que designa a cualquier compuesto con actividad de retinol, el all-trans retinol, es el compuesto progenitor, su forma aldehído y ácido se denominan retinal y ácido retinoico respectivamente. Por otra parte, la forma activa de la Vitamina A, en el mecanismo de la visión, es el 11-cis-retinal. Adicionalmente, está el beta caroteno, el cual es considerado una pro-Vitamina A y la única forma en que esta se encuentra en las plantas.

En sentido nutricional, la familia de la Vitamina A comprende todos los compuestos que poseen actividad de retinol, incluyendo alrededor de cincuenta carotenoides que poseen actividad de provitamina A, aceptándose que el más activo es el trans-betacaroteno.

Fuentes

Vitamina A: hígado, productos lácteos (leche, queso, manteca), atún, sardinas, aceite de hígado de bacalao, pates. Carotenoides pro-Vitamina A: cereales y vegetales rojizos o anaranjados.

Actividad biológica

La más importante: la Visión. Diferenciación celular, lo que hace que tenga un papel en procesos tales como: espermatogénesis, desarrollo fetal, respuesta inmunológica, gusto, audición, apetito y crecimiento. Los β -carotenos pueden disminuir el riesgo de cáncer por

diferentes mecanismos, de los cuales el más aceptado es su potencial antioxidante. La capacidad antioxidante evitaría la degradación oxidativa del material genético. Pero también un efecto sobre el sistema inmunitario potenciando la vigilancia inmunológica al facilitar la identificación y eliminación de células que son reconocidas como anómalas. Los carotenoides (vitamina A) se relacionan con un menor riesgo de cáncer de laringe, cervical, vejiga, y de pecho.

Recomendaciones

La cantidad diaria que debería ingerir una persona sana varía con la edad, la masa corporal, la actividad metabólica y circunstancias tales como embarazo y lactancia, así para prevenir los signos de deficiencia, desde el punto de vista nutricional las recomendaciones de la RDA son: para niños hasta 14 años, de 400 a 1000 μg diarios, para hombres y mujeres desde los 14 años 1000 y 800 μg diarios respectivamente y en situaciones como el embarazo y la lactancia recomiendan 800 a 1300 μg diarios, por debajo de estas ingestas pueden aparecer signos clínicos de deficiencia de esta Vitamina, tales como ceguera nocturna y distintos grados de xeroftalmia. Las recomendaciones para obtener protección antioxidante con la Vitamina A y contribuir a la prevención de enfermedades como cáncer y enfermedad isquémica cardíaca, están por encima de los nutricionales, no obstante debe tenerse en cuenta, que si se ingieren grandes dosis de Vitamina A, esta puede ser tóxica, pudiendo presentarse toxicidad aguda cuando se ingieren dosis 100 o más veces superiores a los aportes recomendados y toxicidad crónica cuando se ingieren frecuentemente dosis desde 10 veces más que las recomendadas por la RDA. Una consideración importante es que una

UI de Vitamina A es definida como 0,3 μg de all-trans retinol. Para propósitos nutricionales es mejor utilizar el término equivalentes de retinol (RE), el cual convierte todas las fuentes de Vitamina A y carotenoides en una sola unidad. Así 1 μg de all-trans retinol es biológicamente equivalente a 6 μg de β -caroteno o a 12 μg de carotenoides mezclados.

Estudios epidemiológicos realizados en humanos asocian altos niveles del β -caroteno y otros carotenoides (precursores de la vitamina A) relacionados con los pigmentos de las plantas, con menor riesgo de cáncer y enfermedades cardiovasculares, sobre todo en fumadores.

Los alimentos contienen otras sustancias antioxidantes que puede tener especial interés en la salud humana, una de estas es el glutatión. A diferencia de las vitaminas antioxidantes, el glutatión se puede sintetizar en el cuerpo humano. Hay tres aminoácidos en las proteínas de los materiales crudos que se utilizan para su síntesis (glutamato, cisteína y glicina). El glutatión también está presente en los alimentos, y experimentos con animales indican que las cantidades que se absorben en el tracto digestivo son limitadas. Es bastante probable que el glutatión de la dieta se absorba y dicha absorción incrementará la concentración plasmática de glutatión. Como consecuencia, la ingesta dietética del glutatión puede ser determinante en la sensibilidad o resistencia al cáncer.

ACIDOS GRASOS POLIINSATURADOS.

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son el principal problema de salud pública de los países europeos debido a su elevada incidencia

Estudios epidemiológicos y de intervención nutricional indican que el consumo de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) n-3 de larga cadena producen cambios en variables homeostáticas asociadas a efectos beneficiosos para la salud. Desde que Dyerberg estableció una relación entre la ingesta de AGPI n-3 y el riesgo de padecer ECV al estudiar el patrón dietético de la población esquimal en Groenlandia.

Se han publicado más de 6.000 trabajos científicos sobre los efectos de los mismos en la enfermedad cardiovascular.

Existen dos familias de AGPI: la familia n-6 y la familia n-3. La familia de AGPI n-6 deriva del ácido linoleico, con dos dobles enlaces, y se caracteriza por tener su primer doble enlace en carbono número 6 de la cadena, contado desde el metilo del extremo de la misma.

La familia de AGPI n-3 deriva del ácido α -linolénico (ALA), con tres dobles enlaces, cuyos ácidos grasos tienen su primer doble enlace en carbono número 3 de la cadena (fig. 1). Tanto el linoleico como el α -linolénico son ácidos grasos esenciales, ya que no pueden ser sintetizados por el organismo y, por tanto, deben ser aportados en la dieta.

Los diferentes números y posiciones de los dobles enlaces de la cadena confieren a los ácidos grasos diferentes propiedades fisiológicas derivadas de su metabolismo, lo que hace que la relación entre los ácidos grasos n-3 y n-6 de la dieta sea muy importante. El ácido linoleico se metaboliza a ácido araquidónico y el α -linolénico da lugar al ácido eicosapentaenoico (EPA) y al ácido docosahexaenoico (DHA). Todos ellos emplean las mismas rutas metabólicas y compiten por las mismas enzimas elongasas y desaturasas. Además de ser una fuente de energía, las familias de AGPI n-6 y n-3 se incorporan a las

membranas de las células, donde son precursores de los eicosanoides (prostaglandinas, prostaciclina, tromboxanos y leucotrienos), que intervienen en numerosos procesos fisiológicos tales como la coagulación de la sangre o las respuestas inflamatoria e inmunológica. En general, los eicosanoides sintetizados a partir de la familia de AGPI n-3 son menos activos (por ejemplo, tienen menor actividad antiinflamatoria) que los eicosanoides derivados de la familia n-6. Al aumentar el consumo de AGPI n-3 en la dieta, también puede incrementarse la producción de eicosanoides de estas formas menos activas. El consumo de ácidos grasos n-6 y n-3 determina los tipos y cantidades de eicosanoides en el organismo, lo cual influye potencialmente en todos los procesos en los que intervienen.

Fuentes de ácidos grasos n-3

Entre los aceites vegetales, el aceite de linaza es considerado como la fuente más rica de ALA (57% de los ácidos grasos totales). La semilla de colza, la soja, el germen de trigo y las nueces contienen entre un 7% y un 13% de ALA. Algunos autores consideran a las verduras como una buena fuente de ALA (por ejemplo, espinaca, lechuga), aunque su contenido graso es bastante bajo. La carne de origen animal, particularmente la de rumiantes, y los productos lácteos también proporcionan ALA. Sin embargo, las técnicas agrícolas modernas han originado un descenso en el contenido de ácidos grasos n-3 de la carne (especialmente cordero y ternera) debido al uso casi generalizado de concentrados de cereales ricos en ácidos grasos n-6 para alimentar al ganado

En cuanto al EPA y al DHA, las fuentes más ricas son los aceites de pescado y el pescado azul. El alto contenido de DHA y EPA en el pescado es consecuencia del consumo de

fitoplancton (rico en AGPI n-3), que contribuye a la adaptación de los peces a las aguas frías. El contenido de AGPI n-3 varía en función de la especie de pescado, su localización, la estación del año y la disponibilidad de fitoplancton.

Ingesta de ácidos grasos n-3 y recomendaciones dietéticas

Las estimaciones realizadas sobre la ingesta de ácidos grasos n-3 se basan principalmente en los datos sobre consumo de alimentos y los análisis químicos de las dietas. Sin embargo, hay pocos datos disponibles

En relación a las recomendaciones nutricionales de ingesta de ácidos grasos n-3, la Sociedad Internacional para el Estudio de Ácidos Grasos y Lípidos (“ISSFAL”) sugiere la cantidad de 0,65 g/día de DHA más 1 g/día de ácido α -linolénico. Por otra parte, las nuevas recomendaciones de la Sociedad Americana del Corazón (“AHA”) son: a) las personas adultas han de consumir pescado al menos dos veces por semana, b) para pacientes con enfermedad coronaria las recomendaciones de consumo son de 1 gramo diario de EPA+DHA procedente de aceites de pescado o suplementos, y c) para pacientes con hipertrigliceridemia se recomienda el suplemento de 2 a 4 gramos diarios de EPA + DHA a fin de disminuir en un 20-40% los niveles de triglicéridos del plasma

La Organización para Agricultura y Alimentación y la Organización Mundial de la Salud en su informe del año 2003 sobre dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas recomiendan una ingesta de grasas saturadas menor al 10% y de grasa monoinsaturada del 15 al 30% de la energía total. Además, los ácidos grasos poliinsaturados totales han de representar un 6- 10% y los ácidos grasos n-3 en particular un 1-2% de la energía total

Ácidos grasos n-3 y enfermedad cardiovascular

Los efectos saludables derivados del consumo o la suplementación con AGPI n3 han recibido en las últimas dos décadas mucha atención por parte de la comunidad científica. Las ACV son la principal causa de mortalidad en los países occidentales y una parte importante de Asia y se conoce que la dieta puede influir en algunos de los factores de riesgo descritos para estas enfermedades.

Los resultados de los estudios epidemiológicos y de intervención indican que el consumo de ácidos grasos n3 puede afectar favorablemente a la salud cardiovascular; incluso una ingesta pequeña de pescado (una vez por semana) puede reducir el riesgo de ECV.

Algunos estudios epidemiológicos en este sentido son los siguientes: el estudio “The Seven Countries”, de 20 años de duración y seguimiento, demostró que aquellos hombres que consumían 30 g/día de pescado reducían el riesgo de mortalidad por enfermedad coronaria en un 50% en relación a los voluntarios que no consumían pescado

El estudio “The Western Electric” determinó que los hombres que consumían más de 35 g/día de pescado presentaban un riesgo relativo de mortalidad por enfermedad coronaria de 0,62 en comparación con los que casi nunca consumían pescado.

El estudio “US Physicians’ Health” demostró que el consumo semanal de pescado estaba asociado a un riesgo relativo de 0,48 de muerte súbita cardíaca.

El estudio sobre “Prevención de Aterosclerosis Coronaria Mediante Intervención con Ácidos Grasos Omega-3 de Origen Marino” (también conocido por “SCIMO”), demostró

una reducción en el desarrollo de la aterosclerosis al administrar dosis bajas de AGPI n-3 (1,65 g/día).

Cuando las células vasculares sufren algún tipo de daño, se desencadena el proceso de agregación plaquetaria. Los intermediarios derivados del metabolismo de los AGPI n-3 son menos protrombóticos y vasoconstrictores que los derivados procedentes del araquidónico (n-6). El contenido en ácidos grasos de las plaquetas origina la producción de tromboxano A₂ a partir de la familia n-6, o de tromboxano A₃ a partir de la familia n-3. Este último posee un efecto proagregante menor que el tromboxano A₂, reduciendo, por tanto, la agregación plaquetaria y la trombosis.

Por otra parte, un músculo cardíaco enfermo es susceptible de sufrir irregularidades en la actividad eléctrica (arritmias), que en muchas ocasiones son la causa de muerte súbita cardíaca. La proporción de ácidos grasos n-3/n-6 en el músculo cardíaco parece estar relacionada con el riesgo de muerte súbita cardíaca. Se ha sugerido que la ingesta moderada de AGPI n-3 puede reducir el riesgo de parada cardíaca como consecuencia del efecto regulador que estos ácidos grasos ejercen sobre las propiedades eléctricas del miocardio, disminuyendo por tanto la susceptibilidad a las arritmias ventriculares y por consiguiente, el riesgo de muerte súbita.

El efecto más conocido derivado del consumo de ácidos grasos n-3 es el hipolipemiente, en concreto el efecto reductor sobre los triglicéridos del plasma. Los triglicéridos elevados son un factor de riesgo independiente de las ECV, especialmente en individuos con valores reducidos de colesterol HDL. Tras consumir una comida rica en grasa se produce un

aumento característico de los triglicéridos sanguíneos que se conoce con el nombre de hiperlipemia postprandial o respuesta postprandial. La intensidad de esta respuesta también se considera un factor de riesgo de ECV y está relacionada con el tipo de grasa ingerida. Algunos estudios indican que la ingesta de DHA y EPA reduce el aumento postprandial de los triglicéridos y, por tanto, produce un efecto beneficioso.

Otros estudios también han demostrado que el consumo de cantidades considerables de pescado o de aceites de pescado como tal, o administrado en cápsulas, puede disminuir los niveles de triglicéridos en sujetos sanos e hiperlipémicos. Con respecto a los efectos de los AGPI n-3 sobre el colesterol sanguíneo, en la mayoría de los estudios llevados a cabo hasta ahora no se han encontrado efectos significativos sobre el colesterol total. En cambio, los aceites de pescado suelen producir un aumento en el colesterol HDL de un 10%, aunque éste depende del alimento y de las cantidades de n-3 ingeridas. La hipertensión es uno de los factores más importantes de riesgo de ECV. Entre otros efectos, la hipertensión provoca la activación del endotelio, lo que a su vez origina la producción endotelial de moléculas de adhesión (como ICAM-1, VCAM-1) y la infiltración de células sanguíneas a la pared vascular, contribuyendo al engrosamiento de la arteria y al desarrollo de la aterosclerosis. Existen evidencias científicas de que los ácidos grasos n-3 pueden estimular la producción endotelial de óxido nítrico. Esta molécula provoca la relajación de las células del músculo liso permitiendo la dilatación de los vasos sanguíneos, que reduce a su vez la presión sanguínea y la activación endotelial. Se ha demostrado que sólo cantidades elevadas de aceites de pescado (un mínimo de 3 g/día) producen un descenso significativo, aunque moderado, de la presión sanguínea.

Las cantidades de pescado que habría que consumir para obtener estas dosis efectivas son tan elevadas que en la práctica sólo se alcanzan mediante el consumo de suplementos o alimentos enriquecidos con AGPI n-3.

Ácidos grasos n-3 y salud

Se han descrito otros efectos beneficiosos del consumo de los ácidos grasos n-3 en procesos inflamatorios tales como la artritis reumatoide, la enfermedad de Crohn, el asma, la psoriasis y algunas nefropatías.

Aunque se necesitan más estudios para demostrar los beneficios clínicos, en general el consumo de AGPI n-3 alivia algunos síntomas de estas enfermedades, debido a que los eicosanoides derivados de los AGPI n-3 son menos potentes en sus efectos proinflamatorios.

Durante el desarrollo fetal e infantil, los AGPI n-3 tienen un papel fundamental en el desarrollo del cerebro, el sistema nervioso, la retina y el crecimiento y, por tanto, una ingesta adecuada es esencial. En este sentido es destacable el hecho de que el contenido de DHA en la leche humana oscile alrededor de 30 mg por cada 100 g, mientras que en la leche de otros mamíferos, particularmente en la de vaca, oveja o cabra, el DHA es casi inapreciable.

Están poco estudiados los efectos derivados del consumo de AGPI n-3 en la función cerebral de individuos adultos. Algunos trabajos científicos han descrito que las cantidades de AGPI n-3 en las membranas de las células de individuos que padecen Alzheimer, depresión o esquizofrenia son muy bajas.

Estudios epidemiológicos indican que existe una relación inversa entre el consumo de pescado y la prevalencia de enfermedades depresivas. Además, algunos resultados en individuos sanos muestran que una concentración plasmática baja de DHA afecta a los niveles del neurotransmisor serotonina, y los niveles bajos de serotonina están relacionados con el comportamiento suicida

Alternativas para incrementar la ingesta de ácidos grasos n-3

Las autoridades sanitarias recomiendan aumentar el consumo de AGPI n-3, en especial los de cadena larga (EPA y DHA), cuya fuente principal es el pescado. Sin embargo, las sociedades occidentales modernas tienden a incluir muy poco pescado en la dieta. Ya sea por la escasez o la falta de costumbre a consumirlo, en muchas ocasiones el consumidor prefiere otros alimentos de mayor comodidad.

Una forma eficaz de aumentar la ingesta es la fortificación o la adición de ácidos grasos n-3 a alimentos de uso cotidiano. La tecnología moderna de alimentos hace posible hoy en día que una gran cantidad de alimentos puedan enriquecerse en ácidos grasos n-3 y, de hecho, existe en todo el mundo una gran variedad de productos alimenticios enriquecidos. Algunos ejemplos de estos alimentos que se comercializan en la casi totalidad de los países son el pan y los productos de panadería, margarinas, grasas untables, huevos y derivados, pastas, salsas, zumos y bebidas no alcohólicas, carnes, productos lácteos y leche

Un aspecto importante a tener en cuenta cuando se adicionan AGPI n-3 a los alimentos reside en la química de los mismos. Estos ácidos grasos son muy susceptibles a la oxidación y reaccionan muy rápidamente cuando se exponen a condiciones o agentes

oxidantes como el oxígeno del aire. Por esta razón, los aceites de pescado se adicionan a los alimentos con vitamina E y otros antioxidantes para prevenir la oxidación que, de lo contrario, produciría enranciamientos, malos olores e inestabilidad. Además, la producción de alimentos enriquecidos con ácidos grasos n-3 es técnicamente difícil y requiere de métodos especiales para producir un aceite de pescado adecuado, apropiado para la adición a alimentos, sin olor ni sabor a pescado.

A pesar del gran número de productos alimenticios enriquecidos con ácidos grasos n-3 disponibles en el mercado, los efectos sobre la salud derivados del consumo regular de estos productos supone aún un reto en muchos casos y son muy pocos los estudios llevados a cabo en este sentido

Éstos tienen especial importancia cuando se trata de alimentos como los huevos o la carne, en los que la presencia de antioxidantes para prevenir la oxidación no puede controlarse por completo. Resultados de una intervención nutricional con huevos enriquecidos con AGPI n-3 mostraron que el consumo regular de éstos no producía el aumento característico en los niveles plasmáticos de colesterol originado por el consumo de huevos no enriquecidos.

Se ha demostrado que la leche es el vehículo más eficaz para absorber las grasas, ya que la grasa de la leche se encuentra en forma de micelas y la superficie de absorción, en comparación con otros alimentos, es elevada. Se estudiaron los efectos derivados del consumo de un producto lácteo enriquecido con ácidos grasos n-3, ácido oleico, vitaminas E, B6 y ácido fólico en factores de riesgo de enfermedad cardiovascular en individuos sanos. El estudio fue controlado, aleatorio y se realizó con voluntarios de entre 25 y 45 años

de edad. Los sujetos bebieron 500 mL/día de leche semidesnatada enriquecida con vitaminas A y D durante cuatro semanas, conteniendo la misma cantidad de grasa total que la leche enriquecida, pero con diferente perfil de ácidos grasos. Transcurrido este periodo de tiempo, los sujetos reemplazaron la leche semidesnatada por 500 mL/día de leche enriquecida y continuaron el consumo durante las ocho semanas siguientes.

Las muestras de sangre se tomaron cada cuatro semanas desde el comienzo del estudio. Las cantidades de ácido oleico, DHA y EPA contenidos en los 500 mL de leche enriquecida fueron de 5,12, 0,2 y 0,13 g, respectivamente, mientras que las cantidades en la leche semidesnatada fueron de 1,82 g de oleico por cada 500 mL y cantidades inapreciables de DHA y EPA. La leche enriquecida con n-3 contenía ocho veces más la cantidad de AGPI contenida en la leche semidesnatada y más del doble de la cantidad de ácidos grasos monoinsaturados, mientras que las cantidades de ácidos grasos saturados detectado en la leche enriquecida fueron de aproximadamente un tercio de los existentes en la leche semidesnatada empleada en el estudio. Los resultados obtenidos en el estudio demostraron que el consumo durante 8 semanas de 500 mL de leche enriquecida con AGPI n-3 produjo un incremento promedio del 30% en los niveles plasmáticos de DHA y EPA. El consumo de la leche enriquecida produjo además una disminución de la concentración de colesterol total en plasma (6%) y colesterol LDL (16%), y también un descenso de los niveles plasmáticos de homocisteína (13%), todos ellos factores de riesgo de ECV conocidos. El consumo de leche enriquecida no produjo cambios en la concentración de vitamina E del plasma ni de las lipoproteínas LDL. Asimismo tampoco se modificó la capacidad antioxidante del plasma ni la susceptibilidad de las lipoproteínas LDL a la oxidación, que

se midió indirectamente como tiempo de retardo a la oxidación o “lag time”, y de forma directa con ayuda de un anticuerpo monoclonal que reconocía LDL oxidada.

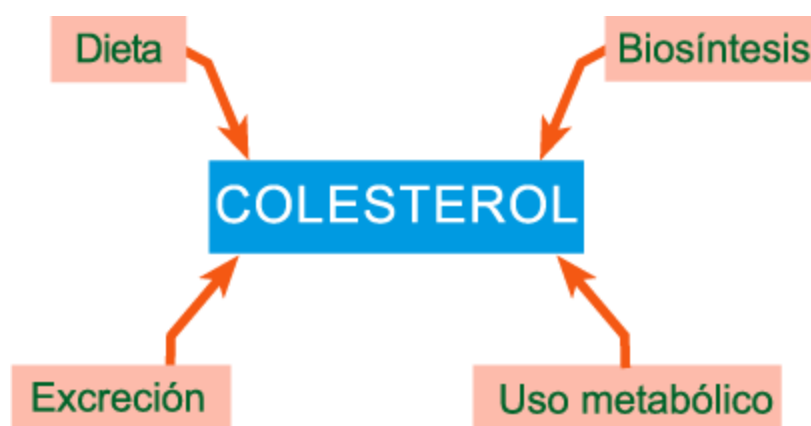
El consumo de leche enriquecida originó un descenso en las formas solubles de las moléculas de adhesión VCAM-1 e ICAM-1, marcadores de activación endotelial implicadas en procesos de captación e infiltración de monocitos a la pared vascular. También se detectó un incremento notable de las concentraciones de folatos sérico y eritrocitario resultante de la absorción del ácido fólico existente en la leche enriquecida (150 µg/500 mL).

En este estudio, en comparación con otros, hemos utilizado cantidades pequeñas de ácidos grasos n-3 y oleico. Está descrito que la grasa de la leche se absorbe en el intestino con gran facilidad y eficiencia, por lo que quizá el uso de este vehículo para la administración de los AGPI n-3 y oleico será responsable de los efectos beneficiosos cardiovasculares encontrados a bajas dosis. En conclusión, la ingesta de alimentos enriquecidos en ácidos grasos poliinsaturados n-3 (EPA y DHA) es una opción disponible que puede ser eficaz en la reducción de factores de riesgo de enfermedades, sustituyendo a los suplementos sin originar cambios en los hábitos alimentarios del consumidor. Aunque el mercado de alimentos funcionales está en constante expansión, se necesitan muchos más estudios que evalúen en qué medida el consumo de alimentos funcionales produce efectos beneficiosos para la salud, un área de investigación que con toda seguridad continuará desarrollándose en los próximos años.

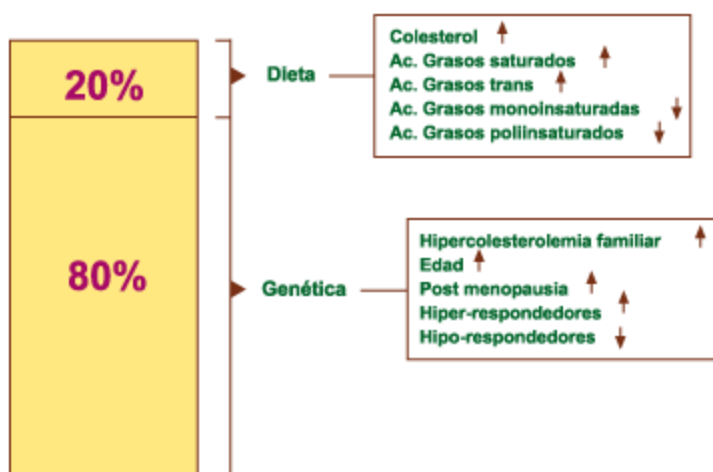
FITOESTEROLES Y FITOESTANOLES.

Las enfermedades cardiovasculares constituyen la primera causa de muerte en el mundo occidental, y si bien esta patología tiene un origen complejo y es la conjunción de muchos factores, se acepta que los niveles altos de colesterol plasmático constituyen un importante indicador de riesgo para el desarrollo de la patología. De esta forma, las campañas de prevención están orientadas, entre otras acciones, a un adecuado control de los niveles plasmáticos de colesterol. Las acciones van desde un manejo dietario orientado a una menor ingesta de colesterol asociada a una mayor actividad física, en el caso de las hipercolesterolemias moderadas (sobre 200 mg/dL hasta 240 mg/dL), hasta tratamientos más agresivos en el caso de hipercolesterolemias severas (sobre 240 mg/dL) orientados a inhibir, mediante medicamentos, la síntesis endógena de colesterol (mediante la administración de estatinas) y/o a disminuir su absorción en el tracto digestivo (resinas que atrapan colesterol). El éxito de los procedimientos para regular el nivel de colesterol plasmático, ya sea en las hipercolesterolemias moderadas o en las severas, es sólo relativo ya que la cantidad de colesterol que circula en el plasma resulta de la compleja homeostasis del esterol donde intervienen en forma regulada la biosíntesis, la utilización metabólica, la excreción biliar y la reabsorción en el tracto digestivo, y cuya resultante constituye el "pool metabólico" de colesterol. Además, estos factores son modificados por la edad del individuo, el sexo, los hábitos alimentarios, y en forma muy importante, por la genética. Actualmente se acepta que aproximadamente un 80% del colesterol circulante en el plasma está determinado por el genotipo del individuo, y donde la edad y estados fisiológicos, como la menopausia en la mujer, incrementan estos niveles. El 20% restante sería

determinado por el nivel de ingesta de colesterol del individuo, el que también es modificado por la condición de éste (por ejemplo la obesidad). De esta forma, el manejo de los niveles plasmáticos de colesterol por la vía dietaria sólo producirá modificaciones en aquel 20% controlable.



Antecedentes recientes del Ministerio de Salud en una muestra representativa en mayores de 17 años señala que un 35.4% presenta algún nivel de hipercolesterolemia (> 200 mg/dL), concentrándose la gran mayoría en el rango de la hipercolesterolemia moderada, por lo cual un manejo racional de la dieta puede disminuir estos niveles e incluso llevarlos a los niveles considerados como "deseables" (menos de 200 mg/dL). Dentro de los componentes de la dieta que pueden actuar como aliados en el control del colesterol plasmático están los fitoesteroles y los fitoestanoles. Para comprender porqué estos lípidos de origen vegetal pueden ayudarnos a modificar y a controlar una hipercolesterolemia moderada, es preciso analizar lo que ocurre con el colesterol en el tracto digestivo.



DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DEL COLESTEROL: UNA CLAVE PARA CONTROLAR LOS NIVELES PLASMÁTICOS.

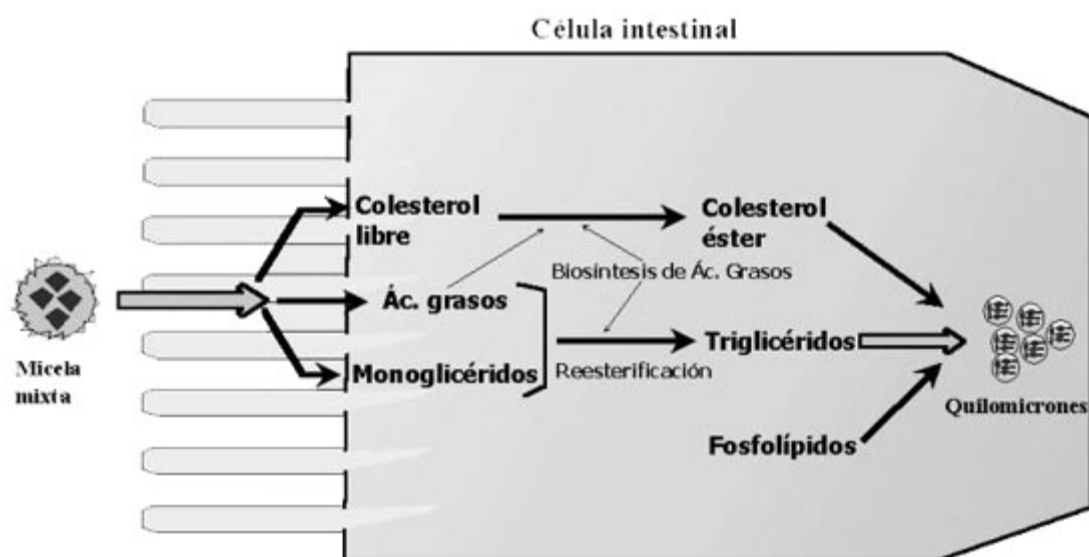
La ingesta de colesterol puede variar desde 250 mg/día hasta 500 mg/día aproximadamente. Entre un 95%-98% del colesterol que ingerimos está esterificado con ácidos grasos en el OH- del carbono 3 de la estructura cíclica de la molécula. Generalmente los sustituyentes en este carbono son el ácido palmítico (C16:0), el ácido esteárico (C18:0), el ácido oleico (C18:1) y en menor proporción el ácido linoleico (C18:2). Los ésteres del colesterol no sufren ninguna modificación en la digestión bucal y gástrica ya que en estas cavidades no se secretan colesterol esterasas, aunque sí lipasas. El páncreas secreta hacia el intestino delgado una poderosa colesterol esterasa que hidroliza prácticamente el 100% de los ésteres de colesterol con la ayuda de las sales biliares, cuyos componentes actúan como activadores de la enzima. El colesterol libre que se encuentra en el lumen intestinal durante el proceso digestivo está constituido por el colesterol dietario (250-500 mg/día) y por el colesterol

contenido en la secreción biliar (600-1000 mg/día). El colesterol libre es incorporado a las micelas mixtas quedando "atrapado" o "solubilizado" en la fracción fosfolipídica que forma la superficie de estas estructuras micelares. Estas micelas, que además contienen ácidos grasos libres, monoglicéridos, lisofosfolípidos y fosfoglicerato, se aproximan al ribete en cepillo de las microvellocidades del epitelio intestinal donde la turbulencia del contenido intestinal es muy baja y al contacto con la membrana transfieren al interior de la célula su contenido. Se sabe que los ácidos grasos y los monoglicéridos son transportados activamente hacia el interior de la célula intestinal. Los mecanismos moleculares implicados en la absorción del colesterol desde el lumen intestinal a las células del epitelio son aún poco conocidos. Sin embargo, recientemente se ha caracterizado una proteína (identificada como NPC1 L1, Niemann-Pick C1Like 1) que tiene una función clave en el transporte de esteroides al enterocito. Se estima que aproximadamente un 50% del colesterol se reabsorbe y el resto se elimina por las deposiciones. Es necesario destacar que el colesterol, a diferencia de otras moléculas, no se metaboliza, de modo que la única vía de eliminación es la intestinal.

El colesterol absorbido es nuevamente reesterificado en la célula intestinal. Generalmente se esterifica con ácido palmítico, aunque si la disponibilidad de ácido oleico dietario es alta, también se utiliza este ácido (es una de las ventajas del consumo de aceite de oliva). Esta esterificación la realiza la enzima acilCoA-colesterol-acil-transferasa (ACAT). El colesterol una vez esterificado se incorpora a la estructura de los quilomicrones que la célula intestinal exporta, primero a la linfa, y posteriormente al torrente circulatorio. El colesterol que no es reesterificado en la célula intestinal, es nuevamente secretado hacia el lumen del intestino.

En este proceso interviene un transportador que pertenece a la superfamilia de transportadores tipo ABC (de ATP Binding Casette) que utiliza la energía aportada por la hidrólisis del ATP para realizar el eflujo del colesterol.

Reesterificación del colesterol y de los lípidos intestinales



ESTRUCTURA QUIMICA DE FITOESTEROLES Y FITOESTANOLES

Los fitoesteroles y los fitoestanoles (formas reducidas de los fitoesteroles) son esteroles de origen vegetal y cuya estructura química es muy similar a la del colesterol. Sin embargo, los fitoesteroles difieren estructuralmente del colesterol (que posee 27 carbonos, C27) por la presencia de sustituyentes de tipo metilo o etilo en la cadena lateral de la molécula. Los fitoesteroles son particularmente abundantes en el reino vegetal: están presentes en los frutos, semillas, hojas y tallos de prácticamente todos los vegetales conocidos. Por este

motivo, también están presentes normalmente en nuestra dieta. Se estima que la ingesta diaria de fitoesteroles, la que obviamente es muy variable ya que depende de los hábitos alimentarios de la población, se encuentra en un rango que va desde los 160 mg/día hasta los 500 mg/día. Si bien los fitoesteroles químicamente identificados suman más de 25 estructuras diferentes, son tres los que están en mayor proporción en sus fuentes de origen: el α -sitosterol (C29), el campesterol (C28) y el stigmasterol (C29), quienes en su conjunto constituyen el 95%-98% de los fitoesteroles identificables en extractos vegetales. Los fitoesteroles comparten con el colesterol el núcleo central de la molécula, esto es la estructura ciclopentano perhidrofenantreno (D-5 insaturado, conservando el grupo -OH que sustituye el carbono 3 de la estructura cíclica). La diferencia estructural de los fitoesteroles con el colesterol y entre los diferentes fitoesteroles radica en la cadena hidrocarbonada lateral. En el colesterol esta cadena está formada por ocho carbonos y es saturada. En los fitoesteroles está formada por 9 o 10 carbonos y en algunos de ellos presenta un doble enlace (stigmasterol). Los fitoestanoles están en menor proporción que los fitoesteroles en el reino vegetal, pero pueden ser formados por la reducción química del doble enlace de la posición D-5 de la estructura cíclica. Industrialmente se preparan los respectivos derivados saturados del α -sitosterol (sitostanol), del campesterol (campestanol) y del stigmasterol (stigmastanol). Se ha propuesto que la diferencia estructural en la cadena lateral de los fitoesteroles y de los fitoestanoles con el colesterol es responsable de los particulares efectos hipocolesterolémicos atribuidos a ambos esteroides vegetales y también de la baja absorción a nivel del tracto intestinal que se ha observado para estos esteroides. La concentración sérica de fitoesteroles en humanos está en el rango de 0,3-1,7 mg/dL y la de

los fitoestanoles es menor de 0,1mg/dL, esto es, mucho menor que la de colesterol (150-300 mg/dL).

EFFECTOS FISIOLÓGICOS DE FITOESTEROLES Y FITOESTANOLES.

La literatura científico-médica describe para los fitoesteroles y fitoestanoles una gran variedad de efectos fisiológicos. Se les atribuye propiedades antiinflamatorias, antitumorales, bactericidas y fungicidas. Sin embargo, el efecto mejor caracterizado y científicamente demostrado, es el efecto hipocolesterolémico, tanto a nivel del colesterol total como del colesterol-LDL (15). En 1950 se realizó la primera observación a que el consumo habitual de fitoesteroles como componentes de la dieta, ejerce un marcado efecto hipocolesterolémico. La evidencia experimental de este efecto es contundente y está avalada por abundante literatura científica en trabajos realizados con ratas y en humanos. Trabajos recientes han demostrado que el consumo de margarinas enriquecidas con sitosterol, campesterol y stigmasterol o con el derivado hidrogenado sitostanol, administradas a individuos moderadamente hipercolesterolémicos (220-240 mg/dL colesterol), producen reducciones del colesterol circulante de un 10% en promedio y de un 8% en el colesterol-LDL, sin afectar el contenido de colesterol-HDL y el nivel de triglicéridos. El consumo promedio de fitoesteroles en estos estudios fue de 1,5-2,2 g/día y el de sitostanol de 2,0 g/día.

MECANISMO BIOQUIMICO DEL EFECTO HIPOCOLESTEROLEMICO DE LOS FITOESTEROLES Y FITOESTANOLES.

No está totalmente elucidado el mecanismo mediante el cual los fitoesteroles y los fitoestanoles dietarios ejercen efectos hipocolesterolémicos. Sin embargo, basado en sus propiedades fisicoquímicas, se ha postulado que estas sustancias actúan a tres niveles diferentes: a) inhiben la absorción a nivel intestinal del colesterol, tanto aquel de origen dietario como biliar, b) inhiben la reesterificación del colesterol a nivel de la actividad de la ACAT, c) aumentan la actividad y la expresión del transportador tipo ABC, acelerando el eflujo de colesterol desde las células intestinales al lumen intestinal. Debido a que los fitoesteroles son más lipofílicos que el propio colesterol, propiedad derivada de las características de mayor extensión y complejidad de la cadena lateral, los esteroles y los estanoles desplazarían competitivamente al colesterol desde la micela mixta formada por la acción de los fosfolípidos y de las sales biliares en el lumen intestinal. De esta forma, al tomar contacto la micela mixta con el ribete en cepillo formado por las microvellocidades de las células intestinales, los fitoesteroles ocuparían el lugar del colesterol. El colesterol no emulsionado (desplazado de la micela) no puede ser absorbido y es eliminado con las deposiciones. Por su parte, los fitoesteroles y más particularmente los fitoestanoles presentan escasa absorción a nivel intestinal, por lo cual durante el proceso de transferencia de los ácidos grasos y monoglicéridos desde la micela a las células intestinales, y que produce el desensamblaje de la micela mixta, los esteroles y estanoles se liberarían acompañando al colesterol no absorbido, siendo finalmente excretados con las deposiciones. Este constituiría el primer nivel de acción de los esteroles. La absorción

intestinal de los fitoesteroles es extremadamente baja (menos del 0,5%-1%) y la de los fitoestanoles menor aún. Sin embargo, cuando estos esteroles (y estanoles) son absorbidos, ejercerían una inhibición de la ACAT (segundo nivel de acción), con lo cual el colesterol no sería eficientemente reesterificado e incorporado a los quilomicrones, estimulado así el eflujo hacia el lumen intestinal del colesterol no esterificado. Los esteroles producirían una sobre-expresión de los genes que codifican las proteínas de la estructura del transportador ABC, acelerando así el eflujo de colesterol (tercer nivel de acción).

Los esteroles y estanoles que alcanzan la sangre, son esterificados a nivel plasmático y transportados al hígado mediante el mecanismo del transporte reverso del colesterol. Se estima que los fitoesteroles no producirían un efecto de competencia metabólica con el colesterol ya que los esteroles vegetales se encuentran en concentraciones plasmáticas muchísimo más pequeñas que el colesterol. Una observación importante se refiere al efecto beneficioso de los fitoesteroles en el control de la hiperplasia prostática benigna, acción que ha sido comunicada por varios autores. Este efecto también constituye una recomendación para el consumo de fitoesteroles a través de la dieta.

LOS FITOESTEROLES Y FITOESTANOLES COMO AGENTES NUTRACEUTICOS

El particular efecto hipocolesterolémico observado para los fitoesteroles y sus derivados hidrogenados, ha motivado a diferentes empresas el desarrollo de productos enriquecidos con estos esteroles vegetales. En 1995 una empresa finlandesa desarrolló una margarina liviana enriquecida con sitostanol y que fue un impacto primero en Finlandia y

posteriormente en toda Europa. El sitostanol se obtiene a partir de la hidrogenación controlada de la oleo-resina obtenida de pulpa de pino. En este producto, el sitostanol está esterificado con ácidos grasos con el propósito de aumentar su liposolubilidad y de disminuir su absorción a nivel intestinal. Los diferentes estudios nutricionales realizados con la margarina adicionada de sitostanol han demostrado su eficacia para disminuir el colesterol sanguíneo en individuos levemente hipercolesterolémicos sin alterar el nivel de colesterol-HDL y de los triglicéridos. La empresa finlandesa ha licenciado sus estanoles a diferentes empresas, lo cual ha permitido la aparición en el mercado de diferentes productos conteniendo fitoestanoles (yogurts, leches, jugos, entre otros). Actualmente este producto se comercializa en algunos países Latinoamericanos. También se han desarrollado bebidas, jugos, leches y yogurs adicionados de fitoesteroles o de fitoestanoles.

POLIFENOLES Y FLAVONOIDES.

Los compuestos fenólicos o polifenoles constituyen un amplio grupo de sustancias químicas, considerados metabolitos secundarios de las plantas, con diferentes estructuras químicas y actividad. englobando más de 8.000 compuestos distintos. Su forma más frecuente es la de polímeros o lignina insoluble, mientras que su presencia en los tejidos animales está relacionada con el consumo e ingestión de alimentos vegetales. La distribución de los compuestos fenólicos en los tejidos y células vegetales varía considerablemente de acuerdo al tipo de compuesto químico que se trate, situándose en el interior de las células o en la pared celular.

Sus principales funciones en las células vegetales son las de actuar como metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas, y como agentes protectores frente a la acción de patógenos, siendo secretados como mecanismo de defensa.

Los compuestos fenólicos están relacionados con la calidad sensorial de los alimentos de origen vegetal, tanto frescos como procesados. Su contribución a la pigmentación de los alimentos vegetales está claramente reconocida, a través de las antocianidinas, responsables de los colores rojo, azul, violeta, naranja y púrpura de la mayoría de las plantas y de sus productos. Además, la reacción de oxidación de los compuestos fenólicos hacia la formación de quinonas, catalizada por las enzimas polifenol oxidasas, produce un pardeamiento enzimático en los alimentos, fenómeno de vital importancia para asegurar la calidad de frutas y verduras durante el procesado. Igualmente los compuestos fenólicos, y en concreto los taninos condensados o proantocianidinas se asocian con la astringencia que presentan muchas de las frutas comestibles antes de la maduración.

En la actualidad este grupo de compuestos fitoquímicos presenta un gran interés nutricional por su contribución al mantenimiento de la salud humana. Así, muchas de las propiedades beneficiosas descritas en los alimentos de origen vegetal, asociadas principalmente a la actividad antioxidante y las propiedades antinutritivas de estos compuestos, están relacionadas con la presencia y con el contenido de compuestos fenólicos.

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos tiene interés desde un punto de vista tecnológico y nutricional. Así, los compuestos fenólicos intervienen como

antioxidantes naturales de los alimentos, por lo que la obtención y preparación de alimentos con un alto contenido en estos compuestos supone una reducción en la utilización de aditivos antioxidantes, a la vez que se obtienen alimentos más saludables, que incluso pueden llegar a englobarse dentro de los alimentos funcionales.

EFFECTO DE LOS COMPUESTOS FENOLITICOS EN LA CALIDAD ORGANOLEPTICA DE LOS ALIMENTOS.

Los compuestos fenólicos intervienen en las características organolépticas de las frutas y verduras, al intervenir en gran medida en el color natural y en el sabor que estas poseen.

CONTRIBUCION AL COLOR

Los flavonoides son los responsables del color natural de los alimentos. Entre ellos las antocianinas son los responsables de los colores rosa, escarlata, rojo, malva, azul y violeta de los vegetales, zumos de frutas y vinos, y se presentan en forma de glicósidos como antocianos. Las antocianinas son compuestos muy inestables, por lo que la pérdida de su color se puede producir durante el procesado, almacenamiento y congelación de las distintas frutas y vegetales.

Las coloraciones amarillas o marfiles pueden ser debidas a la presencia de flavonoles, flavonas, calconas, flavononas e isoflavononas. Sin embargo, se ha observado que muchos de estos compuestos carecen de color en estado natural pero pueden convertirse en compuestos coloreados bajo determinadas condiciones en la manipulación y procesado de los distintos vegetales. Los flavonoles (kaempferol, quercitina y mirecitina) contribuyen al

color del té verde mientras que las flavonas y los flavonoles no intervienen claramente en las coloraciones de las plantas al menos que estén presentes en altas concentraciones como ocurre en la piel de la cebolla.

Además, de forma general, los polifenoles pueden quelar metales modificando la coloración natural de los alimentos de manera que los quelatos de hierro son los responsables de coloraciones azules a negras, mientras que los quelatos de aluminio proporcionan coloraciones amarillo brillante o marrones.

SABOR AMARGO

Las flavononas son los compuestos responsables del sabor amargo en los cítricos. Así, la naringina es el componente amargo mayoritario del pomelo, mientras que la neohesperidina lo es de la naranja amarga. Además, ciertos glicósidos flavanónicos amargos o insípidos pueden transformarse por apertura del anillo en calconas (con sabor dulce), las cuales por hidrogenación posterior se transforman en dihidrocalconas, con poder edulcorante igual o superior al de la sacarina. Otros compuestos fenólicos, entre los que destaca el ácido clorógeno, han sido asociados al sabor amargo de la cerveza, el vino y la sidra. Mientras que los ácidos hidroxicinámicos y sus derivados son responsables del sabor amargo de los arándanos.

SABOR ASTRINGENTE

Las proantocianidinas o taninos condensados constituyen la principal fracción fenólica responsable de las características de astringencia de los alimentos vegetales, aunque la

intensidad de estas sensaciones depende del peso molecular del compuesto presente en el alimento, observándose que sólo los taninos con un peso molecular entre 500 y 3000, pueden desarrollar una sensación de astringencia. Paneles de catadores han demostrado que las proantocianidinas tetraméricas son más amargas, mientras que las más poliméricas son más astringentes, cuando ambas son adicionadas en la misma cantidad.

Se ha observado que durante la maduración se produce una pérdida en la astringencia de los frutos que está asociada a una disminución del contenido en taninos. Así, el sabor astringente es típico de las manzanas inmaduras, mientras que las maduras, pobres en compuestos fenólicos, no presentan este sabor. Distintos mecanismos han sido estudiados para explicar esta pérdida de la astringencia. Según Goldstein y Swain este fenómeno se debe a la polimerización de los taninos y su consecuente pérdida de capacidad para precipitar proteínas, mientras que otros autores lo han relacionado con la formación de quelatos entre los taninos y distintas macromoléculas.

PERDEAMIENTO

El pardeamiento de las frutas y vegetales está también relacionado con el contenido en compuestos fenólicos. Así, la formación de pigmentos amarillos y marrones durante la manipulación y procesado de los alimentos vegetales, está controlada por los niveles de polifenoles, la presencia de oxígeno y la actividad de la polifenol oxidasa. Esta enzima contiene cobre y cataliza la reacción entre un grupo fenol y el oxígeno para dar agua y quinona, compuesto responsable de los pigmentos amarillos y marrones.

EFFECTOS FISIOLÓGICOS BENEFICIOSAS ASOCIADOS A COMPUESTOS FENÓLICOS.

EFFECTO SOBRE LOS MACRONUTRIENTES.

Algunos polifenoles son considerados antinutrientes ya que pueden formar complejos con las proteínas, almidón y enzimas digestivas, causando una reducción en el valor nutritivo de los alimentos. Este efecto se ha asociado generalmente a los taninos ya que los taninos hidrolizados se encuentran en cantidades trazas en los alimentos que se consumen habitualmente, se consideran a los taninos condensados o proantocianidinas como principal antinutriente entre todos los polifenoles.

Numerosos estudios realizados en animales de granja y experimentación para evaluar el efecto antinutritivo de los taninos debido a su actuación sobre las proteínas, han mostrado que estos compuestos intervienen negativamente sobre la ingesta de alimento, la tasa de crecimiento, la digestibilidad de la proteína, la disponibilidad de los aminoácidos y sobre las distintas producciones de estos animales, pudiendo incluso llegar a ocasionar la muerte.

Para que se produzca la unión entre los taninos y las proteínas se requieren moléculas con un peso superior a 350 D, por lo que un flavonoide dimérico o una molécula de ácido elálgico serían suficientes para formar este complejo. La unión se realiza mediante enlaces por puente de hidrógeno entre los grupos hidroxilos de los taninos y los grupos carboxilos de los enlaces peptídicos de las proteínas, presentando los taninos una alta afinidad por las proteínas ricas en prolina.

Además del efecto antinutritivo, la formación de complejos entre los taninos y las proteínas supone un gran problema tecnológico, ya que estos complejos solubles pueden dar lugar a complejos coloidales, que pueden llegar a hacerse incluso más grandes con la subsiguiente sedimentación. Este hecho se ha observado en bebidas, dando lugar a un enturbamiento, y afectando por tanto a su vida comercial. Ha sido descrito en cervezas, vinos, zumos de frutas, cafés y té.

Los taninos pueden unir proteínas endógenas en el intestino, principalmente enzimas digestivas, por lo que también afectan a la absorción de otros macronutrientes, debido principalmente a la inhibición de las enzimas involucradas en el proceso digestivo y las enzimas microbianas que intervienen en la fermentación.

EFFECTOS SOBRE LA BIODISPONIBILIDAD MINERAL.

Los polifenoles están reconocidos como antinutrientes de distintos minerales, ya que tienen la capacidad de quelar cationes divalentes, principalmente Fe y Zn, a través de su unión a los grupos hidroxilos y carboxilos, reduciendo la biodisponibilidad de los mismos en el intestino. Los compuestos fenólicos son liberados del alimento durante la digestión y puede unirse al hierro en el lumen intestinal haciéndolo no biodisponible. La capacidad de quelar este catión varía de unos compuestos fenólicos a otros al estar directamente relacionada con la estructura química. Así, la reducción en la biodisponibilidad del Fe se encuentra relacionada con la presencia en la dieta de los flavonoides monoméricos (catequinas) y ésteres del ácido gálico presentes en el té, de las catequinas del cacao, del ácido clorogénico del café, de los ácidos fenólicos, flavonoides monoméricos y

poliméricos de los y de los taninos del sorgo y de la habas. Estudios realizados por Hurrell y col. han demostrado que la presencia de polifenoles en té y en distintas infusiones de hierbas, causan una reducción en la biodisponibilidad del hierro del pan enriquecido con sulfato ferroso, cuando se administran de forma conjunta durante el desayuno, siendo esta reducción más acusada en el té que en otras infusiones como consecuencia del mayor contenido en polifenoles.

El efecto de los polifenoles sobre la absorción de Zn y Cu ha recibido poca atención, aunque la información disponible sugiere que tales compuestos pueden quelar dichos minerales, afectando por tanto a su biodisponibilidad. Estudios realizados por Ganji and Kies, mostraron que el consumo de té provocaba un efecto pequeño pero no significativo sobre el balance de Zn en humanos. Sin embargo, estudios posteriores realizados en ratas no mostraron efecto alguno del té sobre la absorción de Zn.

De forma general, los se pueden ordenar del siguiente modo, con relación a su mayor o menor efecto sobre la biodisponibilidad mineral: ácido gálico > ácido clorogénico = ácido cafeíco > catequinas.

COMPUESTOS FENOLICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.

La capacidad antioxidante descrita para distintos polifenoles se puede considerar como la actividad biológica responsable del efecto preventivo que se les atribuye sobre determinadas enfermedades frecuentes en los países desarrollados como son la enfermedad cardiovascular y el cáncer epitelial.

Los antioxidantes son compuestos que inhiben o retrasan la oxidación de otras moléculas mediante la inhibición de la propagación de la reacción de oxidación. Este hecho ha despertado un creciente interés en el estudio de los antioxidantes naturales entre los que se encuentran distintos compuestos fenólicos.

El comportamiento antioxidante de los compuestos fenólicos parece estar relacionado con su capacidad para quelar metales, inhibir la lipoxigenasa y captar radicales libres, aunque en ocasiones también pueden promover reacciones de oxidación. Los compuestos fenólicos actúan como prooxidantes quelando metales, bien de manera que mantienen o incrementan su actividad catalítica o bien reduciendo metales, incrementando así su capacidad para formar radicales libres de los peróxidos.

Para que un compuesto fenólico sea clasificado como antioxidante debe cumplir dos condiciones básicas. La primera es que cuando se encuentre en una concentración baja con relación al sustrato que va a ser oxidado pueda retrasar, enlentecer o prevenir la autooxidación o la oxidación mediada por un radical libre. La segunda es que el radical formado tras el secuestro sea estable y no pueda actuar en oxidaciones posteriores. Entre los compuestos fenólicos con una reconocida actividad antioxidante destacan los flavonoides, los ácidos fenólicos (principalmente hidroxicinámico, hidroxibenzóico, caféico, clorogénico), taninos (elligataninos), calconas y cumarinas, los cuales constituyen la fracción polifenólica de una gran diversidad de alimentos.

Los ácidos fenólicos (principalmente hidroxicinámico, hidroxibenzóico, caféico, clorogénico) y sus ésteres, también presentan actividad antioxidante, la cual va a depender del número de grupos hidroxilo presentes en la molécula.

Actividad antioxidante de los ácidos hidroxibenzóicos: se ha observado que dentro de este grupo de compuestos los ácidos monohidroxibenzoicos orto y para, muestran actividad antioxidante como agentes donantes de hidrogeno frente a radicales originados en fases acuosas, mientras que los m-hidroxibenzoicos tienen una actividad antioxidante de 0.84 mM. Sin embargo, los monohidroxibenzoatos son efectivos secuestrando radicales hidroxilo, debido a su tendencia a la hidroxilación y a la alta reactividad de este radical. Por el contrario, los ácidos dihidroxibenzoicos muestran una respuesta antioxidante dependiente de las posiciones de los grupos hidroxilos en el anillo. Así, el ácido 2,3-dihidroxibenzoico, con grupos hidroxilo en las posiciones orto y meta, muestra valores de TEAC próximos a 1.46 mM, los cuales son ligeramente superiores (1.2 mM) a los obtenidos para el ácido 3,4-dihidroxibenzoico, con sustituciones en las posiciones meta y para.

Actividad antioxidante de los ácidos hidroxicinámicos: Los ácidos hidroxicinámicos se encuentran ampliamente distribuidos en los tejidos vegetales, siendo los más importantes el ácido cumárico, el caféico y el ferúlico. Se ha observado que la introducción de un grupo etilénico entre el anillo fenol, portador de un grupo hidroxilo, y el grupo carboxilado, como ocurre en el ácido p-cumárico tiene un efecto positivo sobre las propiedades reductoras del grupo OH, cuando se compara con el ácido cinámico. La actividad antioxidante del ácido

cafeico es de 1.26 mM, habiéndose observado que la glicosilación de su grupo carboxilato no influye en el valor de TEAC. La investigación del potencial antioxidante de los ácidos fenólicos en sistema lipofílicos ha mostrado que todos los monofenoles, excepto el BHA, son menos efectivos que los polifenoles. La introducción de un segundo grupo hidroxilo en la posición orto, como ocurre en el ácido cafeico, o para, mejora la actividad antioxidante en los sistemas lipídicos, siendo por tanto estos compuestos fenólicos más eficientes que sus correspondientes monofenoles (ácido p-hidroxibenzoico y p-cumárico). Estudios en sistemas lípidicos han mostrado que el ácido sinápico tiene un mayor efecto protector que el ácido ferúlico, el cual a su vez es más activo que el p-cumárico. Asimismo han observado que el ácido siringico tiene más capacidad antioxidante que los ácidos vainillínico y p-hidroxibenzoico.

Recientemente, también se ha descrito la capacidad antioxidante de las proantocianinas o taninos condensados y los taninos hidrolizables (elligataninos) de alto peso molecular, que llega a ser incluso 15 ó 30 veces superior a la atribuida a los fenoles simples. Como estos polifenoles no son absorbidos, pueden desarrollar su actividad antioxidante en el tracto gastrointestinal y proteger a las proteínas, lípidos e hidratos de carbono del daño oxidativo durante la digestión, actuando como antioxidantes solubles.

COMPUESTOS FENOLICOS Y SU RELACION CON DIVERSAS PATOLOGIAS.

Además de las propiedades biológicas de los compuestos fenólicos, se les han atribuido actividades farmacológicas y médicas relacionadas con la prevención y/o mejora del estado de salud. Entre éstas destacan sus efectos vasodilatadores, anticarcinogénicos,

antiinflamatorios, bactericidas, estimuladores de la respuesta inmune, antialérgicos, antivirales, efectos estrogénicos e inhibidores de la fosfolipasa A2, de la ciclooxigenasa, lipooxigenasa, glutatión reductasa y xantina oxidasa.

Los polifenoles pueden interferir distintas etapas que conducen al desarrollo de tumores malignos al proteger al ADN del daño oxidativo, inactivando de este modo los carcinógenos, inhibiendo la expresión de los genes mutágenos y de la actividad de las enzimas encargadas de la activación de procarcinógenos, y activando los sistemas enzimáticos responsables de la detoxificación de xenobióticos. Numerosos estudios *in vivo* con animales se han desarrollado para establecer los efectos anticarcinogénicos de los polifenoles, mediante aplicaciones típicas, o bien tras la administración de dietas enriquecidas con polifenoles y/o con alto contenido en estos compuestos, siendo necesarias altas concentraciones para poder observar este tipo de respuesta. Diferentes estudios epidemiológicos han puesto en evidencia el efecto preventivo de los polifenoles frente al cáncer de vejiga así como frente a otros tipos de cánceres, como el de pulmón.

FUENTES DE COMPUESTOS FENOLICOS EN LA DIETA.

La mayoría de las plantas, sino todas ellas, contienen polifenoles los cuales están presentes en cantidades diferentes dependiendo de la planta y del grupo de compuesto fenólico estudiado, diferenciándose estos contenidos de acuerdo a la parte del vegetal que se trate, bien sea fruto, hoja o parte leñosa de la planta. En general, las hojas, flores, frutas y otros tejidos de las plantas contienen glicósidos. Los tejidos leñosos contienen agliconas, las semillas pueden contener ambas formas, mientras que las raíces y tubérculos contienen

escasas concentraciones de flavonoides, a excepción de ciertas plantas como las cebollas.

En siguiente cuadro se muestra la concentración relativa de flavonoides y ácido cinámicos en distintos tejidos vegetales según Pratt. De todos los grupos mencionados en el apartado de clasificación, los principales polifenoles presentes en los alimentos vegetales son: ácidos fenólicos, flavonoides, lignanos, estilbenos, cumarinas y taninos.

A continuación se detallan los principales compuestos fenólicos presentes en los alimentos de origen vegetal que forman parte de la dieta.

Concentración relativa de flavonoides y ácidos cinámicos en distintos tejidos vegetales

Tejido	Contenido relativo
Frutas	Acido cinámico > catequinas > leucoantocianidinas > flavonoles
Hojas	Flavonoles ~ ácido cinámco > catequinas ~ leucoantocianidinas
Corteza y madera	Catequina ~ leucoantocianidinas > flavonoles > ácido cinámico

PRESENCIA DE COMPUESTOS FENOLICOS EN CEREALES Y LEGUMBRES

En legumbres y cereales los principales compuestos fenólicos son los flavonoides, ácidos fenólicos y taninos. El contenido de polifenoles en cereales es < 1 % de la materia seca, excepto para alguna variedad de sorgo (*Sorghum bicolor*) en los que alcanzan contenidos superiores al 10%. La harina de arroz contiene 85.6 mg/100 g de ácidos fenólicos, siendo este contenido similar al que tienen las harinas de trigo y avena respectivamente. Tanto en la harina de arroz como en la de trigo destaca el ácido ferúlico como el principal componente fenólico, constituyendo en la última el 89.1 % del total de los ácidos fenólicos.

Los taninos son considerados sustancias antinutritivas presentes en los guisantes, encontrándose en concentraciones del 2% expresados como equivalentes de catequinas o de ácido tánico. Las legumbres con un mayor contenido en compuestos fenólicos son las de color oscuro entre las que destacan las judías rojas y las negras. Las isoflavonas son compuestos fenólicos también presentes en las legumbres.

COMPUESTOS FENOLICOS PRESENTES EN VEGETALES.

Los vegetales poseen una amplia variedad de compuestos fenólicos dependiendo de la especie.

De forma global, Hertog y col, encontraron entre un total de 28 vegetales analizados, que los principales flavonoides presentes en ellos eran la quercitina seguida del kaempferol. El principal aporte de quercitina lo constituye la cebolla (347 mg/kg), lechuga (14 mg/kg),

y el tomate (8 mg/kg) siendo las principales fuentes de kaempferol el brócoli y las judías verdes. Estudios similares posteriores realizados por Crozier en tomate mostraron una amplia variedad de resultados dependiendo de la variedad de tomate y de la época del año, oscilando entre 2 u/g y 203 µ/g. Otros flavonoides fueron detectados en alimentos vegetales aunque con un menor interés. Así, la mirecitina solo fue detectada en judías verdes frescas anchas (26mg/kg) mientras que la luteolina solo se encontró en el pimiento rojo, presentando el apio contenidos de 108 mg de apigenina por 100 kg de muestra.

En general, los vegetales de la familia Solanaceae aportan gran parte tanto del ácido clorogénico de la dieta como de otros ácidos hidroxicinámicos. Así, los tomates y los pimientos maduros son ricos en ácidos clorogénico y ferúlico, siendo la papa es uno los vegetales con un mayor contenido en ácido clorogénico (17.36 mg/100g de peso fresco) el cual constituye el 88,9% del total de los polifenoles presentes en ella. El contenido en ácido clorogénico se encuentra afectado por el tratamiento térmico, observándose que las mayores concentraciones se presentan en la papa cruda (0,800 mg/100g de peso seco), decreciendo en la cocinada en microondas (0,434mg /100 g de peso seco) y en la hervida (0,319 mg/100g de peso seco).

COMPUESTOS FENOLICOS PRESENTES EN FRUTAS.

Las frutas destacan en la dieta por su alto contenido en flavonoles, conteniendo también cantidades considerables de otros compuestos fenólicos dependiendo del tipo de fruta analizada. El principal flavonoide presente en las frutas es la quercitina. encontrándose

altos contenidos en manzanas (36 mg/kg). Las fresas presentan kaempferol (12mg/kg). Las uvas blancas y negras muestran un bajo contenido en mirecitina (4.5 mg/kg).

El contenido de ácidos hidroxibenzoicos es bajo en general, con la excepción de las moras, las frambuesas, la grosella morada, y la grosella roja y, siendo mayor en general el contenido en ácidos hidroxicinámicos. El ácido caféico es el ácido hidroxicinámico predominante en muchas frutas, constituyendo el 75% del total de estos ácidos y encontrándose en ciruelas, manzanas y arándanos. Sin embargo, el ácido p-cumárico es el componente mayoritario. La presencia de ácido clorogénico en frutas también ha sido ampliamente estudiada, se han encontrado altas concentraciones de este compuesto en manzanas, y en los arándanos. Los contenidos de este ácido en manzanas oscilan entre 25,08-61,47 mg/ L en el puré, y 38,85-81,28 mg/L en el concentrado. Estos contenidos fueron superiores en el puré y en el concentrado de melocotón con valores comprendidos entre 26,43-50,60 y 145,5-220,2 mg/L respectivamente.

COMPUESTOS FENOLICOS PRESENTES EN BEBIDAS.

El contenido de polifenoles en los zumos de frutas oscila generalmente entre 2 y 500 mg/L, dependiendo del tipo analizado, aunque zumos de ciertas variedades de naranja poseen concentraciones mucho mayores (hasta 700 mg/mL), debido a su alto contenido en hesperidina. Las mayores concentraciones se han encontrado en la pulpa de la naranja donde se detectan valores del orden de 31 mg/ 100 g de peso fresco. El contenido de hesperitina encontrado en la pulpa de pomelo es menor (1.5 mg/100g de peso fresco),

encontrándose en ella también pequeñas concentraciones de quercetina y kaempferol (0,5 y 0,4 mg/100 g de peso fresco respectivamente).

El vino es una fuente muy estudiada de compuestos fenólicos, sobre todo de ácidos fenólicos, antocianinas, taninos y flavonoides. Dentro de estos grupos, los compuestos fenólicos de más interés son los ácidos benzóicos e hidroxicinámicos, las antocianinas, las antocianidinas, los flavonoles, las flavonas y los taninos condensados. Existen diferencias entre el contenido de compuestos fenólicos en vino blanco y en vino tinto, siendo menor en el primer caso. Así, el contenido medio de compuestos fenólicos en un vino blanco típico es del orden de 250 mg/L, aunque se pueden encontrar algunos tipos con un contenido de 2000 mg/L. Por el contrario, el contenido de compuestos fenólicos totales en un vino tinto típico oscila entre 1000 y 4000 mg/L.

El té es una de las bebidas con un mayor contenido en compuestos fenólicos de interés nutricional, destacando por su alta concentración en catequinas, las cuales constituyen más del 30% del peso seco de la hoja, flavonoles (quercitina, kaempferol y sus glicósidos), flavonas y ácidos fenólicos (ácido gálico y ácido clorogénico). La fermentación del té conlleva importantes variaciones en su composición fenólica: el té verde es muy rico en flavanoles, mientras que el té negro contiene elevadas concentraciones de polifenoles oxidados (teoflavinas y teorubigins). Las infusiones de té poseen concentraciones elevadas de quercitina oscilan entre 10 y 25 mg/L.

INGESTA DE COMPUESTOS FENOLICOS.

Actualmente, existe poca información disponible sobre el consumo de compuestos fenólicos procedentes de la dieta. Los principales estudios de este tipo se han realizado sobre la ingesta de flavonoides, aunque se están realizando estudios acerca de la ingesta de ácidos fenólicos, de interés nutricional, especialmente ácidos hidroxicinámicos. La contribución relativa de los diferentes alimentos vegetales a la ingesta total de estos compuestos dependerá del grado de consumo de otros recursos dietéticos ricos en dichos compuestos tales como el té, el vino, el café y los cereales.

Respecto al consumo de ácidos hidroxicinámicos, se ha observado que la ingesta de ácido clorogénico puede ser superior a 200 mg en los consumidores de cantidades elevadas de café. Además, la ingesta de cantidades elevadas de cereales, proporciona un aporte considerable de ácido ferúlico (> 1 00 mg/día). Estos datos sugieren que la ingestadialaria de ácidos hidroxicinámicos puede superar sustancialmente la ingesta de flavonoides. Es por tanto necesario que las tablas de composición de los alimentos incluyan datos sobre el contenido en compuestos fenólicos de interés nutricional de los alimentos con el objetivo de poder cuantificar la ingesta real de los mismos.

METABOLISMO Y ABSORCION DE COMPUESTOS FENOLICOS.

Poco se sabe sobre la biodisponibilidad, absorción y metabolismo de los compuestos fenólicos en los humanos, pero es sabido que los diferentes grupos de flavonoides poseen distintas propiedades farmacocinéticas. Es evidente que algunos compuestos fenólicos, tanto los polifenoles como los extraíbles o los solubles son metabolizados en el tracto gastrointestinal. Las agliconas y los compuestos fenólicos simples libres, los flavonoides

(quercitina y genisteína) y los ácidos fenólicos pueden ser directamente absorbidos a través de la mucosa del intestino delgado. Los compuestos fenólicos libres (ácidos cinámicos y sus derivados, ácido p-cumárico, ferúlico, cafeico, etc.) han sido absorbidos en el tracto intestinal tanto en ensayos in vivo con ratas como en experimentos in vitro realizados con yeyuno aislado. La mediación de las enzimas bacterianas en la biodisponibilidad de los glicósidos fenólicos ha sido probada por Griffiths y Barrow, quienes mostraron que los glicósidos de los flavonoides fueron excretados en las heces de ratas libres de gérmenes. La fermentación bacteriana de carbohidratos también podría liberar compuestos fenólicos unidos a la fibra, los cuales podrían ser metabolizados al igual que los polifenoles extraíbles. En el colon, las agliconas son absorbidas a través del epitelio intestinal y metiladas y/o conjugadas con ácido glucurónico o sulfato en el hígado. El principal órgano involucrado en el metabolismo de los polifenoles es el hígado, aunque también se encuentran implicados los riñones y la mucosa intestinal, ya que contienen enzimas que intervienen en el metabolismo de los polifenoles.

Los derivados conjugados y los derivados 3'-Ometilados han sido detectados en el plasma de ratas a las que se les han administrado flavonoles (catequinas), flavonoles (quercetina, rutina e isorhamnitina) e isoflavonas (genisteína). Estos metabolitos han sido detectados en la orina y en la bilis. En este último caso, pueden introducirse en el ciclo enterohepático, ser deconjugados por la acción de la flora del colon y ser reabsorbidos.

Los compuestos fenólicos que han sido más estudiados son los flavonoides. Sin embargo, el grado de absorción de los flavonoides presentes en la dieta es un problema

importante y que está sin resolver, a pesar de sus potenciales efectos beneficiosos para la salud. De hecho, se ha afirmado con frecuencia que los flavonoides presentes en los alimentos no pueden ser absorbidos en el intestino ya que se encuentran en forma de glicósidos unidos a proteínas. Solamente los flavonoides libres de azúcar, es decir la aglicona, son capaces de atravesar la pared intestinal, pero no se sintetizan ni están presentes en el intestino enzimas que puedan hidrolizar o romper las uniones β -glicosídicas. La naturaleza hidrofílica de los glicósidos y su elevado peso molecular excluye la absorción en el intestino delgado. Además, los flavonoides β -glicósidos resisten la acción de las hidrolasas intestinales, por lo que los glicósidos pueden pasar inalterados al intestino grueso. La hidrólisis ocurre en el colon por microorganismos, los cuales al mismo tiempo degradan los flavonoides. La flora presente en el intestino produce glicosidasas capaces de liberar la aglicona de su azúcar. Además, dicha flora puede romper el anillo pirona (anillo C) originando ácido fenil acético y fenil propiónico y otros derivados. Existe por tanto una acumulación de agliconas en el intestino las cuales podrán ser potencialmente absorbidas por la pared intestinal. Sin embargo, estudios recientes sugieren que la absorción de los flavonoides no se produce por vía de la aglicona. Hollman y col., realizaron un estudio sobre la absorción de flavonoles en voluntarios sanos a los que se les había realizado una ileostomía. Fruto de esta investigación se vio que los glicósidos de la quercitina eran absorbidos directamente a través de la pared del intestino delgado y de absorción más rápida que la correspondiente aglicona, y además especularon sobre la posibilidad de que la absorción de los glicósidos podría ocurrir a través del transportador glucosa/Na⁺. Estudios anteriores realizados por Mizuma y col., mostraron que la absorción

de naphthol glicósidos en el intestino delgado de ratas dependía de la naturaleza del azúcar conjugado y de la presencia de Na^+ consecuente con su relación con el sistema transportador glucosa/ Na^+ . La absorción de estos glicósidos es inhibida por el phloridzin, un inhibidor del transporte de la glucosa y por si mismo, un glicósido estructuralmente relacionado con los flavonoles. Si de hecho se establece que la absorción de los glicósidos de los flavonoles ocurre en el intestino delgado a través de un mecanismo específico de absorción, mostrando selectividad entre los diferentes glicósidos de los flavonoles, serán necesarios estudios detallados de la naturaleza química de los glucósidos y de sus niveles en los alimentos vegetales en la forma química en la cual se ingieren normalmente dichos alimentos.

Poco se conoce sobre el destino de la mayoría de los compuestos fenólicos tras su ingestión. El metabolismo de los flavonoles y flavonas de la dieta permanece todavía sin concretar y existen pocos datos sobre su farmacocinética, probablemente debido a la carencia de métodos selectivos para la determinación de estos compuestos en fluidos corporales. Muestras de orina tomadas a las 24 horas de la ingestión en voluntarios a los que se les administró 4 gramos de quercitina, no mostraron ni dicho compuesto ni ninguno de sus conjugados. La presencia de quercitina, procedente de la dieta, no absorbida en el colon o alternativamente, la liberación de quercitina de su glicósido rutina cuando es atacada por la microflora del colon podría actuar como agente que podría proteger, prevenir o inhibir la carcinogénesis en este lugar. Además, estudios experimentales en los que se induce un cáncer mamario en ratas a las que se les alimenta con quercitina revelan una disminución en la incidencia de los tumores, aunque la cantidad repartida a la glándula

mamaria por esta vía todavía es cuestionable. Finalmente, se sabe que la quercitina de la dieta se absorbe en humanos y se elimina lentamente a lo largo del día, pudiendo de esta manera contribuir a las defensas antioxidantes presente en el plasma.

CLASIFICACIÓN DE COMPUESTOS POLIFENÓLICOS

Existen numerosas y amplias clasificaciones que agrupan el gran número de compuestos que han sido identificados hasta el momento; ya que el término “polifenol” va a comprender en este contexto desde moléculas aromáticas simples como el aminoácido tirosina hasta estructuras muy condensadas y complicadas como los taninos, en el siguiente esquema se explican de forma sencilla los grupos y subgrupos que están trascendiendo más por su presencia en los alimentos y sus implicaciones con la salud.

Grupo	Subgrupo	Ejemplo	Esqueleto Base
Fenoles y Acidos fenolicos	Fenoles sencillos Estilbenos Acidos fenolicos	Hidroquinona, vainillina, alcohol salicílico Resveratrol Ác. benzoico, ác. p-hidroxibenzoico (PABA) Ác. gálico Ác. o- y p-cumárico, ác. cafeico, ác. ferúlico, eugenol, tirosina Ác. clorogénico, cinarina Ác. rosmarínico	C6 C6-C2-C6 C6-C1 C6-C3
Cumarinas	Sencillas C-prednilada Dicumarinas	Aesculetin Suberosina Dicumaro	C6-C3
Lignanos	Simples Ciclolignanos Flavanolignanos Lignina	Podoflotoxina, peltatinas Silibina, silidianina, silicristina, silimarina (n=9)	(C6-C3) ²
Flavonoides y compuestos	Flavonoles Flavanololes	Quercetina, kaempferol, miricetina	C6-C3-C6

Consumo de antioxidantes naturales en adultos jóvenes de entre 30 y 40 años. 2012

relacionados	Flavonas Flavanonas Chalconas Isoflavonoides Antocianidinas Catequinas (?avan-3-ol) Leucoantocianidinas (?avan-3,4-diol)	Dihidroquercetina, dihidrokaempferol Nobiletina, diosmetina, tangeritina, apigenina, luteolina Hesperidina, naringenina, naringina, hesperitina, eriocitrina, naritulina Chalconaringenina, buteína Cianidina, catequina, miricetina, malvidina Delphinidina, cianidina, peonidina, pelargonidina, petunidina, malvidina Catequina Leucopelargonidina	
Taninos	Taninos hidrolizables Taninos condensados (catequínicos o proantocianidinas)	Taninos hidrolizables Taninos condensados (catequínicos o proantocianidinas)	(C6-C3-C6) _n
Quinonas y antracenosídeos	Benzoquinonas Naftoquinonas Antraquinonas Antracilina Oxantronas Antronas Dihidroantranoles	Plastoquinonas, ubiquinona (coenzima Q) Plumbagone, juglona, vitamina K Emodina, aloemodina, ác. carmínico, crisofanol, alizarina, reina Tetraciclina Aloína, crisaloína	C6 C6-C4 C6-C2-C6 C6-C3-C3-C6

GRUPO 1

En este grupo tenemos los fenoles sencillos que son poco frecuentes y están en las plantas en forma de heterósidos. Los principales son el arbutósido, vainillósido y el salicósido que por hidrólisis liberan hidroquinona, vainillina y alcohol salicílico respectivamente junto con glucosa.

Entre los estilbenos destaca el resveratrol, presente en una amplia variedad de plantas en las que se genera como consecuencia fisiológica a una infección fúngica o bacteriana y que de forma frecuente se usan como alimentos, como son la uva, incluida la piel, frutas del bosque, nueces, cacahuets y sobre todo en el vino. Su importancia radica en una serie de propiedades como son poder captador de radicales libres, propiedades antioxidantes frente a desórdenes cardiovasculares, antiinflamatorias, e incluso anticancerígenas.

Cuatro ácidos fenólicos son conocidos por ser universales, p-hidroxibenzoico, vanilínico, protocatequico y siríngico. Las frutas representan una fuente importante de derivados del ácido cinámico como los ácidos ferúlico, sinápico, p-cumárico y cafeico. Estos ácidos raramente se encuentran libres sino que están esterificados con el ácido quínico, la glucosa o el ácido tartárico. El ácido clorogénico (ácido cafeoilquínico) es el más importante derivado del ácido cinámico en frutas siendo a veces, el compuesto fenólico simple predominante. La amplia distribución y la alta concentración de ácidos cinámicos en frutas puede ser debida, en parte, a que juegan un papel clave en la biosíntesis de otros compuestos fenólicos más complicados.

Las principales propiedades químicas de este primer grupo de fenoles sencillos y los ácidos fenólicos son su carácter ácido. En el caso de los fenoles sencillos, la acidez es debida a la función fenol y en el caso de los ácidos fenólicos se debe a la función ácido y a la función fenol. Los fenoles sencillos son solubles en solución acuosa de carbonato sódico y los ácidos fenólicos en solución acuosa de hidrogenocarbonato sódico, una base más débil que la anterior. Esta propiedad permite la separación de estos dos tipos de compuestos, ya que, tratando primero con solución acuosa de hidrogenocarbonato sódico, se solubilizan y

separan los ácidos fenólicos y posteriormente, haciéndolo con carbonato de sodio, se solubilizan los fenoles sencillos. Estos compuestos se extraen del vegetal (donde se encuentran mayoritariamente combinados) con mezclas hidroalcohólicas. Las formas libres se extraen con disolventes orgánicos (éter) en medio ácido.

GRUPO 2

En el segundo grupo recogemos las cumarinas que son derivados de benzo-a-pirona, sus estructuras son muy variadas y, debido a ello, se observa gran variabilidad en sus acciones farmacológicas: disminuyen la permeabilidad capilar y refuerzan los capilares, antiinflamatorios, antiespasmódicos, anticoagulantes (dicumarol), entre otras.

GRUPO 3

En este grupo tenemos los lignanos, son compuestos que tienen una estructura constituida por dos unidades de fenilpropano. Entre las especies que tienen lignanos destacan el podófilo y el cardo mariano. El podófilo tiene podofolotoxina y peltatinas cuyas principales acciones son su efecto antimitótico, antimicótico, antivírico y laxante. El cardo mariano contiene flavanolignanos con efectos hepatoprotector, antirradicales libres, diurético y antiinflamatorio.

GRUPO 4

Los flavonoides constituyen la fuente más importante de polifenoles de las plantas. Las principales familias que contiene flavonoides son: Rutáceas, Polygonáceas, Compuestas y Umbelíferas.

Se han encontrado en raíces, tallos, flores, frutos y semillas. La distribución cuantitativa varía entre los diferentes órganos de la planta y entre las diferentes especies. Esta variabilidad está condicionada por la genética y por otros factores, entre los que se incluyen la climatología, estado de madurez, la posición en el árbol, el origen y las prácticas agrícolas. En el caso de los productos procesados, el contenido de flavonoides estará condicionado significativamente por el tipo de procesamiento tecnológico que se utilice.

La estructura común de los flavonoides y los compuestos relacionados antocianos, catequinas y leucoantocianidinas, procede del metabolismo secundario de los vegetales a través de la ruta del ácido shikímico y la ruta de los policétidos.

Los flavonoles están normalmente presentes en nuestros alimentos como monoglucósidos, siendo la D-glucosa el azúcar más común. Otros azúcares pueden ser la galactosa, ramnosa, arabinosa, xilosa, además del ácido glucurónico. Las agliconas de los flavonol glucósidos son el kaempferol, la quercetina y la miricetina. Los flavonoles se suelen presentar en las hojas y en las partes más externas de las plantas, mientras que tan sólo cantidades traza se han encontrado en las raíces. Los diglucósidos observados en las frutas con cierta frecuencia son el 3-rutinósido de la quercetina y kaempferol. Cabe destacar en este grupo

las catequinas, su importancia radica en que son sustratos naturales de las polifenoloxidasas y, por tanto, están implicadas en los fenómenos de pardeamiento en los alimentos.

En la mayoría de las plantas las flavononas se encuentran en pequeña cantidad, sin embargo constituye el flavonoide mayoritario de los cítricos, presentándose como glucósidos, algunas de ellas responsables del sabor amargo de los cítricos y sus productos derivados. Los frutos, a diferencia de otros órganos de las plantas se caracterizan también por una gran cantidad de antocianinas monoglucósidos en comparación con los diglucósidos. Los azúcares más comunes a los que se unen son glucosa, arabinosa y galactosa. Las antocianinas y antocianidinas se descomponen por tratamiento térmico. Las antocianinas que contienen grupos hidroxilo adyacentes no sustituidos forman fácilmente quelatos con algunos cationes, provocando así colores extraordinarios en productos tales como frutas enlatadas o mermeladas.

En relación con las propiedades de los flavonoides, su solubilidad depende de la forma en que se encuentran: aglicones libres o heterósidos. Los aglicones son insolubles en agua, poco soluble en mezclas hidroalcohólicas y solubles en disolventes orgánicos polares o apolares. Los heterósidos son solubles en agua y en mezclas hidroalcohólicas e insolubles en disolventes orgánicos apolares. Debido a las funciones fenol, son ionizables en medio básico, lo cual permite su identificación porque tienen reacciones coloreadas con ciertos compuestos. Producen generalmente soluciones amarillas que al acidificar viran a incoloras.

GRUPO 5

En este grupo se incluyen los taninos, que están constituidos por un amplio grupo de compuestos hidrosolubles con estructura polifenólica, capaces de precipitar ciertas macromoléculas (proteínas, alcaloides, celulosa, gelatina). Esta capacidad para precipitarlas es la base de sus dos propiedades principales: su capacidad de curtir la piel y su poder astringente. Son también agentes quelantes; por esta razón se utilizan como antídoto en intoxicaciones causadas por metales pesados (mercurio, plomo, estaño, cinc). Se oxidan con facilidad, sobre todo en medio ácido, y pueden actuar como reductores de ciertos compuestos.

GRUPO 6

El grupo 6 lo constituyen las quinonas, son compuestos aromáticos con dos grupos cetona. Estas dicetonas insaturadas por reducción se convierten en polifenoles. Sus acciones son muy variadas, las plastoquinonas intervienen en la fotosíntesis de las plantas, las ubiquinonas intervienen en los procesos de respuesta vegetal. La plumbagoneína tiene poder antitusígeno, la jugloneína propiedades antisépticas. Las antraquinonas destacan por sus propiedades laxantes y las antracilinas por sus propiedades antibióticas. Los antracenosidos son heterósidos con el sistema tricíclico del antraceno pero con el anillo central más o menos oxidado, lo cual permite diferenciar los distintos tipos de derivados: oxantronas (con una función cetona y una función alcohol en el anillo central), antronas (con sólo una función cetona en el anillo central) y dihidroantranoles (con sólo una función

alcohol en el anillo central, son muy inestables y se degradan con facilidad). Generalmente en las plantas se encuentran las formas combinadas y reducidas y en muestras desecadas se encuentran las formas oxidadas.

Diseño metodológico.

Esquema de investigación:

Area de estudio: El estudio se realizara en la ciudad de San Nicolas de los Arroyos, Provincia de Buenos Aires, en un consultorio de kinesiología, que se encuentra en calle Pellegrini 292 bis(zona centro). La ciudad está ubicada a la vera de un brazo del río Paraná. Linda al sur con el partido de Pergamino, al este con Ramallo, al norte con el río Paraná, que la separa de la Provincia de Entre Ríos, y al oeste con el Arroyo del Medio, límite natural con la Provincia de Santa Fe.

El partido de San Nicolás posee 145.857 habitantes, según el censo realizado en el año 2010.

-Tipo de investigación:

.El presente estudio es de tipo observacional, transversal, descriptivo, cuanti-cualitativo.

-Estudios observacionales o no experimental porque no existe manipulación de variables por parte del investigador. El investigador se limita a observar

-Estudio transversal ya que la obtención de los datos se realiza en un momento único, es decir no hay períodos de seguimiento, no se extiende en el tiempo.

-Descriptivo Sus datos son utilizados con finalidad descriptiva, no busca relación causa – efecto. Está destinado a la descripción de un grupo de sujetos por un período corto de tiempo.

Consumo de antioxidantes naturales en adultos jóvenes de entre 30 y 40 años. **2012**

-Población:

La población está constituida por 60 pacientes de entre 30 y 40 años que concurren al consultorio de kinesiología durante los meses de Julio y Agosto del año 2012.

-Muestra:

La muestra está constituida por 40 pacientes de entre 30 y 40 años de edad que asistieron al consultorio de kinesiología durante los meses de Julio y Agosto del año 2012, estos pacientes fueron seleccionados de manera aleatoria.

Criterio de inclusión: Pacientes de entre 30 y 40 años de edad, que asistan al consultorio de kinesiología entre los meses de Julio y Agosto de 2012.

Criterio de exclusión: pacientes que no tengan entre 30 y 40 años, que no asistan al consultorio de kinesiología en San Nicolás.

Técnicas de recolección de datos: La técnica que se utilizó fue una encuesta con preguntas cerradas, y un formulario de frecuencia y cantidad de consumo, de elaboración propia, que se obtuvo luego de realizar previamente una prueba piloto. Las encuestas se realizaron de forma individual.

Instrumentos: Uno de los instrumentos a utilizar es la encuesta, estructurada cerrada, con la que se buscara conocer si el sujeto encuestado sabe que son los antioxidantes naturales, y si conoce sus beneficios. El otro instrumento será un formulario de frecuencia y cantidad de consumo de alimentos con propiedades antioxidantes, en el cual se evaluará la frecuencia y la cantidad con la que se

Consumo de antioxidantes naturales en adultos jóvenes de entre 30 y 40 años. 2012

ingieren los alimentos fuentes de antioxidantes. Las cantidades serán evaluadas por medio de un cuadro de excel, de elaboración propia.

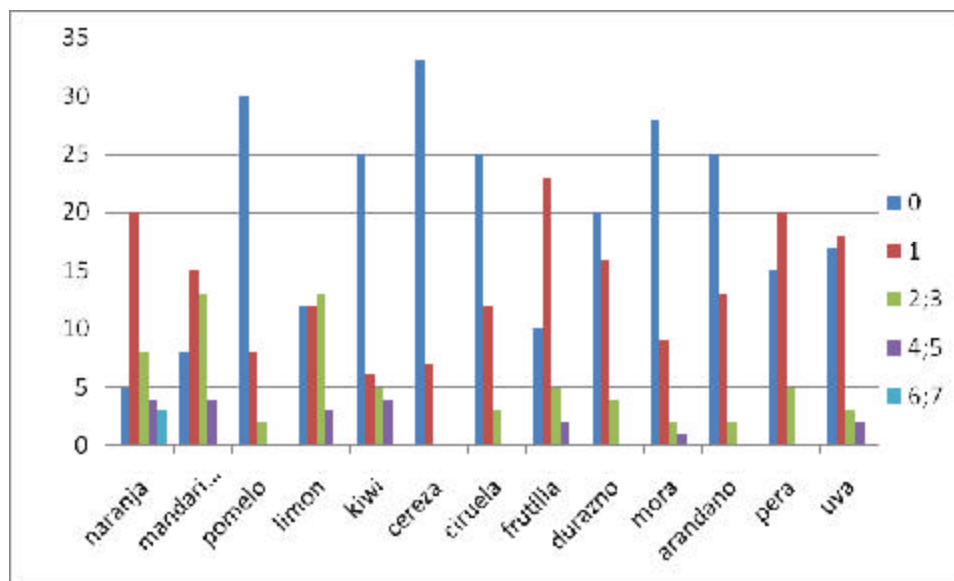
Desarrollo de trabajo de campo.

Gráficos de las encuestas realizadas sobre el consumo de antioxidantes naturales en una muestra de 40 personas de entre 30 y 40 años, de la ciudad de San Nicolás de los Arroyos, Buenos Aires, Argentina.

La frecuencia de alimentos permitió conocer si consumían frutas, hortalizas, aceites, entre otras, cuanta cantidad y con qué frecuencia, todos estos con poder antioxidante.

Frutas.

Frecuencia semanal

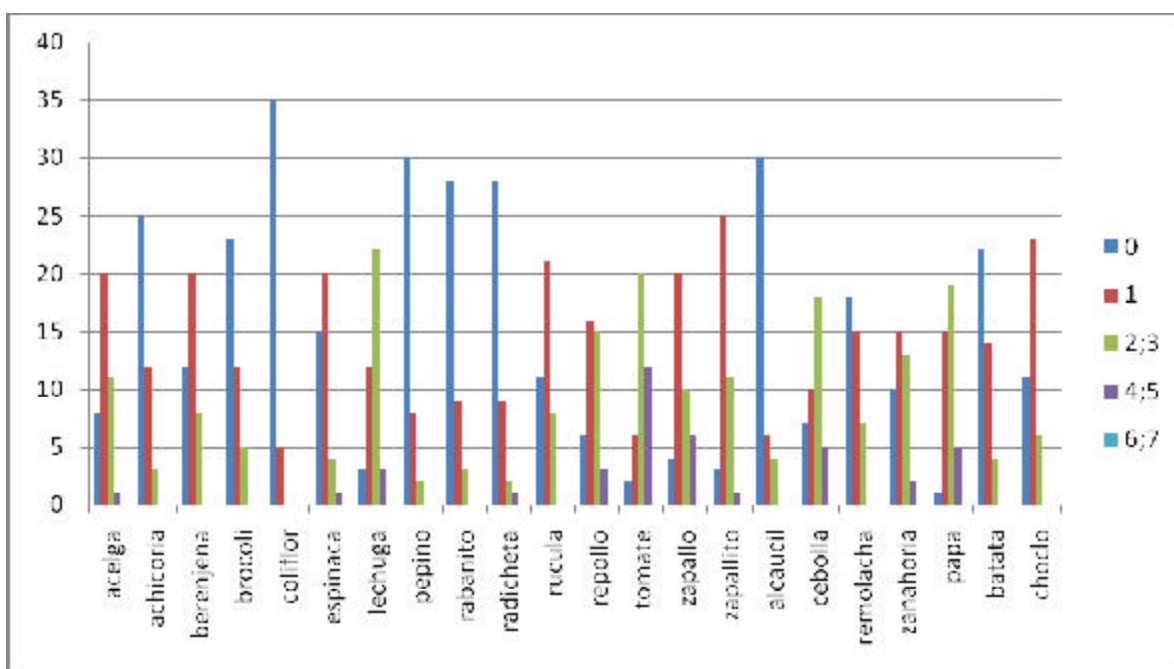


Consumo de antioxidantes naturales en adultos jóvenes de entre 30 y 40 años. 2012

Se observa que el consumo de frutas se encuentra condicionado a la disponibilidad de las mismas, considerando su consumo en las épocas en las que son accesibles, en cuanto a estacionalidad y precio. Se considera que la ingesta tiene una frecuencia regular en la dieta cotidiana de la mayoría de los entrevistados.

Hortalizas

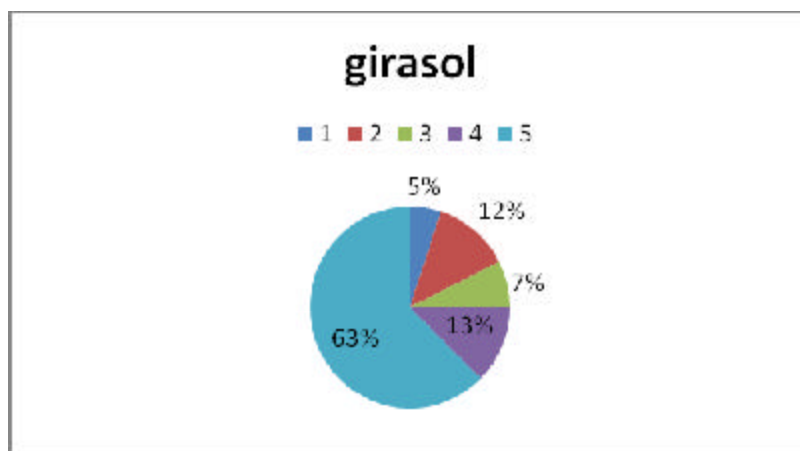
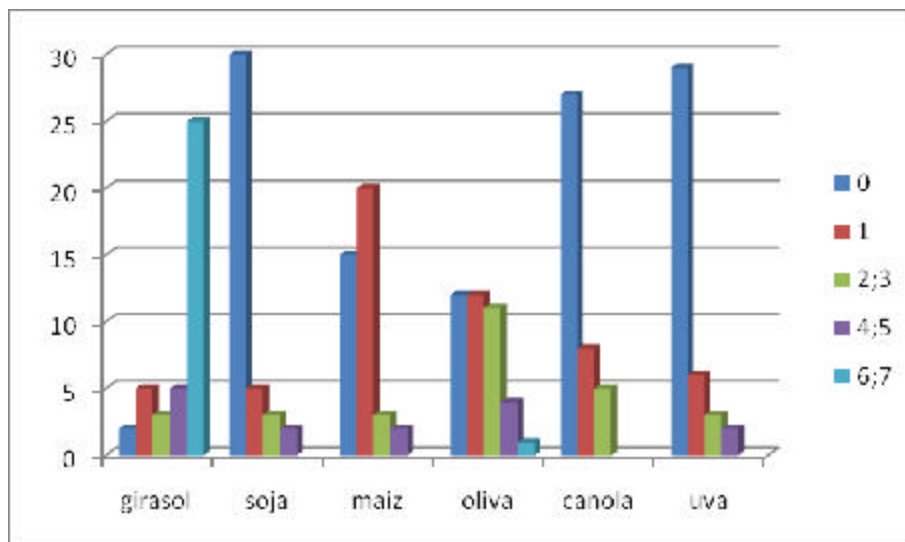
Frecuencia semanal



El consumo de hortalizas es frecuente en la gran mayoría de los entrevistados. Las variedades de menor cotidianeidad prácticamente no se consumen, pero las variedades más comunes son incorporadas en la alimentación diaria.

Aceites

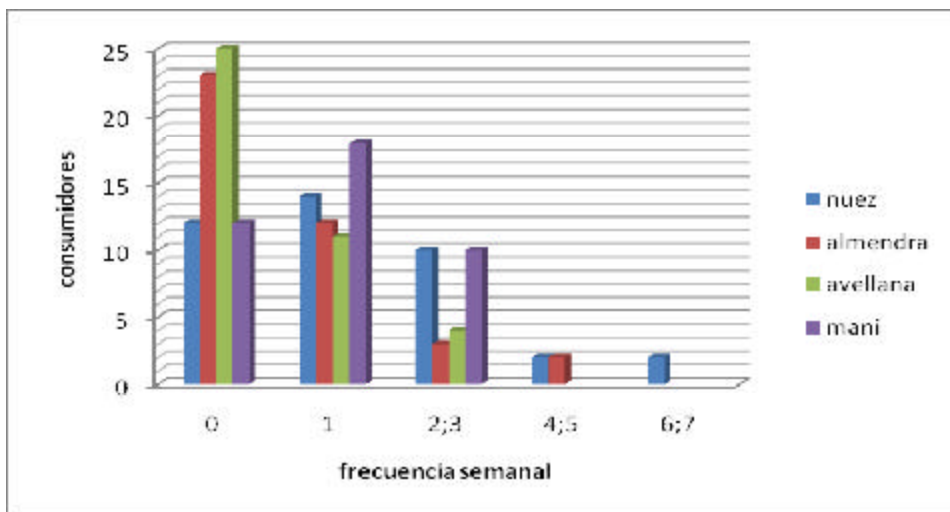
Frecuencia semanal



El aceite de girasol es claramente el más consumido por los entrevistados, refiriendo el 63% de los encuestados consumirlo 6 a 7 veces por semana, utilizándose en prácticamente todas las preparaciones, lo siguen, pero con menor frecuencia de consumo los aceites de oliva y maíz, luego el de canola con menor proporción de consumo, y por último el aceite de uva y soja, cuyo consumo es prácticamente nulo.

Frutas Secas

Frecuencia semanal

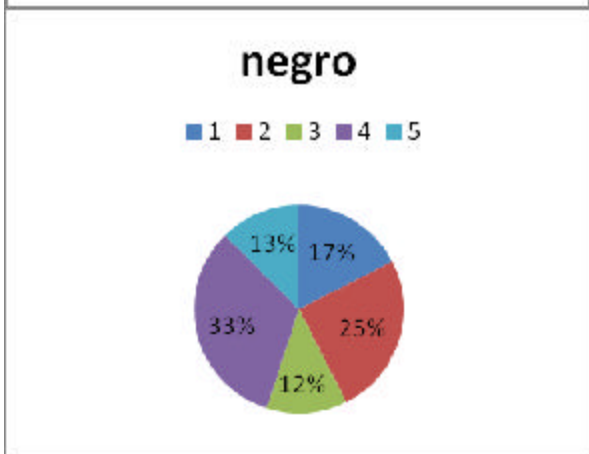
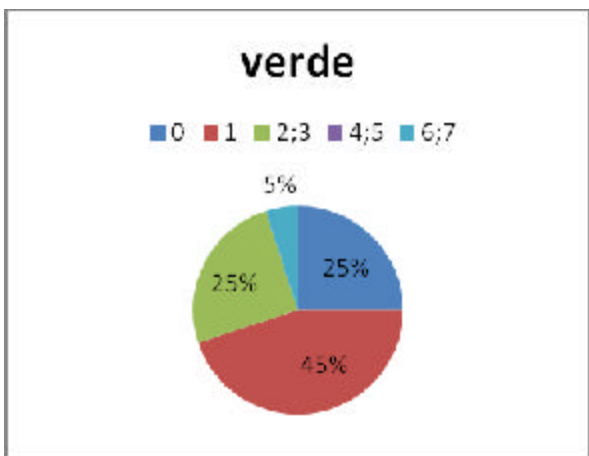
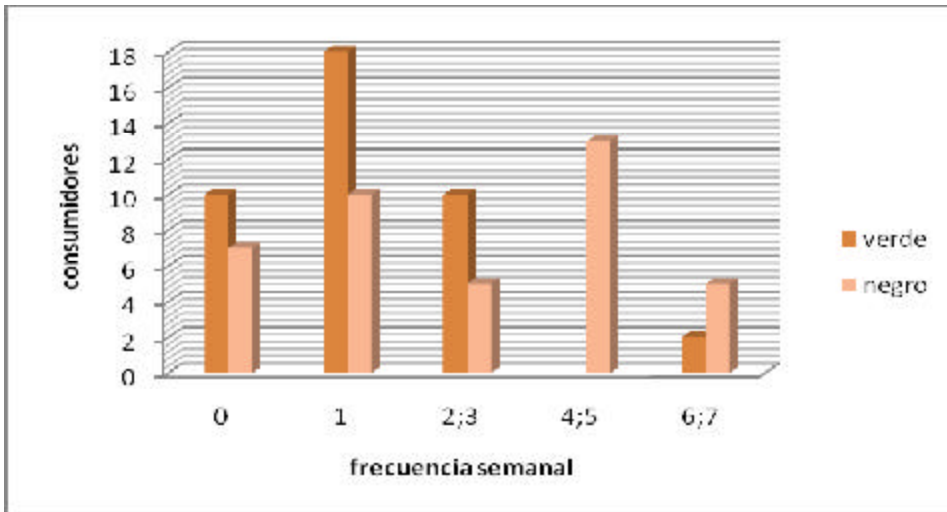


Las frutas secas no encontraron una frecuencia significativa en el consumo habitual de los entrevistados. Las nueces junto con el maní son las variedades más frecuentes. Las almendras y avellanas son de consumo prácticamente nulo en la dieta habitual.

Té

Frecuencia semanal

Consumo de antioxidantes naturales en adultos jóvenes de entre 30 y 40 años. **2012**

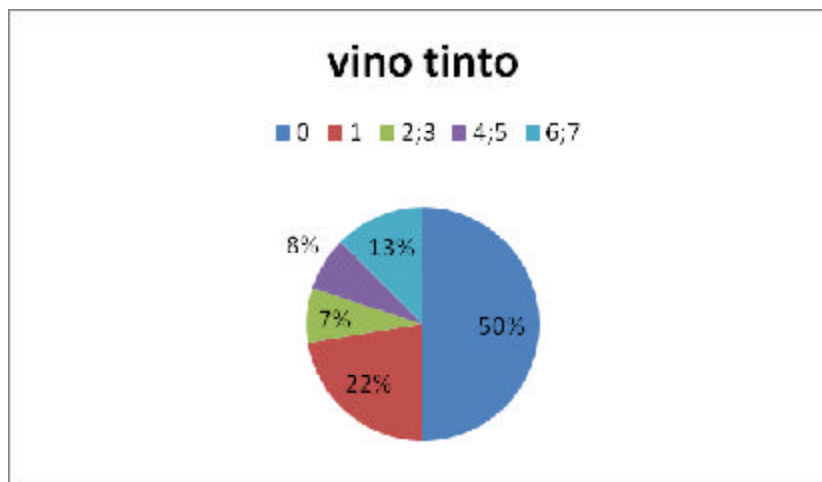
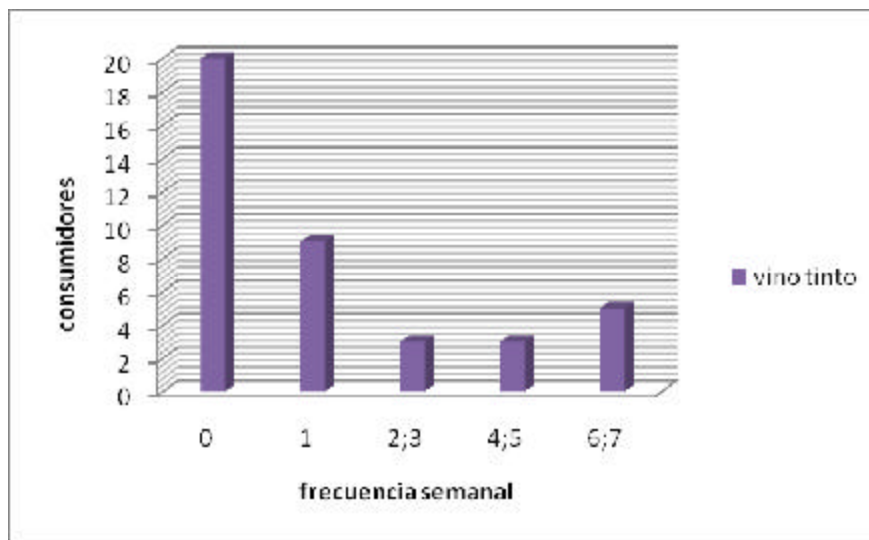


Consumo de antioxidantes naturales en adultos jóvenes de entre 30 y 40 años. 2012

El consumo de té es frecuente, siendo el té negro el consumido con mayor frecuencia semanal.

Vino

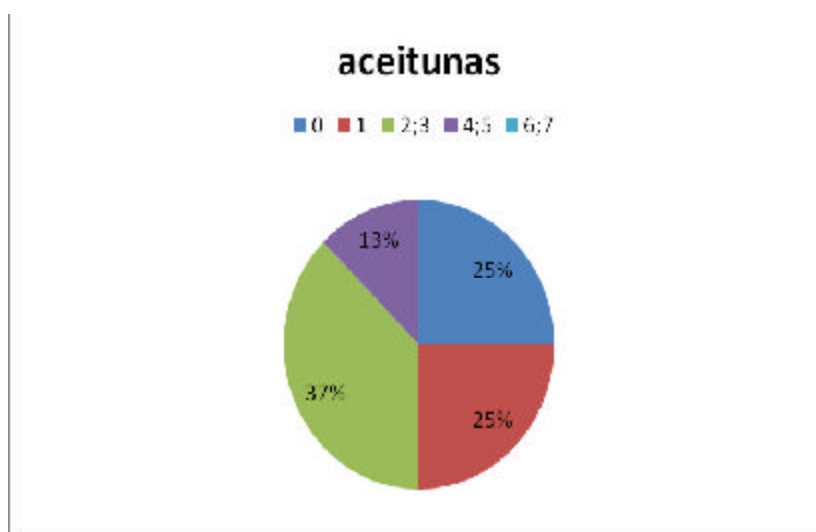
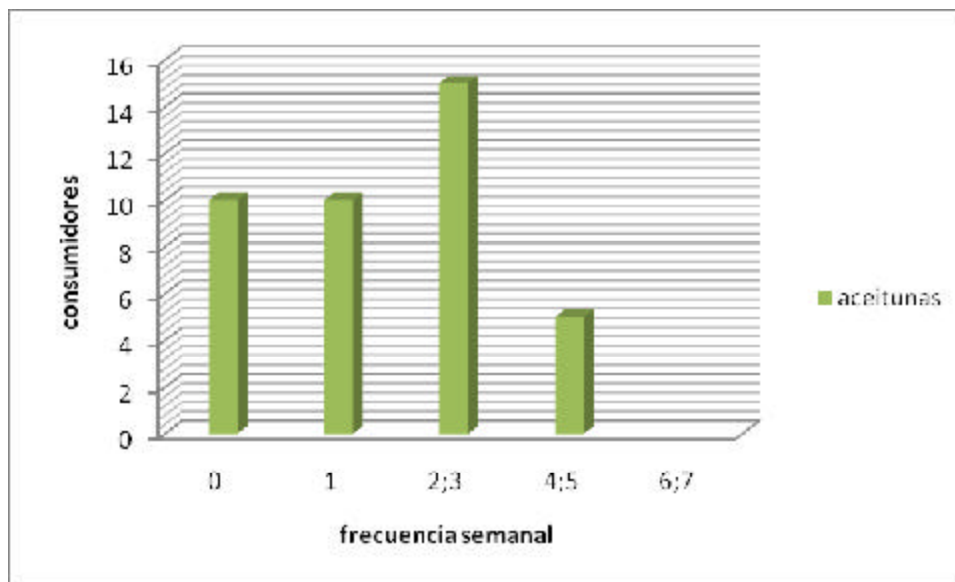
Frecuencia semanal



Se observa que el 50% de los entrevistados no lo consumen, los entrevistados que lo consumen refieren regularidad en su consumo.

Aceitunas

Frecuencia semanal



Consumo de antioxidantes naturales en adultos jóvenes de entre 30 y 40 años. **2012**

El consumo de aceitunas es frecuente entre los entrevistados, refiriendo el 25% de los entrevistados consumirlas 1 vez por semana, el 37% lo hacen 2 a 3 veces por semana y el 13% 4 a 5 veces por semana.

Con respecto a la cantidad consumida, se determino si los encuestadon cubrian o no las recomendaciones de los compuestos antioxidantes más importantes.

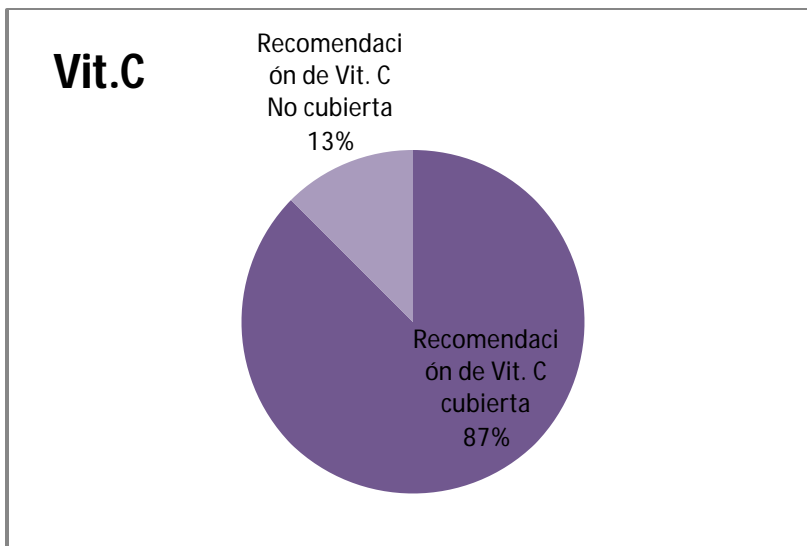
Vitamina C.

Recomendaciones.

Mujeres: 60 Mg/día

Hombres: 75 Mg/ día





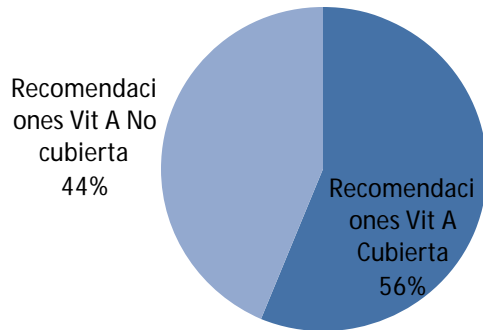
Vitamina A.

Recomendaciones:

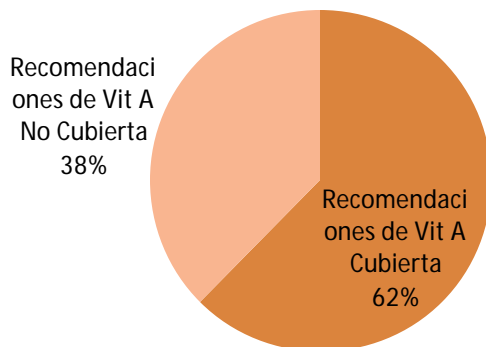
Mujeres: 500 Mg/ día

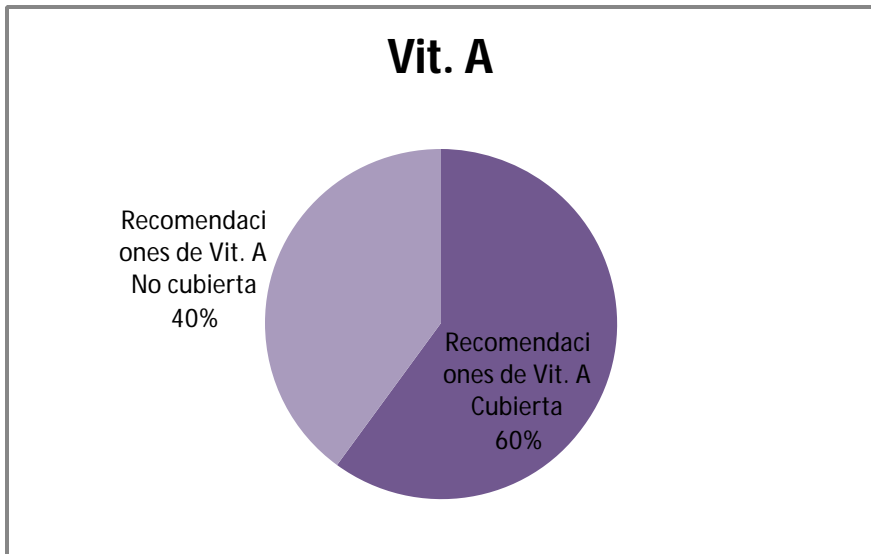
Hombres: 625 Mg/ día

Recomendaciones Vit. A Hombres



Recomendaciones Vit.A Mujeres





Vitamina E.

Recomendación: 12 Mg tanto para mujeres como para hombres.



W6 y W3: la relacion es en todos los casos 4/1 10/1

Compuestos fenólicos: Su recomendación es de 25 Mg a 1 G / Día, se manejan estos valores hasta que su bioactividad este mejor entendida. En cuanto a estos valores, la totalidad de los encuestados cubrió como la recomendación dentro de dichop rango.

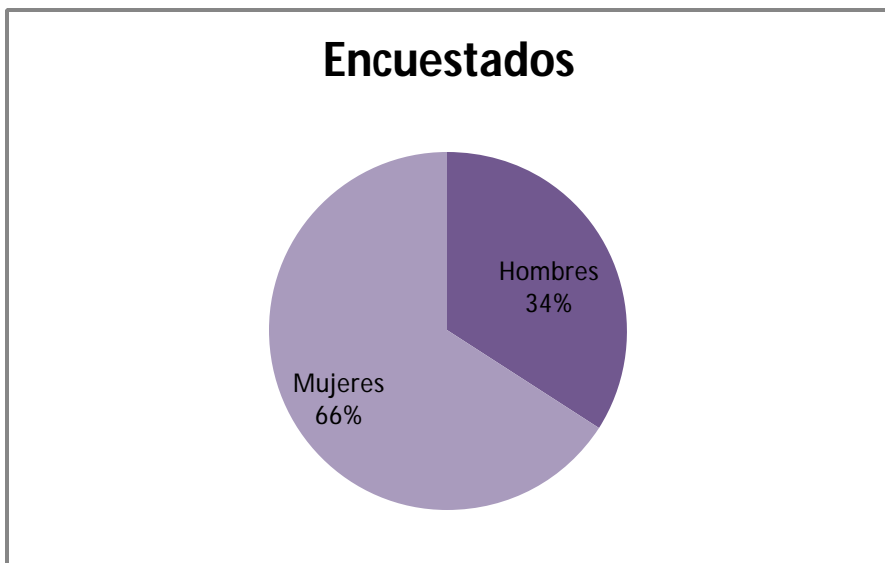
Consumo de antioxidantes naturales en adultos jóvenes de entre 30 y 40 años. **2012**

El contenido de compuestos fenolicos estudiados es:

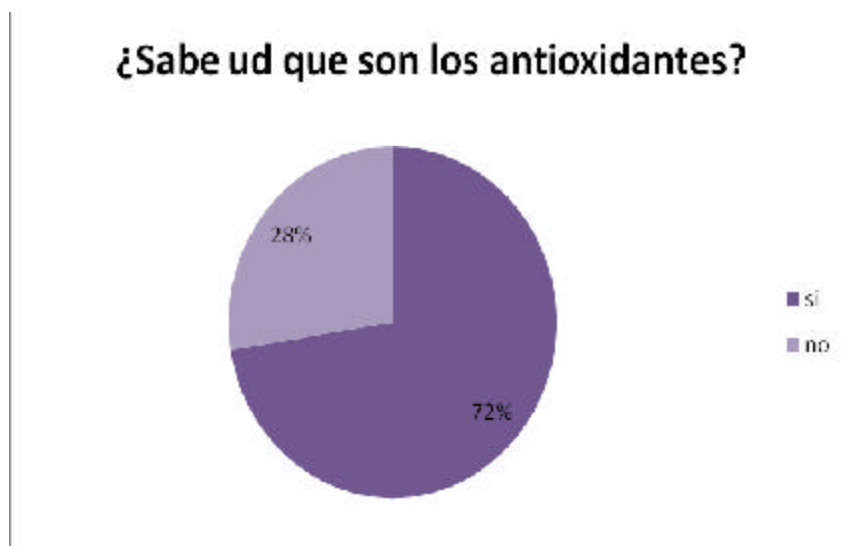
Té: 200 mg/ 2,5 g

Vino tinto: 299/ 100 cc

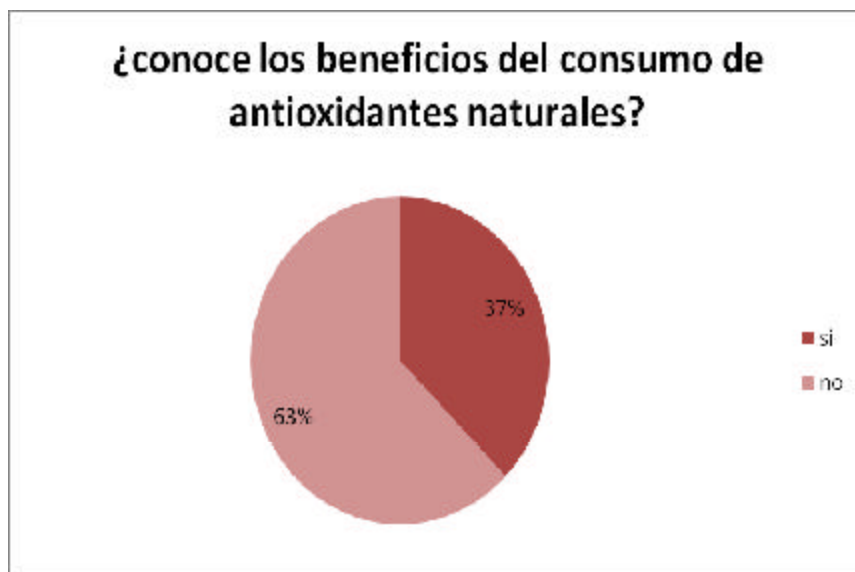
Del total de encuestados (40). El 66% (27) fueron mujeres y el 34% (14) hombres.



¿Sabe Ud. Que son los antioxidantes naturales?



¿Conoce los beneficios del consumo de antioxidantes naturales?



Conclusión:

Es preciso priorizar la salud evitando o retrasando las patologías, principalmente trabajar con esta población de adultos jóvenes. Esta toma de conciencia no surge espontáneamente en las personas; debe propiciarse a través de espacios de discusión y reflexión sobre los problemas que hoy más afectan a la gran mayoría de la sociedad, como son: obesidad hipercolesterolemia, hipertensión, diabetes, cáncer, etc . Por lo tanto, la misión de educación para la salud es crear estos espacios y convertirse en instrumento imprescindible para el desarrollo de estilos de vida saludables incorporando conductas favorables a su salud.

Al ser el primer nivel de atención el contacto inicial de los individuos con el sistema de salud, es prioritario implementar la educación, en función de la promoción y la prevención de la enfermedad, para dirigirla especialmente a la población sana. Por lo tanto al determinar la población a investigar se considero de importancia hacerlo con adultos jóvenes, ya que representan una población con la madurez suficiente como para ocuparse responsablemente de su alimentación, seguir las recomendaciones que el profesional les brinde, y a su vez son personas saludables, por lo que se encuentran en una etapa ideal para realizar prevención para las patologías crónicas.

Con respecto a la problemática planteada se pudo observar a través de dicha investigación que la alimentación en la mayoría de los casos es variada, por lo tanto saludable. Si bien en muchos casos la cantidad consumida no representa la necesaria para ejercer un efecto protector contra los radicales libres, se vio que el consumo de frutas, hortalizas y demás grupos son consumidos frecuentemente y todos los entrevistados demostraron entusiasmo

e interés al realizar la encuesta. Todos hicieron preguntas respecto al tema y se preocuparon por conocer si los valores consumidos eran adecuados, por lo que cabe destacar que en todos los casos hubo una actitud de flexibilidad y apertura hacia nuevos conocimientos.

En cuanto a los objetivos, estos pudieron llevarse a cabo a lo largo de la investigación, en lo que respecta a este punto cabe destacar que el 72% de los entrevistados consideraba saber lo que eran los antioxidantes, y que el 37 % conocía sus beneficios.

Luego de realizar estas preguntas se converso al respecto con cada una de las personas, con el fin de despejar las dudas sobre el tema.

La hipótesis planteada se reafirmo por un lado, porque si bien no todos consumían lo necesario para aportan beneficios antioxidantes en el organismo, se considera que en la mayoría de los casos la alimentación es variada y que todos los entrevistados demostraron tener una actitud muy positiva para informarse respecto a los puntos que resultaran de desconocimiento.

El consumo de frutas y verduras es frecuente consumiéndose más las frutas de estación, y las variedades de vegetales más comunes.

En cuanto a las aceites, es el de girasol es claramente el mas consumido por los entrevistados, refiriendo el 63% de los encuestados consumirlo 6 a 7 veces por semana, utilizándose en prácticamente todas las preparaciones, lo siguen, pero con menor frecuencia de consumo los aceites de oliva y maíz, luego el de canola con menor proporción de consumo, y por último el aceite de uva y soja, cuyo consumo es prácticamente nulo.

En cuanto a las frutas secas las nueces junto con el maní son las variedades más consumidas. Las almendras y avellanas son de consumo prácticamente nulo en la dieta habitual.

El té negro es la infusión que se consume más frecuentemente pero se necesitan al menos 3 tazas diarias para que ejerza su efecto antioxidante.

Se observó que el 50% de los entrevistados no consumen vino tinto, los entrevistados que lo consumen refieren regularidad en su consumo.

El 25% de los entrevistados consume aceitunas 1 vez por semana, el 37% lo hacen 2 a 3 veces por semana y el 13% 4 a 5 veces por semana.

Se ha comprobado que el consumo de estos alimentos es útil para prevenir distintas patologías crónicas, las cuales son muy prevalentes hoy en día.

Las frutas y hortalizas son determinantes en el aporte de fibra, a la que se le reconocen beneficios fisiológicos y metabólicos los cuales varían según el tipo de fibra. En algunos estudios se ha encontrado que un aumento de fibra dietaria disminuye los niveles de presión arterial. Por su papel antioxidante se ha considerado que la mejor recomendación es consumir cinco porciones diarias entre vegetales frescos y frutas.

A los encuestados se les brindó la información necesaria para que conozcan acerca de los alimentos con poder antioxidante. También se indicaron distintas formas de elaborar alimentos de manera práctica y saludable.

Bibliografía

- Araya, H., & Lutz, M. (2003). Alimentos funcionales y saludables. *Revista chilena de nutrición*, Vol 3 N°1.
- Avello, M., & Suwalsky, M. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea*, N° 494. II 161-172. Recuperado el 10 de Mayo de 2012, de:
http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-04622006000200010&script=sci_arttext&tIng=en
- Castro González, M. I. (14 de Febrero de 2002). ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3: BENEFICIOS Y FUENTES. *Interciencia*, V. 27 N° 3. Recuperado el 22 de Abril de 2012, de:
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442002000300005&script=sci_arttext
- Fernando Burriel Marti, F. L. (1965). *Química analítica cualitativa*. Madrid: Paraninfo.
- Fontanillo, J. A., & Azcona, Á. C. (2002). La dieta equilibrada, prudente o saludable. En J. A. Fontanillo, & Á. C. Azcona., *La dieta equilibrada, prudente o saludable*. (pág. 15 a 23). Madrid: Servicio de Educación Sanitaria y Promoción de la Salud.
- Jesús Román Martínez Álvarez, o. (2003). Nuevos alimentos para nuevas necesidades. En o. Jesús Román Martínez Álvarez, *Nuevos alimentos para nuevas necesidades* (pág. 97 a 121). Madrid: Alcobendas.
- Bonnie A. Spear (2000). Capitulo 4, Vitaminas. En Gerald F. Combs. Jr PhD. Mc Grawhill Interamericana. Nutrición y dietoterapia. De Krause(10° Ed. PP 76; 112)
- Lic. Lourdes García Bacallao, D. L. (2001). Plantas con propiedades antioxidantes. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, V.20 N°3. Recuperado el 27 de Mayo, de:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002001000300011

- M Torres, M. M. (2002). Aspectos Farmacológicos relevantes de las Vitaminas Antioxidantes. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, V 21 n°1. Recuperado el 7 de Junio, de:

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-02642002000100005&script=sci_arttext

- Martínez Cayuela Gallego, M. (2005). En *Estrés oxidativo y mecanismos de defensa antioxidante* (pág. 628 a 657). Madrid: Panamericana.
- MARTÍNEZ-CAYUELA, M. (2003). *Toxicidad de xenobióticos mediada por radicales libres de oxígeno*. Cartuja: Polígono. Recuperado el 8 de Junio, de:

<http://www.ugr.es/~ars/abstract/mcayuela.pdf>

- Navarra., S. d. (2001). Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. *Anales de Medicina Interna*, V 18 n° 6. Recuperado el 27 de Junio, de:

http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0212-71992001000600010&script=sci_arttext

- Perez Gastell, L. (2000). Metodos para medir el daño oxidativo. *Revista cubana de medicina militar*, Vol 29; N° 3.
- Soto, L. D. (2001). Radicales libres en la biomedicina y estrés oxidativo. *Revista Cubana de Medicina Militar*, V. 30 n. 1. Recuperado el 30 de Junio, de:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572001000100007

- Soto, L. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar*, V. 31 N° 2. Recuperado el 2 de Julio, de:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572002000200009

- Zequeira, D. E. (2006). Vitaminas y oxidoreductasas antioxidantes: defensa ante el estrés oxidativo. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, V. 25 n°2. Recuperado el 15 de Julio, de:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03002006000200010&script=sci_arttext

Anexos

Consumo de antioxidantes naturales en adultos jóvenes de entre 30 y 40 años. 2012

Encuesta Nutricional: Consumo de alimentos fuente de antioxidantes naturales en personas de entre 30 y 40 años de edad de ambos sexos de la ciudad de San Nicolás.

Edad:

Sexo:

¿Con que frecuencia consume los siguientes alimentos y en que cantidad?

Frecuencia semanal

Alimentos	0	1	2 a 3	4 a 5	6 a 7	Cantidad por vez
Frutas						
Naranja						
Mandarina						
Pomelo						
Limon						
Kiwi						
Cereza						
Ciruela						
Frutilla						
Durazno						
Mora						
Arandano						
Pera						
Uva						
Hortalizas						
Acelga						
Achicoria						
Berenjena						
Brocoli						
Coliflor						

Consumo de antioxidantes naturales en adultos jóvenes de entre 30 y 40 años. 2012

Espinaca						
Lechuga						
Pepino						
Rabanito						
Radicheta						
Rucula						
Repollo						
Tomate						
Zapallo						
Zapallito						
Alcaucil						
Cebolla						
Remolacha						
Zanahoria						
Papa						
Batata						
Choclo						
Otros						
Aceite de girasol						
Aceite de soja						
Aceite de maíz						
Aciete de oliva						
Aceite de canola						
Aceite de uva						
Germen de trigo						
Soja						
Nuez						
Almendra						
Avellana						

Consumo de antioxidantes naturales en adultos jóvenes de entre 30 y 40 años. **2012**

Mani						
Te verde						
Te negro						
Vino tinto						
Aceitunas						

¿Sabe Ud. Que son los antioxidantes naturales?

SI NO

¿Conoce los beneficios del consumo de antioxidantes naturales?

SI NO