

Estrés oxidativo

Oxidative Stress

Esther Viada Pupo ¹, Lisvelt Gómez Robles ², Ibel Reyna Campaña Marrero ³

1. Máster en Atención Integral a la Mujer. Especialista de Primer Grado de Medicina General Integral. Residente de Anatomía Humana. Asistente. Facultad de Ciencias Médicas Mariana Grajales Coello. Universidad de Ciencias Médicas. Holguín. Cuba.

2. Máster en Educación Médica. Especialista de Segundo Grado de Medicina General Integral. Residente de Anatomía Humana. Asistente. Facultad de Ciencias Médicas Mariana Grajales Coello. Universidad de Ciencias Médicas. Holguín. Cuba.

3. Estomatóloga. Residente de Anatomía Humana. Facultad de Ciencias Médicas Mariana Grajales Coello. Universidad de Ciencias Médicas. Holguín. Cuba.

RESUMEN

El oxígeno es una molécula imprescindible para la vida, pero por su alta reactividad es un elemento tóxico que al existir una perturbación del equilibrio entre las sustancias pro-oxidantes y antioxidantes a favor de las primeras, genera una situación conocida como estrés oxidativo. Como consecuencia de este se forman radicales libres con impredecibles daños a nivel celular por lo que se encuentran implicados en múltiples enfermedades. Todo ello a pesar de que la naturaleza ha desarrollado sistemas de control, los sistemas antioxidantes. En los últimos años se ha incrementado el interés por la búsqueda de antioxidantes naturales que contrarresten sus efectos, encontrándose resultados contradictorios para su uso.

Palabras clave: estrés oxidativo, antioxidantes.

ABSTRACT

The oxygen is an indispensable molecule for the life, but due to its high reactivity it is a toxic element that when existing, an interference of the balance among the pro-oxidants substances and antioxidants in favor of first ones, generates a situation known as oxidative stress. As consequence of this, free radicals with unpredictable damages at cellular level are formed, so they are implied in multiple illnesses. It is because the nature has developed control systems, the antioxidants systems. In the last years, the interest has increased by the search for natural antioxidants to counteract its effects, finding conflicting results for its use.

Keywords: oxidative stress, antioxidants.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha existido avance de la biología molecular, en un afán de conocer cada vez mejor la patogenia de las enfermedades. Entre los numerosos hallazgos realizados se destaca el papel atribuido al oxígeno, una molécula imprescindible para la vida, pero dada su alta reactividad, se conoce que lo que se cree positivo para los organismos vivos, también es un elemento tóxico, dando origen a la conocida "paradoja del oxígeno". Con objeto de contrarrestar tal circunstancia, la naturaleza ha desarrollado sistemas de control, los sistemas antioxidantes, que neutralizan los cambios producidos por el oxígeno y otras sustancias a escala celular. En su estudio, no obstante, aún quedan muchos puntos sin aclarar, a pesar de la impresionante cantidad de información que estamos obteniendo desde hace pocos años, desde que se supo el papel que jugaban en la patogenia y evolución de ciertas enfermedades como las cardiovasculares, infecciosas, el cáncer, la diabetes mellitus y los trastornos neurodegenerativos ¹⁻⁴. El objetivo de este trabajo fue realizar una revisión en la bibliografía sobre el tema mostrando las alteraciones que conlleva el estrés oxidativo (EO) en la funcionalidad del organismo, la existencia de sustancias antioxidantes y sus aplicaciones para la medicina preventiva que se quiere realizar actualmente.

DESARROLLO

Mecanismo de producción

El EO aparece en las células y tejidos cuando existe una perturbación del equilibrio entre las sustancias pro-oxidantes y antioxidantes a favor de las primeras. En la enorme mayoría de las sustancias químicas conocidas, los electrones, con su carga eléctrica negativa se desplazan de forma apareada describiendo incesantemente una órbita u orbital alrededor del núcleo atómico. En la segunda mitad del siglo XX fue posible determinar especies químicas que contienen uno o más electrones que realizan su recorrido orbital de forma o manera impar, lo cual trae consigo una gran inestabilidad del equilibrio molecular que sólo se restablece cuando de sus proximidades logran sustraer el electrón requerido para constituir la indispensable paridad electrónica. A estas sustancias químicas que contienen electrones libres o impares, se les denominó radicales libres (RL). Entre las principales especies reactivas de oxígeno (ERO) destacan el anión su peróxido (O_2^-), el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el radical hidroxilo (OH^\cdot), el oxígeno singlete (1O_2) y el ácido hipocloroso ($HOCl$)^{1,2,4-6}.

Un compuesto se transforma en RL cuando pierde un electrón: – oxidación, cuando gana un electrón: + reducción molecular y en la fisión simétrica de los compuestos covalentes, donde cada fragmento retiene un electrón impar, como acontece típicamente en la lipoperoxidación. Estos pueden originarse por fallas en el proceso mitocondrial de la respiración aeróbica, por lo que funciones indispensables biológicas como el metabolismo de los alimentos y el ejercicio e innumerables patologías corporales están estrechamente ligadas al acontecer de los RL⁷.

Los RL también se originan de alteraciones ambientales como la exposición a radiaciones ionizantes, rayos X-gamma, luz ultravioleta, polutantes atmosféricos (ozono, óxido nitroso, monóxido de carbono, dióxido de azufre, tetracloruro de carbono, refinerías, fábricas de papel), combustión de compuestos orgánicos con producción de humo (carnes, cigarrillos, polución industrial fumígena), xenobióticos (pesticidas, herbicidas, fungicidas) y algunos fármacos⁷.

Efectos químicos y biológicos

En términos químicos, el EO es un aumento (cada vez más negativo) en la reducción del potencial celular o una disminución en la capacidad reductora de los pares redox celulares como el glutatión. Los efectos del EO dependen de la magnitud de estos cambios, si la célula es capaz de superar las pequeñas perturbaciones y de recuperar su estado original. La vida de un RL es extremadamente fugaz; su agresividad y actividad destructora ocurren en fracciones de milésimas

de segundo; tiempo requerido para la consecución del electrón complementario, estabilizar su carga eléctrica y con ello, dejar de ser un RL. Sin embargo, el EO severo puede causar la muerte celular y aún una oxidación moderada puede desencadenar la apoptosis, mientras que si es muy intensa puede provocar la necrosis ⁷.

Esto va seguido de la nefasta secuela que se origina al deprivar de un electrón a otras especies químicas celulares, pues quien pierde un electrón se transforma a su vez en uno o dos nuevos radicales como en el caso de la peroxidación lipídica, constituyendo el punto de partida de la cascada catabólica del ciclo destructivo tisular, reacción en cadena de daños impredecibles ^{7,8}.

Papel en la patogenia de enfermedades

Durante la última década se ha dedicado considerable esfuerzo a investigar el papel de los RL en la patogenia de las enfermedades. Se piensa que el EO contribuye al desarrollo de una amplia gama de ellas, pero aún no está claro, si los oxidantes la desencadenan o si se producen como consecuencia de esta y provocan los síntomas de la enfermedad ⁷.

Investigaciones realizadas en pacientes con hipertensión arterial esencial evidencian una situación de EO, con incremento de la concentración sanguínea de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), como indicador de peroxidación lipídica y reducción de las actividades antioxidantes de las enzimas superóxido dismutasa (SOD), glutatión peroxidasa (Gpx) y la catalasa (CAT) en sangre total. Así mismo, estudios encontraron una disminución de barredores de ERO, como la vitamina E y el glutatión reducido (GSH), que puede contribuir al daño oxidativo que se observa en la hipertensión en humanos ³.

Otra situación importante son los efectos que una sesión de hemodiálisis en pacientes con enfermedad renal crónica (ERC), pues para algunos autores la hemodiálisis agravaría el EO debido a la activación de células inflamatorias causada por el uso de membranas bioincompatibles y por pérdidas netas de antioxidantes solubles en agua o por una generación excesiva de RL. En sentido contrario, se señala la disminución de malondialdehído con la hemodiálisis y destacan los trabajos realizados donde enfatizan que el efecto beneficioso de la hemodiálisis sobre los principales aminotioles plasmáticos (cisteína, homocisteína, cistenil-glicina y glutatión), podría ser importante marcador de la oxidación.

En un estudio realizado para evaluar el nivel de EO en individuos normales y compararlos con pacientes con ERC y dializados, se observa que en los enfermos con ERC, los niveles de vitamina C y tioles son bajos, y que la relación RL ascorbilo/vitamina C, esta elevada con respecto a los

controles. En forma contraria, el estado antioxidante y los niveles de ácido úrico se encontraban más elevados en los pacientes con ERC. Luego de finalizada la diálisis, la relación RL ascorbilo/vitamina C se halla aún más aumentada, mientras que el estado antioxidante y la biodisponibilidad de óxido nítrico están disminuidos, lo cual influye en la patogénesis de la hipertensión y probablemente en las manifestaciones cardiovasculares precoces que se observan en la ERC ³.

Se sospecha (aunque no está demostrado) que el EO es importante en las enfermedades neurodegenerativas incluida la Lou Gehrig, el Parkinson, el Alzheimer y la de Huntington. También se considera que está vinculado a ciertas enfermedades cardiovasculares, ya que la oxidación de LDL en el endotelio vascular es un precursor de la formación de placas. Además desempeña un papel en la cascada isquémica debido a los daños por la reperfusión de oxígeno que sigue a la hipoxia. Esta cascada incluye tanto los accidentes cerebrovasculares como ataques cardíacos ^{7,9}.

El proceso de envejecimiento está estrechamente ligado a la generalizada peroxidación de ácidos grasos de la membrana celular y daño al ADN. En las membranas celulares se alteran los gradientes iónicos y la impermeabilidad, pierde su cualidad de barrera selectora y la célula muere. En la piel los RL sustraen un electrón a la célula del tejido elástico, esencialmente al colágeno, lo cual va seguido de adelgazamiento cutáneo, de pérdida de elasticidad, resequedad y de aparición precoz de las arrugas. En la catarata senil, los RL ocasionan un daño irreversible de las proteínas del cristalino y consecuentemente determina su progresiva opacificación.

La etiopatogenia de la degeneración de la mácula lútea referida a la edad, está directamente relacionada con la actividad de los RL. Los daños al ADN nuclear disminuyen la facultad de regeneración y sustitución celular, disminución y enlentecimiento del proceso inmunológico, de la respuesta inflamatoria, de la actividad enzimática y consecuentemente acelera el proceso aterosclerótico y el envejecimiento. Algunos genes que regulan la longevidad actúan mediante una mayor carga genética de enzimas antioxidantes. Se ha establecido una correlación entre los niveles de SOD, el índice de longevidad y la apoptosis celular ^{7,9,10}.

La aterosclerosis se inicia en la infancia, la susceptibilidad de oxidación de LDL, se asocia inversamente con la concentración de ferritina en plasma, lo cual puede ser explicado por un déficit conjunto de hierro y de nutrientes antioxidantes. Considerando esto último, el hambre oculta en los niños condicionaría un aumento de la oxidación de las lipoproteínas y con ello riesgo cardiovascular ¹¹.

El cáncer básicamente afecta el mecanismo de control que rige la diferenciación y proliferación de las células. En el proceso de peroxidación lipídica de estas estructuras, se producen en diferentes tejidos, sustancias mutágenas y factores cancerígenos derivados de ciertos ácidos grasos, que como productos de degradación originan hidroperóxidos, endoperóxidos, radicales alcoxil, enoles y aldehídos que actúan como agentes proneoplásicos con acción directa sobre el ADN nuclear y mitocondrial ⁷.

Tanto la vejez como la aparición del cáncer están relacionados con la agresión de los RL a los componentes celulares: membrana, núcleo y mitocondrias ⁷. El proceso inflamatorio bien sea de origen microbiano, físico-químico o traumático es una reacción de defensa excitada por un daño celular, por medio de la cual el organismo localiza, destruye y elimina el agente nocivo, en este se incrementan los RL por la hipoxia y cuando aumenta la oxigenación de la zona inflamada, lo cual es demostrable por la presencia de la enzima SOD especialmente en el área de mayor fagocitosis ^{7, 8,10, 12, 13}.

En cuanto al humo del tabaco, cuando una persona no fumadora permanece media hora en una sala que contiene humo de tabaco, sus depósitos de antioxidantes descienden al mínimo. El RL paraoxona aportado por sendas fases del humo del tabaco inhalado disminuye los niveles de la enzima paraoxonasa, ocasionan daño severo de la túnica elástica del alvéolo, lo cual conduce a la bronquitis crónica, enfisema pulmonar y, en otros casos al carcinoma bronquial.

El humo del cigarro por intermedio de sus RL propende a la formación de trombos y a la acumulación del LDL oxidado en los macrófagos, paso previo a la formación de la placa de ateroma y a las afecciones obstructivas vasculares.

El daño a la pared de la vejiga urinaria por acción del tabaco aparece tempranamente, consiste en un proceso inflamatorio irritativo crónico, con tenesmo e incontinencia que suele terminar en cáncer. El daño a la mucosa gastroduodenal de los fumadores y la sobreproducción de histamina en los estados prolongados de estrés, inducen la transformación de xantina-deshidrogenasa en xantino-oxidasa, lo cual propende a la aparición de la úlcera gástrica. Tanto los RL provenientes del tabaco, como la histamina sirven de cofactor en el duodeno, al proceso infeccioso de *Helicobacter pylori* relacionado con la úlcera duodenal crónica ⁷.

Las patologías del desarrollo pueden resultar de la formación endógena o xenobiótica de ERO, que dañan oxidativamente macromoléculas como el ADN, proteínas, lípidos celulares y alterar la transducción de señales traen disfunción celular y muerte intrauterina o teratogenicidad. Se ha demostrado que la exposición a oxidantes en el primer trimestre de embarazo se asocia con un

mayor riesgo de anomalías congénitas graves, debido a que la mayoría de los órganos vitales del cuerpo están en desarrollo y algunos se vuelven funcionales dentro de este período en la descendencia ¹⁴.

La lepra es una enfermedad infecciosa crónica causada por el *Mycobacterium leprae*, un bacilo que se multiplica lentamente en el hospedero y posiblemente la enfermedad ocurre por el mal funcionamiento de la respuesta inmunitaria de este, relacionado con el papel de algunos micronutrientes específicos como las vitaminas A, D, E, C, el zinc y el selenio. La respuesta inmunitaria a los patógenos libera sustancias nocivas que producen lesión tisular y una pequeña cantidad de antioxidantes puede contribuir a un aumento del EO y a complicaciones de la enfermedad ¹⁵.

En pacientes con diabetes mellitus el valor sérico de las vitaminas A y E, así como los de la transferrina, la lactoferrina, la ceruloplasmina y la albúmina (derivados proteicos antioxidantes), se encuentran por debajo de lo considerado como normal. Este resultado indica un incremento del riesgo de presentar daños celulares que afectan la fisiología de distintos órganos y tejidos, tales como: endotelio, miocardio, riñón y sistema nervioso central entre otros; como consecuencia de un aumento en la producción de RL, reflejada en el incremento de la peroxidación de lípidos y proteínas, lo cual debilita de manera importante la defensa antioxidante en este grupo de pacientes ¹⁶.

La membrana espermática tiene ácidos grasos insaturados que la tornan vulnerable al ataque de ERO. Los espermatozoides poseen sistemas protectores, pero un desbalance entre pro y antioxidantes produce EO.

Se ha estudiado para ello en el semen de hombres infértiles, el efecto del EO sobre la membrana y núcleo espermático, sometiéndolo a temperaturas de 40 °c y demuestra que este altera estructuras espermáticas esenciales y por ende interfiere en la capacidad fecundante espermática ¹⁷.

Antioxidantes

El término antioxidante es utilizado originalmente para referirse específicamente a un producto químico que previniera el consumo de oxígeno y extensos estudios fueron dedicados a las aplicaciones en importantes procesos industriales; sin embargo fue la identificación de las vitaminas A, C, y E como antioxidantes la que revolucionó el campo y condujo a dilucidar la importancia de los antioxidantes en la bioquímica de los organismos vivos ⁷.

Los posibles mecanismos de acción de los antioxidantes son investigados por primera vez cuando es reconocido que una sustancia con actividad antioxidante es probable que sea una que se oxida a sí misma fácilmente. La investigación en cómo la vitamina E previene el proceso de peroxidación de lípidos conduce a la identificación de antioxidantes como agentes reductores que previenen reacciones oxidativas, a menudo depurando ERO antes de que puedan dañar las células ⁷.

Existen sistemas antioxidantes endógenos y exógenos que limitan la actividad y la producción de ERO, y mantienen el sistema bajo control. Los sistemas antioxidantes endógenos más importantes son las enzimas SOD que transforman el radical superóxido en peróxido de hidrógeno, la CAT que descompone el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno y la Gpx que oxida el glutatión y reduce de esta manera el peróxido de hidrógeno. El sistema del glutatión como antioxidante, está constituido por el glutatión reducido (GSH) y por la actividad de la enzima glutatión reductasa (GRd), que se encarga de reducir sistemáticamente el glutatión oxidado; y la transferrina y la ceruloplasmina se consideran proteínas antioxidantes. Como antioxidantes exógenos es importante señalar las vitaminas A, C y E, los polifenoles, la melatonina y algunos metales como el zinc, el cobre y el selenio ⁷.

Los antioxidantes se clasifican en dos amplios grupos, dependiendo de si son solubles en agua (hidrofílicos) o en lípidos (hidrofóbicos). En general, los hidrofílicos reaccionan con los oxidantes en el citoplasma celular y el plasma sanguíneo, mientras que los hidrofóbicos protegen las membranas celulares contra la peroxidación de lípidos. Los diferentes antioxidantes están presentes en una amplia gama de concentraciones en fluidos corporales y tejidos, algunos como el glutatión o la ubiquinona están mayormente intracelulares, mientras que otros tales como el ácido úrico se distribuyen más uniformemente a través del cuerpo ⁷.

Las interacciones entre estos diferentes antioxidantes con varios metabolitos y sistemas de enzimas, constituye un área compleja, teniendo efectos sinérgicos e interdependientes unos de otros. La acción de un antioxidante puede depender de la función apropiada de otros miembros del sistema. La protección proporcionada por cualquier antioxidante depende de su concentración, su reactividad hacia la ERO y del estado de los antioxidantes con los cuales interactúa ⁷.

Algunos compuestos contribuyen a la defensa antioxidante quelando los metales de transición y evitando que catalicen la producción de RL. Particularmente importante es la capacidad de secuestrar el hierro, que es la función de proteínas de unión al hierro tales como la transferrina y la ferritina. El selenio y el zinc son comúnmente mencionados como nutrientes antioxidantes pero estos elementos químicos no tienen ninguna acción antioxidante ellos mismos sino que se requieren para la actividad de algunas enzimas antioxidantes ⁷.

En los últimos años se ha incrementado el interés por la búsqueda de antioxidantes naturales, generalmente constituidos por mezclas de compuestos con una elevada diversidad molecular y funcionalidad biológica ¹⁸. Estos se encuentran contenidos en el olivo, ajo, arroz integral, café, coliflor, brócoli, jengibre, perejil, cebolla, cítricos, semolina, tomates, aceite de semilla de la vid, té, romero, entre otras muchas sustancias como la leche materna ⁷.

Se han encontrado otros con propiedades antioxidantes como *Hymenaea courbaril* L (conocido comúnmente como algarrobo o en Cuba como caguairán) ¹⁹, *Cheilanthes glauca* (helecho perteneciente a la familia pteridaceae) de uso popular en países de la Unión Europea ²⁰, el arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) considerado como un fruto promisorio de la región amazónica colombiana ²¹. Los frutos como la mora (*Rubus glaucus* Benth) y el agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) son fuentes naturales de sustancias antioxidantes ²².

Las algas marinas son consideradas como un alimento tradicional en la dieta de diferentes pueblos, principalmente asiáticos. Ejemplo de ello es el alga marina roja *Bryothamnion triquetrum* y en estudios se avalan sus potencialidades como fuente de antioxidantes naturales con perspectivas de aplicación como fitofármaco y suplemento dietético funcional ¹⁸.

El *Agaricus sylvaticus*, conocido como la seta del sol y cultivado en Brasil, es un potencial farmacológico y nutritivo que se sabe contiene muchos componentes con propiedades medicinales pues son excelentes antioxidantes ²³. También la planta *Palicourea guianensis*, una especie distribuida en países como México, Colombia, Venezuela, Brasil, Bolivia y Las Antillas, es una fuente promisorio e importante de metabolitos secundarios con capacidad antioxidante²⁴.

El Vimag es un extracto de la *Mangífera indica* L, desarrollado por el Centro de Química Farmacéutica, cuyas propiedades antioxidantes son establecidas ⁹, así también en algunas especies del género *passiflora* (granadilla silvestre y gulupa) ²⁵ y la *Coffea arábica* L, además de por su importancia comercial ^{26, 27}.

Uso de antioxidantes para prevenir y tratar enfermedades

Dietas abundantes en frutas y vegetales, que poseen elevados niveles de antioxidantes, promueven la salud y reducen los efectos del envejecimiento y de las enfermedades cardiovasculares, no obstante la suplementación antioxidante de la vitamina no tiene ningún efecto perceptible en estos procesos, lo que hace creer que los efectos de las frutas y vegetales pueden no estar relacionados con su contenido de antioxidantes ²⁸⁻³¹.

El cerebro posee gran vulnerabilidad a daños oxidativos debido a su alta tasa metabólica y a niveles elevados de lípidos poliinsaturados que son el blanco de la peroxidación de lípidos, por lo tanto, los antioxidantes son de uso general en medicina para tratar varias formas de lesiones cerebrales. Aunque estos compuestos parecen prevenir el EO en neuronas y prevenir la apoptosis y el daño neurológico, aún se están investigando como posibles tratamientos para las enfermedades neurodegenerativas tales el Alzheimer, el Parkinson y la esclerosis lateral amiotrófica, pues se estima que la administración de antioxidantes puede neutralizar o revertir hasta en el 20% los efectos nosológicos del EO ^{7, 28}.

Durante el ejercicio, el consumo de oxígeno aumenta, se producen oxidantes y RL por los neutrófilos para eliminar el tejido dañado. Como resultado, elevados niveles de antioxidantes tienen el potencial para inhibir los mecanismos de recuperación y adaptación. Las pruebas de los beneficios de los suplementos antioxidantes en el ejercicio vigoroso arrojan resultados contradictorios. Hay fuertes indicios de que una de las adaptaciones derivadas de ejercicio es el fortalecimiento de las defensas antioxidantes del organismo, en particular el sistema de glutatión, para hacer frente al aumento de EO. Es posible que este efecto pueda ser en cierta medida una protección contra las enfermedades, lo que podría proporcionar una explicación parcial de la menor incidencia de las más comunes y una mejora en la salud de las personas que realizan ejercicio regularmente. Sin embargo, no se observan beneficios en deportistas que toman suplementos de vitamina A, E o C ^{7,28}.

Mientras que la administración de suplementos antioxidantes se utiliza ampliamente en los intentos para impedir el desarrollo de cáncer, estos pueden, paradójicamente, interferir con los tratamientos contra el cáncer. Se cree que esto ocurre ya que el entorno de las células cancerosas causa altos niveles de EO, hace que estas sean más susceptibles a un mayor EO inducido por los tratamientos.

Como consecuencia, al reducir el estrés redox en las células cancerosas, se cree que los suplementos antioxidantes disminuyen la eficacia de la radioterapia y la quimioterapia. Sin embargo, esta preocupación no parece ser válida, ya que es abordada por múltiples ensayos clínicos que indican que los antioxidantes pueden ser neutrales o beneficiosos en el tratamiento del cáncer ^{7, 28}.

La ingesta de licopeno puede considerarse como una medida preventiva y terapéutica no farmacológica para diferentes tipos de enfermedades, podría funcionar como agente quimioterapéutico, se le atribuyen funciones antiinflamatorias, tiene efecto sobre la rigidez arterial que parece estar asociado a la reducción de la oxidación de las LDL y se asocia a la reducción del

riesgo para el síndrome metabólico, a un efecto protector sobre el hueso durante el proceso de la osteoporosis. Existe evidencia de que el consumo de licopeno disminuye el riesgo de cáncer de próstata ^{1,6}.

En diferentes investigaciones se demuestra una relación directa entre el consumo de algas marinas y la prevención o el tratamiento de patologías relacionado con el EO, dado por las propiedades neuro y hepato-protectoras que presentan algunos de estos extractos ¹⁸. Existe una relación muy estrecha entre las plantas que tienen capacidad antioxidante y su actividad antiinflamatoria. Reportes populares plantean el uso de manzanilla (*Chamaemelum nobile*), artemisa (*Artemisia absinthium*), sábila (*Aloe vera*), caisimón de anís (*Piper auritum*), salvia de playa (*Pluchea carolinensis Jacq*), eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*), tomillo (*Thymus vulgaris*, pulmonaria (*Pulmonaria officinalis L*), malvavisco (*Althaea officinalis*) y té negro (*Camellia sinensis*), entre otras. Existen plantas como la *Bonafousia sp*, *Croton menthodorum*, *Heisteria acuminata*, *Marsdenia condurango* y *Piperlenticellosum* que son usadas en el Ecuador para diferentes enfermedades inflamatorias y en ellas se encontraron cumarinas, taninos, saponinas y flavonoides, sustancias que presentan actividad antioxidante ¹².

CONCLUSIONES

El estrés oxidativo es asociado a la patogénesis de muchas enfermedades humanas, sin embargo, se desconoce si es la causa o la consecuencia de estas. Los antioxidantes también son ampliamente utilizados como ingredientes en suplementos dietéticos con la esperanza de mantener la salud y de prevenir enfermedades y aunque algunos estudios sugieren que tienen beneficios para la salud, otros grandes ensayos clínicos no detectan ninguna ventaja para las formulaciones probadas y el exceso de la suplementación puede llegar a ser dañino.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cruz Bojórquez RM, González Gallego J, Sánchez Collado P. Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno. Nutr Hosp. 2013 [citado 22 ene 2015]; 28(1):6-15.

Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013001100002

2. Castillo C, Benedito L, López Alonso M, Miranda M, Hernández J. Importancia del estrés oxidativo en ganado vacuno: en relación con el estado fisiológico (preñez y parto) y la nutrición.

Arch Med Vet.2001 [citado 22 ene 2015]; 33(1):5-20.Disponible en:

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2001000100001&lng=es

3. Heredia Ruiz D, Fernández Caraballo D, Alfonso Rodríguez J, Ballesteros Hernández M. El estrés oxidativo en la insuficiencia renal asociada con hipertensión. Rev Cubana Invest

Bioméd.2012 [citado 22 ene 2015]; 31(1): 16-25. Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002012000100002&lng=es

4. Montaña Castañeda MC, Santafé Patiño GG. Evaluación de la actividad antioxidante de esponjas marinas del caribe colombiano. Actu Biol. 2011 [citado 22 jun 2015]; 33(95): 173-181. Disponible

en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-

[35842011000200003&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-35842011000200003&lng=en)

5. Fassiano AV, Ortiz N, Ríos de Molina MC. Estrés oxidativo en cefalópodos: I. Determinación de TBARS. Acta toxicol Argentina.2012 [citado 22 ene 2015]; 20(2):57-61. Disponible en:

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-

[37432012000200002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-37432012000200002&lng=es&nrm=iso)

6. Messina D, Pérez Elizalde R, Soto C, Uvilla A, López Laur JD, López Fontana C. El consumo elevado de licopeno sumado a una ingestión reducida de carnes rojas aumenta el poder antioxidante total. ALAN.2012 [citado 22 ene 2015]; 62(1): 6-14. Disponible en:

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222012000100003&lng=es

7. González Urbaneja I. Radicales libres: Algunas consideraciones clínicas. Gac Méd Caracas. 2006 [citado 22 ene 2015]; 114(2):91-8. Disponible en:

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0367-47622006000200001&lng=es

8. García Triana BE, García Piñeiro JC, Saldaña Bernabeu A. La peroxidación lipídica en la etiopatogenia de la enfermedad periodontal inflamatoria. Rev Cubana Estomatol. 1998 [citado 22 ene 2015]; 35(1): 25-29. Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75071998000100005&lng=es

9. Loy S, Simón R, Delgado R. VIMANG, un potencial protector de la peroxidación lipídica en lipoproteínas de baja densidad. Rev Cubana Invest Bioméd .2002 [citado 22 ene 2015]; 21(3):

167-170. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-

[03002002000300004&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002002000300004&lng=es)

10. Ventrice EA, Martí Sistac O, Gonzalvo R, Villagrà A, López Aguilar J, Blanch L. Mecanismos biofísicos, celulares y modulación de la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica. *Med Intensiva*. 2007 [citado 22 ene 2015]; 31(2): 73-82. Disponible en: <http://www.medintensiva.org/es/mecanismos-biofisicos-celulares-modulacion-lesion/articulo/13101463/>
11. Ruíz Fernández N, Giacomini MI, Landaeta de Jiménez M, Bosch V. Susceptibilidad a la oxidación de las lipoproteínas de baja y muy baja densidad del plasma en escolares. *An Venezolano Nutr*. 2006 [citado 22 ene 2015]; 19(1): 25-31. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522006000100005&lng=es
12. García Bacallao L, Rojo Domínguez DM, García Gómez LV, Hernández Ángel M. Plantas con propiedades antiinflamatorias. *Rev Cubana Invest Bioméd*. 2002 [citado 22 ene 2015]; 21(3): 214-216. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002002000300012&lng=es
13. Cardona Galeano W, Robledo Restrepo SM, Rojano BA, Alzate Guarín F, Muñoz Herrera DL, Sáez Vega J. Actividad leishmanicida y antioxidante de extractos de *Piper daniel-gonzalezii* Trel. (Piperaceae). *Rev Cubana Plant Med*. 2013 [citado 22 ene 2015]; 18(2): 268-277. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962013000200010&lng=es
14. Imosemi IO. The Role of Antioxidants in Cerebellar Development: A Review of Literature. *Int J Morphol*. 2013 [citado 22 ene 2015]; 31(1): 203-210. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022013000100034&lang=pt
15. Passos Vázquez CM, Mendes Netto RS, Ferreira Barbosa KB, Rodríguez de Moura T, Pacheco de Almeida R, Duthie SM, *et. al.* Micronutrients influencing the immune response in leprosy. *Nutr Hosp*. 2014 [citado 22 ene 2015]; 29(1): 26-36. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309231665005>
16. Sánchez M C, Rodríguez RA, Martín V, Sepúlveda LE, Sutil R, Contreras F, *et al.* Estrés y vitaminas antioxidantes en pacientes diabéticos Tipo 2. *AVFT*. 2008 [citado 22 ene 2015]; 27(1): 58-64. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-02642008000100010&lng=es

17. Bouvet BR, Paparella CV, Feldman RN. Estrés oxidativo y su efecto sobre calidad seminal. Rev Habanera Cienc Méd. 2007 [citado 22 ene 2015]; 6(4). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2007000400007&lng=es
18. Vidal A, Fallarero A, Silva de Andrade Wharta ER, de Oliveira e Silva AM, de Lima A, Pavan Torres R. Composición química y actividad antioxidante del alga marina roja *Bryothamnion triquetrum* (S.G.Gmelin) Howe. Rev Brasileira Cienc Farm. 2006 [citado 22 ene 2015]; 42(4). Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-93322006000400015&lang=pt
19. Alzate Tamayo LM, Arteaga González DM, Jaramillo Garcés Y. Propiedades farmacológicas del Algarrobo (*Hymenaea courbaril Linneaus*) de interés para la industria de alimentos. Rev Lasallista Investig. 2008 [citado 22 jun 2015]; 5(2): 100-111. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492008000200013&lng=en
20. Pastene ER, Wilkomirsky T, Bocaz G, Havel J, Peric I, Vega M, *et al.* Uso de espectroscopia de RMN y MALDI-TOF MS en la elucidación estructural de flavonoides antioxidantes provenientes de la planta medicinal chilena *Cheilanthes glauca* (Cav.) Mett. Bol Soc Chilena Quím.2014 [citado 22 jun 2015]; 46(4): 449-457. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-16442001000400009&lang=pt
21. Mejía LJ, Narváez CE, Restrepo LP. Cambios físicos, químicos y sensoriales durante el almacenamiento congelado de la pulpa de arazá (*Eugenia stipitata Mc Vaugh*). Agron Colombiana.2006 [citado 22 ene 2015]; 24(1):87-95. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652006000100011&lng=en&nrm=iso
22. Bernal LJ, Melo LA, Diaz Moreno C. Evaluation of the antioxidant properties and aromatic profile during maturation of the blackberry (rubus glaucus benth) and the bilberry (vaccinium meridionale swartz). Rev Fac Nal Agr Medellín.2014 [citado 22 ene 2015]; 67(1):7209-7218. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472014000100008&lng=en
23. Vinhal Costa OJ, Carvalho Garbi Novaes MR, Ramírez Asquieri E. El valor nutritivo de agaricus sylvaticus; setas cultivadas en Brasil. Nutr Hosp. 2012 [citado 22 ene 2015]; 27(2): 449-455. Disponible en: <http://www.aulamedica.es/gdcr/index.php/nh/article/view/5504>

24. Giraldo Vásquez LM, Ramírez Aristizabal LS. Evaluación de la actividad antioxidante de extractos de *Palicourea guianensis* (Rubiaceae). Rev Cubana Farm. 2013 [citado 22 ene 2015]; 47(4): 483-491. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152013000400008&lng=es
25. Carvajal de Pabón LM, Turbay S, Rojano B, Álvarez LM, Restrepo SL, Álvarez JM, et. al. Algunas especies de Passiflora y su capacidad antioxidante. Rev Cubana Plant Med.2011 [citado 22 ene 2015]; 16(4): 354-363. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962011000400007&lng=es
26. Puertas Mejía MA, Villegas Guzmán PQ, Rojano BA. Borra de café colombiano (Coffea arábica) como fuente potencial de sustancias con capacidad antirradicales libres in vitro. Rev Cubana Plant Med.2013 [citado 22 ene 2015]; 18(3): 469-478. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962013000300013&lng=es
27. Londoño LJ, Naranjo CM, Quintero O, Mónica M. Estudio de los cambios de la actividad antioxidante en bebidas de café durante su periodo de vida útil usando métodos in vitro y ex-vivo. Vitae.2013 [citado 22 jun 2015]; 20(2): 95-104. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042013000200002&lng=en
28. Rodríguez Graña T, Peña González M, Gómez Trujillo N, Santiesteban Lozano Y, Hernández Tamayo M. Estrés oxidativo: genética, dieta y desarrollo de enfermedades. CCM. 2015 [citado 11 nov 2016]; 19(4). Disponible en: <http://revcocmed.sld.cu/index.php/cocmed/article/view/2151>
29. Garlipp Picchi M, Deminice R, Paião Ovídio P, Afonso Jordão A. Efeitos do ácido ascórbico nos biomarcadores de estresse oxidativo em nadadores de elite. Rev Brasileira Med Esporte.2013 [citado 22 ene 2015]; 19(6). Disponible en:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922013000600003&lng=en&nrm=iso
30. Hyogo A, Kobayashi T, Garcia del Sat E, Seguchi H. Antioxidant effects of protocatechuic acid, ferulic acid, and caffeic acid in human neutrophils using a fluorescent substance. Int J Morphol.2010 [citado 22 ene 2015]; 28(3): 911-920. Disponible en:
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022010000300040&lang=pt
31. Copia J, Gaete H, Zúñiga G, Hidalgo M, Cabrera E. Efecto de la radiación ultravioleta B en la producción de polifenoles en la microalga marina Chlorella sp. Lat Am J Aquat Res.2012 [citado 22

ene 2015]; 40(1): 113-123. Disponible en:

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2012000100011&lang=pt

Recibido: 6 de marzo de 2015

Aprobado: 15 de noviembre de 2016

Dra. *Esther Viada Pupo*. Universidad de Ciencias Médicas Mariana Grajales Coello. Holguín. Cuba.

Correo electrónico: esthervp@infomed.sld.cu