

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



ANTIOXIDANTES COMO ALIMENTOS FUNCIONALES

Por:

ALEJANDRA TORRES RÍOS

MONÓGRAFIA

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

La Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” a través del jurado examinador
hace costar que la monografía titulada:

Antioxidantes como Alimentos Funcionales

Presentada por:

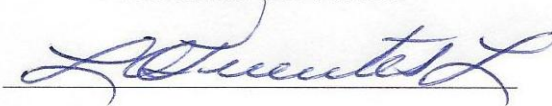
Alejandra Torres Ríos

Ha sido aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

APROBADA

Presidente del Jurado



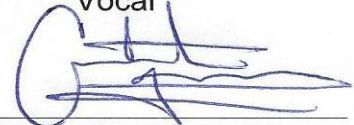
Lic. Laura Olivia Fuentes Lara

Vocal



LSC. Diana Elizabeth Castro A.

Vocal



Dr. Antonio F. Aguilar Carbó



Dr. Jose Duñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mayo del 2015



AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad, y permitido lograr esta meta tan importante en mi vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios en esta gran universidad y alcanzar esta meta.

A la Lic. Laura Olivia Fuentes Lara asesor principal de mi investigación, por el apoyo brindado para realizar este trabajo, por los valiosos consejos recibidos de su parte, por su tiempo, amistad y por los conocimientos que me transmitido.

A la LSC. Diana Elizabeth Castro A. y Dr. Antonio F. Aguilar Carbó vocales de mi trabajo, por todo la atención, respeto y orientación prestados durante la realización de mi monografía.

A los catedráticos de la División por la enseñanza que recibí de todos y cada uno de ellos.

DEDICATORIA

Muy especialmente a mis padres: Ismael Torres Alvarado y María Concepción Ríos Contreras por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo a seguir.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>i</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>ii</i>
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 ANTECEDENTES	4
1.3 SITUACION ACTUAL.....	6
2. ANTIOXIDANTES	7
2.1 SISTEMA DE DEFENSA ANTIOXIDANTE.....	9
2.2 CLASIFICACIÓN DE ANTIOXIDANTES	10
2.3 COFACTORES ENZIMATICOS	14
2.4 FUENTES DE ANTIOXIDANTES	15
2.5 SISTEMAS DE DEFENSA ANTIOXIDANTES.....	19
3. RADICALES LIBRES	22
3.1 EFECTOS NOCIVOS DE LOS RADICALES LIBRES O ESTRÉS OXIDATIVO	26
CONCLUSIONES.	29
BIBLIOGRAFIA	30

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro No. 1. Clasificación de los antioxidantes.	11
Cuadro No. 2. Productos alimenticios con alto contenido de antioxidantes fenólicos.	17
Cuadro No. 3. Fuentes naturales de antioxidantes.	18

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen No 1. Acción neutralizadora de un antioxidante sobre la acción oxidante de los radicales libres.....	8
Imagen No 2. Acción de cofactor enzimático	14
Imagen No 3. Captación de un electrón por un radical libre	22
Imagen No 4. Daño producido por radicales libres.	27
Imagen No 5. Factores que contribuyen a generar estrés oxidativo patológico....	28

RESUMEN

Se consideran alimentos funcionales aquellos que han demostrado científicamente que afectan beneficiosamente a una o varias funciones del organismo, de manera que proporcionan un mejor estado de salud y bienestar.

El estrés oxidativo, es el daño progresivo e irreversible de las biomembranas, tiene su origen en el incremento de los radicales libres en el ambiente pericelular e intracelular, especialmente de especies reactivas del oxígeno. Una sobre carga de radicales libres produce una destrucción del tejido, y esto pueden generar enfermedades crónicas no transmisibles ya que ocasionan daño en cadena a las células evitando que estas se puedan regenerar, reduciendo así las funciones del sistema inmunológico.

Los radicales libres se generan constantemente en nuestro cuerpo y en nuestro medio ambiente.

En la actualidad existe suficiente evidencia de que la ingesta de antioxidantes reduce el riesgo padecer estas enfermedades, ya que son sustancias que reaccionan químicamente con los radicales libres haciéndolos inocuos y al mismo tiempo impidiendo su creación. Las formas biológicamente activas de las vitaminas C y E, así como el glutatión reducido, constituyen antioxidantes de alta capacidad reductora y actúan neutralizando radicales libres, claro que no solo esas vitaminas actúan como antioxidantes pues hay un gran listado de las que no pueden ayudar a combatir los radicales libres.

Por otro lado la dotación enzimática antioxidante de las células eucariontes comprende una serie de hemoenzimas (peroxidasas, catalasa y superóxido dismutasa) cuya actividad catalítica neutraliza el efecto de radicales libres, producidos en el metabolismo celular. La prevención para estas enfermedades puede lograrse con el consumo de los alimentos funcionales dentro de una dieta.

Palabras clave: Antioxidantes, radicales libres, estrés oxidativo.

Correo: aletorresrios@outlook.com. Nombre: Alejandra Torres Ríos.

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de nutrición ha evolucionado gracias a las investigaciones continuas, volviéndose de gran importancia, enfermedades crónicas no transmisibles. Es por eso que nacen los “Alimentos Funcionales”, productos que además de cumplir con una característica básica de nutrir son diseñados especialmente de componentes que ofrecen beneficios para la salud en una o varias funciones del organismo de manera específica y positiva (Olagnero, G., Abad, A., Benderski, S. 2007).

El estilo de vida actual puede promover inadecuados hábitos alimenticios, consumiendo alimentos con baja calidad nutricional y capacidad antioxidante. Lamentablemente en nuestra dieta se incluye comida rápida con alto contenido en grasas, alimentos chatarra, enlatados que contienen conservadores y bebidas con alto contenido de azúcar como los refrescos, reduciendo el consumo de alimentos naturales. Esto ha causado graves problemas de salud en nuestra sociedad como la desnutrición y obesidad, así como el aumento de diversas enfermedades crónico degenerativas, como una consecuencia del estrés oxidativo (Halliwell, B.).

También es muy cierto que hoy en día, la relación directa entre una dieta rica en vegetales y frutas y la disminución de enfermedades, ha sido aceptada en gran parte por la sociedad, ya que estos han sido utilizados como agentes profilácticos (Gonzáles., González, A., Álvarez. 2014).

Los nutrientes son los componentes de los alimentos aprovechables por el organismo que hacen posible la vida, que se encuentran repartidos de forma desigual y desempeñan funciones diferentes según su naturaleza (Gutiérrez, A. Ledesma, R., García, I., Grajales, C. 2007, enero- marzo).

En este sentido, las frutas y vegetales son principales fuentes de sustancias bioactivas , como vitaminas, carotenoides, compuestos fenólicos y otros componentes minoritarios como ácidos grasos, aminoácidos, y minerales que pueden reforzar las defensas naturales del organismo (Mullen *et al.*, 2007).

Uno de los componentes principales son los antioxidantes, sustancias existentes en determinados alimentos que actúan protegiendo al organismo de la acción de los radicales libres, causantes de los procesos de envejecimiento y de algunas otras enfermedades. Los radicales libres son moléculas "desequilibradas", con átomos que tienen un electrón en capacidad de aparearse, por lo que son muy reactivos. Estos radicales recorren el organismo intentando captar un electrón de las moléculas estables, con el fin de lograr su estabilidad electroquímica y con potenciales reacciones en cadenas destructoras de las células del cuerpo (Gutiérrez, A. Ledesma, R., García, I., Grajales, C. 2007, enero- marzo).

Debido a esto surge la necesidad de seleccionar materias primas que puedan actuar como fuentes de dichos componentes, en este sentido hablaremos de los antioxidantes en fuentes naturales como vegetales y frutas.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Recopilación de información sobre antioxidantes para dar a conocer sus efectos benéficos, sobre nuestro organismo, quienes los consumen dentro de una dieta.

1.2 ANTECEDENTES

Desde la antigüedad, las enfermedades han deteriorado la calidad de vida de los seres humanos, ya que avanzan progresivamente, e incluso puede llegar a terminar con la vida de la persona sin que exista alguna cura para detenerlas. Al hablar de estas enfermedades, nos referimos a aquellas que producen un desequilibrio en los mecanismos de regeneración celular.

Es por eso que en los últimos años ha ido surgiendo evidencia científica que apoya la relación que existe entre la alimentación y la salud. Esta relación ya era conocida desde la Grecia clásica, en la que Hipócrates, 500 años antes de Cristo, ya hizo pública su conocida máxima en la que recomendaba “que vuestra medicina sea vuestro alimento, y que vuestro alimento sea vuestro medicamento” (Plomar, A. 2004 Diciembre).

La evidencia científica incluye desde estudios epidemiológicos de distinto tipo y magnitud, dirigidos a diferentes grupos de población y evaluando el consumo de diferentes alimentos y patrones de hábitos alimentarios, hasta estudios de actividad biológica de determinados alimentos o sus constituyentes, en estudios in vitro, en animales modelo, o de intervención clínica (Juárez, M., Olano, A., Morais, F. 2003).

Según Jacome Roca Alfredo. (2003) las primeras investigaciones sobre el papel de los antioxidantes en biología se centraron en su uso en la prevención de la oxidación de grasas no saturadas, que es la causa de la rancidez. La actividad antioxidante podía ser medida simplemente colocando la grasa en un recipiente cerrado con oxígeno y midiendo la velocidad de consumo de oxígeno. Sin embargo, fue la identificación de las vitaminas A, C, y E como antioxidantes que revolucionó el campo y condujo a la realización de la importancia de los antioxidantes en la bioquímica de los organismos vivos.

Los posibles mecanismos de acción de los antioxidantes se exploraron primero cuando se reconoció que es probable que sea uno que es en sí mismo

fácilmente oxida una sustancia con actividad anti-oxidante (Jacome Roca Alfredo. 2003).

1.3 SITUACION ACTUAL

El concepto “alimentos funcionales” se ha empleado desde los 80 surgiendo en Japón, mas sin embargo no es hasta 1999 que se define formalmente como aquellos alimentos que tienen un componente, nutrientes que beneficia a la salud, un ejemplo de estos alimentos se destacan los de origen natural (García, M. 2007). Como una necesidad para reducir el alto costo de los seguros de salud que aumentaban por la necesidad de proveer cobertura a una población cada vez de mayor en edad (Misael Cortés R. & colaboradores. 2005).

Durante los últimos años, la población se ha vuelto más consiente en cuanto la relación que existe entre una dieta equilibrada y una buena salud, es por eso que se observa hoy en día una clara tendencia hacia el consumo de alimentos con propiedades funcionales.

El creciente interés para utilizar antioxidantes naturales, especialmente de origen vegetal en lugar de los antioxidantes sintéticos, ha fomentado la investigación de fuentes vegetales para la identificación y obtención de antioxidantes, debido a su capacidad inhibidora de radicales y por sus propiedades biológicas, ya que los usos de antioxidantes sintéticos se han limitado debido a los efectos toxicológicos que producen (Gómez, R., Martínez, G., Rodríguez, R., Águila, C. 2012, Septiembre.).

Alimentos que ayudan al metabolismo, con bajo contenido energético, bajos en grasas o en azúcares, enriquecidos en ácidos grasos omega-3 o en fibra, bebidas y productos para deportistas, contribuyen a mantener un peso adecuado, controlar el nivel de azúcar en sangre o las tasas de colesterol y triglicéridos plasmáticos, o permiten un adecuado rendimiento en la práctica de actividad física. En estos productos sustituye el azúcar común por otro tipo de edulcorantes no calóricos (sacarina, ciclamato, aspartame, etc.) o bien se reduce o sustituye

cierta cantidad de grasas por otros componentes menos calóricos (almidones, etc.). Algunos ejemplos son: mermeladas con edulcorantes no calóricos, patés, margarinas y mayonesas light, bebidas con sacarina u otros edulcorantes a calóricos, etc. (Misael Cortés R. & colaboradores. 2005).

Se han desarrollado productos que favorecen la defensa contra el estrés oxidativo; funcionan como una barrera frente al efecto nocivo de los radicales libres sobre el ADN, las proteínas y los lípidos de nuestro cuerpo. Éstos contribuyen a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, degenerativas e incluso de cáncer. Entre las sustancias antioxidantes más destacables se encuentran las vitaminas E y C, los carotenoides, el zinc, el selenio. Se destaca la presencia en el mercado en forma creciente de los jugos de fruta o de bebidas de leche y jugo, que incluyen entre sus ingredientes una o varias sustancias antioxidantes. La actividad antioxidante de la vitamina E quizás la hace una de las más importantes; existe evidencia científica de que la vitamina E puede ayudar a prevenir ciertas formas de cáncer (Zheng, W.; Seller, T.A.; Doyle, T.J. 1995).

2. ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes, es un grupo muy amplio de sustancias presentes en su mayoría de manera natural en alimentos de origen vegetal, tienen dos diferentes enfoques el primero que consiste en aislarlos de sus fuentes naturales para utilizarlos como aditivos evitando así el deterioro de alimentos, el segundo se ha desarrollado durante las dos últimas décadas y es de nuestro interés, este se refiere al efecto que los antioxidantes tienen en los organismos consumiéndolos como parte de los alimentos, en una dieta sana (Pérez, J. (2003). Ya que estos tienen un importante potencial para reducir el desarrollo de aquellas enfermedades como cardiovasculares, tumorales, y neuro-degenerativas, que afectan a la población mundial actualmente, según (Olivares, L., & Betanzos, G., Sumaya, Ma. 2010, septiembre-diciembre).

El término antioxidante hace referencia a la actividad que numerosas vitaminas, minerales y otras sustancias fitoquímicas tienen sobre sustancias llamadas radicales libres. Los radicales libres pueden reaccionar químicamente con otros componentes de las células (oxidándolos) alterando su estabilidad y funcionalidad (Bernácer, R. 2012).

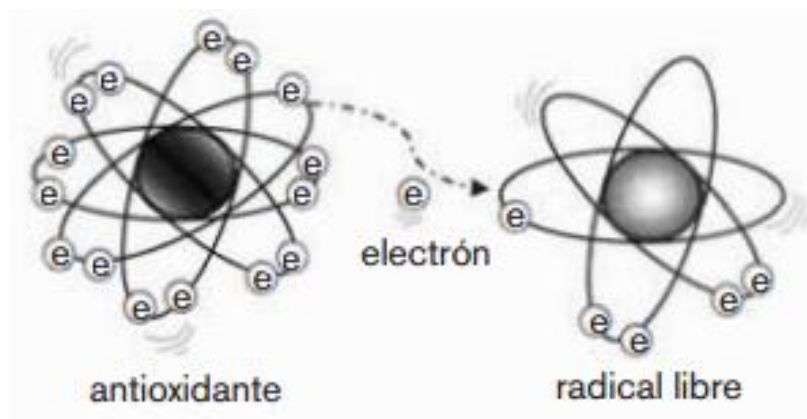


Imagen No 1. Acción neutralizadora de un antioxidante sobre la acción oxidante de los radicales libres.

Fuente <http://agedel.com/es/antioxidantes.html>.

Los antioxidantes vienen a ser sustancias que reaccionan químicamente con los radicales libres haciéndolos inoocuos y al mismo tiempo impidiendo su creación que es la causante de muerte celular (Halliwell B, Murcia MA, Chirico S, Aruoma OI.1995).

Cada día estamos adoptando una forma de vida más saludable al tomar conciencia de la importancia de llevar una dieta equilibrada rica en vegetales y frutas. Los antioxidantes forman parte de esta forma vida.

Según (Youngson, R. 1994). Los Antioxidantes son sustancias de diverso tipos, que el cuerpo humano utiliza para eliminar radicales libres, que son sustancias que introducen oxígeno en las células y producen la oxidación que es la responsable de importantes enfermedades como son el carácter degenerativo del sistema circulatorio, enfermedades cardiovasculares, Alzheimer, cataratas, envejecimiento precoz y cáncer, todas las cuales hoy son la principal causa de muerte en nuestra sociedad (Joshua D. Lambert and Chung S. Yang. 2003).

2.1 SISTEMA DE DEFENSA ANTIOXIDANTE

Las reacciones de oxidación son esenciales en los procesos metabólicos celulares, estas involucran la transferencia de electrones que producen radicales libres, siempre y cuando existan en las células mecanismos de defensa que los neutralicen. Dichas defensas se les denomina antioxidantes (González-Mangadoa N, Morera Prats J. 2001).

El organismo desarrolla sus propios mecanismos de defensa naturales contra la acción tóxica de los radicales libres del oxígeno, utilizando sustancias conocidas como antioxidantes endógenos, por ser propios del organismo. Entre ellos se encuentran algunas enzimas producidas por las células, como la superoxidodismutasa, y la catalasa, capaces de degradar o consumir los radicales libres. Los antioxidantes exógenos, que ingresan en el organismo con los alimentos, aceptan fácilmente electrones y eliminan los radicales libres (Murray, R. K., Granner, D. K., Mayes, P. A. y Rodwell, V. W. 1993).

El antioxidante al colisionar con él, le cede un electrón oxidándose y transformándose en un radical libre débil no tóxico. Aunque no todos los antioxidantes actúan de esta manera, los llamados enzimáticos catalizan o aceleran reacciones químicas que utilizan sustratos que reaccionan con los radicales libres (Speisky C, Jimenez I. 2000).

Como ya se había mencionado antes los antioxidantes pueden ser enzimáticos o no, clasificándose estos en endógenos y exógenos.

A. Vitamina C: Neutraliza el oxígeno singlete. Captura radicales hidroxilo. Regenera la forma oxidada de la vitamina E.

B. Vitamina E: Neutraliza el oxígeno singlete. Captura radicales hidroxilo. Captura anión superóxido. Neutraliza peróxidos.

C. Beta carotenos: Neutraliza el oxígeno singlete. Neutraliza el oxígeno singlete.

D. SOD: Eliminan el anión superóxido.

E. CAT y GPX: Previene la reducción del peróxido de hidrógeno para formar el radical hidroxilo (Jiménez I, Speisky C, Noran C. Fridovich J).

2.2 CLASIFICACIÓN DE ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes han sido clasificados dentro de 6 tipos antioxidantes primarios, atrapadores de oxígeno, sinergistas, antioxidantes enzimáticos, agentes quelantes (secuestrantes), y misceláneos (Frankel, 1998).

Agentes quelantes (secuestrantes) son de gran interés en la industria alimentaria en este grupo se sitúan aquellas sustancias, que tienen acción antioxidante por un mecanismo específico, el secuestro de las trazas de metales presentes en el alimento (González, A. 2012).

Antioxidantes primarios, compuestos que neutralizan radicales libres, entre los principales antioxidantes de este grupo son butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroxiquinona (TBHQ), algunos de estos antioxidantes cuando se mezclan entre sí pueden tener una actividad sinérgica más efectiva así trabajarán solos (Kamal- Eldin y Appelqvist,1996).

Atrapadores de oxígenos, estos remueven el oxígeno de sistemas cerrados, un ejemplo de este grupo es el ácido ascórbico y sus derivados los cuales actúan sinérgicos en la regeneración de antioxidantes primarios (Frankel, 1998).

Antioxidantes misceláneos, son todos aquellos que han mostrado una fuerte actividad antioxidante como materiales de plantas y animales que han sido estudiados como antioxidantes en aceites de origen vegetal, varios hidrolizados de proteínas, algunos flavonoides y aminoácidos (Frankel,1996).

Antioxidantes pueden ser enzimáticos o no, clasificándose así en endógenos aquellos que se encuentran naturalmente en el organismo, y exógenos, que ingresan en el organismo a través de la dieta, es importante destacar a ciertos oligoelementos (cofactores) cuya incorporación al organismo es necesaria por constituir parte del núcleo activo de las enzimas antioxidantes (Mayor, R. 2010). A continuación en la tabla 1 se muestra la clasificación de estos.

Cuadro No. 1. Clasificación de los antioxidantes

Clasificación de los antioxidantes Exógenos	Endógenos	Cofactores
<i>Vitamina E</i>	<i>Glutación</i>	<i>Cobre</i>
<i>Vitamina C</i>	<i>Coenzima Q</i>	<i>Zinc</i>
<i>Betacaroteno</i>	<i>Ácido tióctico</i>	<i>Manganeso</i>
<i>Flavonoides</i>	<i>Enzimas: Superóxidodismutasa(SOD) Catalasa: Glutación peroxidasa</i>	<i>Hierro</i>
<i>Licopeno</i>		<i>Selenio</i>

Fuente: Criado, C. &, Moya, M. 2009.

La vitamina E, conjunto de compuestos fenólicos conocidos como tocoferoles y tocotrienoles. Es un antioxidante lipofílico localizado en las membranas celulares, cuya absorción y transporte se hallan muy vinculados con el de los lípidos (Criado, C. & Moya, M. 2009). Considerado el más importante protector de las moléculas lipídicas, ya que su acción consiste en proteger de la peroxidación a los ácidos grasos poliinsaturados de los fosfolípidos de la membrana celular y también en inhibir la peroxidación de las LDL (Bravo, M., Stephan, R., Oviedo, I. 1998).

La vitamina C o ácido ascórbico es un importante antioxidante hidrosoluble que actúa potenciando el efecto de otros antioxidantes tal como sucede con la vitamina E y el selenio. Sus principales funciones son neutralizar el oxígeno singlete (O_2), capturar radicales hidróxilos y aniones superóxido y regenerar la forma oxidada de vitamina E una vez que ha reaccionado con un radical libre. Actúa de forma sinérgica con la vitamina E (Basabe, B. 2000).

Algunos estudios muestran una clara participación de la vitamina C como antioxidante sobre el endotelio vascular evitando la oxidación del óxido nítrico, potenciando su actividad y aumentando su síntesis. Otros estudios sugieren una disminución de la peroxidación lipídica en presencia de vitamina C (Jacob, RA, Soutodeh, G. 2002).

El beta-caroteno precursor de la vitamina A, importante antioxidante lipofílico que neutraliza el oxígeno singlete. Tiene la propiedad de capturar las especies reactivas de oxígeno producidas en la piel por efecto de la radiación UV. Además es capaz de regenerar la vitamina C una vez que ha reaccionado con un RL (Ferreira R. 1996).

A continuación mencionamos algunos antioxidantes de tipo endógeno. La coenzima Q10 (ubiquinona), es capaz de ceder uno de sus electrones, estabilizando así a un radical libre, este se encuentra de forma natural en el organismo y pero también proviene de una dieta. Se encuentra en todas las membranas celulares, principalmente en la de la mitocondria, donde participa en la cadena de respiración aeróbica. Como antioxidante es capaz de proteger el ADN de la acción de radicales libres y también de impedir la peroxidación lipídica (Festy, D. 2007).

El glutatión es el principal antioxidante hidrosoluble en el citoplasma de la célula. Es una proteína formada por tres aminoácidos: cisteína, glicina y ácido glutámico. Las funciones biológicas del glutatión involucran su participación como: antioxidante, neuromodulador, detoxificante, por lo que su deficiencia es importante en la fisiopatogenia de las enfermedades ya mencionadas (Thomas, M. 2004).

En los años 80 el Ácido tióctico fue descubierto como un poderoso antioxidante que neutraliza a radicales libres, y hay quienes dicen que es el antioxidante "ideal" este es el caso del Dr. Lester Packer.

Se debe a que restaura la habilidad de otros antioxidantes para barrer los radicales libres incrementando su efectividad. Particularmente ocurre esto con la vitamina E que es reciclada en el organismo cada vez que neutraliza a un radical libre, evitando que lesione las membranas celulares. También restaura la acción de la vitamina C, el glutatión y la Coenzima Q10 (Carpintero, D. 1983).

2.3 COFACTORES ENZIMATICOS

Los cofactores enzimáticos son sustancias que participan en reacciones enzimáticas debido a que las enzimas no poseen en su estructura todos los grupos funcionales para llevar a cabo la catálisis de todas las reacciones metabólicas, pueden ser iones inorgánicos que facilitan la unión enzima- sustrato o constituyen por sí los centros catalíticos que ganan eficiencia y especificidad al unirse a las proteínas, así se muestra en la imagen (Ugarte, O. 2009).

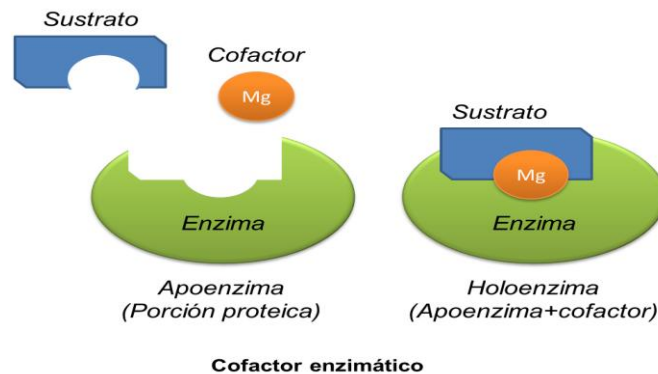


Imagen No 2. Acción de cofactor enzimático

Fuente: Campbell, N., & Reece, J. (2007). Biología. Madrid, España: Panamericana.

Los cofactores suelen ser moléculas complejas que nuestro organismo no puede sintetizar, por esa razón muchos de estos cofactores deben ingresar como parte de nuestra dieta (Núñez de Castro, 2001).

El selenio es un micromineral o elemento traza, esencial para la buena salud aunque sólo en pequeñas cantidades, es incorporado a las proteínas formando las selenoproteínas, consideradas enzimas antioxidantes, ayudando a prevenir el daño celular, contribuye en la regulación de la glándula tiroides y tiene un rol importante en nuestro sistema inmune, entre otras funciones. Existen dos reservas importantes de selenio en nuestro organismo, proveniente de la dieta (seleniometionina) y la otra del hígado, a través del selenio presente en una enzima hepática (glutación peroxidasa) (Arthur J. Roberts, Mary E. O'Brien, Genell Subak-Sharpe. 2003).

El zinc es un mineral esencial para nuestro organismo, este elemento es el cofactor catalítico de más de 300 enzimas y estabiliza la estructura de gran variedad de dominios proteicos. Por lo que un gran número de procesos biológicos son dependientes de zinc y un desequilibrio de su homeostasis conlleva a complejas implicaciones en un número de órganos y puede contribuir a la aparición de enfermedades crónicas (Torres, A. 2009).

Cobre Participa en funciones de carácter antioxidante de la familia de enzimas denominada SOD (superóxido dismutasa), encargada de eliminar el anión superóxido. Potencia el sistema inmunitario, participa en la formación de enzimas, proteínas y neurotransmisores cerebrales (renovación celular y estimulante del sistema nervioso) y es un agente antiinflamatorio y antiinfeccioso. Así mismo, actúa como antioxidante, protegiendo las células de los efectos tóxicos de los radicales libres, y facilita la fijación del calcio y del fósforo (Montse Vilaplana 2007).

2.4 FUENTES DE ANTIOXIDANTES

No hay nada mejor para la salud que un buen suministro de antioxidante a las células, los antioxidantes de los alimentos son una enorme familia que combaten a las moléculas cargada de oxígeno. Las vitaminas y minerales pueden servir como antioxidantes (Laura, H. 2010).

Principales alimentos con antioxidantes viene a ser frutos rojos (fresas, frambuesas, arándanos) ajo, ajíes, chiles, cebollas rojas kiwis, manzanas, té verde, cacao, zanahoria, jitomate, pescado, sardinas, cítricos, uvas, hortalizas de hoja verde, leguminosas, soya, aguacate y oleaginosas (Rangel, A. & Correa, D. 2010).

La vitamina C es uno de los antioxidante hidrosoluble que figura en primera línea de defensa del plasma, poderoso inhibidor de la oxidación de lípidos, regenera la Vitamina E. Reacciona fácilmente con RL-s actuando como antioxidante y pasando el mismo a ser un radical ascorbilo, que rápidamente se descompone para producir ácido ascórbico y ácido dehidroascórbido (Moret, Y. 1997).

Las principales fuentes de vitamina C en la mayoría de las dietas son las frutas como los cítricos, las hortalizas entre las cuales se encuentra tomates acelgas y perejil (Departamento de Agricultura 2002).

El beta-caroteno, es uno de los carotenoide más abundante de la naturaleza y el más importante para la dieta humana, este elimina a los radicales libres y protegiendo al ADN de la acción mutagénica. Son pigmentos vegetales de coloración amarilla-naranja (Arrate Lacalle. 2007).

Fuentes alimentarias seria zanahoria, vegetales de hojas verdes espinacas, batata, yuca y frutas amarillas (Departamento de Agricultura 2002).

Vitamina E, esencial para el organismo es un antioxidante natural que ayuda a proteger los ácidos grasos ya que reacciona con los radicales libres. Así cuida al organismo de la formación de moléculas tóxicas resultantes del metabolismo normal como de las ingresadas por vías respiratorias o bucales. Sus principales fuentes son, vegetales de hojas verdes como podrían ser espinacas, nabo y acelga (Licata, M. 2012).

Flavonoides son pigmentos no nitrogenados de lo vegetales, las principales fuentes son: ajo, cebolla, té, manzanas, peras, espinacas, naranjas, limones, pomelos. Su efecto antioxidante reside tanto en su capacidad para secuestrar radicales como en su capacidad para formar quelatos con metales (Piñerio, E. 2008).

La cantidad de selenio en los alimentos depende del contenido de este presente en el suelo donde crecen las plantas. Los alimentos proveniente de plantas son las mayores fuentes de selenio por ejemplo el pepino, fresas, melocotón, espárragos, peras, ajos, frutos secos como nueces y almendras, estos entre muchos (Soriano del Castillo, J. 2011).

Para una dieta con suficiente zinc sería necesario consumir frijoles, nueces y vegetales tales como el maíz, las arvejas, las papas, la calabaza y la acelga.

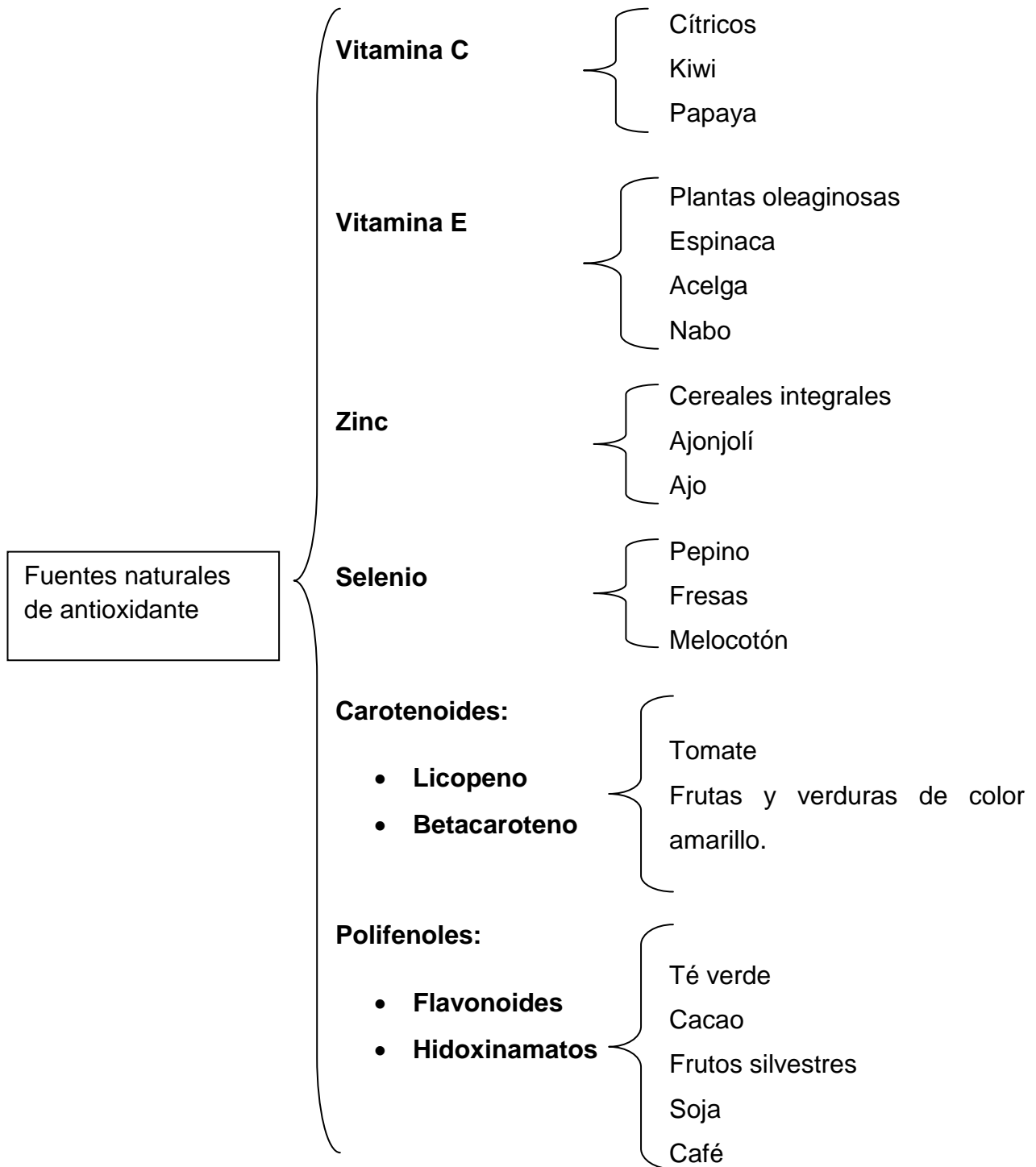
Recientemente se han descubierto en algunos alimentos otros antioxidantes no nutrientes, los compuestos fenólicos. Algunas fuentes son los frijoles (isoflavonas), cítricos (flavonoides), cebolla (quercetina) y polifenoles (aceitunas). También se han encontrado algunos antioxidantes fenólicos en el café, vino tinto y té (Tabla 2).

Cuadro No. 2. Productos alimenticios con alto contenido de antioxidantes fenólicos.

Producto	Antioxidantes
Frijol de soya	Isofavonas, ácidos fenólicos
Té verde, té negro	Polifenoles, catequinas
Café	Esteres fenólicos
Vino tinto	Acidos fenólicos, polifenoles
Romero	Ácido carnósico, ácido rosmárico.
Cítricos	Bioflavonoides, chalconas
Cebollas	Quercetina, camferol
Aceitunas	Polifenoles

Fuente: Suwalsky, Mario. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, II, pp.161-172.

Cuadro No 3. Fuentes naturales de antioxidantes.



2.5 SISTEMAS DE DEFENSA ANTIOXIDANTES

No cabe duda que todos los sistemas biológicos en ambientes oxigenados han desarrollado mecanismos de defensa, tanto a nivel fisiológico como bioquímico.

1. A nivel fisiológico

El sistema microvascular, cuya función es mantener los niveles tisulares de O₂, siempre dentro de presiones parciales relativamente bajas.

2. A nivel bioquímico

La defensa antioxidante puede ser enzimática, no enzimática así como sistemas reparadores de moléculas (Victoria Valls i Bellés, 2003, Agosto).

El organismo a evolución mecanismos de defensa contra los radicales libres, estos mecanismos intentan prevenir la producción de radicales libres, detener o retardar la reacción de oxidación en cadena, los mecanismos antioxidantes suelen actuar de forma coordinada, ejercen su función en localizaciones subcelulares concretas, se agrupan en dos sistemas de defensa antioxidante: sistema enzimático y sistema no enzimático (Jiménez, R. 2002).

Según Montero, M. (1996). Los enzimáticos presentes en el organismo de los seres vivos y protegen frente a los RSOs producidos durante el metabolismo. Dentro de éstos, tenemos 3 principales: la superóxido dismutasa (SOD), la catalasa (CAT) y la glutatión peroxidasa (GPX). La SOD cataliza la dismutación del anión superóxido, originando peróxido de hidrógeno. La CAT es una enzima tetramérica que cataliza la descomposición del peróxido de hidrógeno en agua. Por último, está la GPX, que también contribuye a la eliminación del peróxido de hidrógeno pero, a diferencia de la CAT, que usa el peróxido de hidrógeno como dador de electrones, utiliza el glutatión reducido.

Los antioxidantes, no enzimáticos están presentes en la dieta ingerida por los seres vivos, sobre todo en las frutas y verduras. Sus principales características son que son sustancias capaces de neutralizar un único radical libre por molécula (García Sánchez Mercedes 2013).

Un primer grupo de antioxidantes no enzimáticos lo constituyen moléculas reductoras de pequeños tamaños e hidrosolubles. Dentro de ellas tenemos al glutatión reducido y el ascorbato o vitamina C. Pueden actuar tanto como pro o antioxidantes. Así pueden autooxidarse, especialmente en presencia de metales, para producir RSOs. Al ser hidrofílicos, no son efectivos, frente a la peroxidación lipídica.

Un segundo grupo de antioxidantes no enzimáticos son las vitaminas liposolubles. Aquí están el alfa-tocoferol o vitamina E, que es capaz de impedir las reacciones, en cadena producidas por los radicales hidroperoxilo durante la peroxidación lipídica y el alfa-caroteno, que ofrece una protección eficaz frente al oxígeno singlete (Hernández, J. 2013 Enero 24).

La capacidad antioxidante celular está dada por mecanismos a través de los cuales la célula anula la reactividad e inhibe la generación de radicales libres (Thornalley y Vasak, 1985). Estos mecanismos son apropiados a la muy corta vida media de los radicales libres y comprenden moléculas pequeñas, endógenas y exógenas con capacidad antioxidante (Kinsella *et al.*, 1993).

Según Dorado, C., Rugerio, C., Rivas, S. (2003 Diciembre). Un antioxidante, es cualquier sustancia que presente en bajas concentraciones, retrasa o inhibe la oxidación. Pueden actuar en las formas siguientes:

1. Disminuyendo la concentración de oxidantes.
2. Evitando la iniciación de la reacción en cadena al “barrer” (cubrir o detener una actividad química muy alta), los primeros radicales libres que se forman.
3. Uniéndose a iones metálicos para evitar la formación de especies reactivas.
4. Transformando los peróxidos en productos menos reactivos.
5. Deteniendo la propagación y el aumento de radicales libres.

3. RADICALES LIBRES

Los radicales libres son átomos o grupos de átomos que tienen un electrón desapareado, por lo que son muy reactivos, ya que tienden a captar un electrón de otros átomos con el fin de alcanzar su estabilidad electroquímica (Maldonado, O. & colaboradores. 2010, Octubre 08).

Para conseguir la estabilidad modifican a biomoléculas de su alrededor provocando la aparición de nuevos radicales, por lo que se crea una reacción en cadena que dañará células y puede ser indeterminada si los antioxidantes no intervienen (Laguna, J., Piña, E., Martínez, F., Pardo, J. y Riveros, H. 2006). Esto se puede observar en la imagen 3.

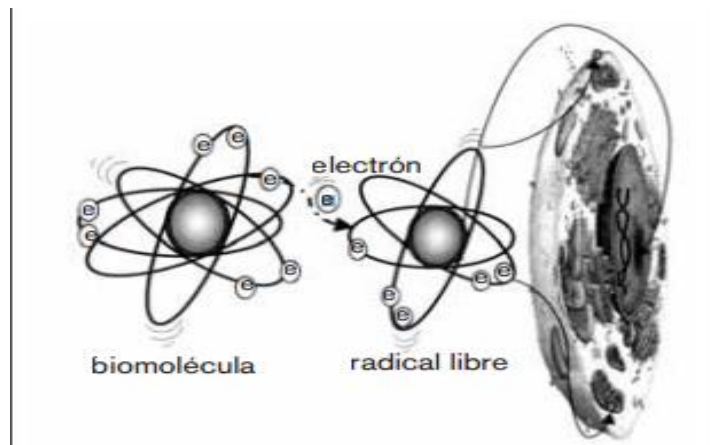


Imagen No 3. Captación de un electrón por un radical libre

Fuente: Fuente <http://agedel.com/es/antioxidantes.html>.

Los procesos normales del organismo como el metabolismo de los alimentos, la respiración y el ejercicio producen radicales libres en cantidades moderadas para luchar contra bacterias y virus, es por eso que se menciona que no todos los radicales libres son peligrosos, aunque claro si no existe un control suficiente por los antioxidantes, las células pueden ser dañadas. También estamos expuestos a elementos del medio ambiente que crean radicales libres como la tabaco, radiación, medicamentos, aditivos químicos en los alimentos procesados y pesticidas (Céspedes T, Sánchez D. 2000).

Las principales especies reactivas del oxígeno o sustancias prooxidantes son:

- Radical hidroxilo (HO)•
- Peróxido de hidrógeno (H₂O₂)
- Anión superóxido (O₂⁻)
- Oxígeno singlete (¹O₂)
- Oxígeno nítrico (NO)
- Peróxido (ROO)
- Semiquinona (Q)
- Ozono. (Naqui A & Britton C. 1996).

Los radicales libres del oxígeno se clasifican de la forma siguiente:

1. Radicales libres inorgánicos o primarios. Se originan por transferencia de electrones sobre el átomo de oxígeno, representan por tanto distintos estados en la reducción de este y se caracterizan por tener una vida media muy corta; estos son el anión superóxido, el radical hidróxilo y el óxido nítrico.
2. Radicales libres orgánicos o secundarios. Se pueden originar por la transferencia de un electrón de un radical primario a un átomo de una molécula orgánica o por la reacción de 2 radicales primarios entre sí, poseen una vida media un tanto más larga que los primarios; los principales átomos de las biomoléculas son: carbono, nitrógeno, oxígeno y azufre.
3. Intermediarios estables relacionados con los radicales libres del oxígeno. Aquí se incluye un grupo de especies químicas que sin ser radicales libres, son generadoras de estas sustancias o resultan de la reducción o metabolismo de ellas, entre las que están el oxígeno singlete, el peróxido de hidrógeno, el ácido hipocloroso, el peroxinitrito, el hidroperóxidos orgánicos (Diplock A. 1991).

Según Faller, A. (2006). En el organismo, los R.L. se producen en las células, esto será donde el oxígeno tenga una mayor actividad. Es ejemplo:

- Retículo endoplasmático: Los citocromos sufren reacciones de autooxidación con formación de radicales libres O_2 y $H_2 O_2$.
- Mitocondrias: la ubiquinona y la NADH-deshidronasa pueden auto oxidarse dando aumento de radicales libres O_2 , $H_2 O_2$ y $OH`$
- Peroxisomas citoplásmicos.
- Membrana plasmática: Por acción de la lipooxigenasa y la prostaglandina sintetasa dentro de las reacciones inflamatorias mediadas por el ácido araquidónico.

Un antioxidante es una sustancia capaz de neutralizar la acción oxidante de los radicales libres mediante la liberación de electrones en nuestra sangre, los que son captados por los radicales libres (Finkel y Holbrook, 2000).

La vida media biológica del radical libre es de microsegundos, pero tiene la capacidad de reaccionar con todo lo que esté a su alrededor provocando un gran daño a moléculas, membranas celulares y tejidos (Greenwald, R. 1990).

En el caso de los lípidos (ácidos grasos poliinsaturados), los radicales libres dañan las estructuras ricas en ellos como las membranas celulares y las lipoproteínas, ya que se altera la permeabilidad de la membrana celular y se produce edema y muerte celular (Díaz, A. &, Membrillo, J. 2006).

Según Díaz, L. (2002). Los factores que influyen en la magnitud de la peroxidación lipídica son:

- a) La naturaleza cualitativa y cuantitativa del agente inicializador.
- b) Los contenidos de la membrana en ácidos grasos poliinsaturados y su accesibilidad.
- c) La tensión de oxígeno.
- d) La presencia de hierro.
- e) El contenido celular de antioxidantes (betacarotenos, alfatocoferoles, glutatión).
- f) La activación de enzimas que pueden hacer terminar la cadena de reacción como es el caso de la glutatión peroxidasa (GSH-Prx).

Se ha comprobado que el LDL oxidado se adhiere más fácilmente a las paredes de los vasos sanguíneos, con lo que aumenta el riesgo cardiovascular (OMS. 2013, Marzo).

En proteínas se oxidan preferentemente los aminoácidos (fenilalanina, tirosina, triptofano, histidina y metionina) y como consecuencia se forman entre cruzamientos de cadenas peptídicas, fragmentación de la proteína y formación de grupos carbonilos e impiden el normal desarrollo de sus funciones como transportadoras iónicas de membranas, receptores y mensajeros celulares, enzimas que regulan el metabolismo celular, etc. (González, M., Betancourt, M., Ortiz, R. 2000 marzo- enero). Estos efectos se plasman en deterioro y muerte celular, asociados al proceso de envejecimiento y a un mayor riesgo de enfermedades degenerativas que inciden en el sistema nervioso, como la enfermedad de Parkinson.

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 (Niki E, Yamamoto Y, Komuro E, Sato E. 1991). Así el daño producido en los genes incrementa el riesgo de tumores (OMS, 2013).

Donde se producen los radicales libres

Marco Romagnoli, 2007 menciona que el principal productor de las especies reactivas del oxígeno es la mitocondria, ya que la respiración celular se verifica específicamente a este nivel. El 90% del total del oxígeno inhalado se consume en la mitocondria y alrededor del 2 % del oxígeno reducido se transforma en el radical superóxido ($O_2\cdot^-$). Otra fuente de este radical son los fagocitos activados que producen el superóxido como mecanismo protector frente a agentes u organismos extraños.

Otro radical libre fisiológico es el óxido nítrico ($NO\cdot$), que se produce en el endotelio vascular como factor relajante. Este puede transformarse en peróxido nítrico ($ONOO$) que contribuye en gran medida a lesiones de tipo oxidativo en múltiples enfermedades.

3.1 EFECTO NOCIVO DE LOS RADICALES LIBRES O ESTRÉS OXIDATIVO

El estrés oxidativo ocurre en un sistema celular cuando la producción de radicales libres excede la capacidad antioxidante de dicho sistema (Andrea M. Vincent, James W. Russell, Phillip Low, & Eva L. Feldman 2004).

Ya que son átomos que tiene un electro desapareado y con el fin de alcanzar su estabilidad electroquímica, deben captar un electrón de moléculas estables como las proteínas, los lípidos, el ADN, una vez que el radical libre ha conseguido sustraer el electrón que necesita, la molécula estable que se lo cede se convierte a su vez en un radical libre por quedar con un electrón desapareado, iniciándose así una verdadera reacción en cadena que destruye nuestras células (Avello, M., & Suwalsky, M. 2006).

Las células al ser dañada, no podrán cumplir sus funciones como el intercambio de nutrientes y la limpieza de materiales de deshecho, haciendo imposible el proceso de regeneración y reproducción celular. En el interior de la célula, los radicales libres atacan el DNA (material genético) que provee la matriz para la replicación celular, impidiendo a la célula su reproducción (Jiménez, S. 2010).

Según Halliwell B., & Gutteridge M.C.J, El esquema que aparece a continuación representa la acción de los radicales libres sobre la membrana plasmática de una célula:

- El radical libre entra en contacto con los fosfolípidos membranaarios
- La membrana se debilita y se desintegra
- El contenido de la célula escapa al medio intercelular
- La célula pierde su forma y su función inicial
- La célula muere, lo que debilita todo el tejido

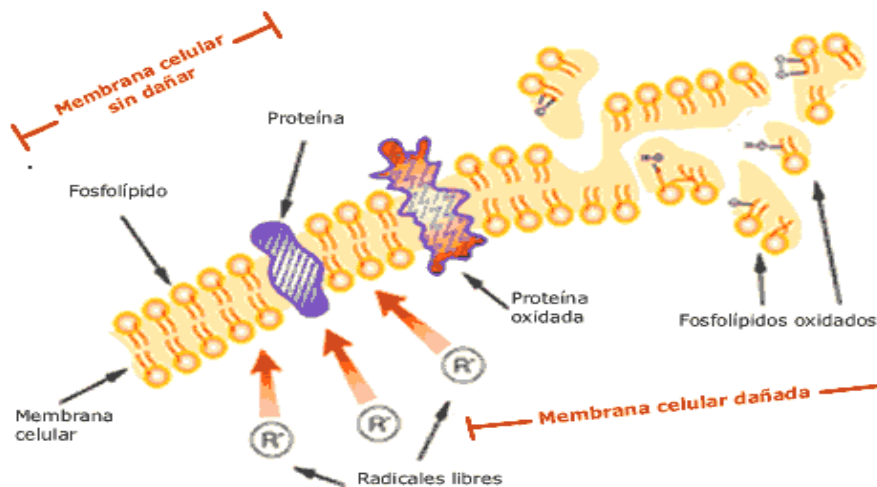


Imagen No 4. Daño producido por radicales libres.

Fuente: <http://www.novavit.com/html/antioxidantes.htm/>.

Es entonces que el daño o estrés oxidativo se define como la exposición de la materia viva a diversas fuentes que producen una ruptura del equilibrio que debe existir entre factores prooxidantes y los mecanismos antioxidantes encargados de eliminar dichas especies químicas (Valezuela Bocono A. 2000).

Dicho desequilibrio puede ser causado ya sea por un déficit de estas defensas o por un incremento exagerado de la producción de especies reactivas del oxígeno (Roche E. 1994). Trayendo como consecuencia alteraciones de la relación estructura-función en cualquier órgano, sistema o grupo celular especializado; por lo tanto se reconoce como mecanismo general de daño celular (Brooks, M. 2012).

El daño oxidativo cada vez se implica más en las enfermedades degenerativas relacionadas con el envejecimiento (Freeman BX, Crapo JD). Combatir los factores que llevan a esta situación tales como: agentes químicos (metales pesados, xenobióticos y el humo del tabaco), agentes físicos (radiaciones ultravioletas e hiperoxia), drogas, factores orgánicos y metabólicos (dieta hipercalórica, insuficiente en antioxidantes, diabetes mellitus, procesos inflamatorios y traumatismo, el ejercicio estimulante y fenómenos de izquemia y reperusión), son de gran importancia para evitar el desequilibrio entre oxidantes y antioxidantes, así bien se puede observar en la imagen que se muestra a continuación (Canas, PE).



Imagen No 5. Factores que contribuyen a generar estrés oxidativo patológico

Fuente: Laboratorio de Estrés Oxidativo EOX 2008). Sitio web: estresoxidativo.com/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=72

Estudios relacionan la existencia entre el estrés oxidativo y la patogénesis de numerosas enfermedades (Makker K, Agarwal A, Sharma R. 2009).

CONCLUSIONES

Después de una extensa revisión de literatura y haber hecho un análisis de la misma, puedo concluir lo siguiente:

Los alimentos funcionales que contienen algún tipo de antioxidantes tienen la capacidad de ayudar a contrarrestar ciertos tipos de enfermedades como lo son del sistema circulatorio, enfermedades cardiovasculares, Alzheimer, cataratas, envejecimiento precoz y cáncer, las cuales hoy son la principal causa de muerte en nuestra sociedad, además de ayudar a prevenirlas.

Es por eso que la mejor opción para evitar el estrés oxidativo una dieta rica en frutas y verduras para mantener un buen nivel de antioxidantes.

Los alimentos funcionales deben consumirse dentro de una dieta sana y equilibrada y en las mismas cantidades en las que habitualmente se consumen el resto de los alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

Andrea M. Vincent, James W. Russell, Phillip Low, & Eva L. Feldman (2004). Oxidative Stress in the Pathogenesis of Diabetic Neuropathy. *Endocrine Reviews*, 25, pp.612-628.

Arrate Lacalle. (2007). Alimentos y condimentos funcionales: antioxidantes, polifenoles, flavonoides. Barcelona: REUS. Centro de Formación y Estudios Agrorurales, Departamento de Agricultura.

Arthur J. Roberts, Mary E. O'Brien, Genell Subak Sharpe. (2003). Nutracéuticos: suplementos nutricionales, vitaminas, minerales, oligoelementos, alimentos curativos. Barcelona: Robinbook.

Avello, M., & Suwalsky, M. (2006). Radicales libres, Antioxidantes y Mecanismos de defensa. *SCIELO*, II, pp.161-172.

Basabe, B. (2000). Funciones de la vitamina C en el metabolismo del colágeno. *Cubana Aliment Nutr*, 14, pp.46-54

Bernácer, R. (2012). Antioxidantes. *Dieta y Nutrición*, pp. 5-10.

Bravo, M., Stephan, R., Oviedo, I. (1998). Vitamina E. *SCIELO*, 11, p.403.

Brooks, M. (2012). Radicales Libres: Anarquía secreta de la ciencia. México: Ariel.

C. Rubio, D. González Weller, R. E. Martín-Izquierdo, C. Revert, I. Rodríguez y A. Hardisson. (2007). Alimentos funcionales El zinc: oligoelemento esencial. *Scielo*. Universidad de la laguna España, 1, pp. 101-107.

Campbell, N., & Reece, J. (2007). *Biología*. Madrid, España: Panamericana.

Canas PE. El papel oxidasa xantina y el efecto de antioxidantes en la lesión celular por isquemia y re perfusión. *Acta Physiol Pharmacol TherLatinoam* 1999; 49 (1): 13-20.

Carpintero, D. (1983). Uso del ácido tiotico para la prevención de los efectos secundarios provocados por el benzinidazol. *Medicina Bueno Aires*, 43, P. 285.

Céspedes T, Sánchez D. Algunos aspectos sobre el estrés oxidativo, el estado antioxidante y la terapia de suplementación. *Rev. Cubana Cardiol* 2000; 14 (1): 55-60.

Criado, C. & Moya, M. (2009). *Vitaminas Y Antioxidantes*. SANED, 2, p. 11

Departamento de Agricultura. (2002). *Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo*. FAO, P. 119.

Díaz, A. & Membrillo, J. (2006). Consecuencias fisiológicas de la oxidación de proteínas por carbonilación en diversos sistemas biológicos. *REDALYC*, 9, pp. 34-44.

Díaz, L. (2002). Daño oxidativo. Radicales libre y antioxidantes. *Scielo*, vol. 31.

Diplock A. Antioxidant nutrients and disease prevention: an overview. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: S189-93.

Dorado, C., Rugerio, C., Rivas, S. (2003 Diciembre). Estrés Oxidativo y Neurodegeneracion. *Rev. Fac. Med. UNAM*. Vol 46.

Dr. Decuyper Chiropractic Physician: Gráfico de minerales.

Faller, A. (2006). *Estructura y función del cuerpo humano*. España: Paidotribo.

Ferreira R. 1996 *Estrés oxidativo y antioxidantes*. De las Ciencias Básicas a la Medicina Aplicada. Buenos Aires Laboratorios Bagó: 24.

Festy, D. (2007). *Antioxidante: Guía Práctica*. Barcelona: Robibook

Finkel, T. & Holbrook, N.J. 2000. Oxidantes, estrés oxidativo y el envejecimiento. *Nature* **408**: 239-247.

Frankel, E. (1998). *Lipid Oxidation*. University of California, USA: Oily Press.

Freeman BX, Crapo JD. Free radicals and tissue injury. *Lab invest* 1982; 47; 412-25.

Fridovich J. Superoxidedismutases. *Ann Rev Biochem* 1975; 44: 147- 59

García Sánchez, Mercedes. (2013). Estrés oxidativo y otras respuestas fisiológicas inducidas por el alpe orujo transformado por hongos saprobios en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Universidad de Granada, pp. 51-60. Tesis.

García, M. (2007). La alimentación del futuro: Nuevas tecnologías y su importancia en la nutrición de la población. *Anales venezolanos de nutrición*, 20, p. 110.

González., González, A., Álvarez. (2014). Los alimentos funcionales: un nuevo reto para la industria de los alimentos. México, D.F: ISBN.

González Mangadoa N, Morera Prats J. 2001. Oxidación celular y fármacos muco activos antioxidantes. *ArchBronconeumol*. VOL. 37: pp. 407 –410.

González, M., Betancourt, M., Ortiz, R. (2000 marzo- enero). Daño Oxidativo y Antioxidantes. *Redalyc*, 25, pp.3-9.

Greenwald, R. 1990. "Current approaches to the development of oxygen radical scavengers", in *Drugs of Today*. 26, pp. 299-307.

Gutiérrez, A. Ledesma, R., García, I., Grajales, C. (2007, enero- marzo). Capacidad antioxidante total en alimentos convencionales y regionales de Chiapas, México. *Revista Cubana de Salud Pública*, 33.

Halliwell B, Murcia MA, Chirico S, Aruoma OI. (1995). Free radicals and antioxidants in vivo: what they do and how they work. *Critical reviews in Food Science and Nutrition*, 35, pp.7-20.

Halliwell B., & Gutteridge M.C.J. *Free radicals in biology and medicine*. 3 the ed., Oxford Science Publications, N.Y., E.U., 2001.

HALLIWELL, B., Antioxidants in human's health and disease, Annual Reviews.16, 33-50, 1996

Jacob, RA.,Soutodeh, G. 2002. Vitamin C Function and status in chronic disease. Nutr clin care; 5:p 47.

Jacome Roca Alfredo. (2003). Historia de los medicamentos. Bogotá, Colombia: Kimbres, Lida.

Jiménez I, Speisky C, Noran C. Radicales libres y antioxidantes en la prevención de enfermedades: II mecanismo de defensa antioxidantes. ReuChilNutr 2000; 27 (2): 210-9.

Joshua D. Lambert and Chung S. Yang. (2003, February-March) Cancer chemo preventive activity and bioavailability of tea and tea polyphenols. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 523-524, pp. 201-208.

Juárez, M., Olano,A., Morais, F. (2003). Alimentos Funcionales. España: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).

Kinsella JE, Frankel E, German B, Kanner J (1993): Possible mechanism for the protective role of the antioxidant in wine and plant foods. Food Technol 47: 85–89.

Laguna, J., Piña, E., Martínez, F., Pardo, J. y Riveros, H. (2006). Bioquímica de Laguna. México: El Manual Moderno.

Lester, P. (1996). El Milagro Antioxidante. New York: ISBN.

Makker K, Agarwal A, Sharma R. 2009 Oxidative stress & male infertility. Indian J Med Res; 129 (4): 357-67.

Maldonado, O. Jiménez, E., Guapillo, M. Caballos, G., Méndez. (2010, Octubre 08). Radicales Libre Y su papel en enfermedades crónico-degenerativas. Rev, med UV, 10, p.2.

Marco Romagnoli. (2007). Facultad de ciencias de la actividad física y el deporte departamento de fisiología mecanismo de producción de radicales libres en la diabetes: importancia de la xantina oxidasa e implicación del factor nuclear- κ b. Valencia: Universitat de València Servei de Publicacions .

Mayor, R. (2010). Oxidative stress and antioxidant defense system. Rev. Ints Med Trop, 5, pp. 23-29.

Misael CORTÉS R. & colaboradores. (2005). ALIMENTOS FUNCIONALES: UNA HISTORIA CON MUCHO PRESENTE Y FUTURO. Scielo, p, 12.

Montero, M. (1996). LOS RADICALES LIBRES Y LAS DEFENSAS ANTIOXIDANTES. Scielo, 57.

Moret, Y. (1997). Vitamina C: Influencia que ejerce en la cicatrización y alteraciones de la cavidad bucal. Caracas, Venezuela.

Mullen, W., Marks, S. C. & Crozier, A. (2007). Evaluation of phenolic compounds in commercial fruit of juices and fruit drinks. Journal of Agricultural and food chemistry, 55 (8), 3148 – 3157.

Murray, R. K., Granner, D. K., Mayes, P. A. y Rodwell, V. W. (1993). Harper's Biochemistry. Appleton & Lange.

Naquin A, Britton C, & Cadenas E. Reactive oxygen intermediates in biochemistry. Annu Rev Biochem 1996; 55:137-66.

Niki E, Yamamoto Y, Komuro E, Sato E. 1991 Membrane damage due to lipid oxidation. Am J Clin Nutr; 53: 201S-5S. 30.

Nuñez de Castro, "Enzimología", Pirámide, Madrid, 2001.

Olagnero, G., Abad, A., Benderski, S. (2007). Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. 14 de octubre 2007.

Olivares, L., & Betanzos, G., Sumaya, Ma. (2010, septiembre-diciembre). Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo. *Redalyc*, 3, p.11.

Piñerio, E. (2008). Flavonoides en alimentos. *Eroski Consumer*.

Plomar, A. (2004, Diciembre). La Despensa de Hipócrates, los poderes curativos de los alimentos. Mexico: Tlalaparta.

Rangel, A. & Correa, D. (2010). Antioxidantes Naturales. *USEBEQ*.

Restrepo, M. Acosta, E. Ocampo, J. Morales, C. (2007, Enero 19. Sustitución de tartrazina por betacaroteno en la elaboración de bebidas no alcohólicas. *La Salista*, 3, pp. 7-9

Roche E. Estrés oxidativo y degradación de proteínas. *Med Clin* 1994; 103:189-96.

Romero Alvira D, Bueno Gómez J. 1998 Radicales libres del oxígeno y antioxidantes en medicina (Editorial). *Rev Clin Española* (7):345-6.

Soriano del Castillo, J. (2011). Nutrición básica humana. España: Universitat de Valencia.

Speisky C, Jiménez I. 2000. Radicales libres y antioxidantes en la prevención de enfermedades III: evidencias clínico epidemiológicas de los riesgos y beneficios asociados al consumo de antioxidantes en la prevención de enfermedades cardiovasculares. *Rev Chile Nutrición* Vol; 27 (3): pp.314- 25.

Suwalsky, Mario. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, II, pp.161-172.

Thomas, M. (2004). *Bioquímica: Libro de texto con aplicaciones clínicas*. Barcelona, España: Revert.

Thornalley, P.J., Vasak, M. 1985. "Possible role for metallothionein in protection against radiation-induced oxidative stress. Kinetics and mechanism of its reaction

with superoxide and hydroxyl radicals", en *Biochemical et Biophysical Act* 827, pp. 36-44

Torres, A. (2009, 07, 25). Zinc. Relación con el estrés oxidativo y la diabetes. *medigraphic*, 34, pp. 190-196.

Valezuela Bocono A. 2000 Estrés oxidativo una enfermedad de nuestros tiempos: el beneficio de la suplementación de la dieta con sustancias antioxidantes. *Rev. Chile Reumatol*; 16 (2): 57-66.

Victoria Val's i Belle's. (2003, Agosto). 1 El papel antioxidante de los alimentos de origen vegetal. Vitaminas y polifenoles. Scielo.

Youngson, R. (1994). Antioxidantes y radicales. Madrid: EDAF.

PÁGINAS WEB

Alvares, E., González, G., De La Rosa, C., Ayala, J. (2010). Antioxidantes En Alimentos y Salud. 2011, de CIAD Sitio web: http://www.ciad.mx/archivos/publicaciones/Libro_Antioxidantes.pdf

estresoxidativo.com/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=2

González, A. (20 de Noviembre de 2012). Agentes quelantes (secuestrantes) y antioxidantes sitio web: <https://prezi.com/pnlmceaxxhq/agentes-quelantes-secuestrantes-y-antioxidantes/>

Grupo de Estudio sobre Alimentos Funcionales Sitio web: http://www.fmed.uba.ar/depto/nutrinormal/funcionales_fibra.pdf

Hernández, J. (2013 Enero 24). Mecanismos antioxidantes de defensa (I): mecanismos no enzimáticos. Ciencia para todos CEBAS, BLOG: <https://cienciacebas.wordpress.com/2013/01/24/mecanismos-antioxidantes-de-defensa-i-mecanismos-no-enzimaticos/>

Jiménez, R. (2002). Antioxidantes: radicales libres y sistemas de defensa antioxidante. 2007, de Alimento Sitio web: http://infoalimenta.com/expertos-opinan/28/78/Antioxidantes-radicales-libres-y-sistemas-de-defensa-antioxidante/detail_templateSample/

Laboratorio de Estrés Oxidativo EOX. (2008). factores que ayudan a contribuir el estrés oxidativo. 2014, Sitio web:

Laura, H. (2010). Lista de alimentos ricos en antioxidantes. De Blog de salud Sitio web: <http://saludnatural.biomanantial.com/lista-de-alimentos-ricos-en-antioxidantes/>.

Licata, M. (2012). Vitaminas. Zona-dieta, URL: <http://www.zonadiet.com/nutricion/vit-e.htm>

Organización mundial de la salud 2013, Marzo). Enfermedades cardiovasculares. Sitio web: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/>

Pérez, J. (2003). Antioxidantes y Alimentos. 2010, de Dialnet-Antioxidntes Sitio web: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-AntioxidantesYAlimentos-3160424.pdf>

Ugarte, O. (2009). Cofactores Enzimáticos. 15 Mayo 2009, de BIOQUIMICA Sitio web: <http://oscarugartebioquimica.blogspot.mx/2009/05/cofactores-enzimaticos.html>