

Importancia de la adición de antioxidantes en la dieta del deportista de alto rendimiento

Daniela Salazar Serrano**, Dayana Atehortúa Villada**, Rafael M. Álvarez Quintero*

**Estudiante de Química Farmacéutica Universidad CES.

*Químico Farmacéutico, Docente Universidad CES.

Email: ralvarezq@ces.edu.co

Resumen

El estrés oxidativo definido como el desbalance entre especies antioxidantes y prooxidantes ha sido relacionado con el ejercicio físico de alta intensidad susceptible de causar efectos negativos potenciales como el desarrollo de enfermedades no transmisibles y el cáncer. La adición de compuestos nutricionales antioxidantes en forma de suplementos y/o alimentos funcionales en la dieta reduce considerablemente sus efectos, permitiendo el reestablecimiento del sistema de defensa antioxidante, por lo cual es necesaria su adecuada implementación durante los procesos de adaptación y recuperación del deportista.

Palabras clave: Ejercicio físico, estrés oxidativo, nutrición, antioxidantes.

Importance of the addition of antioxidants in the diet of the high-performance athlete

Abstract

Oxidative stress defined as the imbalance between antioxidant and pro-oxidant species has been related to high-intensity physical exercise, which may cause potential negative effects such as the development of non-communicable diseases and cancer. The addition of antioxidant nutritional compounds in the diet as supplements and/or functional foods considerably reduces their effects, allowing the reestablishment of the antioxidant defense system, which is why its adequate implementation is necessary during the adaptation and recovery processes in sport practice.

Key words: Physical exercise, oxidative stress, nutrition, antioxidants.

Introducción

El estrés oxidativo se define como el desbalance entre los mecanismos de regulación fisiológica, antioxidantes endógenos como superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y glutatión (GSH), encargados de la neutralización y transformación de especies reactivas de oxígeno (ERO), productos naturales de procesos fisiológicos, como peróxido de hidrógeno (H_2O_2), anión superóxido ($O_2^{\cdot-}$) y radical hidroxilo (OH^{\cdot}), los cuales al incrementar su cantidad generan daño celular y disfunción mitocondrial, factores importantes en procesos de envejecimiento y desarrollo de enfermedades neurodegenerativas (1–4).

Varios estudios han relacionado la actividad física fuerte con el estrés oxidativo en individuos no entrenados de forma negativa debido al aumento de la producción oxidante en el músculo limitando la capacidad funcional, el rendimiento, generando fatiga y dolor muscular (5–8). En ejercicios que requieren un metabolismo energético anaerobio, es decir, de alta intensidad y corta duración, la distribución del flujo sanguíneo durante la contracción muscular se concentra en los tejidos prioritarios como el corazón y el cerebro, lo que conlleva períodos de hipoxia a otros órganos que, tras la finalización de la contracción, reciben una descarga de flujo sanguíneo y oxígeno, fenómeno conocido como isquemia-reperfusión, el cual se encuentra entre las principales fuentes de producción de ERO inducida por ejercicio físico. Además, la continua exposición a ambientes calurosos y la inadecuada hidratación durante el ejercicio disminuye la capacidad del sistema cardiovascular para mantener un gasto cardíaco efectivo y, por tanto, para producir energía, incrementando la producción de lactato y secreción de adrenalina por vía anaerobia, lo que se traduce en un aumento de la auto oxidación de adrenalina a adrenocromo, acumulación de fosfatos inorgánicos, acidosis metabólica y fatiga muscular (3). Además, existen otros productos marcadores de oxidación por ERO durante el ejercicio intenso como las catecolaminas, los prostanoideos; prostaglandinas, tromboxanos, leucotrienos e isoprostanos, la enzima xantina oxidasa, NADPH oxidasa, los radicales liberados por macrófagos que se encargan de la reparación tisular, proteínas alteradas que contienen hierro y exceso de acumulación de calcio (9,10).

El estrés oxidativo ha sido vinculado en un amplio espectro de enfermedades tales como envejecimiento, Alzheimer, aterosclerosis, enfermedad cardiovascular, diabetes,

obesidad, Parkinson, artritis reumatoide, entre otras, además de diversos tipos de cáncer entre los que se incluyen de pecho, cervical, gástrico, hígado, pulmón, próstata, entre otros (2,4,11,12). A su vez, ha sido relacionado en procesos como daños en el DNA, oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), peroxidación lipídica (3), reducción de la actividad antioxidante de enzimas como SOD, glutatión peroxidasa (Gpx), CAT en sangre y disminución de vitamina E y GSH (13).

En individuos afiliados a centros de práctica deportiva de alta intensidad como el Crossfit y deportes de alta resistencia en general, la alimentación juega un papel fundamental; incluyendo en forma general carne, verduras, nueces, semillas, fruta, poco almidón y cero azúcares. Como tal, han surgido iniciativas con recomendaciones puntuales como en el caso del Crossfit en el que se recomienda seguir la denominada “Zone Diet” por un período de cuatro semanas (14). La Zone Diet es un programa dietético desarrollado por el Dr. Barry Sears basado en la ciencia para reducir la inflamación inducida por la dieta, en la cual es necesaria la suplementación con ácidos grasos omega-3 ultra refinados como el aceite de pescado OmegaRx[®]2 y los polifenoles purificados MaquiRx[®] para permanecer en la zona (15,16). Sin embargo, el régimen alimentario seguido actualmente no evidencia científicamente la función saludable frente al desbalance redox proporcionado en el ejercicio físico y además, se desconocen las consecuencias en la salud a largo plazo, lo que dirige un enfoque a una línea de investigación relevante en el ámbito científico y en lo relacionado con la salud en el deporte, los requerimientos y la validación de la función saludable de los alimentos, principalmente cuando Colombia se encuentra ascendiendo posiciones importantes en la práctica deportiva en conjunto con el consumo de productos alimentarios de alto costo.

Deporte realizado a alta intensidad

La actividad física fuerte es un trabajo extenuante con regularidad en tiempo de descanso, en el cual se realizan actividades fuertes por varias horas tales como bailar, realizar labores agrícolas no mecanizadas, movimientos mayores que el promedio, caminatas de largas distancias o uso de la bicicleta como medio de transporte, realizar trabajos o tareas que demandan alta energía por varias horas al día o practicar deporte o ejercicio que exige alto nivel de esfuerzo físico por varias horas durante varios días de

la semana, en un nivel de actividad física (PAL) de rango 2.00 – 2.40. Según la Resolución 3803 de 2016 “Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes (RIEN)”, el PAL es definido como el gasto de energía por 24 horas expresado como múltiplo de la tasa metabólica basal (TMB). Según la intensidad, el PAL es clasificado como ligero, moderado y fuerte, con estilos de vida sedentarios, moderados o vigorosos respectivamente. El régimen de ejercicios Crossfit desarrollado por Greg Glassman, busca mejorar el estado físico y la salud de cualquier persona que lo desee basado en movimientos funcionales realizados a alta intensidad en tiempos cortos que incluye levantar pesas, correr, remar, entre otros (17). Greg Glassman evalúa el estado físico por medio de tres estándares diferentes entre los cuales se encuentran diez habilidades físicas generales, desempeño de tareas atléticas y sistemas de energía que impulsan la acción humana. Así, es capaz de determinar la eficacia de un régimen de fuerza y acondicionamiento, además de la aptitud del atleta. Entre las diez habilidades se encuentra resistencia cardiovascular/ respiratoria, resistencia física general, fuerza, flexibilidad, potencia, velocidad, coordinación, agilidad, equilibrio y precisión. En cuanto al sistema de energía Glassman menciona tres vías cuyos efectos son equilibrados para obtener los resultados deseados; 1. Vías anaeróbicas, fosfato o fosfocreatina 2. Vía glucolítica o lactato, y 3. Vía aeróbica u oxidativa, las cuales dominan actividades de potencia alta, moderada y baja respectivamente y están inversamente relacionadas con el tiempo de duración (18).

Prácticas populares de actividad física en la ciudad de Medellín

Medellín es una ciudad que cree en el deporte como herramienta de transformación social para el mejoramiento de la cultura ciudadana y la calidad de vida de sus habitantes, es por esto que crea en el año 1993 el Instituto de Deportes y Recreación de Medellín (INDER) como ente descentralizado de la Alcaldía de Medellín, líder en el desarrollo del deporte, la actividad física y la recreación; dinámico, altamente eficiente y el principal referente en la proyección, construcción y administración de infraestructura deportiva, recreativa y de actividad física para una ciudad equitativa, incluyente y respetuosa de la vida. Actualmente, el INDER atiende un promedio de 700 mil personas al mes, administrando 886 escenarios deportivos (19,20). Dentro de las actividades físicas

propuestas por el INDER para la población antioqueña se encuentra atletismo, bicigrós, béisbol, carreras atléticas, ciclismo, gimnasia, natación, patinaje, voleibol, entre otras. Además, ofrece escuelas de adrenalina en las cuales se practican agility, capoeira, freestyle frisbee, parkour, salto doble cuerda, skateboarding, slackline, street workout y trial. Entre estas, el street workout se centra en el desarrollo de la fuerza por medio de rutinas con repeticiones de ejercicios anaeróbicos de dificultad progresiva que requieren fuerza, potencia, flexibilidad, equilibrio y control del peso corporal (21). Asociado a este deporte, el Crossfit surge en Medellín dentro de los centros deportivos de la ciudad, siendo MDE Origen Crossfit el pionero en el año 2010 (22). El objetivo principal del Crossfit es desarrollar habilidades de alto rendimiento y eficiencia física; fuerza, potencia y agilidad, entre otros. Aunque el Crossfit es un deporte relativamente reciente, Colombia ya participa en tres competencias diferentes cuyos principales deportistas provienen de Bogotá, Santa Marta, Cali, Manizales, Pereira y Medellín, dentro de los que se encuentran Wodfest, BoxTour y Revolution Games, evento insignia de la capital antioqueña presentado en Expofitness, en el cual compiten las categorías intermedio, avanzado, máster y RX (23). Además de estos eventos, otro relacionado son los Unbroken Games (24,25).

Química del estrés oxidativo

El estrés oxidativo ha sido definido como el desbalance entre sustancias prooxidantes y antioxidantes, siendo capaz de causar un daño molecular oxidativo (3,8,13). Aunque estas moléculas son consecuencia del metabolismo celular normal y son necesarias en bajos niveles en el recambio tisular, señalización celular, procesos de homeostasis, adaptación celular, proliferación y diferenciación, además de producción de fuerza y adaptación en el músculo esquelético y mejora de rendimiento durante la actividad física, su incremento y acumulación en el cuerpo genera un daño indiscriminado representado en activación crónica de vías de señalización que promueven daño celular y modificaciones de macromoléculas como proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, siendo los blancos más vulnerables ante ERO. El estrés oxidativo es el responsable de la peroxidación lipídica y alteraciones epigenéticas como hipometilación del ADN, promoviendo la inestabilidad genómica y activación protooncogénica como el

silenciamiento de genes, además de la disfunción contráctil en el músculo esquelético traducida en debilidad y fatiga (4,7,11,26).

La química de los radicales libres está basada en una reacción de óxido-reducción por medio de dos mecanismos de formación; adición o pérdida de un electrón de la capa de valencia y ruptura de una molécula estable (27), la interacción de radicales libres generados implica una formación endógena de ERO, entre los cuales resaltan el anión superóxido (O_2^-); especie capaz de provocar oxidación lipídica, daño en el ADN y producir peróxido de hidrógeno por medio de la SOD en presencia de hidrogeniones y radicales hidroxilo a través de la reacción Haber Weiss, además, este anión se puede formar en reacciones metabólicas; por catecolaminas y tetrahidrofolatos, xenobióticas; por herbicidas, contaminantes y fármacos, y mitocondrial, enzimáticas e inmunitarias de actividad fagocítica; por medio de la NADPH oxidasa (28), el peróxido de hidrógeno (H_2O_2); especie no radical producida por beta oxidación de ácidos grasos en peroxisomas capaz de generar radicales libres por medio de la reacción de Fenton catalizada por metales y reacciones oxidativas en cadena, siendo su producto capaz de generar peroxidación lipídica, atacar fosfolípidos de membrana, colesterol y oxidar proteínas en el sitio que se genera (29), óxido nítrico ($NO\cdot$); especie sintetizada por enzimas óxido nítrico sintetasas (NOS) a partir del aminoácido L-arginina, cuya sobreproducción y generación de peroxinitrito y óxido nítrico en presencia del oxígeno se ha relacionado con estrés, inflamación y daños neurodegenerativos, sin embargo, en algunos estudios se relaciona el óxido nítrico con efectos antioxidantes, neuroprotectores y en cantidades limitadas atenúa el daño endotelial de isquemia, peroxinitrito ($ONOO^-$); especie capaz de provocar daños en el ADN y nitración de proteínas, el cual puede reducir la biodisponibilidad de óxido nítrico en altas cantidades, generada por la reacción entre el anión superóxido y el óxido nítrico, sin embargo en algunos casos, el peroxinitrito puede actuar como antioxidante eliminando el exceso de anión superóxido por óxido nítrico siempre y cuando los antioxidantes remuevan el peroxinitrito de forma eficaz (3,27).

Relación estrés oxidativo y ejercicio físico en la salud

El ejercicio físico ha estado involucrado en el estrés oxidativo en humanos desde 1978 cuando Dillard et al. reportaron que el ejercicio promueve la producción de especies

oxidantes. Desde entonces, estudios enfocados en este tema han demostrado que el ejercicio de resistencia y prolongado o de alta intensidad y corta duración en organismos no entrenados produce un aumento de los biomarcadores de estrés oxidativo en el músculo esquelético y en la sangre que puede ser perjudicial, ocasionando daño muscular seguido de la activación de neutrófilos en respuesta a la inflamación, limitando así el rendimiento y generando eventualmente dolor muscular (6–8,30). Aunque el ejercicio físico está relacionado con la producción de ERO, la respuesta del organismo a un desbalance redox varía por el modo de ejercicio, volumen, población y en especial la intensidad y el estado de entrenamiento de los individuos (6,31,32).

El ejercicio físico a alta intensidad y corta duración demanda un alto gasto energético y consumo de oxígeno, que resulta en un aumento en la producción de radicales libres, evidenciados en la peroxidación lipídica, oxidación glutatiónica y el daño oxidativo a las proteínas (12,30). En organismos de metabolismo aeróbico, la producción de ERO se da por dos motivos diferentes; regulada por la necesidad fisiológica del sistema inmune de ERO, y no regulada, de forma espontánea, la cual depende de estímulos externos que conducen al estrés oxidativo como la actividad física. Sin embargo, se considera que el ejercicio no es el único responsable en la producción de especies reactivas, ya que a altas intensidades, la cantidad que se demanda de oxígeno no es proporcional a la cantidad producida de especies reactivas (3).

La Isquemia-reperfusión es uno de los principales fenómenos implicados en el estrés oxidativo. Al realizar ejercicio anaeróbico, el organismo da prioridad de flujo sanguíneo al músculo en contracción, corazón y cerebro, lo que conlleva un estado de hipoxia en órganos como hígado, bazo y riñones. Al detener el ejercicio, los órganos se vuelven a oxigenar abruptamente, generando isquemia reperfusion (3). Esta condición genera un efecto adverso para el organismo ya que, según la Revista Española de Cardiología, al restaurarse el flujo sanguíneo, se liberan ERO, se acumula calcio intracelular y se presenta una alteración en el metabolismo celular, generando un daño miocárdico tanto estructural como funcional (33).

Entre las enfermedades relacionadas con especies reactivas de oxígeno se encuentran reportadas el síndrome de dificultad respiratoria aguda, envejecimiento, Alzheimer, aterosclerosis, enfermedad cardiovascular, diabetes, inflamación, enfermedad articular

inflamatoria, enfermedad neurológica, obesidad, Parkinson, fibrosis pulmonar, artritis reumatoide, enfermedad vascular, debido a sus mecanismos para generar daños en el ADN, proteínas y lípidos, y diversos tipos de cáncer como de vejiga, pecho, estómago, hígado, pulmón, próstata, tumor cerebral, melanoma, mieloma múltiple, leucemia, linfoma, cervical, oral, ovárico, pancreático y sarcoma, debido a su acción en vías de señalización de neoangiogénesis, ayudando en el crecimiento del tumor y desarrollo de metástasis (2,4,11,12,31).

Necesidades nutricionales específicas en la población colombiana

El Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) en apoyo técnico de la Universidad Nacional de Colombia y de Antioquia lideraron un análisis en el cual se recomendó adoptar para Colombia la Resolución 3803 de 2016, que establece las Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes (RIEN) para la población colombiana, tomando como fuente de información científica el Comité de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Organización Mundial de la Salud (OMS), Universidad de las Naciones Unidas (UNU), el Comité de Alimentación y Nutrición del Instituto de Medicina de los Estados Unidos (Food and Nutrition Board - FNB of the Institute of Medicine - IOM) y el Consejo Nacional de Salud e Investigación Médica de Australia y Nueva Zelanda (National Health and Medical Research Council - NHMRC). En esta resolución se presentan una serie de tablas, enfocadas en el marco de la investigación desarrollada, entre las que se resaltan las tablas 8 y 9 correspondientes al requerimiento promedio de energía para tres niveles de actividad física; ligera, moderada y vigorosa en hombres y mujeres de 18 y más años. Además, se presentan las tablas 1 y 2 descritas a continuación, correspondientes a las recomendaciones de ingesta de proteína y fibra para hombres y mujeres entre 20-35 años, rango en el que se encuentran la mayoría de atletas en preparación para el alcance de alto rendimiento, según los requerimientos definidos por el grupo de expertos.

Tabla 1. Recomendaciones de ingesta de proteínas para la población colombiana – RIEN, noviembre 2018.

Grupo de vida / Grupo de edad años	Proteína		
	EAR g/kg/día	RDA g/kg/día	AMDR %
Hombres 19-30	0.92	1.11	14-20
Mujeres 19-30	0.92	1.11	14-20
Convenciones: EAR - Requerimiento Promedio Estimado, RDA - Aporte Dietético Recomendado, AMDR - Rango de Distribución Aceptable de Macronutrientes. Los valores de EAR y RDA son ajustados por calidad de proteína; digestibilidad 80% y cómputo aminoacídico 90%.			

Tabla 2. Recomendaciones de ingesta de fibra para la población colombiana - RIEN, noviembre 2018.

Grupo de vida / Grupo de edad años	Fibra	
	AI g/día	AI g/1000 Kcal
Hombres 19-30	38	14
Mujeres 19-30	25	
Convenciones: AI - Ingesta Diaria.		

Para conseguir una dieta equilibrada, el RIEN establece el cumplimiento de distintos objetivos; aportar una cantidad de macronutrientes que generen energía, en forma de calorías, suficiente para llevar a cabo los procesos metabólicos y de trabajo físico, suministrar suficientes nutrientes con funciones estructurales y reguladoras; proteínas, minerales y vitaminas, ser variada y que las cantidades de cada macronutriente se encuentren en las proporciones establecidas en los Rangos de Distribución Aceptable de Macronutrientes (AMDR), proteínas; 14-20% , grasa total; 20-35%, carbohidratos; 50-65%, identificado en las tablas 20, 21, 22 y 23 de la Resolución.

Necesidad de la adición de antioxidantes en la dieta

El reporte de efectos deletéreos del estrés oxidativo en el ejercicio físico ha permitido identificar la necesidad de adicionar compuestos antioxidantes en la dieta de los deportistas, de forma que retarden, prevengan o eliminen la oxidación de las moléculas diana, por medio de reacciones que generen radicales menos activos o interfiriendo en la reacción oxidativa que promueve el daño de las biomoléculas (3,34,35).

Una de las controversias más grandes que se encuentran en el tema es la falta del requerimiento diario de antioxidantes establecido para un grupo de individuos, por lo que la cantidad en relación con la eficacia debe comprobarse a partir de estudios clínicos o estudios previamente realizados.

Entre las especies antioxidantes comúnmente conocidas se encuentran los tocoferoles (Vitamina E), ácido ascórbico (Vitamina C), carotenoides (β -Carotenos), ubiquinona y polifenoles como flavonoides (Quercetina, Luteolina, Naringenina, Cianidina y Genistéina), y no flavonoides como Cumarina y Resveratrol (7).

La vitamina E hace referencia a un grupo de ocho compuestos liposolubles que incluyen tocoferoles y tocotrienoles, de los cuales el α -Tocoferol es biológicamente activo, protegiendo a las células de la peroxidación lipídica, además de ofrecer protección ante enfermedades crónicas asociadas a estrés oxidativo (7,36).

La vitamina C es una vitamina hidrosoluble esencial y en su forma iónica L-ascorbato se convierte en un fuerte agente reductor el cual al ser oxidado vuelve a su estado inicial debido a la acción de enzimas y glutatión. Está presente naturalmente en alimentos y disponible en suplementos dietarios y aporta protección antioxidante contra el estrés

oxidativo y en algunos casos, mejora el rendimiento deportivo y disminuye el dolor muscular (6,7).

Los β -Carotenos son un grupo de pigmentos de color rojo los cuales después de su consumo son convertidos a retinol, forma de la vitamina A. Entre sus propiedades reportadas se encuentran antioxidantes, anticancerígena, y efectos positivos en el sistema inmune (7).

Algunos artículos mencionan la efectividad en la prevención de bajos niveles de hierro sérico y altos índices de estrés oxidativo mediante la mezcla de antioxidantes; vitamina C, vitamina E y β -Carotenos en relación 1 g: 500 mg: 30 mg por día respectivamente (37), y vitamina C, vitamina E y selenio en relación 1 g: 400 mg: 90 mcg por día para atenuar el aumento del malonaldehído (MDA), marcador de estrés oxidativo en respuesta al ejercicio y oxidación de proteínas (38).

Entre otras especies antioxidantes, la ergotioneína, aminoácido natural derivado de la histidina en cuyo anillo imidazólico contiene un átomo de azufre, posee alta estabilidad bajo condiciones fisiológicas y su principal rol es mantener los niveles óptimos de ERO por medio de la reducción del radical hidroxilo y peróxido de hidrógeno, quelación de iones de cobre y hierro, activación de enzimas antioxidantes e inhibición de la autooxidación de hemoglobina y mioglobina, además de ser factor en bioenergética, regulador de la expresión de genes e inmunoregulador. Este aminoácido derivado se sintetiza exclusivamente en cianobacterias, micobacterias, células del moho y hongos siendo el último la principal fuente de ergotioneína, cuyo contenido oscila entre 0.1 y 1 mg/g de masa seca (39–41).

Suplementos para deportistas

En Colombia, el Decreto 3249 de 2006 que reglamenta la fabricación, comercialización, envase, rotulado o etiquetado, régimen de registro sanitario, de control de calidad, de vigilancia sanitaria y control sanitario de los suplementos dietarios, define un suplemento dietario como un producto cuyo propósito es adicionar la dieta normal y que es fuente concentrada de nutrientes y otras sustancias que cumplen un efecto fisiológico o nutricional, el cual puede contener vitaminas, minerales, proteínas, aminoácidos u otros

nutrientes y derivados, plantas, concentrados y extractos de plantas solas o en combinación (42).

Por lo general, en los centros deportivos de Medellín - Antioquia, cada deportista utiliza productos de su elección, principalmente proteínas, aminoácidos, creatina, preentrenamientos y multivitamínicos, recomendados según la categoría en la cual se encuentren clasificados, sus necesidades y requerimientos, además de tener la opción de solicitar citas con nutricionistas que brindan asesoría sobre su alimentación y suplementación deportiva. Algunos de los suplementos utilizados son de Sascha fitness, personal fitness trainer certificada por la International Sports Sciences Association (ISSA) con estudios en nutrición deportiva de la Federación Española de Culturismo y una maestría en Nutrición Fitness y de GMN, empresa especializada desde hace 20 años en la fabricación y comercialización de suplementos nutricionales con líneas dirigidas a deportistas, atletas de alto rendimiento y personas con un estilo de vida saludable con 25 referencias nutricionales avaladas y certificadas según los requerimientos de las leyes colombianas, tales como *Hidrolyzed whey protein isolate*, el cual contiene 25 g de proteína por porción con enzimas digestivas; proteasa, lipasa, amilasa y lactasa, que ayudan a absorber los nutrientes y mejorar la digestión, además aporta 110 calorías, 0 carbohidratos, 0 azúcar y 0 grasa a la dieta, con altos niveles de aminoácidos de cadena ramificada y esenciales, bajo en sodio, libre de lactosa y gluten y está endulzado con stevia (43), y *Aminomass*, producto en polvo para preparar bebida a base de maltodextrina el cual contiene 7 g de aminoácidos de cadena ramificada, 1 g de glutamina y 2 g de arginina, además aporta 0% del Valor de Referencia Diario (VDR) de sodio y carbohidratos totales, y *Xero*, producto que contiene 22 g de proteína, 2 g de Ácido Linoléico Conjugado (CLA) indicado en dietas de control de peso y definición muscular, y aporta 100 calorías, 5 calorías de grasa, 15 mg de colesterol, 90 mg de Sodio 1 g de carbohidratos y 1 g de azúcares en la dieta, respectivamente (44).

Conclusión

El deporte realizado a altas intensidades es cada vez más practicado por hombres y mujeres entre 20-35 años los cuales buscan tonificar, adelgazar, aumentar masa muscular y competir, y aún cuando desarrolla gran cantidad de habilidades físicas, son

causantes de estrés oxidativo durante el proceso de adaptación y recuperación en organismos no entrenados, lo que desencadena negativos procesos bioquímicos. La adición de compuestos nutricionales antioxidantes en la dieta del deportista, en forma de suplementos o alimentos funcionales, permite el reestablecimiento del sistema de defensa antioxidante, mejora el rendimiento y reduce considerablemente la probabilidad de desarrollar enfermedades no transmisibles.

Referencias

1. Feter N, Spanevello RM, Soares MSP, Spohr L, Pedra NS, Bona NP, et al. How does physical activity and different models of exercise training affect oxidative parameters and memory? *Physiol Behav.* marzo de 2019;201:42-52.
2. McAllister MJ, Basham SA, Waldman HS, Smith JW, Mettler JA, Butawan MB, et al. Effects of psychological stress during exercise on markers of oxidative stress in young healthy, trained men. *Physiol Behav.* enero de 2019;198:90-5.
3. Fernández JM, Da Silva-Grigoletto ME, Túnez-Fiñana I. Estrés oxidativo inducido por el ejercicio. *Rev Andal Med Deporte.* 1 de marzo de 2009;2(1):19-34.
4. Friedenreich CM, Pialoux V, Wang Q, Shaw E, Brenner DR, Waltz X, et al. Effects of exercise on markers of oxidative stress: an Ancillary analysis of the Alberta Physical Activity and Breast Cancer Prevention Trial. *BMJ Open Sport Exerc Med.* octubre de 2016;2(1):e000171.
5. Owens DJ, Twist C, Copley JN, Howatson G, Close GL. Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions? *Eur J Sport Sci.* 2 de enero de 2019;19(1):71-85.
6. Yimcharoen M, Kittikunnathum S, Suknikorn C, Nak-on W, Yeethong P, Anthony TG, et al. Effects of ascorbic acid supplementation on oxidative stress markers in healthy women following a single bout of exercise. *J Int Soc Sports Nutr [Internet].* diciembre de 2019 [citado 2 de abril de 2019];16(1). Disponible en: <https://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12970-019-0269-8>

7. Simioni C, Zauli G, Martelli AM, Vitale M, Sacchetti G, Gonelli A, et al. Oxidative stress: role of physical exercise and antioxidant nutraceuticals in adulthood and aging. *Oncotarget* [Internet]. 30 de marzo de 2018 [citado 2 de abril de 2019];9(24). Disponible en: <http://www.oncotarget.com/fulltext/24729>
8. Nogueira JE, Passaglia P, Mota CMD, Santos BM, Batalhão ME, Carnio EC, et al. Molecular hydrogen reduces acute exercise-induced inflammatory and oxidative stress status. *Free Radic Biol Med*. diciembre de 2018;129:186-93.
9. J Bloomer R, Goldfarb A, Wideman L, Mckenzie M, Consitt L. Effects of Acute Aerobic and Anaerobic Exercise on Blood Markers of Oxidative Stress. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc*. 1 de junio de 2005;19:276-85.
10. Urso ML, Clarkson PM. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. *Toxicology*. 15 de julio de 2003;189(1-2):41-54.
11. Reuter S, Gupta SC, Chaturvedi MM, Aggarwal BB. Oxidative stress, inflammation, and cancer: how are they linked? *Free Radic Biol Med*. 1 de diciembre de 2010;49(11):1603-16.
12. Elosua R, Molina L, Fito M, Arquer A, Sanchez-Quesada JL, Covas MI, et al. Response of oxidative stress biomarkers to a 16-week aerobic physical activity program, and to acute physical activity, in healthy young men and women. *Atherosclerosis*. 1 de abril de 2003;167(2):327-34.
13. Pupo EV, Robles LG, Marrero IRC. Estrés oxidativo. *Correo Científico Méd* [Internet]. 22 de febrero de 2017 [citado 2 de abril de 2019];21(1). Disponible en: <http://www.revcoemed.sld.cu/index.php/cocmed/article/view/2173>
14. Frequently Asked Questions about CrossFit [Internet]. [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.crossfit.com/cf/faq>
15. The Zone Diet [Internet]. Dr. Sears' Zone Labs. [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.zonediet.com/the-zone-diet/>

16. Zone Diet Supplements | Anti-Inflammatory Dietary Supplement [Internet]. Dr. Sears' Zone Labs. [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.zonediet.com/product-category/more-products/supplements/>
17. What is CrossFit? [Internet]. [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.crossfit.com/what-is-crossfit>
18. Greg Glassman. What Is CrossFit? [Internet]. CrossFit Journal. [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en: <http://journal.crossfit.com/2004/03/what-is-crossfit-mar-04-cfj.tpl>
19. Acerca del INDER | INDER [Internet]. [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.inder.gov.co/es/acerca-del-inder>
20. INDER Medellín, 25 años de servicio a la comunidad | INDER [Internet]. [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.inder.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/262>
21. Juventud | INDER [Internet]. [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.inder.gov.co/es/oferta/juventud#estrategia-57>
22. Juventud | INDER [Internet]. [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.inder.gov.co/es/oferta/juventud#estrategia-58>
23. López MÁ. Así se vive una competencia de Crossfit [Internet]. www.elcolombiano.com. [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.elcolombiano.com/deportes/otros-deportes/revolution-games-competencia-de-crossfit-en-medellin-FB5982142>
24. Los mejores del crossfit se reúnen este fin de semana en Envigado [Internet]. Telemedellín. 2018 [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en: <https://telemedellin.tv/crossfit-envigado/277294/>
25. Mundo RB. ¿Qué es el Crossfit y por qué es considerado riesgoso? [Internet]. BBC News Mundo. [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en:

https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/07/140730_crossfit_argentina_riesgo_a_mv

26. Ferraro E, Giammarioli AM, Chiandotto S, Spoletini I, Rosano G. Exercise-induced skeletal muscle remodeling and metabolic adaptation: redox signaling and role of autophagy. *Antioxid Redox Signal*. 1 de julio de 2014;21(1):154-76.
27. Halliwell B, Gutteridge JMC. *Free radicals in biology and medicine*. Fifth edition. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press; 2015. 905 p.
28. Halliwell B. Free radicals, antioxidants, and human disease: curiosity, cause, or consequence? *Lancet Lond Engl*. 10 de septiembre de 1994;344(8924):721-4.
29. Leeuwenburgh C, Hansen PA, Holloszy JO, Heinecke JW. Hydroxyl radical generation during exercise increases mitochondrial protein oxidation and levels of urinary dityrosine. *Free Radic Biol Med*. 1 de julio de 1999;27(1):186-92.
30. Powers SK, Radak Z, Ji LL. Exercise-induced oxidative stress: past, present and future. *J Physiol*. 2016;594(18):5081-92.
31. de Sousa CV, Sales MM, Rosa TS, Lewis JE, de Andrade RV, Simões HG. The Antioxidant Effect of Exercise: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 1 de febrero de 2017;47(2):277-93.
32. Ribeiro-Samora GA, Rabelo LA, Ferreira ACC, Favero M, Guedes GS, Pereira LSM, et al. Inflammation and oxidative stress in heart failure: effects of exercise intensity and duration. *Braz J Med Biol Res [Internet]*. 2017 [citado 2 de abril de 2019];50(9). Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-879X2017000900608&lng=en&nrm=iso&tlng=en
33. Férrez Santander SM, Márquez MF, Peña Duque MA, Ocaranza Sánchez R, de la Peña Almaguer E, Eid Lidt G. Daño miocárdico por reperfusión. *Rev Esp Cardiol*. 2 de octubre de 2004;57(Supl.1):9-21.

34. Zequeira B, Eugenio D. Antioxidant vitamins and oxidoreductases: a defense against oxidative stress. *Rev Cuba Investig Bioméd.* junio de 2006;25(2):0-0.
35. Halliwell B. Biochemistry of oxidative stress. *Biochem Soc Trans.* 1 de noviembre de 2007;35(5):1147-50.
36. Takanami Y, Iwane H, Kawai Y, Shimomitsu T. Vitamin E supplementation and endurance exercise: are there benefits? *Sports Med Auckl NZ.* febrero de 2000;29(2):73-83.
37. Aguilo A, Tauler P, Fuentespina E, Villa G, Cordova A, Tur JA, et al. Antioxidant diet supplementation influences blood iron status in endurance athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* abril de 2004;14(2):147-60.
38. Goldfarb AH, Bloomer RJ, McKenzie MJ. Combined antioxidant treatment effects on blood oxidative stress after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc.* febrero de 2005;37(2):234-9.
39. Kumosani TA. L-ergothioneine level in red blood cells of healthy human males in the Western province of Saudi Arabia. *Exp Mol Med.* 31 de marzo de 2001;33(1):20-2.
40. Agnieszka Zembroń-Łacny, Anna Kasperska, Michał Gajewski. Sulfur Compounds in Sport; L-Ergothioneine. 2009. 25:386-94.
41. Cheah IK, Halliwell B. Ergothioneine; antioxidant potential, physiological function and role in disease. *Biochim Biophys Acta.* mayo de 2012;1822(5):784-93.
42. Invima - Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. Decreto 3249 - Noviembre 10 de 2006 [Internet]. [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.invima.gov.co/decretos-suplementos-dietarios/415-decreto-3249-noviembre-10-de-2006.html>
43. SaschaFitness [Internet]. [citado 2 de abril de 2019]. Disponible en: <https://saschafitness.com/>

44. GMN Tienda de Suplementos Deportivos [Internet]. [citado 2 de abril de 2019].
Disponible en: <https://www.gmn.com.co/?v=42983b05e2f2?v=42983b05e2f2>