



FUNDACIÓN H. A.
BARCELÓ
FACULTAD DE MEDICINA



TRABAJO FINAL DE INVESTIGACIÓN CARRERA: LICENCIATURA EN NUTRICIÓN A DISTANCIA

DIRECTOR/A DE LA CARRERA:

Dra. Guezikaraian, Norma

NOMBRE Y APELLIDO DEL AUTOR / LOS AUTORES:

Lasca, Romina Ximena. Martínez, Leonardo. Roca, Ludmila

TÍTULO DEL TRABAJO:

Revisión Bibliográfica: Carotenoides y su efecto en las enfermedades cardiovasculares

SEDE:

Buenos Aires

DIRECTOR/A DE TIF:

Magister Buks, Adriana

ASESOR/ES:

Lic. Pérez, Laura Inés

AÑO DE REALIZACIÓN:

2023

Sede Buenos Aires
Av. Las Heras 1907
Tel./Fax: (011) 4800 0200
📞 (011) 1565193479

Sede La Rioja
Benjamín Matienzo 3177
Tel./Fax: (0380) 4422090 / 4438698
📞 (0380) 154811437

Sede Santo Tomé
Centeno 710
Tel./Fax: (03756) 421622
📞 (03756) 15401364

Índice

RESUMEN	2
Introducción	5
Marco teórico.....	6
Clasificación de los carotenoides	6
Distribución de los carotenoides en los alimentos ¹	11
Recomendación de carotenoides de la dieta	11
Biodisponibilidad de los carotenoides	12
Combinación de alimentos.....	13
Tratamiento culinario de los alimentos.....	14
Enfermedad Cardiovascular (ECV).....	15
Carotenoides en arterosclerosis temprana	21
Justificación	24
Objetivos	25
Metodología y fuentes de información.....	26
Resultados	27
Discusión	39
Conclusión	42
Sugerencias de alimentos ricos en carotenoides en Argentina	43
Bibliografía.....	44

Código del trabajo: 2023-20

RESUMEN

Introducción

Los carotenoides son pigmentos liposolubles encontrados mayormente en frutas y verduras, aunque también están presentes en el salmón y la yema de huevo. Diversos estudios afirman su función provitamínica A, ejerciendo efectos antiinflamatorios en el cuerpo humano, siendo de esta forma un factor de protección contra las enfermedades cardiovasculares (ECV). Se detallan las principales características, tipos y factores de riesgo de las ECV; las funciones, características, recomendaciones de consumo diario y fuentes de estos compuestos y su incidencia en estas enfermedades, como también investigaciones realizadas en los distintos grupos de personas donde se ven los efectos que producen en la salud con respecto a las ECV.

Objetivos

El objetivo de este estudio fue investigar, mediante una revisión bibliográfica, el efecto que ejercen los carotenoides contenidos en los alimentos tanto en las personas que poseen factores de riesgo cardiovascular como en quienes padecen de estas enfermedades.

Metodología

Se recopilaron artículos científicos de diversas páginas, principalmente de Scielo, National Institute of Health, Pubmed, Medline Plus y crochane library y de revistas científicas como ELSEVIER, Spandidos publications (International journals of molecular medicine), Siete Médicos, The BMJ (British Medical Journal), NYU Langone Health, Layout 1, entre otras, desde el 2010 al 2023. Se recopilaron investigaciones realizadas en diversas partes del mundo con un total de 67 publicaciones bibliográficas.

Resultados

Se ha logrado comprobar la efectividad de los carotenoides incorporados por la dieta en la disminución y prevención tanto de los factores de riesgo cardiovascular como en las enfermedades cardiovasculares, en especial de la arterosclerosis. Sin embargo, se encontraron efectos contradictorios en cuanto a la suplementación con estos pigmentos.

Discusión

Los estudios encontrados en carotenoides mostraron tanto efectos positivos como negativos, arrojando la necesidad de realizar más estudios al respecto, especialmente en cuanto a suplementación. Aunque podemos decir, que tienen un gran impacto en los niveles sanguíneos de colesterol total, disminuyendo el LDL y aumentando el HDL, contribuyendo en la reducción del estrés oxidativo y, por lo tanto, mejorando los parámetros que conducen al desarrollo de las ECV.

Conclusión

Los carotenoides aportados mediante de los alimentos podrían ser una herramienta importante para los profesionales de la salud, como médicos y nutricionistas, en la prevención y disminución de los factores de riesgo cardiovascular y de las enfermedades cardiovasculares como consecuencia de su actividad antioxidante y como provitamínicos A.

Palabras claves: carotenoides, licopeno, β -caroteno, α -caroteno, antioxidante, enfermedad cardiovascular, arterosclerosis.

ABSTRACT

Introduction

Carotenoids are fat-soluble pigments found mostly in fruits and vegetables, although they are also present in salmon and egg yolk. Various studies affirm its provitamin A function, exerting anti-inflammatory effects on the human body, thus being a protective factor against cardiovascular diseases (CVD). The main characteristics, types and risk factors of CVD are detailed; the functions, characteristics, daily consumption recommendations and sources of these compounds and their incidence in these diseases, as well as research carried out in different groups of people where the effects they produce on health with respect to CVD are seen.

Purpose

The objective of this study was to investigate, through a bibliographic review, the effect that carotenoids contained in foods have on both people who have cardiovascular risk factors and those who suffer from these diseases

Methodology

Scientific articles were collected from various pages, mainly from Scielo, National Institute of Health, Pubmed, Medline Plus and crochrane library and from scientific journals such as ELSEVIER, Spandidos publications (International journals of molecular medicine), Siete Médicos, The BMJ (British Medical Journal), NYU Langone Health, Layout 1, among other from 2010 to 2023. Research carried out in various parts of the world was compiled with a total of 67 bibliographic publications.

Results

It has been possible to verify the effectiveness of carotenoids incorporated into the diet in the reduction and prevention of both cardiovascular risk factors and cardiovascular diseases, especially atherosclerosis. However, contradictory effects were found regarding supplementation with these pigments.

Discussion

The studies found on carotenoids showed both positive and negative effects, revealing the need to carry out more studies in this regard, especially in terms of supplementation. Although we can say that they have a great impact on blood levels of total cholesterol, decreasing LDL and increasing HDL, contributing to the reduction of oxidative stress and therefore, improving the parameters that lead to the development of CVD.

Conclusión

Carotenoids provided through food could be an important tool for health professionals, such as doctors and nutritionists, in the prevention and reduction of cardiovascular risk factors and cardiovascular diseases as a consequence of their antioxidant activity and as provitamins A.

Key words: carotenoids, lycopene, β -carotene, α -carotene, antioxidant, cardiovascular disease, atherosclerosis.

RESUMO

Introdução

Os carotenóides são pigmentos solúveis em gordura encontrados principalmente em frutas e vegetais, embora também estejam presentes no salmão e na gema de ovo. Vários estudos afirmam a sua função pró-vitamina A, exercendo efeitos anti-inflamatórios no corpo humano, sendo assim um fator protetor contra doenças cardiovasculares (DCV). São detalhadas as principais características, tipos e fatores de risco das DCV; as funções, características, recomendações de consumo diário e fontes destes compostos e sua incidência nestas doenças, bem como pesquisas realizadas em diferentes grupos de pessoas onde se verificam os efeitos que produzem na saúde no que diz respeito às DCV.

Objetivos

O objetivo deste estudo foi investigar, por meio de uma revisão bibliográfica, o efeito que os carotenóides contidos nos alimentos têm tanto nas pessoas que apresentam fatores de risco cardiovasculares quanto nas que sofrem com essas doenças.

Metodologia

Foram coletados artigos científicos de diversas páginas, principalmente do Scielo, National Institute of Health, Pubmed, Medline Plus e biblioteca cochrane e de revistas científicas como ELSEVIER, Spandidos Publications (International Journals of Molecular Medicine), Siete Médicos, The BMJ (British Medical Journal), NYU Langone Health, Layout 1, entre outras, de 2010 a 2023. Pesquisas realizadas em diversas partes do mundo foram compiladas com um total de 67 publicações bibliográficas.

Resultados

Foi possível verificar a eficácia dos carotenóides incorporados na dieta na redução e prevenção tanto de fatores de risco cardiovasculares como de doenças cardiovasculares, especialmente a arterosclerose. Porém, foram encontrados efeitos contraditórios em relação à suplementação com esses pigmentos.

Discussão

Os estudos encontrados sobre os carotenóides demonstraram efeitos positivos e negativos, revelando a necessidade de realização de mais estudos nesse sentido, principalmente no que diz respeito à suplementação. Embora possamos dizer que têm grande impacto nos níveis sanguíneos de colesterol total, diminuindo o LDL e aumentando o HDL, contribuindo para a redução do estresse oxidativo e, portanto, melhorando os parâmetros que levam ao desenvolvimento de DCV.

Conclusão

Os carotenóides fornecidos através da alimentação poderão ser uma ferramenta importante para profissionais de saúde, como médicos e nutricionistas, na prevenção e redução de factores de risco cardiovasculares e doenças cardiovasculares como consequência da sua actividade antioxidante e como provitaminas A.

Palavras-chave: carotenóides, licopeno, β -caroteno, α -caroteno, antioxidante, doenças cardiovasculares, arterosclerose.

Introducción

La presente revisión bibliográfica se enfoca en el estudio del impacto que produce el consumo de alimentos ricos en carotenoides tanto en las personas que poseen factores de riesgo cardiovascular como en quienes padecen de enfermedades cardiovasculares.

En relación a esto, se estudia la actividad antioxidante de estos pigmentos, su posible papel en la prevención, inhibición de la oxidación y reducción de las LDL sanguíneas, del colesterol total, del estrés oxidativo, de factores de riesgo como diabetes e hipertensión arterial, como también de la propia enfermedad, principalmente en la arterosclerosis.

La implementación de una alimentación rica en carotenoides, en especial de licopeno y β -caroteno, podría ser un método de prevención de la ECV debido al aumento de muertes que se han registrado a causa de estas enfermedades, aportando una gran herramienta tanto a médicos como nutricionistas para mejorar la salud de la población. En los últimos años, ha habido un gran interés en el efecto que producen los carotenoides en la salud humana debido a la existencia de estudios que avalan sus beneficios, aunque se necesitan de más estudios para confirmarlos como también los posibles efectos adversos, ya que es un tema que continua en estudio. Por lo mencionado anteriormente, es importante conocer el impacto de los carotenoides en las ECV y en el efecto, sean positivos, negativos o nulos, que producen en las personas que poseen factores de riesgo cardiovascular.

Marco teórico

Los carotenoides son pigmentos liposolubles que están presentes en el organismo humano, el cual no los sintetiza de Novo, sino que son obtenidos a partir de la alimentación. Son compuestos responsables de la coloración de alimentos vegetales, como zanahoria, naranjas y tomates, y de alimentos animales como el salmón y la yema de huevo.

Se encuentran en frutas y vegetales de color amarillo, rojos y naranjas y en los cloroplastos de tejidos verdes, siendo enmascarados por la clorofila hasta que el tejido envejece.

El contenido de carotenoides en la fruta aumenta con la maduración, aunque parte de la intensificación de color se debe a la pérdida o disminución del contenido en clorofila. En los animales, son incorporados a través de la dieta, debido a que no pueden sintetizarlos por sí mismos, y se almacenan en el tejido adiposo sin transformarse.

La principal función de estos pigmentos es captar energía luminosa, que será transferida a la clorofila para ser transformada durante la fotosíntesis. Los carotenoides siempre acompañan a la clorofila en una proporción de tres a cuatro partes de clorofila por una parte de carotenoide.¹

Se caracterizan por ser compuestos lipídicos, insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos como acetona, metanol, éter di etílico, hexano, cloroformo y piridina. Debido a su carácter hidrofóbico, se encuentran normalmente en ambientes lipófilos, como, por ejemplo, en las membranas. Se asocian con proteínas o reacciones de glicosilación que les permiten estar presentes en medios acuosos.²

Clasificación de los carotenoides

Químicamente los carotenoides son tetraterpenoides. Son compuestos de 40 átomos de carbono formados por ocho unidades isoprenoides unidas de forma que la secuencia se invierte en el centro de la molécula.

Poseen dos grupos metilo centrales de la cadena poliénica separados por seis átomos de carbono y el resto están separados por cinco.

Algunos carotenoides son acíclicos, si bien la mayoría contienen anillos a uno o ambos extremos de la molécula. Considerando los elementos químicos presentes en sus moléculas, pueden dividirse en dos grandes grupos:

- Xantófilas, que contienen átomos de oxígeno. ²
- Carotenos, que son hidrocarburos;

Xantófilas

Son compuestos químicos, los cuales en su estructura contienen oxígeno, hidrógeno y carbono.

Son los responsables de aportar la pigmentación amarilla y naranja a los alimentos como en plantas, algas, yema de huevo y exoesqueletos de algunos crustáceos.

Dentro de este grupo se encuentran:

- Astaxantina → Se encuentra en micro algas, en la levadura, crustáceos (camarón y langostino), peces (salmón) y algunas aves (flamingo). En estos organismos, este compuesto está ligado a una proteína por medio de enlaces no covalentes, formando compuestos estables e hidrosolubles de color azul-grisáceo o verdoso llamados caroteno-proteínas. Al ser hidrolizados, ya sea por calentamiento (como sucede durante la cocción de los comestibles invertebrados), o por solventes orgánicos, se libera la astaxantina exhibiendo su característico color rojo-naranja.

Se caracteriza por tener un alto potencial bioactivo que incluye su actividad antioxidante, anticancerígena, antidiabética y antiinflamatoria y por sus efectos protectores en los sistemas gástrico, hepático, neurológico, cardiovascular, ocular y piel que en muchos casos es más potente que el de otros carotenoides.³

- Luteína/zeaxantina → No poseen actividad provitamínica A. La zeaxantina es el estereoisómero de la luteína. Mediante una conversión enzimática, el organismo puede obtenerla a partir de la luteína, cuya presencia en la naturaleza es mayor. Esta última actúa como filtro protector de las plantas frente a la luz azul del espectro por lo que se cree que, en los tejidos humanos como en la piel y en la retina, actuaría de la misma manera. ³

Se encuentra en el ojo humano y se deduce que funciona como un filtro de luz, protegiendo los tejidos oculares del daño de la luz solar. Los alimentos donde

podemos encontrarlas son; yemas de huevo, espinacas, col rizada, maíz, pimiento naranja, kiwi, uvas, calabacín y calabaza. ⁴

- Violaxantina → Se obtiene a partir de la oxidación de la zeaxantina. Se encuentra en la corteza de las mandarinas naranjas, plantas y algas. ⁵

Actúa como un antioxidante protegiendo a nuestras células del daño que producen los radicales libres. También, tiene propiedades antiinflamatorias y anticancerígenas y puede tener efectos positivos en la salud ocular previniendo la degeneración macular conforme avanza la edad.

Es un pigmento derivado del α y β -caroteno, aunque también puede transformarse en zeaxantina por catálisis con la enzima deepoxidasa de la violaxantina cuando la energía lumínica absorbida por las plantas supera la capacidad de fotosíntesis. Dicha transformación se ha denominado ciclo de las xantófilas y cuya función sería la disipación térmica. Este ciclo es un mecanismo de defensa para proteger a la fotosíntesis que permite la eliminación del exceso de energía en forma de calor de manera segura, evitando la formación de 1O_2 y, por lo tanto, previniendo el daño oxidativo. ⁶

Carotenos

Son los responsables de aportar una coloración entre rojo y amarillo, pasando por el naranja.

Son hidrocarburos debido a que contienen únicamente en su composición hidrógeno y carbono.

También, tienen la capacidad para actuar como provitamina A, que depende de la presencia de un anillo β -ionona. Los carotenos que contienen como mínimo un anillo de β -ionona pueden convertirse en retinol en los animales. El carotenoide más importante al respecto es el β -caroteno, el cual contiene dos de estos anillos.

El mecanismo de la actividad antioxidante de estos compuestos está relacionado con su carácter hidrofóbico y con su capacidad para "retirar" el oxígeno y desactivar radicales libres.

Dentro de este grupo encontramos:

- β -caroteno → Es considerado un pigmento antioxidante ya que contiene un 50% de vitamina A que, además, tiene propiedades antiinflamatorias. Estas 2 propiedades protegen a las células del daño oxidativo. Este pigmento, es utilizado para la prevención de ciertos tipos de cánceres, enfermedades cardiovasculares, cataratas y envejecimiento de la piel.⁷
- α -caroteno → Tiene actividad provitamínica A y al entrar al organismo se transforma en vitamina A ejerciendo sus funciones como antioxidante, protector cardiovascular, antiinflamatorio, estimuladoras de la cicatrización y activadoras de la regeneración de la piel. Sin embargo, produce la mitad de esta vitamina que el β -caroteno.⁸
Se recomienda consumir este compuesto diariamente a través de frutas, verduras y legumbres
- Licopeno⁹ → Es un pigmento liposoluble, que conserva sus propiedades antioxidantes aún expuesto al calor, por ejemplo, en forma de pasta o salsa de tomate, por lo que pueden ser beneficiosos para reducir la inflamación y el riesgo cardiovascular y cardiometabólico.
En los alimentos, está ligado en forma *trans* en la matriz impidiendo su liberación completa, haciéndolo menos susceptible a la digestión y absorción de nuestro sistema digestivo. A través de la aplicación de calor, se rompen las paredes celulares, debilitando las fuerzas del enlace del licopeno y la matriz del alimento transformándolo a su forma *cis*, para que el que organismo pueda digerirlo con mayor facilidad; mejora su biodisponibilidad. Por esta razón, se recomienda el consumo de licopeno en forma procesada.
Al ser un pigmento liposoluble se recomienda consumirlo con aceite de oliva, girasol o canola para mejorar su absorción. Consumirlo junto a alimentos ricos en vitamina E y C mejora su biodisponibilidad.¹⁰

Existe también, otra clasificación de carotenoides:

- o **Carotenoides provitamina A:** α -caroteno y β -caroteno

Son pigmentos vegetales que al llegar al intestino se absorben y se convierten en vitamina A.

Estos compuestos llegan al intestino y se absorben para convertirse en retinol. Luego, este último, se oxida a retinal y ácido retinoico, que son los dos principales metabolitos activos de la vitamina A en el cuerpo.

- o **Carotenoides no provitamina A:** Licopeno, Luteína y zeaxantina.

Estos compuestos no se convierten en vitamina A, pero tienen efectos importantes en el organismo sin que implique su formación.¹¹

Estos compuestos, pueden perder su efecto antioxidante debido a concentraciones altas o a presión parcialmente alta de oxígeno en los sistemas biológicos, teniendo tendencia a actuar como prooxidantes.

La actividad biológica del anillo β -ionona cesa por la introducción de un grupo hidroxilo, siendo un ejemplo claro el caso de la β -criptoxantina, la cual contiene 2 anillos de β -ionona al igual que el β -caroteno, pero en uno posee un grupo hidroxilo y el otro está intacto reduciendo su actividad provitaminica A. En el caso de la zeaxantina, posee 2 anillos de β -ionona hidroxilados, por lo tanto, no actúa como provitamina A.

Desde el punto de vista nutricional, los antioxidantes contenidos en los carotenoides son sustancias presentes en los alimentos que tienen propiedades de captación y neutralización de radicales libres, los cuales son producidos por el organismo en condiciones fisiológicas normales debido al metabolismo celular, aunque una producción excesiva de estos ha sido implicada en la patogenia de las enfermedades cardiovasculares. También tienen la habilidad de eliminar el oxígeno "singlete", una especie reactiva de oxígeno (EROS) y un potente oxidante producido a partir de la exposición a la luz y a la radiación.

Distribución de los carotenoides en los alimentos¹

Carotenoides	Alimentos
α-caroteno	Zanahoria, calabaza, plátano.
β-caroteno	Zanahoria, calabaza, mango, papaya, melón, naranja, piña, sandía y pimientos.
Lycopeno	Tomate, sandía, pomelo rosado, guayaba, papaya.
Luteína/Zeaxantina	Alfalfa, maíz, yema de huevo, mandarinas, naranjas, espinaca, kiwi, uvas, calabacín y calabaza.
Astaxantina	Micro algas, levaduras, salmón, trucha, camarones, cangrejos y crustáceos.

Tabla 1

Recomendación de carotenoides de la dieta

En el establecimiento de DRI (Ingestas Diarias de Referencia), para calcular el consumo de carotenoides de la dieta, se tienen en cuenta diversos factores con respecto a la alimentación que pueden afectar su biodisponibilidad:

- La incompleta utilización de los nutrientes por parte del organismo debida a la variabilidad individual en casos de problemas en la absorción, digestión o metabolismo.
- Combinación con diferentes alimentos que estimulan o limitan su absorción.
- Posibles pérdidas por tratamientos culinarios, industriales o de conservación sobre los alimentos.
- Son diferentes para cada grupo de edad, sexo, niveles de actividad física, embarazos o lactancia.

Debido a la escasa información que existe y a que una persona con estado nutricional óptimo posee en su organismo reservas para cubrir las posibles variaciones que pueden presentarse en la alimentación diaria, no se estableció una recomendación de consumo por día de carotenoides a partir de la dieta.

Sin embargo, se realizaron mayores cantidades de estudios relacionados a la luteína, demostrando mayor especificidad en la distribución y actividad en el organismo humano, por lo que se evidencio un papel de prevención de las enfermedades cardiovasculares y degenerativas asociadas al consumo de este pigmento. Fijando así una recomendación diaria de luteína de entre 34 y 60 microgramos (0.6 – 1.05 mmol/L).

Se demostró también, que el consumo de β -caroteno y de licopeno se asociaron a reducción del riesgo de enfermedades, por lo que se realizaron recomendaciones de ingesta de 1.5mg de β -caroteno por día y de licopeno 3 mg por día. ¹²

Biodisponibilidad de los carotenoides

La biodisponibilidad es la fracción de carotenoides contenidos en los alimentos que son liberados en el intestino para luego ser absorbidos, dejando estos compuestos a disposición del organismo para almacenarlos o realizar sus debidos procesos fisiológicos.

Su biodisponibilidad es baja en frutas y verduras crudas, por lo tanto, deben ser liberados de la matriz celular e incorporados en la fracción lipídica (llamadas micelas) durante la digestión para poder ser absorbidos.

La liberación de estos pigmentos de los alimentos, se logra en principio mediante la digestión mecánica por la masticación y luego por digestión química a través de la acción de enzimas digestivas como amilasas, lipasas y pepsina, como también por la acción del ácido clorhídrico producido por el estómago. La función de estos procesos es reducir el tamaño de la partícula provocando el aumento de la superficie de contacto que interacciona con las lipasas pancreáticas, las sales biliares y numerosas enzimas, produciendo una mejora en la liberación de carotenoides e incorporándolos en las micelas. La finalidad de las sales biliares es actuar como emulgentes contribuyendo a la formación y estabilización de las micelas. Por otro lado, las lipasas degradan los lípidos en ácidos grasos y mono glicéridos favoreciendo la

emulsificación. Las micelas son absorbidas por el enterocito mediante difusión pasiva o anclaje a proteínas receptoras en la membrana apical de las células para poder facilitar su difusión.

Luego de la absorción, los compuestos son encapsulados en quilomicrones para ser transportados al torrente sanguíneo por la vía linfática en dirección al hígado, donde serán almacenados o metabolizados en vitamina A, dependiendo de las necesidades del organismo. Esto último, se produce por acción de las enzimas oxidasas de unión a carotenoides (OCC) y las oxidasas de unión a β -caroteno (BCO1 y BCO2). Los quilomicrones remanentes son llevados a circulación nuevamente e incorporados a lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), de baja densidad (LDL) y de alta densidad (HDL) para ser distribuidos hacia el tejido adiposo para su almacenamiento en forma de vitamina A, hacia la piel y el tejido subcutáneo para su función como reservorios de carotenos y xantofilas, hacia la macula lútea de la retina ocular, el páncreas y el endotelio vascular, entre otros.

La biodisponibilidad también se ve afectada por la estructura propia que presentan los carotenoides. Los carotenos se absorben en menor proporción que las xantofilas debido a estos últimos son más polares; al contener oxígeno, pueden ser fácilmente incorporados a la superficie exterior de sus micelas de lípidos en el tracto gastrointestinal y llegar con mayor facilidad a las membranas de los enterocitos, aumentando su biodisponibilidad.

Combinación de alimentos

La biodisponibilidad de los carotenoides está influenciada por factores que pueden ser dietéticos; como el contenido y naturaleza química de los carotenoides, el contenido de grasa en la dieta y su interacción con otros componentes de la dieta; o fisiológicos como la tasa de absorción, el estado nutricional, los factores genéticos y el metabolismo de quien los consume.

La adición de ciertas sustancias a los alimentos mejora o disminuye la biodisponibilidad de los carotenoides. La fibra dietética limita la biodisponibilidad debido a que afecta la viscosidad del contenido gastrointestinal, el tamaño de las gotas lipídicas aumenta reduciendo la actividad de la enzima lipasa (encargada de degradar

los alimentos), la disponibilidad de las sales biliares y la lipólisis de los triacilglicéridos. Siendo este efecto producido principalmente por el consumo de fibras de tipo soluble.

Por su parte, la incorporación de grasas a los alimentos mejora de 2 a 3 veces la biodisponibilidad al favorecer la formación de micelas por estimulación de la liberación de sales biliares ¹³. Algunos estudios sugieren que se requiere la ingesta de 3 a 5g de grasa por comida para absorber eficazmente los carotenoides. Sin embargo, compuestos como la zeaxantina, α -caroteno y β -caroteno requieren mayor cantidad de grasa para alcanzar los niveles de micelarización más altos que la luteína. El efecto beneficioso depende del tipo de grasa consumida siendo los ácidos grasos mono insaturados y poliinsaturados los que producen mayor aumento de la absorción en comparación con los ácidos grasos saturados.

En cuanto a las proteínas, su incorporación con la dieta mejora la accesibilidad de los carotenoides debido a sus propiedades emulsionantes.

Por otro lado, el bajo consumo de carotenoides estimula su propia absorción, dando como resultado que las dosis bajas de estos compuestos produzcan una mayor absorción que las dosis elevadas. Esto se debe a la competencia existente entre ellos para su posterior absorción, por lo que la incorporación de un nuevo pigmento a la dieta provocará una disminución en la absorción de otros. ¹⁴

También, se demostró que la biodisponibilidad del β -caroteno es más baja en plantas como consecuencia de su unión a complejos proteicos, fibras y a la pared celular haciéndolos resistentes a la digestión y degradación, limitando así su liberación y, por lo tanto, su absorción.

Tratamiento culinario de los alimentos

El calor altera la pared celular de las plantas y su contenido en carotenoides afecta la biodisponibilidad de estos pigmentos.

El tratamiento de pasteurización en los alimentos mejora la biodisponibilidad de β -criptoxantina, zeaxantina y luteína.

Por otro lado, el secado al horno a 50-60°C puede reducir hasta un 90% del contenido de carotenoides. Mientras que tratamientos como freído y secar al sol disminuyen entre un 15 y 30% del contenido de carotenoides. Mientras que en la cocción por pulse

eléctrico se presenta mayor contenido de estos pigmentos, demostrando que este método es el más adecuado para mantener el contenido y aumentar la biodisponibilidad de los carotenoides.¹³

En general, se acepta que alrededor del 80% de las ECV se pueden prevenir con una combinación terapéutica de cambios alimentarios y estilo de vida adecuados. Se ha demostrado que existe una asociación entre los tipos de alimentación con dietas ricas en vegetales que contienen pigmentos carotenoides y un menor riesgo de problemas cardiovasculares, esto se debe a que existe una relación inversa entre los carotenoides dietéticos y el grosor de la íntima-media de la pared de las arterias y entre el colesterol y el β -caroteno, la luteína y zeaxantina incorporados a través de la dieta, aumentando el HDL y disminuyendo el LDL.

Enfermedad Cardiovascular (ECV)

Las enfermedades cardiovasculares son un grupo de desórdenes o trastornos del corazón y los vasos sanguíneos donde, la mayoría de las veces, son causadas por la enfermedad arteriosclerótica que ocurre cuando hay acumulación de grasa y colesterol en las paredes de estos vasos sanguíneos, conformando la placa de ateroma. Cuando una arteria resulta obstruida puede derivar a que se presente un ataque cardíaco o un accidente cerebrovascular.

También pueden ser causadas por la disfunción endotelial. Debido a que la principal función del endotelio es la producción de óxido nítrico (NO) y, como consecuencia de esta disfunción, se producen cambios estructurales consolidando la arteriosclerosis.

Tipo de enfermedades cardiovasculares

- Cardiopatía coronaria: se da por acumulación de grasa y colesterol en las arterias que conducen al corazón.
- Insuficiencia cardíaca: ocurre cuando el miocardio se vuelve rígido y frágil.
- Arritmias: Son problemas relacionados con la frecuencia cardíaca y el sistema de conducción.
- Enfermedades en las válvulas cardíacas: El corazón está dividido en 4 compartimentos: dos aurículas y dos ventrículos, los cuales tienen la función

de contraerse y luego relajarse de un modo secuencial y ordenado para el óptimo funcionamiento del órgano, por lo que ocurre esta enfermedad cuando una de las válvulas no funciona correctamente.

- Arteriopatía periférica: se presenta cuando las arterias de las piernas y los pies se obstruyen como consecuencia de la acumulación de grasa y colesterol.
- Hipertensión: se da cuando la presión de la sangre en nuestros vasos sanguíneos es demasiado alta (mayor a 140/90 mmHg o más). Es una enfermedad que puede conducir a ataques cardíacos, insuficiencia cardíaca y accidente cerebrovascular.
- Accidente cerebrovascular: es causado por la falta de flujo sanguíneo al cerebro.
- Cardiopatía congénita: es un problema con la estructura y funcionamiento del corazón que está presente al nacer.
- Arteroesclerosis: es un proceso inflamatorio y crónico que inicia desde la infancia. Se distingue por la retención, oxidación y modificación de los lípidos en forma de estrías grasas en las paredes de las arterias que evolucionan a placas que llevan al engrosamiento de la pared de la arteria afectada, como se verá más adelante.¹⁵

En general, estas enfermedades se desarrollan cuando se produce daño parcial o total del corazón, con problemas con los vasos sanguíneos que van desde o hasta el corazón o cuando hay un suministro deficiente de oxígeno y nutrientes. Aunque también puede ser de índole genética.

En algunos casos, se producen como consecuencia de diversos factores de riesgo que aumentan la probabilidad de padecer estas patologías y/o morir a causa de ellos, y pueden ser:

- Hipertensión Arterial (HTA): Se corresponde con una lectura de la presión arterial igual o mayor a 140/90 mm Hg. Esto conduce a un aumento en el riesgo de desarrollar ECV. Aunque también puede ser considerada un tipo de ECV.
- Dislipemias: Es una alteración en los niveles sanguíneos de lípidos, fundamentalmente de colesterol total (valores mayores a 200mg/dL) y triacilglicéridos (valores mayores de 200mg/dL). La acumulación de estos

compuestos dentro de las arterias conduce a la formación de la placa de ateroma, consolidando el desarrollo de la aterosclerosis.

- Diabetes: Es el estado de hiperglucemia crónica. Existen dos tipos de diabetes: la diabetes tipo I se da como consecuencia de la poca o ninguna producción de insulina por parte del páncreas llevando al individuo a introducirla en el organismo de manera exógena para su supervivencia. Por otro lado, la diabetes tipo II ocurre cuando el cuerpo genera una resistencia a la acción de la insulina o la produce de manera insuficiente. De no controlarse esta enfermedad, con el tiempo, la alta concentración de glucosa en sangre puede dañar los vasos sanguíneos y nervios que controlan el corazón y los vasos sanguíneos, provocando el desarrollo de ECV.
- Obesidad y sobrepeso: Se define como la acumulación anormal o excesiva de grasa y se la puede identificar a través de parámetros como el de IMC (cuando el IMC mayor o igual a 25 indica exceso de peso). Esto puede elevar el colesterol sanguíneo y provocar HTA y diabetes.
- Tabaquismo: Es la intoxicación aguda o crónica producida por el consumo abusivo de tabaco. Esto produce el aumento de la frecuencia cardiaca, la presión arterial, los TAG sanguíneos, endurece las grandes arterias, reduce el HDL, hace que la sangre se vuelva más pegajosa y que aumente la probabilidad de que se formen trombos o coágulos, lo cual puede bloquear el flujo de sangre al corazón y al cerebro. Esto se debe a que la nicotina produce un efecto vasoconstrictor (lo que contribuye a la generación de la HTA) y al efecto pro inflamatorio que favorece la migración de monocitos sobre el endotelio lesionado.
- Sedentarismo: Es un estilo de vida que se caracteriza por la inactividad o falta de ejercicio físico. Esto puede provocar la elevación de los niveles sanguíneos de LDL pudiendo provocar obesidad, sobrepeso y enfermedades metabólicas. Realizar actividad física ayuda a aumentar el HDL en sangre, regular o mantener el peso corporal y disminuir la presión arterial.
- Tipo de alimentación: La implementación de una dieta cuyo contenido es elevado en:

- Grasas trans: Aumentan los niveles sanguíneos de HDL y disminuyen los de LDL. Además, perjudica la función de la pared que reviste a las arterias lo que contribuye a su mal funcionamiento y desgaste, generando un ambiente propicio para el desarrollo de ECV. Este tipo de grasas obtenidas de procesos industriales se encuentran en aceites hidrogenados o margarinas, que son utilizadas para elaborar productos como galletitas dulces, chocolates, alfajores, budines, masas de tartas y empanadas y en preparados de panadería y pastelería.
- Grasas saturadas: El consumo excesivo de alimentos con alto contenido en grasas saturadas también produce un aumento en sangre de LDL, contribuyendo en el desarrollo de estas enfermedades. Este tipo de grasas son encontradas principalmente en alimentos de origen animal como lácteos enteros y derivados como quesos, yogures, crema de leche o manteca, en carnes (a excepción del pescado) y en grasa animal. También, podemos encontrarlas en alimentos de origen vegetal como aceite de coco y de palma. De este modo, las grasas saturadas están presentes en todos los productos que en su preparación contenga alguno o varios de los alimentos mencionados; como es el caso de las tortas fritas, bizcochos, fiambres, embutidos y postres.
- Azúcar: El consumo excesivo de azúcar, azúcar invertido, melaza, miel, jarabe de maíz de alta fructosa, jarabe de glucosa y sacarosa, entre otros, se la ha relacionado con una mayor probabilidad de desarrollar obesidad y sobrepeso, lo que a su vez incrementa la posibilidad de padecer ECV. Este alimento está presente en bebidas gaseosas o jugos industriales, algunos lácteos, alfajores, galletitas, barras de cereal, cereales para el desayuno, helados, etc.
- Sal: El consumo excesivo de sal, es un factor de riesgo para el desarrollo de la HTA, contribuyendo a su vez en el desarrollo de las ECV. Se debe cuidar tanto su consumo directo como en alimentos que la poseen, ya que algunos productos como nuggets, hamburguesas, polvos y cubitos para preparar sopas, salsas o aderezos, fiambres, embutidos, quesos, panes, galletitas y productos de copetín contienen lo que se denomina “sal oculta”.

- Ultra procesados: Son los productos envasados listos para el consumo o que requieren una preparación mínima para ser consumidos. En su gran mayoría son altos en grasas, azúcares, sal y calorías pudiendo producir diabetes, HTA y obesidad o sobrepeso cuando son incorporados de forma excesiva por los individuos. Los encontramos en nuggets, hamburguesas, polvos para preparar sopas, purés, postres o tartas, galletitas, alfajores, postres lácteos, jugos industriales, gaseosas, cereales para el desayuno, barras de cereal, etc.
- Bebidas alcohólicas: El exceso en su consumo pueden producir obesidad y sobrepeso.

Por otro lado, los individuos podrían elegir dietas con bajos contenidos de:

- Frutas y verduras: Estos alimentos aportan grandes cantidades de vitaminas, minerales, fibra y sustancias antioxidantes muy importantes para el funcionamiento adecuado de nuestro organismo, debido a que aportan, además de lo mencionado, pocas calorías en gran volumen, por lo que su consumo deficiente conlleva a una alimentación más calórica, lo que se ha asociado con mayor riesgo de padecer obesidad, y, por lo tanto, predisponiendo al desarrollo de la ECV.
 - Fibra: Se la define como la parte comestible de un alimento que no es afectada por el proceso digestivo en el cuerpo. Al consumirlas, aporta saciedad y a su vez disminuye la densidad calórica de las comidas, favoreciendo el control de peso. Por lo tanto, dietas con escaso aporte de fibras se relacionan con obesidad, síndrome metabólico y diabetes, lo que aumenta el riesgo de padecer ECV.
- Estrés: Es la respuesta fisiológica, psicológica y de comportamiento de un sujeto que busca adaptarse y reajustarse a presiones tanto internas como externas. Aumenta la frecuencia cardíaca y la presión arterial lo que obliga al corazón a trabajar más intensamente.
 - Edad: Las personas mayores de 60 años tienen mayor riesgo de sufrir este tipo de enfermedades. Esto se debe a que la actividad del corazón comienza a deteriorarse, ya que puede aumentar el grosor de las paredes del corazón, se produce un endurecimiento de las arterias y a su vez pierden su flexibilidad y

como consecuencia el órgano no puede bombear la sangre de manera eficiente al cuerpo.

- **Género:** En general, los hombres poseen mayor riesgo de padecer ECV que las mujeres. Sin embargo, cuando los estrógenos comienzan a disminuir a causa de la menopausia, aumenta riesgo de padecer estas enfermedades, ya que las hormonas sexuales actuaban como protector.
- **Antecedentes familiares:** Las ECV suelen ser hereditarias, al igual que ciertos factores de riesgo que promueven el desarrollo de estas afecciones como la HTA, diabetes y la obesidad.

A modo de resumen, se muestra la tabla 2. ¹⁶

Factores de riesgo modificables	Factores de riesgo no modificables
<ul style="list-style-type: none"> • Hipertensión Arterial (HTA) • Dislipidemias (Hipercolesterolemias, HDL bajo, trigliceridemias) • Diabetes tipo I y II • Obesidad y sobrepeso • Tabaquismo • Sedentarismo • Tipo de alimentación • Estrés 	<ul style="list-style-type: none"> • Edad • Género • Antecedentes familiares.

Tabla 2

Dichos factores de riesgo interactúan entre sí, de forma que la suma de varios de ellos tiene un efecto multiplicativo sobre el riesgo de padecer ECV. Por esto, los individuos con varios factores de riesgo tienen mayor probabilidad de presentar esta enfermedad, que las personas que presentan un único factor. La implementación de medidas de prevención contribuye en la disminución de complicaciones en pacientes sanos o que poseen factores de riesgo. ¹⁷

Los carotenoides ejercen un efecto protector frente al desarrollo de enfermedades cardiovasculares y degenerativas.

Los compuestos como β -caroteno, luteína, licopeno y astaxantina, entre otros, tienen un papel de prevención de las enfermedades cardiovasculares, funcionando como antioxidantes, moduladores de la respuesta inmune, modificadores de los procesos inflamatorios y de transducción de señales en y entre las células del organismo. ¹

Carotenoides en arterosclerosis temprana

Como se ha mencionado anteriormente, la arterosclerosis se caracteriza por la acumulación de depósitos grasos en las células que recubren la pared de las arterias y, por lo tanto, bloquean el paso de la sangre.

Su desarrollo se produce de forma lenta. Ocurre a medida que el colesterol, las grasas, las células sanguíneas y otras sustancias contenidas en la sangre forman la placa de ateroma. Al acumularse la placa, provoca un estrechamiento de las arterias produciendo una reducción del suministro de sangre con alto contenido en oxígeno a los tejidos de los órganos vitales del cuerpo. Al romperse esta placa, se producen coágulos de sangre que pueden bloquear la arteria por completo o trasladarse a otra parte del cuerpo. Estos bloqueos, ya sean completos o incompletos, pueden causar complicaciones como; ataques cardíacos, accidente cerebrovascular, disfunción eréctil o pérdida de las extremidades, como también puede ser la causante de muerte. Un factor que promueve el desarrollo de la arterosclerosis es la dislipemia, siendo constituidas por un bajo valor del HDL y valor aumentado de TAG y de LDL, indicando un incremento en los niveles sanguíneos de colesterol total. ¹⁸

En los últimos años, se ha investigado a las LDL oxidadas como un factor aterogénico. Estas partículas, son las LDL que han sido modificadas ex vivo bajo condiciones definidas o aisladas de fuentes biológicas y que tienen en común la generación o presencia de una partícula oxidada.

Las LDL mencionadas pueden dividirse en 2 categorías: LDL mínimamente oxidadas (difiere químicamente de las LDL no modificadas, pero todavía puede ser reconocidas por el receptor de LDL, aunque no lo son por la mayoría de los receptores scavengers, los cuales son los involucrados en la captación de estas lipoproteínas) y LDL oxidada totalmente (no es reconocida por los receptores de LDL, pero sí por receptores scavengers).

Un primer evento temprano en la arterosclerosis es la activación o disfunción del endotelio, lo que permite la adhesión de leucocitos (monocitos y linfocitos

especialmente) al endotelio y su posterior paso a la íntima, donde es penetrada por las LDL para unirse a la matriz de los proteoglicanos (componentes de la matriz extracelular de tejidos conectivos) y sufrir una oxidación volviéndola proaterogénica. Los monocitos dentro de la íntima se transforman en macrófagos y, mediante los receptores scavengers, captan las LDL modificadas hasta transformarse en células espumosas implicando una respuesta inflamatoria producidas por los linfocitos T y ocasionando la migración y replicación de las células del músculo liso presentes en la capa arterial media hacia la íntima.

La placa de ateroma, se produce por el paso y acumulación de las LDL, linfocitos, monocitos y células del músculo liso provocando el desarrollo de una cubierta fibrosa por la producción de una matriz extracelular.¹⁹

Esta enfermedad está íntimamente relacionada con el estrés oxidativo (EO), ya que, entre sus principales determinantes, se encuentran la hiperlipidemia y la hiperglucemia, condiciones en las que ocurren cambios en las lipoproteínas de baja densidad (LDL), favoreciendo su captación por los receptores secuestrantes de los macrófagos subendoteliales. Estos cambios en LDL se encuentran entre los eventos más tempranos en la formación de placa de ateroma. Sin embargo, se encontraron sustancias antioxidantes capaces de disminuir e incluso prevenir las consecuencias esto que el EO produce.

Los antioxidantes son sustancias capaces de prevenir los efectos nocivos de la oxidación, inhibiendo el inicio de la peroxidación lipídica mediante el secuestro de radicales libres. Las sustancias que desempeñan un papel antioxidante y función de neutralización de los radicales libres son, entre otros compuestos, los carotenoides, que evitan que se produzcan daños en las membranas celulares.

Radicales libres, Oxidación, estrés oxidativo.

El término radical libre se refiere a moléculas con átomos altamente reactivos, que contienen un número impar de electrones en su última capa de electrones. Cerca del 95% de los átomos de oxígeno provenientes de la respiración son neutralizados por la cadena respiratoria celular, finalizando su ciclo en el agua.

Sin embargo, el 5% restante se transforma en radicales libres, cuyo exceso es nocivo para el organismo y puede provocar situaciones patológicas. La oxidación ocurre cuando un átomo está buscando un electrón positivo para completar el electrón previamente perdido.

La instalación del proceso de estrés oxidativo resulta de la existencia de un desequilibrio entre los compuestos oxidantes y antioxidantes, a favor de la generación excesiva de radicales libres o en detrimento de la velocidad de su eliminación.

Este proceso conduce a la oxidación de biomoléculas con la consiguiente pérdida de sus funciones biológicas y/o desequilibrio homeostático, cuya manifestación es el daño oxidativo potencial contra células y tejidos. La cronicidad de este EO puede estar involucrada, además del propio proceso de envejecimiento, con la aparición y desarrollo de un gran número de enfermedades, entre ellas el cáncer y la aterosclerosis.

Los antioxidantes son sustancias que, presentes en concentraciones más bajas que el sustrato oxidable, son capaces de retrasar los efectos de la oxidación, inhibiendo la lipoperoxidación y eliminando eficazmente los radicales libres. La peroxidación lipídica ocurre cuando el ácido graso poliinsaturado (PUFA), presente en la membrana, pierde hidrógeno por reacción con los radicales libres, caracterizando el EO.

Tales sustancias pueden actuar directamente, neutralizando la acción de los radicales libres y especies no radicales, o indirectamente, participando en sistemas enzimáticos con tal capacidad. Estos sistemas se dividen en enzimáticos y no enzimáticos. El sistema de defensa enzimático incluye las enzimas superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y glutatión peroxidasa (GPx). Por otro lado, el sistema no enzimático incluye especialmente a los compuestos antioxidantes de origen dietético, entre los que se destacan principalmente: vitaminas, minerales, carotenoides y compuestos fenólicos.

Las poblaciones que poseen dietas ricas en estas sustancias antioxidantes tienen una baja incidencia de arteriosclerosis coronaria, esto se debe a que los antioxidantes contenidos en los alimentos aumentan la resistencia del LDL-c a la acción de la oxidación. Algunos estudios han demostrado que los altos niveles plasmáticos de antioxidantes están relacionados con la reducción de las enfermedades cardiovasculares.

Por esta razón, se realizaron investigaciones donde se estudió el efecto antioxidante de los alimentos que contienen carotenoides y el impacto de su consumo en la disminución, prevención, aumento o el efecto nulo que ejercen tanto de personas con factores de riesgo cardiovascular como en quienes padecen ECV.

Justificación

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) producen un gran número de muertes cada año, donde en su mayoría la dislipidemia es un factor de riesgo predominante. Actualmente se observa que la población elige consumir alimentos con un alto contenido de grasas saturadas y grasas trans y en menor proporción frutas y verduras, aumentando los niveles plasmáticos de LDL y disminuyendo los de HDL, dando como resultado el desarrollo de la enfermedad arterosclerótica; una de las ECV con mayor morbimortalidad en el último tiempo.

Como consecuencia del bajo consumo de frutas y verduras por parte de la población, se observan menores aportes de antioxidantes como carotenoides, el cual se estudia su papel en la prevención y disminución del desarrollo de estas enfermedades.

La finalidad de esta investigación es analizar a la actividad antioxidante de los carotenoides contenidos en los alimentos y como estos pigmentos se relacionan tanto con las personas que poseen factores de riesgo cardiovascular como en las que padecen la ECV, con el objetivo de informar a todo personal de salud, médicos y Lic. En nutrición, como también a la comunidad interesada en el tema.

Objetivos

Objetivo General

- Investigar, mediante una revisión bibliográfica, el efecto que ejerce el consumo de alimentos fuentes de carotenoides en las enfermedades cardiovasculares.

Objetivos específicos

- Identificar los beneficios de los carotenoides en los alimentos
- Describir la influencia de los carotenoides en personas con factores de riesgo cardiovascular
- Demostrar los beneficios que conlleva el consumo de carotenoides en la enfermedad cardiovascular

Metodología y fuentes de información

Se seleccionaron artículos científicos obtenidos de Scielo (Scientific Electronic Library Online -Biblioteca Científica Electrónica en Línea-), Dialnet y National Library of medicine. PubMed Central® (PMC) contiene textos completos de revistas biomédicas y de ciencias de la vida de la U.S. National Institute of Health's (NIH). También se incluyeron artículos de crochrane library y de revistas como ELSEVIER, Spandidos publications (International journals of molecular medicine), Siete Médicos, The BMJ (British Medical Journal), NYU Langone Health, Layout 1, Critical review in food science and nutrition, Agronomía mesoamericana, CyTA- revista de alimentación, Oxid Med Cell Longev y Molecular Nutrition food research.

La población de interés, comprende las investigaciones realizadas sobre carotenoides.

La muestra fue de 67 investigaciones que cumplían los criterios de inclusión y exclusión. La técnica de muestreo fue no probabilística. Criterios de inclusión: investigaciones sobre carotenoides, en personas que presentan factores de riesgo cardiovascular como HTA, diabetes tipo II, fumadores, obesidad y sobrepeso, dislipemias, mujeres con menopausia y en personas de entre 55 y 75 años, e individuos con ECV como aterosclerosis y angina de pecho, infarto de miocardio. Se seleccionaron textos en español, inglés y portugués con validación científica, artículos de divulgación científica de revistas y capítulos de algunos libros. Esta búsqueda realizada en las anteriores bases de datos, comprende un periodo entre 2010 y 2023. Criterios de exclusión: que se encuentren fuera del periodo de búsqueda establecido, estudios realizados en niños, pacientes hospitalizados, alimentados con nutrición enteral y parenteral y no realizados en humanos.

Se colocaron estudios de tesis doctorales como la de María Elena Torresani titulada "consumo de licopeno en un grupo de mujeres adultas", como también las realizadas por Colmán Martínez y Lourdes Mariel titulada "Efecto del licopeno y los carotenoides del tomate en marcadores inflamatorios de la aterosclerosis en pacientes de riesgo cardiovascular" y la de Martínez Huelamo, Miriam titulada "Efecto del aceite en la biodisponibilidad de los compuestos fenólicos del tomate", ambos publicados por la Universidad de Barcelona y la de Torales, Laura Inés Elvira titulada "Funcionalidad de los carotenoides dietéticos sobre biomarcadores de la esteatosis inducida por dieta grasa" publicado por la Universidad de Murcia.

Resultados

En las últimas décadas se ha identificado un aumento en el desarrollo de las ECV, constituyendo uno de los problemas de salud más frecuentes en la población y que ha despertado una preocupación en el área de la medicina como también en la población en general.

Diversas investigaciones vinculan a los carotenoides de los alimentos con la prevención de las ECV y el efecto que producen en las personas que la padecen. Esto se debe a su papel como antioxidantes ya que actúan captando radicales libres lo que impide la oxidación de las LDL y, por lo tanto, contribuye en la prevención y disminución del estrés oxidativo, un gran causante de ECV. Estas lipoproteínas, debido a su baja densidad, pueden acumularse en las arterias limitando el flujo normal de la sangre rica en oxígeno causando una isquemia o desprendiendo un coagulo de sangre, lo que provocaría el bloqueo de cualquier otra arteria del organismo y produciendo un infarto agudo de miocardio (IAM) o un infarto cerebral. Esta acumulación de LDL en las arterias es denominada placa de ateroma, característica de la arterosclerosis, una enfermedad causante de una gran variedad de muertes y que ha ido en aumento en los últimos años.

A continuación, se muestran diferentes investigaciones realizadas, donde se estudian los efectos como antioxidantes que producen los alimentos ricos en carotenoides y cómo influyen en las personas que presentan factores de riesgo cardiovascular, como también el efecto que producen en la población que padece de la enfermedad.

➤ **Identificar los beneficios de los carotenoides en los alimentos**

Autores, año, país	n	Principales características
Facema, Aldaires Oliveira da Silva Fabiane, Araújo Sampaio, Ilmara Patrícia Compasso da Silva de Queiroz, Kelson Nascimento Conceição, Vaniele Fernandes da Silva. 2016. Managua.	Review 31 ref	Diversos estudios afirman que el β -caroteno actúa como antioxidante, inhibiendo el proceso de oxidación de las LDL. ²⁰
Nishimura M, Tominaga N, Ishikawa-Takano Y, Maeda-Yamamoto M, Nishihira J. 2019. Japón.	74	El licopeno del tomate disminuye los niveles de LDL sanguíneos. ²¹
Colman Martinez, Lourdes Mariel. 2017. Barcelona.	8	El β -caroteno y el licopeno contenido en el zumo de tomate disminuyen los marcadores inflamatorios de las ECV. ²²
Dr. Germán Franco, Dr. José R. Cartagena V., DrC. Guillermo Correa L., DrC. Benjamín Rojano, Ing. Ana M. Piedrahita C. 2014. Colombia	Estudio experimental	Se observaron grandes cantidades de β -caroteno en la gulupa (<i>passiflora edulis sims</i>), ejerciendo acción antioxidante. ²³
Jung Eun Kim. 2018. Singapur.	Ensayo controlado, prospectivo, paralelo, simple ciego	Se le administro a las personas 15mg de baya de goji por día y se encontró un aumento de zeaxantina plasmática y debido a su efecto antioxidante se detectaron cambios positivos en la función endotelial. ²⁴
Clara Bianeth Peña, Luz Patricia Restrepo. 2013. Colombia	Review 50 ref	Se hallaron en los tubérculos de papa luteína y zeaxantina que ayudan a la prevención de la ECV. ²⁵
Inmaculada Navarro-González y María Jesús Periago. 2016. España	Review 118 ref	El licopeno contenido en el tomate previene el daño oxidativo del ADN, lipoproteínas y lípidos protegiendo al organismo contra el daño cardiovascular. ²⁶
Andrea Corrales-Bernal; Ana Isabel Vergara; Benjamín	Review 23 ref	Se encontró que cuanto más maduro estaba la uchuva (<i>Physalys peruviana L</i>) más contenido

Rojano; Elhadi Yahia, María Elena Maldonado. 2015. Colombia.		de carotenoides antioxidantes y por lo tanto es un gran cardioprotector. ²⁷
Lars Müller, Catherine Caris-Veyrat, Gordon Lowe, Volker Böhm. 2016. Alemania.	Review 25 ref	El estudio sugiere que el consumo de tomate, debido a su elevado contenido en licopeno se relaciona con la reducción del riesgo de accidente cerebrovascular. ²⁸
Henry SL, Woodside JV, Young I, Thies F, McEneny J. 2016. Reino unido.	225	Las dietas ricas en licopeno aportado por el tomate influyo positivamente en el efecto antiaterogenico de las HDL. ²⁹
MSc. Patricia Hernández–Rodríguez, MSc. Ludy Cristina Pabón Baquero, MSc. Martha Fabiola Rodríguez Álvarez. 2015. Cuba	Review 28 ref	El fruto Arbutus Unedo, tiene gran cantidad de carotenoides que constituye un potencial contra el estrés oxidativo debido a su capacidad estabilizadora y/o secuestradora de radicales libres, previniendo el desarrollo de las ECV. ³⁰
K. Zaheer. 2016. Canadá	Review 163 ref	La luteína y la zeaxantina que contiene la yema de huevo reduce las ECV y participa en la disminución y/o ralentización del estrés oxidativo causado por los ROS. ³¹
Maria Laura Montero, Carolina Rojas Garbanzo, Jessie Usaga, Ana. M Perez. 2021. Costa Rica.	Estudios observacionales	El pejibaye contiene β -carotenos que, debido a su actividad provitaminica A, representa un gran alimento antioxidante preventivo de enfermedades asociadas a su déficit. ³²
Gómez Catalán Jesús. 2017. Barcelona	Estudio experimental	Se demostró que el β -caroteno, licopeno y la astaxantina presentes en el pez cebra tienen un efecto protector sobre el estrés oxidativo. ³³
Usmar Mir Khan, Mustafa Sevindik, Ali Zarrabi, Mohammad Nami et al. 2021. Pakistán	Review 69 ref	El licopeno del tomate previene los efectos oxidantes al inhibir los efectos producidos por los radicales libres. ³⁴
Martinez Muelamo Miriam. 2015. España	Review	El consumo de 14.3kg per cápita de tomate al año estimula la reducción del riesgo de desarrollar ECV. ³⁵
Christian Constan Aguilar. 2013. España	Review	Se ha relacionado el licopeno y al β -caroteno contenidos en el tomate cherry con la disminución del estrés oxidativo como consecuencia de su capacidad antioxidante ³⁶

Diogo de Faria. 2024. Brasil	Review	Los carotenoides contenidos en la batata producen efectos positivos debido a su capacidad antioxidante. ³⁷
R. Bento Carlos. 2024. Brasil	Review	En los dátiles frescos encontramos antioxidantes capaces de disminuir el estrés oxidativo y por lo tanto disminuir el riesgo de ECV. ³⁸
Aguillon Paez, G.J Diaz. 2022. Colombia	Review	La luteína y zeaxantina encontradas en los granos de maíz, pollo y yema de huevo tienen importantes propiedades antioxidantes. ³⁹
Yenesia Campo Vera, Victor M. Gelvez Ordoñez. 2023. Colombia.	Estudio experimental	El aceite de palma contiene β -caroteno que, al ser antioxidante y antiinflamatorio contribuye en la disminución del estrés oxidativo y por lo tanto de las ECV. ⁴⁰
Mendonça K, Gomes Corrêa et al. 2023. Brasil	Estudio experimental	La zanahoria contiene β -caroteno, un potente provitaminico A, que al someterla a la cocción al microondas mejora su biodisponibilidad produciendo mayor efecto protector sobre las ECV. ⁴¹
Kapala, Szlendak. 2022. Polonia.	72	El licopeno contenido en la sandía y el pomelo posee un efecto protector sobre las ECV debido a su actividad antioxidante. ⁴²
Dhulipalla et al. 2023. Japón.	Review 42 ref	El licopeno es un compuesto bioactivo que se encuentra en el aceite de coco. ⁴³
Ispizua, Calatayud et al. 2022.	Review 78 ref	La lechuga contiene carotenoides que disminuyen el estrés oxidativo. ⁴⁴
Xiao Men, Sun Il Choi et al. 2021. China.	Review 22 ref	La calabaza contiene β -caroteno, luteína y astaxantina que protegen a las células de la acción de los radicales libres previniendo el estrés oxidativo. ⁴⁵
Herrera, Chacon et al. 2019. Costa Rica.	Review 60 ref	La palta contiene β -caroteno, β -criptoxantina, zeaxantina y licopeno que poseen propiedades antiinflamatorias y antioxidantes. ⁴⁶
Rodrigo, Alquezar et al. 2013. España	Review	El β -caroteno, β -criptoxantina y violaxantina que componen los alimentos cítricos son compuestos antioxidantes de los cítricos captan radicales libres contribuyendo en la prevención del estrés oxidativo. ⁴⁷

Ribeiro et al. 2020. Mendoza, Argentina.	Estudio experimental	La Cucurbita moschata Duch o calabaza contiene cantidades importantes de β -caroteno que al ser provitaminico A, posee la propiedad de captar radicales libres y neutralizarlos. ⁴⁸
Vicente López. 2015. Buenos Aires, Argentina	Review 27 ref	El maíz contiene luteína y zeaxantina, lo que contribuye en la prevención de ECV, debido a su capacidad antioxidante. ⁴⁹
Vicente López. 2016. Buenos Aires, Argentina.	Review 69 ref	La luteína presente en la cebolla ayuda en la captación de los EROS producido por el metabolismo energético, disminuyendo el estrés oxidativo. ⁵⁰

Los estudios mencionados demuestran que el consumo de alimentos como el tomate, zumo de tomate, tomate cherry, gulupa, baya de goji, arbutus unedo, pejibaye, pez cebrá, yema de huevo, cítricos, papa, batata, calabaza, zanahoria, cebolla, lechuga, maíz, pollo, palta, aceite de coco, aceite de palma, sandía, pomelo y dátiles, los cuales poseen un alto contenido en carotenoides como β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína y zeaxantina, tienen importantes propiedades que contribuyen a la prevención y disminución de las ECV al producir la inhibición de la oxidación de las LDL ^(20, 26), la disminución de los niveles de LDL sanguíneos ^(21, 26), al aumentar las HDL ⁽²⁹⁾ y disminuir los marcadores inflamatorios como el PCR, citocina pro-inflamatoria, y quimio táctica, interleuquina-8 (IL-8) y las moléculas de adhesión intercelular 1 (ICAM-1) y moléculas de adhesión vascular 1 (VCAM-1) ^(22, 28, 46). También se estudió el papel de estos compuestos en la disminución y ralentización del estrés oxidativo causado por los EROS ^(30, 31, 33, 34, 36, 37, 39, 44, 45, 47, 50) debido a su actividad antioxidante y a su papel como provitamínicos A ^(23, 24, 25, 26, 27, 32, 41, 48) dando resultados positivos en la prevención de la ECV ^(38, 40, 42, 43, 49).

Dado lo mencionado anteriormente, se estima que el consumo de 14.3kg per cápita al año de tomate y sus productos derivados, ayudan a disminuir el riesgo de desarrollar ECV. ⁽³⁵⁾

Por lo mencionado anteriormente, el consumo de estos compuestos contribuye en la reducción y prevención de las ECV, especialmente de la arterosclerosis. Aunque se necesitan de más estudios para fijar la cantidad exacta que deben consumirse de estos compuestos para poder ejercer efectos como cardioprotectores.

➤ **Describir la influencia de los carotenoides en personas con factores de riesgo cardiovascular**

Autores, año, país	n	Principales características
Aina Tomás Luiz, Gala Martín Pozuelo, Inmaculada González Navarro, Laura Elvira Torales, Helena Ponce, Rocío González Barrio, Javier García Alonso, María Jesús Periago. 2022. Murcia.	12	El consumo de carotenoides aumenta la concentración plasmática de adiponectina en mujeres perimenopausicas, provocando una mayor sensibilización a la insulina, aumenta la captación de glucosa, favorece en la oxidación de ácidos grasos reducción de la síntesis de glucosa en hígado, suprime la diferenciación y activación de macrófagos provocando la disminución de citoquina pro inflamatorias y la expresión de biomarcadores antiinflamatorios, provocando el aumento de la concentración plasmática de PCR. Esto indica una disminución del riesgo cardiovascular. ⁵¹
Aina Tomás Luiz, Gala Martín Pozuelo, Inmaculada González Navarro, Laura Elvira Torales, Helena Ponce, Rocío González Barrio, Javier García Alonso, María Jesús Periago. 2022. Estados Unidos.	12	Se asoció el consumo de carotenoides a partir de la dieta con la reducción del estrés y de la oxidación de radicales libres contribuyendo a una disminución de la hipertensión arterial. ⁵¹
Francescs Bugosa, Zoe Herreras, Marta Catalan, Amanda Jimenez, Emilio Ortega, Gemma Chiva Blanch. 2023. España.	Estudio transversal 204	Se asoció al con α caroteno con el aumento de los niveles plasmáticos de HDL y al β caroteno con la disminución del VLDL en plasma, produciendo una disminución del riesgo cardiovascular en personas con diabetes tipo II y arterosclerosis. ⁵²
Rosanna WS Chung, Por Leanderson, Anna K. Lundberg, Lenna Jonasson. 2017.	193	La luteína reduce la inflamación en pacientes con ECV al disminuir los niveles de IL-6. ⁵³
Dr. Torresani Maria Elena et al. 2010. Ciudad de Buenos Aires.	316	Se demostró que el consumo de 7 porciones o más de licopeno semanales, tiene efecto

		cardioprotector en mujeres peri menopáusicas. ⁵⁴
Ross Prentice, María Pettinger, Marian Neuhouser, Lesley Tinker, Ying Huang, Cheng Zheng et al. 2019. Washington	5488	El aumento en la ingesta de luteína y zeaxantina disminuye el riesgo de padecer diabetes. ⁵⁵
María Marhuenda – Muñoz, J. Alfredo Martínez, Angel M. Alonso-Gómez, Julia Wärnberg, Jesús Vioque, Dora Romaguera et al. 2022. España.	Análisis transversal.	En un estudio realizado en hombres y mujeres de 55 a 75 años se asoció el consumo de carotenoides con la reducción del HDL en mujeres, sin resultados en el colesterol total, en hombres reducción de la presión arterial. ⁵⁶
Steven Bratman. 2014. Washington: Texas.	29133	Un estudio realizado en fumadores que consumieron β -caroteno mostró un aumento en la incidencia de padecer angina de pecho. ⁵⁷
Ju-Sheng Zheng, Stephen J. Sharp, Fumiaki Imamura, Rajiv Chowdhury, Thomas E Gundersen, Marinka Steur et al. 2020. Reino Unido.	9754	Se asociaron a los niveles elevados de carotenoides obtenidos a partir del consumo de frutas y verduras en plasma con una menor incidencia de padecer diabetes tipo II. ⁵⁸
M. P. Unanua. 2015. España.	Review	Se asoció a la astaxantina, licopeno y al β -caroteno con la reducción de la obesidad, diabetes tipo II, HTA, inflamación crónica y niveles de colesterol y TAG sanguíneos ⁵⁹
Mahnaz Rezaei vendrá, Omid Asbaghi, Behzad Nazarian, Fatemeh Naeini, Mojtaba Kaviani, Sajjad Moradi et al. 2022. Irán.	688	Se demostró que la suplementación con licopeno en las personas que padecen HTA mejora tanto la presión arterial sistólica como diastólica. ⁶⁰
Zixin Qiu, Xue Chen, Geng hormigueante, zhenzhen wan, Qi Lu, Lin Li et al. 2022. China.	3107	Se asoció a la ingesta de β -caroteno con mayor riesgo de padecer ECV en personas con diabetes tipo II. ⁶¹
Fatemeh Ghasemi, Fatemeh Nawab, Mohammad Hossein Rouhani, Créeme, Nafiseh Shokri-Mashhadi. 2023. Chica.	Metanálisis	No se encontraron resultados que evidencien que la luteína y zeaxantina reduzcan el riesgo de desarrollar ECV en pacientes con dislipemias. Aunque podrían aumentar el HDL en adultos. ⁶²

Nanyao, Shoumeng Yan, Yin Pei Guo, et al. 2021. China.	28 944	Se socio al licopeno, astaxantina, criptoxantina, α -caroteno y β -caroteno con la reducción del peso corporal, disminuyendo el riesgo de padecer ECV. ⁶³
Laura Inés Elvira Torales. 2019. España	Estudios experimentales	El consumo de jugo de tomate se relacionó con la mejora de la expresión de genes involucrados en el metabolismo lipídico evitando la acumulación de TAG y colesterol. Y el consumo de espinaca redujo el contenido de AGS y aumento los AGM y AGP. ⁶⁴
Inmaculada Navarro González, María Jesús Periago Gastón. 2016. España	Review 118 ref	Se demostró que la dosis de 12mg de licopeno al día produce efectos positivos sobre la presión arterial, mientras que la implementación de 25mg diarios redujo en un 10% el LDL sanguíneo. ⁶⁵
Ying Wang, Sang –Jin Chung, Marjorie McCullough, Won O Cancion, Maria Luz Fernandez, Sung I Koo et al. 2014. Connecticut.	2856	La luteína, zeaxantina y el β -caroteno se relacionó de forma inversa con el colesterol LDL sanguíneo. ⁶⁶
Zixin Qiu, Xue Chen, Zhenzhen Wan, Qi Lu, et al. 2022. EEUU	3107	Se asocio al β -caroteno con un aumento del riesgo de desarrollar diabetes tipo II. ⁶⁷
Ali Roohbakhsh, Gholamreza Karimi, Merhdad Iranshahi. 2017. Irán.	Review 120 ref	Se ha demostrado que la concentración de carotenoides de la dieta reduce el riesgo de diabetes tipo II en hombre y mujeres al mejorar la resistencia a la insulina. Tienen también relación inversa con el nivel de HbA _{1c} . ⁶⁸

De acuerdo a los estudios analizados, se demuestra que una dieta alta en frutas y verduras aumenta los niveles plasmáticos de carotenoides disminuyendo la dislipemia aterogénica ⁽⁵³⁾ y mejorando los biomarcadores de inflamación y de estrés oxidativo, lo que está relacionado con una disminución del riesgo cardiometabólico ⁽⁵²⁾. En las mujeres se los asoció con la reducción del HDL, sin obtener resultados en los valores de colesterol total. En cuanto a los hombres, no se encontró evidencia de que produzcan una reducción en la presión arterial ^(57, 60)

Además, se demuestra que la luteína, al disminuir los niveles de IL-6 tiene el potencial de actuar en la resolución de la inflamación crónica, en pacientes con Enfermedades Arterial Coronaria ⁽⁵⁴⁾ y junto con la zeaxantina disminuye el riesgo de padecer diabetes tipo II ⁽⁵⁶⁾, y TAG sanguíneos ⁽⁶⁰⁾, aumentando los valores de HDL ⁽⁶³⁾.

En cuanto al licopeno, el consumo semanal de 7 porciones o más, tiene efecto cardioprotector en mujeres pre menopáusicas ⁽⁵⁵⁾, y en hipertensos, la dosis diaria de 12mg de este carotenoide mejora tanto la presión arterial sistólica como diastólica ^(61, 65). Por otro lado, la ingesta de 25mg de licopeno por día, disminuye hasta en un 10% los niveles sanguíneos de LDL. ^(65, 66)

Sin embargo, el β -caroteno aislado como complemento podría no ayudar a prevenir enfermedades cardíacas y en realidad podría incrementar el riesgo de angina de pecho en fumadores y personas con diabetes tipo II ^(58, 62, 67, 68). A su vez, la concentración de carotenoides en plasma mostró una relación inversa con los niveles de hemoglobina glicosilada (HbA_{1c}) ⁽⁶⁸⁾.

Por otro lado, la combinación de diferentes carotenoides como licopeno, astaxantina, criptoxantina, α -caroteno y β -caroteno se asocian a la reducción del peso corporal, disminuyendo el riesgo de padecer ECV ⁽⁴⁶³⁾. En relación a la asociación de carotenoides con la vitamina C plasmática, podrían llegar a reducir el desarrollo de diabetes tipo II ⁽⁵⁹⁾.

Así mismo, el consumo de carotenoides dietarios provenientes del jugo de tomate y de la espinaca mejoran los perfiles lipídicos, disminuyendo considerablemente los niveles sanguíneos de glucosa, de colesterol total, VLDL, AGS y TAG, reduciendo así las concentraciones de grasa en circulación y evitando de esta manera las dislipemias que conllevan al desarrollo de ECV como la arterosclerosis ⁽⁶⁴⁾

Dada la evidencia, se deduce que el consumo de carotenoides como β -caroteno, α -caroteno, licopeno, criptoxantina y zeaxantina contribuyen a reducir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares mediante la reducción y mejora de los factores de riesgo mencionados, aunque los resultados son contradictorios, indicando la necesidad de más estudios al respecto.

➤ **Demostrar los beneficios que conlleva el consumo de carotenoides en la enfermedad cardiovascular**

Autores, año, lugar	n	Características principales
Ross Prentice, María Pettinger, Marian Neuhouser, Lesley Tinker, Ying Huang, Cheng Zheng et al. 2019. Washington	5488	Se asoció el aumento de la ingesta de α - y β -caroteno con una disminución del riesgo cardiovascular, cáncer de mama y diabetes. ⁶⁹
Zhi-Yong Zou ^{1,2} , Xian-Rong Xu, Xiao-Ming Lin, Hua-Bin Zhang, Xin Xiao, Li Ouyang, Yang-Mu Huang, Xun Wang, Ya-Qiong Liu. 2013. China	Estudio aleatorizado y doble ciego. 125	La suplementación con licopeno disminuyó en 0.035mm la íntima media de la arteria carótida (CAINT), asociado a la disminución de la arterosclerosis. ⁷⁰
Rosanna WS Chung, Por Leanderson, Anna K. Lundberg, Lenna Jonasson. 2017. Suecia.	193	Al aumentar los niveles séricos de luteína se observó la disminución de la producción de IL-6, lo que resulta en menor producción de linfocitos B, por lo que se deduce que la luteína disminuye la inflamación en pacientes con enfermedad coronaria. ⁵⁶
Francesc Bujosa, Zoe Herreras, Marta Catalán, Montse Pinyol, Rosa M Lamuela-Raventos, Miriam Martínez-Huélamo et al. 2023. España.	134	Los niveles sanguíneos bajos de β -caroteno, licopeno y luteína se asociaron inversamente con enfermedad coronaria, infarto de miocardio y riesgo de arterosclerosis, produciendo un mayor engrosamiento de la capa íntima-media de las arterias. También se relacionaron los niveles elevados de β -caroteno con una disminución del VLDL en circulación. ⁵⁷
Ivan M. Petyaev. 2016. Reino Unido.	Review 58 ref	La evidencia de que el licopeno ejerce protección contra las ECV es escasa por lo que se necesitan de más investigaciones al respecto. ⁷¹
Michael González, María Matos, Delisabel López, Elsie Padilla, Mercedes Argüelles. 2015. Perú.	Review 75 ref	Se demostró que los carotenoides tienen la capacidad de eliminar al oxígeno; causante de los daños oxidativos. ⁷²
Jiaqi Yang, Yulin Zhang, Xiaona Na, Ai-Zhao. 2022. China.	182 788	Se asoció a la suplementación con β -caroteno con mayor riesgo de desarrollar ECV. ⁷³

Sylwia Przybylska, Grzegorz Tokarczyk. 2022. Polonia.	Review 43 ref	Se demostró que el licopeno ayuda a mejorar la función vascular y prevenir las ECV. ⁷⁴
Carolina Parga Martins Pereira et al. 2020. Canadá.	Review 123 ref	La evidencia sugiere que la astaxantina tiene efectos antiinflamatorios y antioxidantes que ayudan a prevenir y retrasar las ECV. ⁷⁵
Parag R. Gajendragadkar, Annette Hubsch, Kaisa M. Mäki-Petäjä, Martin Serg, Ian B. Wilkinson, Joseph Cheriyan. 2014. Estados Unidos.	36	La suplementación con licopeno disminuye el riesgo de ECV debido a su acción antioxidante. ⁷⁶
Ramesh Kumar Saini, Kannan RR Rengasamy, Fawzi M. Mahomoodally, Young-Soo Keum. 2020. Corea.	Review 92 ref	El licopeno debido a su actividad antioxidante, mejora los niveles elevados de mediadores proinflamatorios como IL-6, IL-8, IL-1 y fosfolípidos oxidados, por lo que previenen el estrés oxidativo. ⁷⁷
Canção Bo, Kai Liu, Yuan Gao, Lu Zhao, Hui Fang, Yusheng Li, Lulu Pei, Yuming Xu. 2017. China	Review 5 ref	Se asoció el consumo de licopeno con un menor riesgo de padecer ECV, aunque para comprobarlo se necesitan más estudios. ⁷⁸
Ivan Petyaev. 2016. Reino Unido	Review 58 ref	Se demostró que el licopeno disminuye el estrés oxidativo y por lo tanto el riesgo de ECV. Sin embargo, el aporte de licopeno a través de la dieta es insuficiente, por lo que se necesitan más estudios al respecto. ⁷⁹
Alireza Milani, Azam, Bolhassani, Sepideh Shahbazi, Marzieh Barsidnejad. 2016. Irán.	Review	Los carotenoides disminuyen el riesgo de desarrollar ECV al reducir la PA, las citocinas proinflamatorias, los marcadores de inflamación (PCR) y mejorar la sensibilidad a la insulina en hígado, músculos y tejido adiposo. ⁸⁰

Los estudios demuestran que hay menor un riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y diabetes cuando se produce un aumento en el consumo de alimentos ricos en α - y β -caroteno debido a sus propiedades antioxidantes ⁽⁷⁹⁾.

Por otro lado, los niveles bajos de β -caroteno, licopeno y luteína se asociaron de manera inversa con la enfermedad coronaria, infarto de miocardio y riesgo de arterosclerosis, llevando a la producción de un mayor engrosamiento de la capa íntima-media de las arterias coronarias, relacionándose también los niveles elevados de β -caroteno con una disminución de las VLDL sanguíneas y, por lo tanto, colaborando en este engrosamiento ⁽⁵⁷⁾.

En cuanto a la suplementación, cuando se introduce el licopeno se observa una disminución en los valores medios de la íntima-media de la arteria carótida de un 0,035 mm en personas que padecen la enfermedad arterosclerótica ⁽⁷⁰⁾. También, debido a la acción antioxidante y antiinflamatoria de este pigmento ^(71, 74, 75, 76), como también el riesgo de padecer accidente cerebrovascular ⁽⁷⁸⁾. Por el contrario, la suplementación con β -caroteno no tuvo efectos beneficiosos en la disminución de las enfermedades cardiovasculares, aunque si perjudiciales, aumentando la mortalidad ⁽⁷³⁾, aunque se necesitan de más estudios para comprobar este efecto.

Se pudo observar que al aumentar los niveles séricos de luteína hubo una disminución de la producción de IL-6 produciendo menor cantidad de linfocitos B, lo que se traduce en menor inflamación endotelial y, por lo tanto, en una reducción del riesgo cardiovascular ⁽⁵⁶⁾. También, la evidencia demuestra que los carotenoides pueden disminuir la presión arterial, las citocinas pro inflamatorias, los marcadores de inflamación como la Proteína C reactiva y mejora la sensibilidad a la insulina en el hígado, los músculos y el tejido adiposo, previniendo el desarrollo de ECV ⁽⁸⁰⁾

Además, el licopeno, debido a su acción como antioxidante y a la disminución de mediadores pro inflamatorios como IL-8, IL-6, IL-1 y fosfolípidos, ayuda a prevenir el estrés oxidativo y por lo tanto el riesgo de padecer ECV, pero al consumirse este pigmento de manera insuficiente en la alimentación de la población general, se necesitan de más estudios para confirmar estos resultados ^(77, 79).

Discusión

¿Son los carotenoides una herramienta útil en la disminución y prevención del desarrollo de las enfermedades cardiovasculares? A lo largo la presente investigación se ha realizado un análisis minucioso de diferentes revisiones bibliográficas e investigaciones científicas de casos en relación con los carotenoides en alimentos, en personas que presentan factores de riesgo cardiovascular y en personas que padecen de enfermedades cardiovasculares, principalmente de arterosclerosis.

En los estudios analizados anteriormente con respecto a los alimentos, se demostró que los carotenoides que encontramos en el tomate (incluyendo el tomate cherry) y sus productos derivados (pastas y salsas), en la gulupa, baya de goji, tubérculos de papa, pez cebrá, arbutus unedo, pejibaye, yema de huevo, uchuva, batata, calabaza, cebolla, cítricos (naranja, limón, mandarina, kiwi), zanahoria, maíz, pollo, aceite de palma, aceite de coco, dátiles, palta, sandía, pomelo y lechuga, ejercen efectos positivos en el organismo humano. Suponen la disminución del colesterol LDL sanguíneos, como también del colesterol total, sumado a un aumento en los niveles de HDL gracias a su actividad antioxidante lo que conduce a la disminución de los marcadores inflamatorios como PCR, citocina pro-inflamatoria y quimio táctica, IL-8, ICAM-1 y VCAM-1, reduciendo de esta manera el estrés oxidativo. Entonces, ¿los carotenoides presentes en los alimentos mencionados podrían prevenir y/o disminuir el desarrollo de las ECV? Se deberán realizar más estudios para confirmar tales efectos. Sin embargo, se puede concluir que al contener actividad antioxidante efectivamente ayudarían a reducir el estrés oxidativo, siendo este clave en el desarrollo y progresión de este tipo de enfermedades. Es importante destacar que estos efectos positivos en la prevención y/o disminución de las ECV están asociados principalmente al licopeno y al β -caroteno y en menor medida a la luteína y zeaxantina.

En esta revisión bibliográfica se mostraron los distintos efectos de los carotenoides en los factores de riesgo que conducen al desarrollo de las ECV. ¿Efectos positivos o negativos? Estos efectos, ¿son iguales en todos los tipos de carotenoides? ¿y en los distintos factores de riesgo? Aunque la evidencia es escasa y contradictoria, se puede asociar el consumo de β -caroteno con la disminución de múltiples factores de riesgo como dislipemias (reducción de VLDL, TAG, AGS), de la HTA, diabetes tipo II y del peso corporal. Sin embargo, se produjo una elevación del riesgo al ser consumido

este carotenoide por personas diabéticas tipo II y en fumadores aumento el riesgo de padecer angina de pecho. En lo que respecta a la luteína, astaxantina y α -caroteno, la combinación de estos carotenoides mostró eficacia en la disminución del sobrepeso u obesidad como también en HTA, diabetes tipo II (disminuyendo los niveles de HbA_{1c}) y dislipemias y principalmente el α -caroteno actuaria aumentando los niveles sanguíneos de HDL. Por otro lado, el complemento luteína-zeaxantina arrojó efectos nulos en dislipidemias pero disminuyeron el riesgo cardiovascular en personas con diabetes tipo II. En cuanto a las mujeres menopáusicas, el consumo de carotenoides en general contribuyó en la reducción de los marcadores de inflamación produciendo de esta manera menor estrés oxidativo y por lo tanto menor oxidación de las LDL y radicales libres lo que conlleva a menor riesgo de HTA. Aunque el consumo de estos carotenoides no elimina la posibilidad de ser poseedor de estos factores de riesgo.

Las enfermedades cardiovasculares como la arterosclerosis son unas de las principales causantes de muertes en el mundo y están asociadas a una gran variedad de factores de riesgo antes mencionados. En este estudio se investigó la posibilidad de introducir la ingesta o suplementación de carotenoides como una nueva herramienta en su prevención y/o disminución con el fin de ayudar a la población en su tratamiento. Por esto, se recopilaron estudios donde se demuestra que la luteína, el licopeno, el α -caroteno y el β -caroteno al ser ingeridos a través de la alimentación reducen el riesgo cardiovascular esto se debe a su actividad antioxidante produciendo una disminución de la inflamación y mejorando los mediadores pro inflamatorios y, por lo tanto, contribuyendo en la prevención y reducción del estrés oxidativo que, como se ha mencionado anteriormente, es clave en el desarrollo y progresión de las ECV. En relación a estos tres carotenoides, se observó que cuando se encuentran en concentraciones bajas en sangre existe mayor posibilidad de padecer arterosclerosis al producirse un agrandamiento de la íntima media de la arteria carótida o CAINT.

En canto a la suplementación con distintos tipos de carotenoides para disminuir, prevenir o retrasar las ECV se han encontrado múltiples efectos; al ser suplementados con β -caroteno se demostró que tanto la administración de dosis bajas como altas con este carotenoide aumenta el riesgo de padecer ECV. Sin embargo, la suplementación con 20mg de licopeno en conjunto con 20mg de luteína diarios durante por lo menos tres meses, produjeron un aumento significativo en sus concentraciones séricas ejerciendo efectos positivos en los marcadores arteroscleróticos, realizando la

disminución en un 0.035mm de la CAIN. A su vez, podrían regular los niveles séricos de lípidos y reducir los niveles de citocinas pro inflamatorias. Por otro lado, al suplementar a individuos con licopeno se identificaron efectos contradictorios; podrían disminuir y hasta prevenir el riesgo de padecer ECV como consecuencia de su actividad antioxidante produciendo una reducción del estrés oxidativo y, por lo tanto, mejorando los mediadores inflamatorios. Aunque estos efectos no están confirmados totalmente, ya que la población en general consume a través de la dieta cantidades insuficientes de licopeno, por lo que se necesitan realizar más estudios para que estos compuestos puedan ser utilizados como herramienta en la prevención, disminución e incluso en el retraso en las ECV.

Conclusión

A lo largo de este trabajo se han analizado diferentes revisiones bibliográficas e investigaciones de casos, comprobando la efectividad de la actividad antioxidante de los carotenoides en la salud humana.

La continua ingesta de alimentos ricos en estos compuestos produce un efecto protector sobre los parámetros de riesgo cardiovascular, al incrementar las concentraciones plasmáticas de los pigmentos, especialmente de licopeno y β -caroteno, lo cual a su vez se relaciona con la modulación de las concentraciones plasmáticas de moléculas inflamatorias y moléculas de adhesión relacionadas con el inicio y progresión de enfermedades como la arterosclerosis, es decir, producen una acción antioxidante captando radicales libres, lo que impide la oxidación de las LDL.

Por otra parte, luego de la recopilación de investigaciones realizadas en personas que poseen factores de riesgo cardiovascular como HTA, diabetes tipo II, fumadores, obesidad o sobrepeso, dislipemias, mujeres con menopausia y en personas en edad avanzada (55 a 75 años) se llegaron a resultados contradictorios, arrojando la necesidad de la implementación de más estudios al respecto para confirmar o denegar los posibles efectos positivos asociados a la ingesta o suplementación de carotenoides en personas con estos factores de riesgo.

A pesar de los resultados de las investigaciones encontradas, quedan aún preguntas por resolver. Sin embargo, según los datos disponibles, en la actualidad es posible señalar que existe un efecto positivo entre los carotenoides y su acción preventiva de las ECV.

Por esto, es fundamental contar con herramientas para el trabajo de los profesionales en nutrición y de la salud para incrementar, a través de la educación alimentaria, su consumo y proponer investigaciones científicas para especificar sus niveles de ingesta diaria, debido a que los cambios en la dieta y los patrones de estilo de vida se han considerado en los últimos años como elementos importantes para la promoción de salud en el mundo y los alimentos funcionales como una oportunidad para mantener y/o recuperar la salud de la población.

Sugerencias de alimentos ricos en carotenoides en Argentina

En esta revisión, se seleccionaron alimentos fuente de los distintos carotenoides de uso común y consumidos en Argentina. En el siguiente cuadro podemos agruparlos con sus respectivos pigmentos que los caracterizan:

Licopeno	β-caroteno	β-criptoxantina	Luteína-zeaxantina.
<ul style="list-style-type: none"> • Tomate • Jugo de tomate • Pasta de tomate • Salsa de tomate • Ketchup • Sandía • Pomelo 	<ul style="list-style-type: none"> • Palta • Calabaza • Zanahoria • Batata • Cítricos (naranja, mandarina, kiwi, ananá) • Lechuga 	<ul style="list-style-type: none"> • Cítricos (naranja, mandarina, kiwi) • Palta 	<ul style="list-style-type: none"> • Palta • Calabaza • Granos de maíz • Pollo • Yema de huevo • Papa • Lechuga • Cebolla

Luego de analizar estos alimentos, se sugiere su consumo por los beneficios atribuidos a sus propiedades antioxidantes y, por lo tanto, de captar radicales libres previniendo de esta forma el estrés oxidativo, definido como un desequilibrio entre oxidantes y antioxidantes a favor de los oxidantes, el cual está relacionado con mucha afinidad con las ECV. Por esto, se puede decir que los alimentos anteriormente mencionados, contribuyen en la prevención de ellas al consumirlos de manera sostenida en el tiempo.

Bibliografía

¹ Meléndez-Martínez A.J, Vicario I.M, Heredia F.J. Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla. España. 14 de junio de 2004. Disponibles en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200003 .

² Meléndez-Martínez A.J, Vicario I.M, Heredia F.J. Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla. Sevilla, España. Junio del 2007. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222007000200002#:~:text=Estructura%20qu%C3%ADmica,-Como%20ocurre%20con&text=Qu%C3%ADmicamente%20la%20mayor%C3%ADa%20de%20los,el%20centro%20de%20la%20mol%C3%A9cula.

³ Carranco Jáuregui M.E, Calvo Carrillo M, Pérez-Gil Romo F. Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. México. Septiembre del 2011. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222011000300001

⁴ Medline Plus. Bethesda (MD): Biblioteca Nacional de Medicina (EE. UU.) [actualizado el 7 de agosto de 2019; consulta 26 de marzo del 2023]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/druginfo/natural/754.html>

⁵ Lifeder. Carotenoides. [actualizado el 25 de mayo del 2022; consulta 18 de marzo del 2023]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/carotenoides/>

⁶ Química. es. Hager A., Perz H. 1970. Violaxantina. [actualizado en 2023; consulta el 26 de marzo de 2023]. Disponible en: [Violaxantina \(quimica.es\)](http://www.quimica.es/Violaxantina)

⁷ Medlineplus. Bethesda (MD): Biblioteca Nacional de Medicina (EE. UU.). Beta caroteno. [actualizado en 7 de julio del 2022; consulta el 12 de abril del 2023]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/druginfo/natural/999.html>

⁸ Flavonoides.org. Alfa carotenos, que son, para qué sirven y alimentos que los contienen. [actualizado en 2019; consulta el 12 de abril del 2023]. Disponible en: <https://www.flavonoides.org/alfa-carotenos/>

⁹ Vitale A, Bernatene E.A, Pomilio A.B. Carotenoides en quimio prevención: Licopeno. Tesis. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires, Junín. Marzo/Junio del 2010. Disponible en:

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-29572010000200005

¹⁰ Cruz Bojórquez R, González Gallego J y Sánchez Collado P. Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno. *Nutricion Hospitalaria* [Internet]. 2013. [Citado el 12 de abril del 2023]. Vol 28. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013000100002

¹¹ National Institute of Health. [Internet]. Bethesda, Maryland, Estados Unidos. [actualizado en 15 de junio del 2022; consulta el 3 de agosto del 2023]. Disponible en: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminA-HealthProfessional/>

¹² Olmedilla Alonso B, Esteves Santiago R. Estimación de la ingesta de carotenoides en la dieta. Disponible en: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/172581/1/cap19estimadiet.pdf>

¹³ Fundación Universidad de las Américas Puebla. “Beneficios del consumo de carotenoides”. TSIA [Internet]. 2019. [Citado el 6 de septiembre del 2023]. Disponible en: <https://tsia.udlap.mx/tag/biodisponibilidad/>

¹⁴ Victoria-Campos C, Ornelas-Paz J, Ruiz-Cruz S, Ornelas-Paz J, Cervantes-Paz B, Ríos-Velasco C. “Dietary sources, bioavailability and health effects of carotenoids”. *Biotecnia* [Internet]. 2022. [Citado el 7 de septiembre del 2023]. Vol 25 (1). Disponible en: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/1809>

¹⁵ MedlinePlus. Bethesda (MD): Biblioteca Nacional de Medicina (EE. UU.). Qué es la enfermedad cardiovascular. [actualizado el 23 de febrero del 2022; consulta el 12 de abril del 2023]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000759.htm>

¹⁶ Comisión Honoraria para la Salud Cardiovascular. [Internet]. Montevideo, Uruguay. [actualizado en 2023; consulta el 13 de octubre del 2023]. Disponible en: <http://cardiosalud.org/factores-de-riesgo/alimentacion-no-saludable/>

¹⁷ Rivera Ledesma E, Lester Bauta León, González Hidalgo J, Chávez N, Valerino Meriño I, Placencia Oropeza E. Categoría de riesgo cardiovascular. *Revista Cubana de medicina general Integral* [Internet]. 2017. [Citado el 15 de abril del 2023]. Vol 33. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252017000400004

¹⁸ National Heart, lung and blood Institute (NIH). [Internet]. USA. Aterosclerosis. [Actualizado el 13 de mayo del 2022; citado el 13 de octubre del 2023] Disponible en: <https://www.nhlbi.nih.gov/es/salud/aterosclerosis>

¹⁹ Caravajal C. LDL oxidada y la aterosclerosis. Medicina legal de Costa Rica. [Internet]. 2015. [Citado el 13 de octubre del 2023] Vol 32, N1. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152015000100020

²⁰ Facema, Aldaires Oliveira da Silva F, Araújo Sampaio, Compasso da Silva de Queiroz I.P, Nascimento Conceição K, Fernandes da Silva V. ANTIOXIDANT POWER OF CAROTENOIDS, FLAVONOIDS AND VITAMIN E IN PREVENTING ARTERIOSCLEROSIS. [Internet]. 2016. [citado el 30 de abril del 2023] Disponible en: https://www.uece.br/wp-content/uploads/sites/82/2021/07/Antioxidant_power_of_carotenoids_flavonoids_and_vitamin_e_in_preventing_arteriosclerosis.pdf

²¹ Nishimura M, Tominaga N, Ishikawa-Takano Y, Maeda-Yamamoto M, Nishihira J. Efecto de la ingesta diaria de 12 semanas de tomate con alto contenido de licopeno (*Solanum Lycopersicum*), una variedad denominada "PR-7", sobre el metabolismo de los lípidos: un estudio aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo y de grupos paralelos. Tesis. Japón. 25 de mayo del 2019. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31130668/>

²² Martínez C, Mariel L. Efecto del licopeno y los carotenoides del tomate en marcadores inflamatorios de la aterosclerosis en pacientes de riesgo cardiovascular. Tesis. Barcelona. Universidad de Barcelona. 2016. Disponible en: <https://www.tdx.cat/handle/10803/399325?show=full>

²³ Franco G, Cartagena J, Correa L., Rojano B, Piedrahita A. Actividad antioxidante del jugo de *Passiflora edulis* Sims (gulupa) durante la pos cosecha. Revista Cubana de plantas Medicinales [Internet]. 2014. [Citado el 27 de abril del 2023]. Vol 19. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1028-47962014000300004&script=sci_arttext&tlng=pt

²⁴ Kim J. Efectos protectores cardiovasculares de Wolfberry en adultos de mediana edad y mayores. [Internet]. 30 de junio del 2018. [citado el 28 de agosto del 2023]. Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/central/doi/10.1002/central/CN-01601580/full#information>

- ²⁵ Peña B, Restrepo L. Compuestos fenólicos y carotenoides en la papa: revisión. [Internet]. Marzo del 2013. [Citado el 28 de agosto del 2023]. Vol 14. 4-6. Disponible en: http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_14/num_1/RSAN_14_1_25.pdf
- ²⁶ Navarro-González I y Periago M. Revista Española de Nutrición Humana y Dietética [Internet]. 2016. [Citado el 28 de agosto del 2023]. Vol 20. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2174-51452016000400008&lang=es
- ²⁷ Corrales-Bernal A; Vergara A.I; Rojano B; Yahia E, Maldonado M.E. Características nutricionales y antioxidantes de la uchuva colombiana (*Physalis peruviana L.*) en tres estadios de su maduración. ALAN [Internet]. 2015. [Citado el 31 de agosto del 2023]. Vol 65. Disponible en: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2015/4/art-6/>
- ²⁸ Müller L, Caris-Veyrat C, Lowe G, Böhm V. Licopeno y su papel antioxidante en la prevención de enfermedades cardiovasculares: una revisión crítica. Critical review in food science and nutrition. [Internet]. 2016. Vol 59. [Citado el 31 de agosto del 2023]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2017.1362630?scroll=top&needAccess=true&role=tab>
- ²⁹ SL H, Woodside JV, Young I, Thies F, McEneny J. La intervención con licopeno aumenta el potencial antiaterogénico del HDL. EAS [Internet]. 2016. [Citado el 31 de agosto del 2023]. Vol 4. Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/central/doi/10.1002/central/CN-01135902/full#information>
- ³⁰ Hernández-Rodríguez P, Pabón Baquero L.C, Rodríguez Álvarez M.F. Propiedades químicas y biológicas de *Arbutus unedo*: una planta con potencial medicinal. Revista cubana Farm [Internet]. 2015. [citado el 5 de diciembre del 2023]. Vol 49. n 1. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152015000100014
- ³¹ K. Zaheer. Carotenoides del huevo de gallina (luteína y zeaxantina) e impactos nutricionales en la salud humana: una revisión. CyTA- revista de alimentación [Internet]. 2016. [citado el 5 de diciembre del 2023]. Vol 17. N 3. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2016.1266033>

- ³² Montero M.L, Rojas Garbanzo C, Usaga J, Pérez A. Composición nutricional, contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante hidrofílica de frutas costarricenses seleccionadas. *Agronomía mesoamericana* [Internet]. 2021. [citado el 5 de diciembre del 2023]. Vol 33. N 2. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8327912>
- ³³ Gómez Catalán J. Evaluación de la actividad antiinflamatoria mediante modelos experimentales basados en el embrión pez cebra. Aplicación a compuestos presentes en la alimentación. Tesis. Barcelona. Universidad de Barcelona. 2017. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=153680>
- ³⁴ Khan U, Sevindik M, Zarrabi A, Nami M et al. Licopeno: fuentes alimenticias, actividades biológicas, y beneficios para la salud humana. *Oxid Med Cell Longev* [Internet]. 2021. [citado el 6 de diciembre del 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34840666/>
- ³⁵ Aguilar C. Biofortificación con potasio en planta con tomates cherry. Tesis. España. Universidad de Granada. 2014. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=57906>
- ³⁶ Martínez Huelamo M. Efecto del aceite en la biodisponibilidad de los compuestos fenólicos del tomate. Tesis. España. Universidad de Barcelona. 2015. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=117841>
- ³⁷ Oliveira P, Oliveira A et al. Calidad química y compuestos bioactivos de batata bajo fertilización con fosfato. *Revista bras. Ing. Agrícola. Ambiente.* [Internet]. 2024. [Citado el 26 de marzo del 2024]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/DyBSTswjzttXQs6FKVgDbCs/?lang=en>
- ³⁸ Alahyane A, Elateri I et al. Evolución de pigmentos y su relación con el color de piel y perfil sensorial en frutos de dátiles (*Phoenix dactylopera* L). *Revista Brazilian Journal of biology* [Internet]. 2024. [Citado el 26 de marzo del 2024]. Vol 84. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/s9HrgXG8XQYvCZjngYKT6KR/?lang=en>
- ³⁹ Aguilón Paez Y-J, Díaz G.J. Contenido de luteína y zeaxantina en el maíz importado de tres países del continente americano y en maíz cultivado en territorio colombiano- *Revista Arq Bras Med vet zootec.* [Internet]. 2022. [Citado el 26 de marzo del 2024]. Vol 75. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/Ny9cLFZ3Lqg3Hdg83hscz7F/?lang=en>
- ⁴⁰ Campo vera Y, Gelvez-Ordoñez V, Orozco-Rozo A. Efecto del pretratamiento con ultrasonido sobre la calidad del aceite en crudo del aceite de palma (*elaeis guineensis*). *Revista Información tecnológica.* [Internet]. 2023. [Citado el 26 de marzo del 2024]. Vol 34. N 4. Disponible en:

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642023000400057&lang=es

⁴¹ Mendoca K, Gomes Correa J et al. Nivel de potencia en dos etapas para mejorar el secado al vacío por microondas de chips de zanahoria peruana reestructurados. Revista ciencia y tecnología de los alimentos. [Internet]. 2023. [Citado el 25 de marzo del 2024]. Vol 47. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/VfDTt3tCXYJvxBJfyZLKys/?lang=en>

⁴² Kapala A, Slendak M, Motacka E. La actividad anticancerígena del licopeno: Una revisión sistemática de estudios en humanos y animales. Revista Nutrimentos [Internet]. 2022. [citado el 25 de marzo del 2024]. Vol 14. N 23. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36501182/>

⁴³ Dhulipalla H, Syed I, Munshi M, Mandapati N. Desarrollo y caracterización de oleogel de aceite de coco con licopeno y ácido esteárico. Journal of oleo Science [Internet]. 2023. [citado el 25 de marzo del 2024]. Vol 72. N 733-743. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37468274/>

⁴⁴ Ispizua E, Catalayud A, Marsal J.I, Cannata C. El potencial de calidad nutricional de los microvegetales, las hojas tiernas y la lechuga adulta: una fuente nutracéutica poco explotada. Revista foods [Internet]. 2022. [Citado el 26 de marzo del 2024]. Vol 11. N 423. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8834567/>

⁴⁵ Men X, Choi S, Han X et al. Propiedades físicoquímicas, nutricionales y funcionales de la curcubita moschata. Revista biotecnología de ciencia alimentaria [Internet]. 2021. [Citado el 26 de marzo del 2024]. Vol 30. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7914307/>

⁴⁶ Cortes-Herrera C, Chacon A, Artavia G, Chinchilla F. Revista Moléculas [Internet]. 2019. [Citado el 26 de marzo del 2024]. Vol 24. N 4517. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6943559/>

⁴⁷ Rodrigo M, Alquezar B, Alos E, Medica V, Carmona L et al. Revista Journal of experimental Botany [Internet]. 2013. [Citado el 26 de marzo del 2024]. Vol 64. N 14. Disponible: <https://academic.oup.com/jxb/article/64/14/4461/685829?login=false>

⁴⁸ Riberiro R, Pereira C, Silveira L, Nunes G, Ramos S et al. Selección indirecta para el contenido de carotenoides en accesiones de calabaza (curcubita moschata Duch). Revista de la facultad de ciencias agrarias. [Internet]. 2020. [Citado el 26 de marzo del 2024]. Vol 52. N 2. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652020000200002&lang=es

⁴⁹ Unal B, Dereboylu E. Algunos efectos fisiológicos del acetamiprid en dos cultivares de plantas de maíz. Revista Phytón. [Internet]. 2015. [Citado el 26 de marzo del 2024]. Vol 84. N 1. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572015000100021&lang=es

⁵⁰ Wang Q.L, Liu D, Yue L. Respuestas fisiológicas de Allium cepa var. Plantas de agrogarum L. al estrés por cadmio. Revista Phytón. [Internet]. 2016. [Citado el 26 de marzo del 2024]. Vol 85. N 2. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572016000200015&lang=es

⁵¹ Luiz A, Pozuelo G, González Navarro I, Torales L.E, Ponce H, González Barrio R, García Alonso J, Periago M.J. Influencia de los carotenoides sobre los marcadores de riesgo cardiometabólico en mujeres peri y posmenopáusicas. Nutrición Hospitalaria [Internet]. 2022. [Citado el 18 de agosto del 2023]. Vol 38. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112021000600014

⁵² Bujosa F, Herreras Z, Catalan M, Pinyol M, Lamuela-Raventos R, et al. Total carotene plasma concentrations are inversely associated with atherosclerotic plaque burden: A post-hoc analysis of the DIABIMCAP cohort. ELSEIVER [Internet]. 4 de mayo del 2023. [citado el 18 de agosto del 2023]. Vol 42, pág 1168 a 1174. Disponible en: [https://www.clinicalnutritionjournal.com/article/S0261-5614\(23\)00147-4/fulltext](https://www.clinicalnutritionjournal.com/article/S0261-5614(23)00147-4/fulltext)

⁵³ Chung R, Leanderson P, Lundberg A, Jonasson L. Revista internacional de investigación e investigación sobre aterosclerosis y enfermedades relacionadas. [Internet]. 2017. [citado el 16 de agosto del 2023]. Vol 262. P 87 a 93. Disponible en: [https://www.atherosclerosis-journal.com/article/S0021-9150\(17\)30197-1/fulltext#articleInformation](https://www.atherosclerosis-journal.com/article/S0021-9150(17)30197-1/fulltext#articleInformation)

⁵⁴ Torresani M.E et al. Consumo de licopeno en un grupo de mujeres adultas, Lycopene consumption in a group of adult women. Tesina de grado. Buenos Aires. Facultad de Medicina-Universidad de Buenos Aires (UBA). 2010. Disponible en: http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_11/num_2/RSAN_11_2_112.pdf

⁵⁵ Prentice R, Pettinger M, Neuhaus M, Tinker L, Huang Y, Zheng C et al. Aplicación de biomarcadores de concentración sanguínea en epidemiología nutricional: ejemplo de ingesta de carotenoides y tocoferoles en relación con el riesgo de enfermedades crónicas. [Internet]. 1 de abril del 2019. [citado el 28 de agosto del 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30915444/>

⁵⁶ Marhuenda M, Muñoz J, Martínez A, Alonso-Gómez M, Wärnberg J, Vioque J, Romaguera D et al. Los carotenoides circulantes se asocian con perfiles favorables de lípidos y ácidos grasos en una población mayor con alto riesgo cardiovascular. *Frontiers in Nutrition* [Internet]. 5 de septiembre del 2022. [citado el 29 de agosto del 2023]. Pag 6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36245542/>

⁵⁷ NYU langone health [Internet]. Washington: Texas. [Actualizado en septiembre del 2014; citado el 30 de agosto del 2023]. Disponible en: <https://froemkelab.med.nyu.edu/surgery/content?ChunkIID=124817>

⁵⁸ Zheng J, Sharp S, Imamura F, Chowdhury R, Gundersen T, Steur M et al. Asociación de biomarcadores plasmáticos de la ingesta de frutas y verduras con diabetes tipo 2 incidente: estudio de cohorte de casos EPIC-InterAct en ocho países europeos. *The bmj* [Internet]. 8 de julio del 2020. Disponible en: <https://www.bmj.com/content/370/bmj.m2194>

⁵⁹ Unanua M.P. Carotenoides, antioxidantes y salud cardiovascular. Siete médicos [Internet]. 2015. [Citado el 30 de agosto del 2023]. Disponible en: <https://www.sietediasmedicos.com/literatura-medica/item/6054-carotenoides-antioxidantes-y-salud-cardiovascular#:~:text=Los%20carotenoides%20ayudan%20a%20reducir,secundaria%20de%20la%20enfermedad%20cardiovascular>

⁶⁰ Vendrá M.R, Asbaghi O, Nazarian B, Naeini F, Kaviani M, Moradi S. Suplementación de licopeno y presión arterial: revisión sistemática y metanálisis de ensayos aleatorios. *ELSEVIER* [Internet]. 2022. Vol 31. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210803321001019?via%3Dihub>

⁶¹ Zixin Q et al. "Associations of Serum Carotenoids With Risk of Cardiovascular Mortality Among Individuals With Type 2 Diabetes: Results From NHANES." *Diabetes care* vol. 45,6 (2022): 1453-1461. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35503926/>

⁶² Ghasemi, Fatemeh et al. "The effect of lutein and Zeaxanthine on dyslipidemia: A meta-analysis study." *Prostaglandins & other lipid mediators* vol. 164. 2023. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36336325/>

⁶³ Nan Y et al. "The association between carotenoids and subjects with overweight or obesity: a systematic review and meta-analysis." *Food & function* vol. 12,11 (2021). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33977977/>

⁶⁴ Torales L. Funcionalidad de los carotenoides dietéticos sobre biomarcadores de la esteatosis inducida por dieta grasa. Tesis. España. Universidad de Murcia. 2019. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=289663>

⁶⁵ Navarro González I, Periago Gastón M.J. El tomate, ¿Alimento saludable y/o funcional? *Revista española de nutrición humana y dietética* [Internet]. 2016. [citado el 6 de diciembre del 2023]. Vol 20. N 4. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5795333>

⁶⁶ Wang Y, Chung J, McCullough M, Cancion W, Fernandez M.L, Koo S et al. Los carotenoides dietéticos están asociados con biomarcadores de riesgo de enfermedad cardiovascular mediados por concentraciones séricas de carotenoides. *ELSEVIER* [Internet]. 2017. [Citado el 6 de diciembre del 2023]. Vol 144. N 7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002231662200935X?via%3Dihub>

⁶⁷ Qiu Z, Chen X, Wan Z, Lu Q, et al. Asociaciones de carotenoides séricos con riesgo de mortalidad cardiovascular entre personas con diabetes tipo 2: resultados de NHANES. *Diabetes Care* [Internet]. 2022. [citado el 6 diciembre del 2023]. Vol 45. N 6. Disponible en: <https://diabetesjournals.org/care/article/45/6/1453/146867/Associations-of-Serum-Carotenoids-With-Risk-of>

⁶⁸ Roohbakhsh A, Karimi G, Iranshahi M. Carotenoides en el tratamiento de la diabetes mellitus y sus complicaciones: una revisión mecanicista. *ELSEVIER* [Internet]. 2017. [citado el 6 de diciembre del 2023]. Vol 91. Pag 31 a 42. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28445831/>

⁶⁹ Prentice R, Pettinger M, Neuhaus M, Tinker L, Huang Y, Zheng C et al. Aplicación de biomarcadores de concentración sanguínea en epidemiología nutricional: ejemplo de ingesta de carotenoides y tocoferoles en relación con el riesgo de enfermedades crónicas. [Internet]. 1 de abril del 2019. [citado el 28 de agosto del 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30915444/>

⁷⁰ Yong Zou Y, Xian-Rong Xu, Xiao-Ming Lin, Hua-Bin Zhang, Xin Xiao, Li Ouyang, Yang-Mu Huang, Xun Wang, Ya-Qiong Liu. Efectos de la luteína y el licopeno sobre el grosor de la íntima carotídea y la media en sujetos chinos con aterosclerosis subclínica: un ensayo aleatorizado, doble ciego y controlado con placebo. [Internet]. 19 de septiembre del 2013. [citado el 25 de agosto del 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24047757/>

⁷¹ Petyaev I.M. "Lycopene Deficiency in Ageing and Cardiovascular Disease", *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2016. Pag 6, 2016. Disponible en: <http://doi.org/10.1155/2016/3218605>

⁷² González, M., Matos, M., López, D., Padilla, E., & Argüelles, M. 2015. Los carotenoides en la salud y enfermedad. *Revista Peruana De Ginecología Y Obstetricia* [Internet] 45(2), 79–85. Disponible en: <https://doi.org/10.31403/rpgo.v45i1370>

⁷³ Yang, Jiaqi et al. "β-Carotene Supplementation and Risk of Cardiovascular Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials." *Nutrients* vol. 14. 18 Mar. 2022. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35334942/>

⁷⁴ Przybylska, S.; Tokarczyk, G. Licopeno en la prevención de enfermedades cardiovasculares. *En t. J. Mol. Ciencia*. 2022. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/4/1957>

⁷⁵ Pereira, CP, Souza, AC, Vasconcelos, AR, Prado, PS, Nombre, JJ "Mecanismos de acción antioxidantes y antiinflamatorios de la astaxantina en enfermedades cardiovasculares (Revisión)". *Revista Internacional de Medicina Molecular* 47.1 (2021). Disponible: <https://www.spandidos-publications.com/10.3892/ijmm.2020.4783>

⁷⁶ Gajendragadkar PR, Hubsch A, Mäki-Petäjä KM, Serg M, Wilkinson IB, Cheriyan J (2014) Efectos de la suplementación oral con licopeno sobre la función vascular en pacientes con enfermedades cardiovasculares y voluntarios sanos: un ensayo controlado aleatorio. Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/central/doi/10.1002/central/CN-01116008/full?highlightAbstract=diseases%7Ccarotenoid%7Cdiseas%7Ccarotenoids%7Ccardiovascular>

⁷⁷ Ramesh Kumar Saini, Kannan RR Rengasamy, Fawzi M. Mahomoodally, Young-Soo Keum. Efectos protectores del licopeno en el cáncer, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas: una actualización de las perspectivas epidemiológicas y mecanicistas. ELSEVIER [Internet]. 2020. Vol. 155. Pág. 104730. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1043661819323424?via%3Dihub>

⁷⁸ Canción B, Liu K, Gao Y, Zhao Y, Fang H, Li Y, Pei L, Xu Y. Licopeno y riesgo de enfermedades cardiovasculares: un metanálisis de estudios observacionales. Molecular Nutrition food research. [Internet]. 2017. Vol 61. Pag 9. Disponible en:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28318092/>

⁷⁹ Petyaev I. Deficiencia de licopeno en el envejecimiento y las enfermedades cardiovasculares. Oxidative Medicine and celular longevity. [Internet]. 2016.

Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26881023/>

⁸⁰ Milani A, Bolhassanl A, Shahbazi S, Barsidnejad M. Carotenoides: Bioquímica, farmacología y tratamiento. BJP [Internet]. 2016. [citado el 6 de diciembre del 2023]. Vol 174. N 11. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5429337/>