



**PBPC**  
ISSN 2674-9432



Qualis A3  
CAPES 2021-2024



DOI - Crossref

Latindex



Indexado no  
Acadêmico

## **CAROTENOIDES E TOCOFERÓIS COMO COMPOSTOS BIOATIVOS: UMA REVISÃO ATUALIZADA SOBRE ESTRUTURA, BIODISPONIBILIDADE E APLICAÇÕES**

*Karla Vitória Lopes Monteiro, Yago Gladson Quadros Brito, Ândria Rafaele da Silva e Silva, Sabrina Mourão de Almeida, Alex Benedito Romão dos Santos, Filipe Augusto Silva Ferreira, Antonio Costa Ferreira, Jéssica Baia de Carvalho, João Vitor Abreu Campos, Maria Máisa Rodrigues de Oliveira, Sinandra Carvalho dos Santos Fernandes, Kelly de Nazaré Maia Nunes, Anna Karyne Costa Rego, José Nilton da Silva, Claudete Rosa da Silva, Ayres Fran da Silva e Silva, Carissa Michelle Goltara Bichara, Fernando Elias Rodrigues da Silva, Priscilla Andrade Silva, João Paixão dos Santos Neto.*



<https://doi.org/10.36557/2674-9432.2026v5n1p1011-1023>

Artigo recebido em 1 de Dezembro e publicado em 1 de Fevereiro de 2026

### **REVISÃO DE LITERATURA**

#### **RESUMO**

Os carotenoides e tocoferóis são compostos bioativos lipossolúveis que são amplamente distribuídos em óleos comestíveis, sementes, hortaliças e frutas, e desempenham funções essenciais tanto tecnológicas como nutricionais. Esse estudo, é fundamentado em uma revisão com recorte temporal de 2020 a 2025, com foco na classificação, na estrutura e o mecanismo de ação e as aplicações indústrias desses compostos. Foram consideradas bases científicas indexadoras, como *SciELO*, *Science Direct* e *Web of science*, garantindo qualidade e confiabilidade das informações. Os resultados evidenciaram que a associação entre tocoferóis e carotenoides é estratégica, pois alia a propriedade sensorial e a estabilidade oxidativa favorecendo o desenvolvimento de alimentos funcionais, suplementos e aplicações farmacêuticas, sendo eles a chave para os avanços na indústria.

**Palavras-chave:** antioxidantes naturais; lipossolúveis; alimentos funcionais.



## **ABSTRACT**

Carotenoids and tocopherols are fat-soluble bioactive compounds that are widely distributed in edible oils, seeds, vegetables, and fruits, and perform essential technological and nutritional functions. This study is based on a review covering the period from 2020 to 2025, focusing on the classification, structure, mechanism of action, and industrial applications of these compounds. Scientific indexing databases, such as *SciELO*, *ScienceDirect*, and *Web of Science*, were utilized to ensure the quality and reliability of the information. The results showed that the association between tocopherols and carotenoids is strategic, as it combines sensory properties and oxidative stability, favoring the development of functional foods, supplements, and pharmaceutical applications, which are key to advances in the industry.

**Keywords:** natural antioxidants; fat-soluble; functional foods.

**Instituição afiliada** – Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

**Autor correspondente:** *Priscilla Andrade Silva*

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



## **1. INTRODUÇÃO**

Carotenoides e tocoferóis são compostos bioativos lipossolúveis amplamente distribuídos em frutas, hortaliças, sementes e óleos comestíveis, exercendo papéis centrais tanto do ponto de vista nutricional quanto tecnológico. Esses compostos apresentam intensa capacidade antioxidante, atuando na proteção de lipídios frente à peroxidação, contribuindo para a estabilidade de alimentos e para efeitos fisiológicos associados à prevenção de danos oxidativos em humanos (Bas *et al.*, 2024; Gamna *et al.*, 2021).

Os carotenoides, por sua vez, constituem uma família diversa de tetraterpenos responsáveis por tonalidades que variam do amarelo ao vermelho em vegetais, algas e microrganismos. Esses compostos apresentam características estruturais que influenciam diretamente sua biodisponibilidade, como número de duplas ligações, a presença de grupos oxigenados e a configuração *cis/trans*. No entanto, sua baixa solubilidade em água e suscetibilidade à luz, ao oxigênio e calor reduzem a estabilidade desses pigmentos e reforçam a necessidade de estratégias tecnológicas que aumentem sua incorporação e liberação no organismo. Nesse contexto, abordagens modernas, como a nanoencapsulação e sistemas de liberação controlada, têm se mostrado promissoras para aumentar a bioacessibilidade e a estabilidade dos carotenoides em matrizes alimentares e suplementos nutricionais (Bas *et al.*, 2024; Molteni, La Motta & Valoppi, 2022).

Os tocoferóis e tocotrienóis, coletivamente denominados vitamina E, compreendem um grupo de isoformas ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ) com diferenças estruturais no anel cromanol e na cadeia lateral, o que influencia sua biodisponibilidade e atividade biológica. Cabe ressaltar que os tocoferóis possuem uma cadeia lateral saturada (fítol), enquanto os tocotrienóis possuem uma cadeia isoprenoide insaturada. Além de sua função vitamínica, esses compostos têm sido amplamente utilizados como antioxidantes naturais aplicados à indústria alimentícia, com destaque para sua atuação na proteção de lipídios e na manutenção do valor nutricional durante o armazenamento e o processamento (Gamna *et al.*, 2021; Xiong *et al.*, 2023; Szewczyk *et al.*, 2023).



Considerando que os carotenoides fornecem cor e apelo visual enquanto os tocoferóis conferem proteção oxidativa, a associação desses compostos é estratégica tanto nutricional quanto sensorialmente. A compreensão integrada de suas estruturas, biodisponibilidade, estabilidade e aplicações industriais tem avançado e indica grande potencial para o desenvolvimento de alimentos funcionais e fortificados, especialmente aqueles ricos em lipídios ou suscetíveis à oxidação. Assim, o presente estudo revisa a estrutura, a classificação, as funções e as aplicações tecnológicas de carotenoides e tocoferóis, reunindo evidências atualizadas que destacam sua importância para a qualidade de alimentos e a saúde humana (Molteni, La Motta & Valoppi, 2022; Xiong et al., 2023).

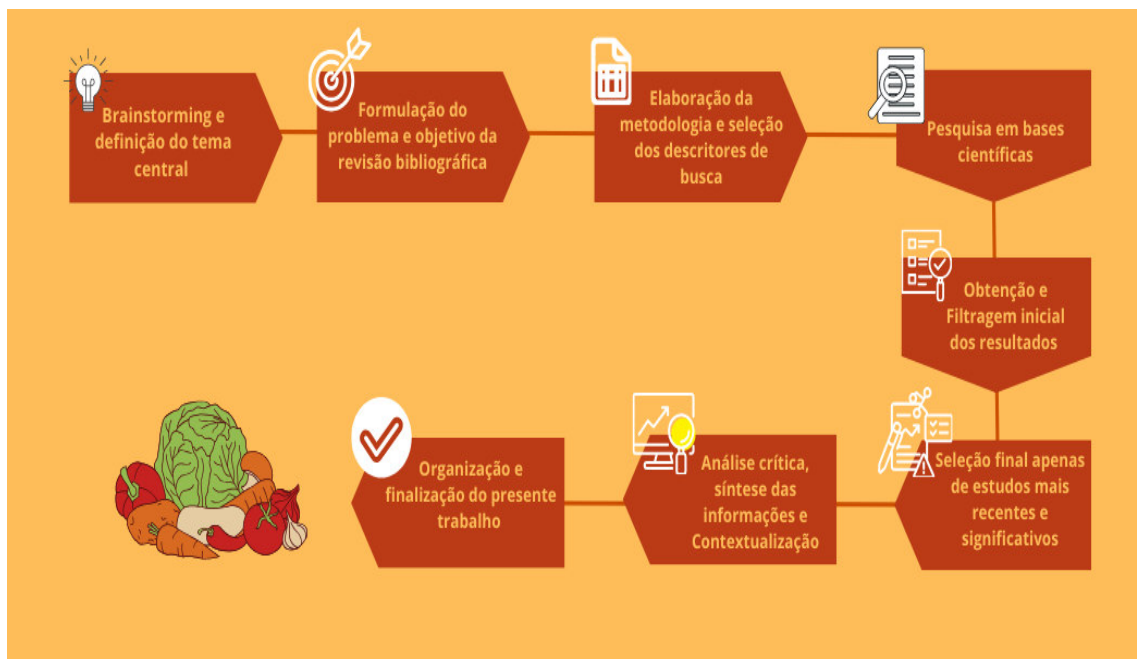
## **2. METODOLOGIA**

Este estudo caracterizou-se pela utilização de pesquisa bibliográfica realizada por meio de um método composto, combinando abordagens qualitativa e descritiva. A etapa descritiva teve como objetivo analisar, organizar e explorar informações referentes às estruturas, funções, classificação e características de carotenoides e tocoferóis. Paralelamente, a etapa qualitativa buscou compreender, interpretar e sintetizar resultados presentes em artigos científicos atualizados, que fundamentaram a construção e a finalização deste trabalho.

Para a realização deste estudo, foram consultadas bases de dados eletrônicas reconhecidas pela confiabilidade científica, incluindo *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*, Elsevier (*ScienceDirect*) e Clarivate (*Web of science*). Utilizaram-se como descritore (palavras-chave): “carotenoides”, “tocoferóis”, “vitamina E”, “antioxidantes lipossolúveis” e “pigmentos naturais”, combinados mediante operadores booleanos (AND, OR). A seleção dos estudos considerou exclusivamente publicações dos últimos cinco anos (2020-2025), garantindo atualidade e alinhamento com o objetivo da revisão.

Uma nuvem de palavras foi realizada usando a plataforma Word Art (<https://wordart.com/create>) para destacar a importância dos termos mais recorrentes entre as palavras-chave das publicações. As etapas percorridas para a elaboração deste trabalho estão esquematizadas na **Figura 1**.

**Figura 1.** Metodologia de pesquisa aplicada na construção deste estudo.



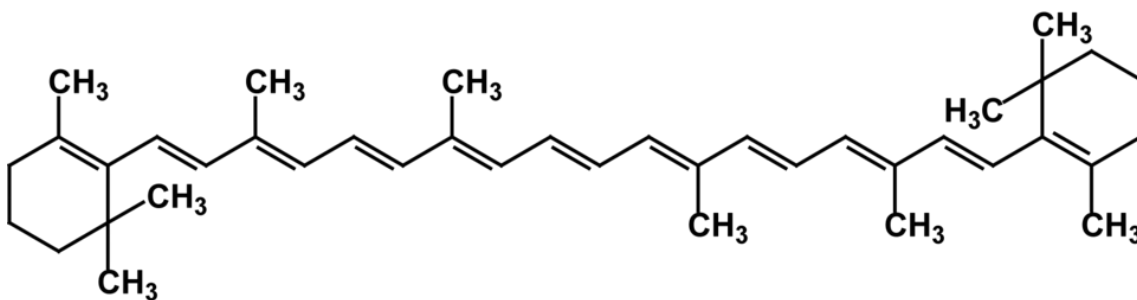
Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

#### 3.1. Caracterização Estrutural e Fontes

Os compostos bioativos lipofílicos destacam-se pela complexidade estrutural e diversidade de fontes. Os carotenoides são classificados quimicamente como tetraterpenóides (C40), constituídos por oito unidades isoprenoides, cuja ordem é invertida no centro da molécula. A característica marcante deste grupo é a presença de um sistema cromóforo, formado por uma série de duplas ligações conjugadas, responsável pela absorção de luz e, conseqüentemente, pela pigmentação que varia do amarelo ao vermelho (Mardani *et al.*, 2022), conforme a **Figura 2**.

**Figura 2.** Estrutura química do beta-caroteno, ilustrando a cadeia poliênica C40 e os anéis beta-ionona nas extremidades.

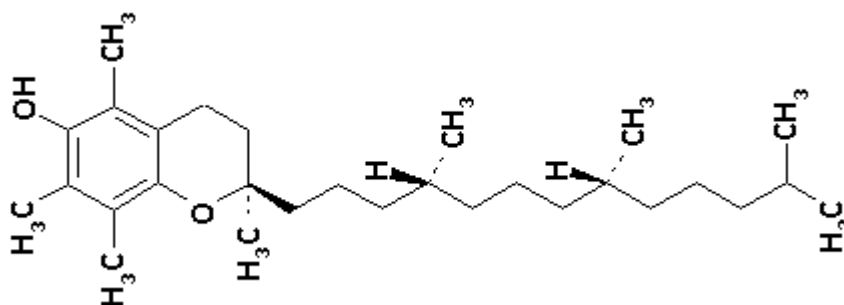


Fonte: Wikimedia Commons (2024). Domínio Público.

Embora sejam sintetizados primariamente por plantas e organismos fotossintéticos, a obtenção industrial desses pigmentos tem passado por revisões. Enquanto a literatura clássica foca na extração convencional de vegetais, revisões recentes (Meléndez-Martínez *et al.*, 2022) apontam para a "extração verde" (*green extraction*). O uso de solventes eutéticos e a recuperação de carotenoides a partir de subprodutos agroindustriais surgem como estratégias inovadoras, garantindo maior sustentabilidade e redução de custos em comparação aos métodos tradicionais (Galli *et al.*, 2022)

Paralelamente, os tocoferóis (Vitamina E) apresentam uma estrutura distinta, composta por um anel cromanol e uma cadeia lateral hidrofóbica (fitol) de 16 carbonos. Essa cadeia é determinante para a lipossolubilidade da vitamina (**Figura 3**). Diferem-se dos tocotrienóis pela saturação dessa cadeia lateral; enquanto os tocoferóis possuem cadeia saturada, os tocotrienóis apresentam insaturações. Suas fontes primárias incluem óleos vegetais, sementes oleaginosas e gérmen de trigo, sendo o isômero  $\alpha$ -tocoferol o mais biologicamente ativo (Szewczyk *et al.*, 2021).

**Figura 3.** Estrutura molecular do  $\alpha$ -tocoferol, destacando o anel cromanol (sítio antioxidante) e a cadeia lateral fitol.



Fonte: Wikimedia Commons (2024). Domínio Público.

### 3.2. Mecanismos de Ação e Benefícios à Saúde

A funcionalidade desses compostos transcende a nutrição básica, atuando em vias metabólicas cruciais. No caso dos carotenoides, a função clássica de pró-Vitamina A é bem estabelecida: compostos como o  $\beta$ -caroteno sofrem clivagem (central ou excêntrica) no organismo, convertendo-se em retinol, essencial para a visão e diferenciação celular (Chen *et al.*, 2025)

Contudo, a ciência atual expandiu esse escopo. Bas (2024) destacam que a biodisponibilidade natural desses compostos é baixa (10-50%), o que impulsionou o desenvolvimento de sistemas de nanoencapsulação para potencializar sua absorção. Além disso, a aplicação em cosmecêuticos ganhou força: Shanaida *et al.* (2025) demonstraram que carotenoides como a astaxantina atuam no combate ao fotoenvelhecimento, protegendo a pele contra danos UV e estresse oxidativo.

Já os tocoferóis atuam como potentes antioxidantes biológicos, protegendo as membranas celulares através da doação de hidrogênio de seu grupo hidroxila para neutralizar radicais livres. Essa ação clássica previne a peroxidação lipídica em cascata (Trugilho *et al.*, 2025). Atualizações recentes trouxeram novas perspectivas clínicas:

**(i). Neuroproteção:** Nogueira *et al.* (2023) evidenciaram que o  $\alpha$ -tocoferol é vital para a integridade neuronal, atuando na prevenção de doenças neurodegenerativas como o Alzheimer ao reduzir a inflamação no tecido nervoso.

**(ii). Oncologia:** No combate ao câncer, especificamente o de mama, Sousa *et al.* (2024) relataram que derivados da Vitamina E podem induzir apoptose (morte celular programada) em células tumorais sem apresentar a mesma toxicidade para células saudáveis, sugerindo um potencial quimiopreventivo seletivo.

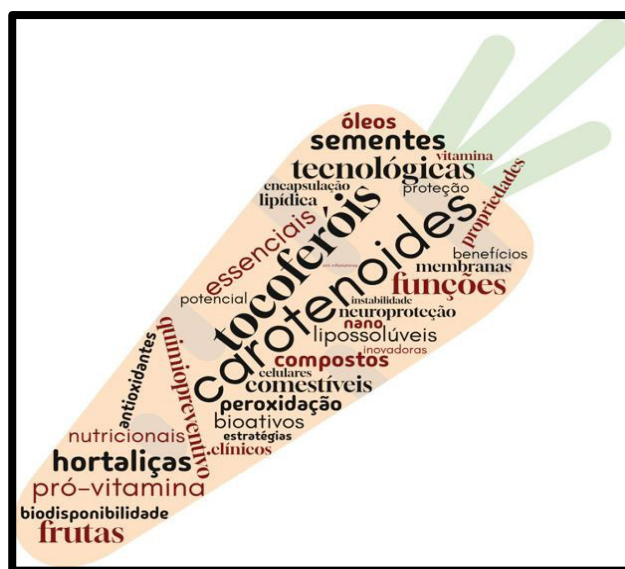
### 3.3. Estabilidade, Cor e Sinergia

A aplicação industrial desses compostos enfrenta o desafio da estabilidade, tanto carotenoides quanto tocoferóis são suscetíveis à degradação por fatores como luz,

oxigênio, temperatura e presença de metais. A oxidação resulta não apenas na perda da atividade biológica, mas na alteração da cor, um atributo sensorial decisivo para a aceitação do produto pelo consumidor (Ranasinghe *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a sinergia entre os dois compostos é fundamental. Os tocoferóis são amplamente utilizados pela indústria como aditivos antioxidantes para estabilizar alimentos gordurosos. Ao protegerem os ácidos graxos insaturados da oxidação, os tocoferóis indiretamente protegem outros compostos lipofílicos presentes na matriz, como os carotenoides, preservando a cor e o valor nutricional do produto final. Essa interação reforça a importância de se considerar a matriz alimentar completa, conforme sugerido pelas diretrizes nutricionais mais recentes (Phillips *et al.*, 2023), em vez do isolamento dos compostos.

**Figura 4.** Nuvem de palavras destacando os termos mais frequentes relacionados as propriedades dos carotenoides e tocoferóis



Foram identificadas nos artigos analisados, mais de 50 palavras-chave. Desenvolveu-se, então, a nuvem de palavras, baseada na frequência de termos usados nos títulos das publicações consultadas, destacando três termos principais: “carotenoides”, “tocoferóis” e “compostos bioativos”, as quais constituem o objeto da pesquisa (Figura 4).

As palavras mais frequentes ilustram sobre a temática estudada “Carotenoides e tocoferóis como compostos bioativos” são carotenoides, tocoferóis, pró-vitamina, hortaliças, frutas e funções. Crupi *et al.* (2023) também abordaram largamente os



termos supracitados em seu estudo sobre a visão geral dos potenciais efeitos benéficos dos carotenoides na saúde e no bem-estar do consumidor.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os carotenoides e os tocoferóis, como visto na literatura, são compostos bioativos lipossolúveis de grande importância principalmente para a saúde humana, como para a indústria alimentícia. Tais nutrientes desempenham funções clássicas, como pigmentos e antioxidantes, sendo alvos de vários estudos que ampliam sua aplicabilidade.

Com isso, em todos os trabalhos, é destacado a importância desses compostos na prevenção de doenças como crônicas, e também na inovação tecnológica que são voltadas para suplementos e alimentos funcionais. No trabalho de González-Peña *et al.* (2023), demonstra a instabilidade química e a baixa solubilidade dos carotenoides, e ele propõe técnicas modernas de encapsulação como solução para aumentar a biodisponibilidade. Já Em contrapartida, Rapoport *et al.* (2021) ampliam a discussão ao mostrar que leveduras e fungos são fontes alternativas de carotenoides, além de aplicações industriais como corantes naturais.

O estudo foi fundamentado em pesquisas bibliográficas recentes (2020-2025), e permitiu reunir e analisar evidências sobre a estrutura, funções e aplicações dos tocoferóis e carotenoides. Essa abordagem descritiva e qualitativa possibilitou compreender não apenas os avanços tecnológicos e clínicos, como também permitiu observar os aspectos químicos e nutricionais desses compostos em si, no que amplia seu potencial de uso.

Além de sua função clássica como precursores de vitamina A (no caso dos carotenoides provitamínicos), os carotenoides demonstraram resultados de propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes que se estendem para aplicações em cosméticos e em alimentos funcionais. A biodisponibilidade baixa natural desses pigmentos, que é apontada por Bas (2024), tem sido superada pelas estratégias como a nanoencapsulação, enquanto os estudos de Shanida *et al.* (2025) reforçam o seu papel na proteção contra o envelhecimento cutâneo. Denota-se que a sustentabilidade é um eixo central nos estudos de Meléndez-Martínez *et al.* (2022) e



Rapoport *et al.* (2021) destacam o uso de microrganismos e a extração verde como alternativas que são viáveis para ampliar a oferta desses compostos sem comprometer os recursos naturais.

No caso dos tocoferóis, a literatura evidencia novas perspectivas clínicas, mas também traz sua ação antioxidante clássica na proteção de membranas celulares. Nogueira *et al.* (2023) mostrou que o papel neuroprotetor do  $\alpha$ -tocoferol, enquanto o trabalho de Sousa *et al.* (2024), evidenciou sua capacidade de induzir apoptose seletiva em células tumorais de mama, sugerindo assim o seu potencial quimiopreventivo. Também é analisado no estudo de Galli *et al.* (2022) as condições específicas, como a doença crônica, a deficiência relativa da vitamina E, e compromete a defesa antioxidante.

Dessa forma, as análises integradas confirmam que a associação entre tocoferóis e carotenoides é estratégica, tanto no ponto de vista nutricional, quanto no ponto de vista tecnológico. Os tocoferóis garantem estabilidade oxidativa e proteção celular, enquanto os carotenoides conferem cor e apelo sensorial. As recomendações nutricionais atuais priorizam a obtenção desses compostos por meio da dieta, em vez da suplementação isolada, e destacando a importância de considerar a matriz alimentar completa, como citado pelo autor Phillips *et al.* (2023).

Os tocoferóis e carotenoides não apenas sustentam funções nutricionais importantes, mas também apresentam e representam pilares para o desenvolvimento de alimentos funcionais, suplementos e aplicações farmacêuticas. Sendo os avanços tecnológicos, a busca por fontes sustentáveis, e as evidências clínicas recentes consolidam esses compostos como elementos chaves para a qualidade de vida, para a saúde e a inovação na indústria alimentícia e biomédica.

## 5. REFERÊNCIAS

BAS, T. G. Bioactivity and bioavailability of carotenoids applied in human health: technological advances and innovation. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 14, p. 7603, 2024. <https://doi.org/10.3390/ijms25147603>

CHEN, M. *et al.* Antioxidant-independent activities of alpha-tocopherol. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 301, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jbc.2025.108327>



CRUPI, P. et al. Overview of the potential beneficial effects of carotenoids on consumer health and well-being. **Antioxidants**, v. 12, n. 2, p. 345, 2023. <https://doi.org/10.3390/antiox12051069>

GALLI, F. et al. Vitamin E (Alpha-Tocopherol) metabolism and nutrition in chronic kidney disease. **Antioxidants**, v. 11, n. 5, p. 789, 2022. <https://doi.org/10.3390/antiox11050989>

GAMNA, F. et al. Vitamin E: a review of its application and methods. **Molecules**, v. 26, n. 15, p. 1-18, 2021. <https://doi.org/10.3390/ma14133691>

GONZÁLEZ-PEÑA, M. A. et al. Chemistry, occurrence, properties, applications, and encapsulation of carotenoids. **Molecules**, v. 28, n. 15, p. 5567, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12020313>

MARDANI, M. et al. Enzymatic lipophilization of bioactive compounds with high antioxidant activity: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 64, p. 4977-4994, 2022. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2147268>

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J. et al. Carotenoids: dietary sources, extraction, encapsulation, bioavailability, and health benefits. **Antioxidants**, v. 11, n. 4, p. 795, 2022. <https://doi.org/10.3390/antiox11040795>

MOLTENI, C.; LA MOTTA, C.; VALOPPI, F. Improving the bioaccessibility and bioavailability of carotenoids by means of nanostructured delivery systems: a comprehensive review. **Antioxidants**, v. 11, n. 1931, p. 1-30, 2022. <https://doi.org/10.3390/antiox11101931>

NOGUEIRA, L. V. M. et al. Efeitos neuroprotetores do  $\alpha$ -tocoferol na prevenção e no controle de doenças neurodegenerativas. In: Simpósio Internacional de Iniciação Científica e Tecnológica da USP. São Paulo: USP, 2023.

PHILLIPS, T. et al. Vitamin E – a scoping review for nordic nutrition recommendations 2023. **Food & Nutrition Research**, v. 67, 2023. <https://doi.org/10.29219/fnr.v67.10229>

RANASINGHE, R.; MATHAI, M.; ZULLI, A. Revisiting the therapeutic potential of tocotrienol. **Biofactors (Oxford, England)**, v. 48, p. 813-856, 2022. <https://doi.org/10.1002/biof.1873>.

RAPOPORT, A. et al. Carotenoids and some other pigments from fungi and yeasts. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 105, n. 10, p. 3985–4002, 2021. <https://doi.org/10.3390/metabo11020092>

SHANAIDA, M. et al. Carotenoids for antiaging: nutraceutical, pharmaceutical, and cosmeceutical applications. **Pharmaceuticals**, v. 18, n. 3, 2025. <https://doi.org/10.3390/ph18030403>

SOUSA, B. T. S. et al. Mecanismos de atuação dos derivados da vitamina E no combate



ao câncer de mama: uma revisão integrativa. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 24, n. 2, p. e14862, 2024. <https://doi.org/10.25248/reas.e14862.2024>

SZEMCZYK, K. *et al.* Dietary vitamin E isoforms intake: development of a new tool and its application. **Nutrients**, v. 15, n. 2, p. 230-242, 2023. <https://doi.org/10.3390/nu15173759>

SZEWCZYK, K.; CHOJNACKA, A.; GÓRNICKA, M. Tocopherols and tocotrienols - bioactive dietary compounds, What is certain, what is doubt?. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijms22126222>

TRUGILHO, L. *et al.* Effects of tocotrienol on cardiovascular risk markers in patients with chronic kidney disease: a randomized controlled trial. **Journal of Nutrition and Metabolism**, 2025. <https://doi.org/10.1155/inme/8482883>

WIKIMEDIA COMMONS. Alpha-tocopherol chemical structure. 2024. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alpha-tocopherol.svg>. Acesso em: 30 nov. 2025.

WIKIMEDIA COMMONS. Beta-carotene chemical structure. 2024. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Beta-carotene.svg>. Acesso em: 30 nov. 2025.

XIONG, Z. *et al.* Vitamin E and multiple health outcomes: an umbrella review. **Frontiers in Nutrition**, v. 10, p. 1-15, 2023. <https://doi.org/10.3390/nu15153301>