

Os benefícios do caratenoides para a saúde

The health benefits of carotenoids

Los beneficios para la salud de los carotenoides

Recebido: 20/11/2022 | Revisado: 04/12/2022 | Aceitado: 05/12/2022 | Publicado: 14/12/2022

Bruna Teles Oliveira Viana

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1012-3410>
Faculdade Integrada Carajás, Brasil
E-mail: buhtelles17@gmail.com

Daiany Alves Adorno

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1686-6699>
Faculdade Integrada Carajás, Brasil
E-mail: adornodaiany@gmail.com

Jânio Sousa Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2180-1109>
Faculdade Integrada Carajás, Brasil
E-mail: santosjs.food@gmail.com

Resumo

Alimentos funcionais são formados por compostos químicos que possuem efeitos metabólicos e atuam na prevenção e combate de doenças. Entre esses compostos naturais, pode-se ressaltar os carotenoides como relevante na dieta, tendo em vista os benefícios apresentados por seu consumo. É importante ressaltar que os carotenoides exercem um papel importante na saúde humana, tendo em vista suas propriedades antioxidante, anti-inflamatório, auxiliando ainda na prevenção de algumas doenças crônicas. Teoricamente o estudo permite a explanação dos conceitos atrelados à temática, por meio de autores que embasam e ratificam os descritos. Dessa maneira, contribui diretamente para a aplicação dos estudos referentes aos alimentos funcionais e seus compostos. O presente artigo traz uma revisão narrativa por meio da pesquisa bibliográfica como procedimento metodológico. Vale dizer que os compostos carotenoides não são utilizados somente para a intensificação e coloração dos alimentos, pois, além da indústria alimentícia, seu uso pode se estender à indústria farmacêutica e nutracêutica. Para essas indústrias, seus compostos utilizados principalmente em fórmulas de cosméticos, explorando suas propriedades, em potencial as nutricionais e antioxidantes. Espera-se ainda que os resultados da pesquisa contribuam para a disseminação de conhecimento sobre os alimentos e seus benefícios, de forma que haja maior entendimento de como estes podem ser utilizados para finalidade específica, principalmente como forma de combate ou prevenção de doenças.

Palavras-chave: Funcionalidades; Propriedades; Pigmento; Resultados; Prevenção.

Abstract

Functional foods are formed by chemical compounds that have metabolic effects and act in the prevention and fight of diseases. Among these natural compounds, carotenoids can be highlighted as relevant in the diet, in view of the benefits presented by their consumption. It is important to emphasize that carotenoids play an important role in human health, in view of their antioxidant and anti-inflammatory properties, as well as helping to prevent some chronic diseases. Theoretically, the study allows the explanation of the concepts linked to the theme, through authors who support and ratify those described. In this way, it directly contributes to the application of studies related to functional foods and their compounds. This article presents a narrative review through bibliographic research as a methodological procedure. It is worth mentioning that carotenoid compounds are not only used for the intensification and coloring of foods, because, in addition to the food industry, their use can be extended to the pharmaceutical and nutraceutical industry. For these industries, their compounds are mainly used in cosmetic formulas, exploring their potential nutritional and antioxidant properties. It is also expected that the research results will contribute to the dissemination of knowledge about food and its benefits, so that there is a greater understanding of how they can be used for a specific purpose, mainly as a way of combating or preventing diseases.

Keywords: Features; Properties; Pigment; Results; Prevention.

Resumen

Los alimentos funcionales están formados por compuestos químicos que tienen efectos metabólicos y actúan en la prevención y combate de enfermedades. Entre estos compuestos naturales, se pueden destacar los carotenoides como relevantes en la dieta, en vista de los beneficios que presenta su consumo. Es importante recalcar que los carotenoides juegan un papel importante en la salud humana, dadas sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, además de ayudar a prevenir algunas enfermedades crónicas. Teóricamente, el estudio permite la explicación de los conceptos

vinculados al tema, a través de autores que sustentan y ratifican los descritos. De esta forma, contribuye directamente a la aplicación de estudios relacionados con los alimentos funcionales y sus compuestos. Este artículo presenta una revisión narrativa a través de la investigación bibliográfica como procedimiento metodológico. Cabe mencionar que los compuestos carotenoides no solo se utilizan para la intensificación y coloración de alimentos, pues, además de la industria alimentaria, su uso puede extenderse a la industria farmacéutica y nutracéutica. Para estas industrias, sus compuestos se utilizan principalmente en fórmulas cosméticas, explorando sus potenciales propiedades nutricionales y antioxidantes. También se espera que los resultados de la investigación contribuyan a la difusión del conocimiento sobre los alimentos y sus beneficios, de modo que haya una mayor comprensión de cómo se pueden utilizar para un fin específico, principalmente como forma de combatir o prevenir enfermedades.

Palabras clave: Características; Propiedades; Pigmento; Resultados; Prevención.

1. Introdução

Há atualmente uma grande preocupação em torno da saúde e busca de qualidade de vida. Frente a isso, a população tem cada vez mais buscado uma alimentação saudável como forma de melhoria geral de saúde, principalmente por meio dos alimentos funcionais.

Os alimentos funcionais são formados por compostos químicos que possuem efeitos metabólicos e atuam na prevenção e combate de doenças (Vidal et al., 2012). Entre esses compostos naturais, pode-se ressaltar os carotenoides como relevante na dieta, tendo em vista os benefícios apresentados por seu consumo (Bogacz-Radomska, et al., 2020).

Os carotenoides são pigmentos tetraterpenoides orgânicos, que apresentam colorações que variam entre o amarelo, laranja e vermelho (Fontana et al., 2000), sendo encontrados em fontes animais, vegetais e fungos (Venil et al., 2020).

É importante ressaltar que os carotenoides exercem um papel importante na saúde humana, tendo em vista suas propriedades antioxidante, anti-inflamatório, auxiliando ainda na prevenção de algumas doenças crônicas, tais como, diabetes mellitus, doenças cardíacas, oculares e degenerativas ocasionadas pela idade, prevenindo o envelhecimento (Rivera-Madri et al., 2020; Shilpa et al., 2020).

A preocupação em torno da alimentação tem feito com que o tema seja alvo de estudos, tendo em vista a grande importância dos alimentos na vida das pessoas, sendo vista não somente como fonte nutricional, mas como fonte de compostos que impactam diretamente a saúde humana.

A realização desse trabalho é de suma importância para a comunidade científica, uma vez que proporciona uma nova forma de olhar para os alimentos, verificando seus benefícios no combate e tratamento de doenças.

Teoricamente o estudo permite a explanação dos conceitos atrelados à temática, por meio de autores que embasam e ratificam os descritos. Dessa maneira, contribui diretamente para a aplicação dos estudos referentes aos alimentos funcionais e seus compostos.

E, para o meio acadêmico, oportuniza o entendimento por parte dos futuros profissionais, permitido um novo olhar para as funcionalidades dos alimentos bem como para seu atrelamento à saúde.

Nesse sentido, o estudo se justifica tendo em vista a contribuição dos compostos funcionais dos alimentos, mais especificamente os carotenoides frente à prevenção e tratamento de doenças, demonstrando sua importância na promoção de saúde. Apresentando uma revisão de literatura quanto aos benefícios do uso dos carotenoides para a saúde.

Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo apresentar uma revisão de literatura quanto aos benefícios do uso dos carotenoides para a saúde, ressaltando os conceitos envolvidos e demonstrando as funcionalidades apresentadas pelos carotenoides.

2. Metodologia

O presente artigo trouxe uma revisão narrativa por meio da pesquisa bibliográfica como procedimento metodológico. Nesse sentido, a pesquisa foi desenvolvida de forma a se atingir os objetivos determinados. Para isso, o objeto de estudo foi

determinado, bem como os objetivos da pesquisa. Sequencialmente, foi realizado um levantamento da bibliografia referente ao tema, para que se embase a exploração dos benefícios dos carotenoides para a saúde, por meio dos descritos de estudiosos sobre o tema.

A coleta de dados foi realizada em documentos científicos online, por meio de buscas nas bases de dados eletrônica como: Biblioteca Virtual em Saúde (BVS BRASIL), *Scientific Electronic Library Online* (Scielo) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) como apresentado por Lima, et al., (2021). O recorte temporal foi a partir do ano de 1999, até o presente ano (2022), utilizando as palavras-chave: Carotenoide; Compostos funcionais; Alimentos funcionais.

Em seguida, foram selecionados os artigos mais relevantes, e realizada as extrações de dados sobre a temática, permitindo melhor análise e apontamentos para as abordagens, bem como a importância das informações sobre uso dos carotenoides para a saúde humana.

3. Resultados e Discussão

Alimentos Funcionais

O termo alimento funcional surgiu no Japão, na década de 80, devido crescimento da população idosa e a preocupação em torno da prevenção das doenças crônicas e degenerativas. Nesse sentido, estudos passaram a ser realizados acerca desses alimentos, de forma a explorar suas funcionalidades e verificar os benefícios que podem apresentar, contribuindo para a saúde, seja na prevenção ou combate a doenças. Tendo a compreensão acerca das propriedades e do quanto auxiliam na promoção da saúde, os alimentos funcionais passaram a ser incorporados nas indústrias alimentícias e vem sendo disponibilizado de forma mais acessível no mercado, facilitando o consumo diário de uma alimentação saudável. São definidos como alimentos funcionais aqueles que além de desenvolver suas funções básicas nutricionais, proporciona benefícios à saúde física e mental e atua na prevenção e tratamento de doenças (De Angelis, 2001).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) considera um alimento com propriedade funcional: “aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente e/ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e/outras funções normais do organismo humano” (Brasil, 1999). Esses alimentos se apresentam de diversas maneiras, seja em derivados de plantas, alimentos geneticamente construídos, nutrientes isolados, alimentos processados, suplementos dietéticos, dentre outros (Anjo, 2004).

É importante ressaltar que, para que haja uma melhor absorção dos seus compostos, os alimentos funcionais devem ser ingeridos diariamente, de forma regular e associado a hábitos saudáveis na alimentação, pelo consumo de frutas, hortaliças, fibras e alimentos integrais (Vidal et al., 2012).

Os alimentos funcionais possuem compostos bioativos, que são como nutrientes que apresentam ação metabólica ou fisiológica específica, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Compostos, efeitos fisiológicos e fonte de alimentos funcionais.

Compostos Bioativos	Efeito	Fonte
Carotenoides	Atividade antioxidante e anticancerígena (útero, próstata, seio, colón, reto e pulmão)	Frutas (melancia, mamão, melão, damasco, pêssego), verduras (cenoura, espinafre, abobora, brócolis, tomate, inhame, nabo)
Fitosteróis	Redução dos níveis de colesterol total e LDL- colesterol	Óleos vegetais, sementes, nozes e algumas frutas e vegetais
Flavonoides	Atividade antioxidante, redução do risco de câncer e de doença cardiovascular	Frutas cítricas, brócolis, couve, tomate, berinjela, seja, abobora, salsa, nozes, cereja
Isoflavonas	Inibição do acúmulo de estrogênio, redução das enzimas carcinogênicas	Leguminosas (principalmente soja), legumes
Catequinas	Atividade antioxidante, redução do risco de doença cardiovascular	Uva, vinho tinto, morango, chá verde, chá preto, cacau
Antocianinas	Atividade antioxidante, proteção contra mutagênese	Frutas (amora e framboesa)
Ácidos graxos α -3 e α -6	Redução do risco de câncer e de doenças cardiovasculares, redução da pressão arterial	Peixes de água fria, óleo de canola, linhaça e nozes
Oligossacarídeos e Polissacarídeos	Redução do risco de câncer e dos níveis de colesterol	Frutas, verduras, leguminosas, cereais
Prebióticos e Probióticos	Regulação do trânsito intestinal e da pressão arterial, redução do risco de câncer e dos níveis de colesterol total	Raiz de chicória, cebola, alho, tomate, aspargo, alcachofra, banana, aveia, trigo, mel

Fonte: Anjo (2004).

A fonte dos compostos pode ser encontrada principalmente em frutas, verduras e leguminosas, e seus efeitos fisiológicos se dá devido a sua ação em várias células, proporcionando benefícios à saúde de um modo geral (Manach *et al.*, 2005).

Segundo Chaves (2015), além dos compostos descritos, ainda existem outros como os carboidratos não digeríveis, antioxidantes, esteroides vegetais e fitoestrógenos.

Anjo (2004) ressalta ainda, que entre os compostos bioativos presentes em alimentos o que mais se destacam são os terpenóides, os compostos nitrogenados, as substâncias fenólicas, os ácidos graxos, os oligossacarídeos e polissacarídeos.

A importância desses compostos se dá por sua atuação na prevenção e tratamento de doenças como câncer, cardiopatias, alergias e inflamações (Anjo, 2004).

Carotenoides

O carotenoide são substâncias provenientes da classe dos terpenoides, que dão funcionalidades aos alimentos e formam a maior classe dos produtos naturais (Dewick, 2002), apresentando grande importância na alimentação (Batista *et al.*, 2006).

Consiste em um grupo com mais de 700 pigmentos em sua estrutura, sendo estes de coloração que variam entre amarelo, laranja e vermelho, encontrados primariamente em frutas e vegetais (Mesquita *et al.*, 2017). Vale dizer que possuem em sua estrutura 40 carbonos que se subdividem em 8 grupos de isoprenos (C₅H₈) ligados a uma cadeia única e longa (Nelson, & Cox, 2011).

As substâncias podem ser encontradas na natureza de diversas maneiras em micro-organismos e animais, como por exemplo bactérias, fungos, algas, plantas, sendo estes capazes de produzir a pigmentação e nos animais, como aves, crustáceos e peixes, em que os pigmentos se acumulam no organismo por meio da alimentação (Mesquita *et al.*, 2017).

É importante ressaltar que, a obtenção dos carotenoides é permitida por meio de dieta e os benefícios proporcionados podem ser usufruídos tendo em vista o acúmulo em maiores quantidades, dos seus compostos, nos tecidos e no plasma, desempenhando uma variedade de funções biológicas (Amengual, 2019).

Nas folhas os carotenoides se encontram nos cloroplastos, mascarados pela clorofila; e nas frutas, os carotenóides encontram-se nos cromoplastos, sendo que a quantidade de carotenoides aumenta durante a maturação, porque parte da clorofila se perde com a intensificação da cor (Saunders et al., 2000; Meléndez-Martínez et al., 2004a). Nos seres vivos, a maior concentração está no tecido adiposo e no fígado, sendo encontrados também no plasma, coração, músculo, rins, pulmão, pele e cérebro (Morais, 2006).

Segundo Morais (2006), os carotenóides presentes nas frutas dividem-se em dois grupos, de acordo com o tipo predominantes: β -caroteno (ex.: buriti, manga, goiaba) e β -criptoxantina (ex.: cajá, nectarina, mamão papaia, pequi, pitanga), podendo ainda apresentar predominância de outros carotenóides, como o pequi, onde predomina a zeaxantina, e a goiaba, o mamão papaia e a pitanga, predominando o licopeno.

Funcionalidades dos carotenoides

Os carotenoides desempenham funções diversas que atuam na promoção de saúde, seja de forma preventiva ou no tratamento de doenças, sendo, nesse sentido benéfico para a saúde humana.

Entre suas funcionalidades, pode-se citar como uma das mais importantes a antioxidante, onde os carotenoides devido a sua estrutura podem interagir e eliminar radicais livres presentes no organismo (Foo et al., 2017). Assim, os compostos atuam na prevenção de doenças associadas ao processo de estresse oxidativo como câncer, catarata, arteriosclerose e retardo de envelhecimento (Ribeiro & Seravalli, 2004).

A atividade provitamina A é outra que se destaca bastante. Nesse caso, há no corpo humano, a conversão de alguns carotenoides em vitamina A (retinol), de forma que a ingestão de alimentos com os compostos dos carotenoides desempenha um papel nutricional importante, uma vez que atuam na redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas degenerativas como câncer, doenças cardiovasculares, osteoporose, inflamação e diabetes tipo II, entre outras (Fontana *et al.*, 2000; Morais, 2006).

É importante ressaltar que no organismo, a vitamina A possui várias funções como formação de pigmentos fotossensíveis da retina (rodopsina), sendo responsável pelo bom funcionamento da visão, sistema imunológico e boa formação e embrionária crescimento, reprodução, proliferação celular, diferenciação celular e integridade do sistema imune (Weil, 2000).

Porém, a vitamina não é sintetizada pelo organismo, sendo encontrada nos alimentos de origem vegetal como goiaba, nectarina, cenoura, couve e pimentões; e nos alimentos de origem animal, como fígado, queijo, manteiga, leite integral, gema de ovo e peixe (Sackheim & Lehman, 2001). Podendo a falta desta vitamina no organismo pode causar sérios riscos à saúde (Ambrósio et al., 2006).

Uenojo et al. (2007) ressalta ainda que os carotenoides possuem grandes efeitos benéficos contra doenças desencadeadas pelo envelhecimento, além de apresentar positividade no tratamento de doenças crônicas. Chaves (2015) afirma ainda que o consumo dos carotenoides está associado à redução de câncer, como de mama, esôfago, faringe, bexiga e pâncreas.

Aplicações dos carotenoides

Os carotenoides têm apresentado excelentes vantagens principalmente, quando adquiridos a partir de resíduos e subprodutos, o que se torna um grande desafio para as indústrias, além de oferecer excelentes oportunidades em diversas áreas de aplicação (Martins et al., 2016), farmacêutico, nutracêutico e alimentício (Berman et al., 2014).

Há no mercado uma gama disponível de carotenoides, onde inicialmente, em sua maioria eram extraídos de fontes vegetais, por meio de síntese química e atualmente tem se destacado o interesse pela síntese biotecnológica, devido a facilidade frente à necessidade de pequena área para produção, independência das variações climáticas, estações do ano, composição do solo, facilidade de controle das condições de cultivo e maior produtividade (Mesquita et al., 2017).

Os diversos carotenoides existentes na natureza podem ser utilizados e aplicados de diferentes maneiras, em vários setores do mercado, tendo uma aplicabilidade dentro da finalidade que se destina. O mercado de carotenoides é segmentado em astaxantina, betacaroteno, luteína, licopeno, cantaxantina e zeaxantina, além dos outros tipos (capsantina, urucum, alfacaroteno e apocarotenal), tendo como principal a astaxantina (Silva et al., 2020).

Na indústria de alimentos, os pigmentos são utilizados como corantes artificiais em bebidas e produtos alimentícios processados, devido a sua alta estabilidade e solubilidade. Além disso, os carotenoides têm desempenhado um excelente papel na dieta humana, principalmente pelas suas ações antitumorais, antioxidantes e mutagênicas (Saini et al., 2018).

Uma de suas maiores utilizações no mercado, consiste no corante alimentício natural com compostos benéficos à saúde, tendo em vista as nocividades dos corantes industrializados. Os corantes naturais para alimentos são uma opção renovável, proporcionando benefícios à saúde e atributos tecnológicos e sensoriais interessantes para os sistemas alimentares que os contêm, sendo exploradas com o objetivo de fornecer a ampla gama de cores exigida pelos consumidores (Luzardo-Ocampo et al., 2021). Entre os mais utilizados, pode-se citar o extrato de urucum, curcumina, carmim de cochonilha, antocianinas e betalaínas (Mesquita et al., 2017).

Além disso, o autor ressalta que os carotenoides têm sido utilizados como suplemento nutricional e aditivos na alimentação de aves, interferindo na coloração da gema dos ovos, estando as xantofilas mais usada, por serem absorvidos e acumulados no organismo.

Ainda, Mesquita et al (2017) diz que, para facilitar comercialização de alguns frutos do mar, são incorporados alguns carotenoides para atuarem na coloração dos mesmos, incidindo diretamente na valoração do produto disponibilizado. Esse processo ocorre ainda para peixes e alguns crustáceos criados especificamente para consumo e precisam de intensificação de sua coloração, sendo os carotenoides mais utilizados nesse processo as astaxantina, cantaxantina e ou a mistura desses dois pigmentos (Bjerkeng, 2008).

Mas, vale dizer que os compostos carotenoides não são utilizados somente para a intensificação e coloração dos alimentos, pois, além da indústria alimentícia, seu uso pode se estender à indústria farmacêutica e nutracêutica. Para essas indústrias, seus compostos utilizados principalmente em fórmulas de cosméticos, explorando suas propriedades, em potencial as nutricionais e antioxidantes. Nesse cenário, os compostos são utilizados como intensificador e prolongador de bronzeado, permitindo melhora na colocação da pele (Mesquita et al., 2017). Além disso, Cho et al., (2000) mostra que estudos com suplementação de β -caroteno, indicam, mesmo que de forma moderada, que os carotenoides possuem efeito fotoprotetor dos raios solares UVA/UVB.

4. Considerações Finais

Tendo em vista a atuação e benefícios dos carotenoides bem como sua importância para a saúde, o é de grande relevância e contribuição no direcionamento aos cuidados e promoção da saúde.

Entende-se que o composto orgânico não promove cura de doenças crônicas, mas possui propriedades que auxiliam no tratamento e combate destas. Nesse sentido, compreender suas funcionalidades, bem como suas fontes, auxiliam na incorporação da substância no cotidiano da população.

Os resultados da pesquisa contribuem para a disseminação de conhecimento sobre os alimentos e seus benefícios, de forma que haja maior entendimento de como estes podem ser utilizados para finalidade específica, principalmente como forma de combate ou prevenção de doenças.

Referências

- Anjo, C. F. D. (2004). Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. *Sociedade Brasileira de Angiologia e Cirurgia Vascular*, 3(2), 145-154. <https://www.jvascbras.org/article/5e1f5f740e88256a3dd8495a/pdf/jvb-3-2-145.pdf>
- Ambrósio, C. L. B., Campos, F. D. A. C., & Faro, Z. P. D. (2006). Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. *Revista de Nutrição*, 19, 233-243. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732006000200010>
- Amengual, J. (2019). Bioactive Properties of Carotenoids in Human Health. *Nutrients*. 11(10):2388. <https://doi.org/10.3390/nu11102388>
- Batista, M. A., Sant'ana, H. M. P., Chaves, J. B. P., & Aparecida, F. (2006). Carotenos e provitamina A em bortalha e ervas aromáticas comercializadas em Viçosa, Estado de Minas Gerais, durante as quatro estações do ano. *Acta Scientiarum, Maringá*, v. 28(1), 93-100.
- Berman, J., Zorrilla-López, U., Farré, G., Zhu, C., Sandmann, G., Twyman, R. M., & Christou, P. (2015). Nutritionally important carotenoids as consumer products. *Phytochemistry Reviews*, 14(5), 727-743. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11101-014-9373-1>
- Bjerkeng, B. (2008). *Carotenoids: Natural functions*. Britton, G.; Liaaen-Jensen, S., Pfander, H., Birkhauser Verlag: Germany, 4, cap. 12.
- Bogacz-Radomska, L., Harasym, J., & Piwowar, A. (2020) *Commercialization Aspects of Carotenoids*. In: Galanakis, C. K., Ed., *Carotenoids: Properties, Processing and Applications*, Elsevier, Amsterdam, 327-357. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817067-0.00010-5>
- Brasil. (1999). Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. *Resolução nº. 18, de 30 de abril de 1999*. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 03 de maio de 1999.
- Chaves, D. F. S. (2015). São Paulo. Valéria Paschoal Editora Ltda, 340.
- Cho, S., Shin, M. H., Kim, Y. K., Seo, J. E., Lee, Y. M., Park, C. H., & Chung, J. H. Effects of infrared radiation and heat on human skin aging in vivo. *J. Invest. Dermatol.*, 14,15– 19, 2009. doi:10.1038/jidsymp.2009.7
- De Angelis, R. C. (2001). Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidade degenerativas. São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte: Atheneu, p. 295.
- Dewick, P. (2002). *Medicinal Natural Products*. London, England: John Wiley e Sons LTDA. 2nd edition.
- Fontana, J. D., Mendes, S. V., Persike, D. S., Peracetta, L., & Passos, M. (2000). Carotenóides Cores Atraentes e Ação Biológica. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, 13, 40-45. <http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio13/caroteno.pdf>
- Foo, S. C., Yusoff, F. M., Ismail, M., Basri, M., Yau, S. K., Khong, N. M. H., Chan, K. W., & Ebrahimi, M. (2017). Antioxidant capacities of fucoxanthin-producing algae as influenced by their carotenoid and phenolic contents. *Journal of Biotechnology*, 241, 175-183. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.11.026>
- Luzardo-Ocampo, I., Ramírez-Jiménez, A. K., Yañez, J., Mojica, L., & Lunavital, D. A. (2021). Technological Applications of Natural Colorants in Food Systems: A Review. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(3), 634.
- Manach, C., Williamson, G., Morand, C., Saclbert, A., & Rémésy, C. (2005). Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans: I- A review of 97 bioavailability studies. *American Journal of Clinical Nutrition*. v. 81 (1), 230S-42S. 10.1093/ajcn/81.1.230S
- Martins, N., Roriz, C. L., Morales, P., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2016). Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. *Trends in Food Science & Technology*, 52, 1-15.
- Meléndez-Martínez, A. J., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2004b). Estabilidad de los pigmentos carotenóides em los alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Caracas, 54(2), 209-215. <http://www.scielo.org.ve/>
- Mesquita, S. S., Teixeira, C. M. L. L., & Servulo, E. F. C. (2017). Carotenoides: Propriedades, Aplicações e Mercado .Rev. Virtual de Química., 9 (2). <http://rvq.s bq.org.br/>
- Morais, F. L. (2006). Carotenóides: Características Biológicas e Químicas. Monografia – Curso de Qualidade em Alimentos IV Brasília – DF. https://bdm.unb.br/bitstream/10483/546/1/2006_FlaviaLuisaMorais.pdf
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2011). *Princípios de bioquímica de Lehninger*. Porto Alegre: Artmed. (6ª. ed.): Artmed.
- Ribeiro, E. P., & Seravalli, E. A. G. (2004). *Química de alimentos*. Instituto Mauá de Tecnologia. Editora Edgard Blucher Ltda, 1ª edição, São Paulo, 155-157.

- Rivera-Madrid, R., Carballo-Uicab, V. M., Cárdenas-Conejo, Y., AguilarEspinosa, M., & Siva, R. (2020). Overview of carotenoids and beneficial effects on human health. In C. M. Galanakis (Ed.), *Carotenoids: properties, processing and applications*. Cambridge: Academic Press., 1-40. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-817067-0.00001-4>.
- Sackheim, G. I., & Lehman, D.(2001). *Química e Bioquímica para ciências Biomédicas*. Editora Manole Ltda, (8ª edição), 553-554.
- Saini, R. K., & Keum, Y. S. (2018). Microbial platforms to produce commercially vital carotenoids at industrial scale: An updated review of critical issues. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 46(5), 657–674.
- Saunders, C., Ramalho, A., Accioly, E., & Paiva, F. (2000). Utilização de tabelas de composição de alimentos na avaliação do risco de hipovitaminose A. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Caracas, 50(3). <http://www.scielo.org/ve/>
- Shilpa, S., Shwetha, H. J., Raju, M., & Lakshminarayana, R. (2020). Factors affecting bioaccessibility and bio-efficacy of carotenoids. *Carotenoids: Properties, Processing and Applications*, 41–73. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817067-0.00002-6>
- Silva, N. F. B., Ferreira, J. V. S. F., Costa, B. A. M., Porto, A. L. F., & Oliveira, V. M. (2020). Carotenoides e suas bioatividades: Uma mini-revisão focada nas fontes aquáticas. In: *I Congresso Internacional da Agroindústria- I CIAGRO 2020. ANAIS do I Congresso Internacional da Agroindústria- I CIAGRO*.
- Uenojo, M., Maróstica, J., Pastore, M. R., & Maria, G. (2007). Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. *Química Nova*, 30(3), 616-622. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300022>
- Venil, C. K., Velmurugan, P., Dufossé, L., Devi, P. R., & Ravi, A. V. (2020). Fungal Pigments: Potential Coloring Compounds for Wide Ranging Applications in Textile Dyeing. *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*, 6(2), 68. <https://doi.org/10.3390/jof6020068>
- Vidal, A. M., Dias, D. O., Martins, S. E. S. M., Oliveira, R. S., Nascimento, R. M. S., & Correia, M. das G. S. (2012). A ingestão de alimentos funcionais e a contribuição para a diminuição da incidência de doenças. *Caderno de Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde*, 1(1), 43-52. <https://periodicos.set.edu.br/cadernobiologicas/article/view/284>
- Weil, J. H. (2000). *Bioquímica Geral*. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. (2ª edição), 316.