

Artigo**Carotenoides: Propriedades, Aplicações e Mercado****Mesquita, S. S.;* Teixeira, C. M. L. L.; Servulo, E. F. C.***Rev. Virtual Quim.*, 2017, 9 (2), 672-688. Data de publicação na Web: 17 de abril de 2017<http://rvq.sbj.org.br>**Carotenoids: Properties, Applications and Market**

Abstract: The increase of natural products demand has motivated the replacement of artificial colorants for natural ones, because, according to some researches, the consumption of artificial pigments can cause health damage. Carotenoids are natural lipophilic pigments, which can present the colors yellow, orange or red. They are widely distributed in nature in algae, plants, crustaceans, fishes, birds and microorganisms. These colorants can be applied in several kinds of industries, not only with the purpose of coloring, but also to enrich foods and even as food supplement components, animal feed, pharmaceuticals and cosmetics. In face of the carotenoid demand, it is estimated that the world market will move substantial amounts of money in the coming years. Considering this fact, in the Brazilian scenario, there can be an increase in imports, while the exports may remain as the last six years, with small changes, since in Brazil there are no investments on technology development for carotenoid production.

Keywords: Natural colorants; carotenoids; carotenoids properties; carotenoids applications; carotenoids market.

Resumo

A crescente busca por produtos naturais tem motivado a substituição de corantes artificiais por naturais, pois segundo alguns estudos, o consumo de corantes artificiais pode causar danos à saúde. Os carotenoides são corantes naturais, lipofílicos, com coloração amarela, laranja ou vermelha e se encontram amplamente distribuídos na natureza em algas, plantas, crustáceos, peixes, aves e micro-organismos. Esses pigmentos podem ser aplicados em diversas indústrias, não somente com a finalidade de colorir, como também para enriquecer alimentos e até mesmo compor suplementos alimentares, rações, fármacos e cosméticos. Diante do aumento da demanda por carotenoides, estima-se que o mercado mundial movimentará vultosas quantias nos próximos anos. Considerando este fato, no cenário nacional, pode haver a elevação das importações, enquanto as exportações poderão se manter como nos últimos seis anos, com valores irrisórios, uma vez que são escassos os investimentos no desenvolvimento tecnológico de produção de carotenoides no Brasil.

Palavras-chave: Corantes naturais; carotenoides; propriedades de carotenoides; aplicações de carotenoides; mercado de carotenoides.

* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Avenida Horácio Macedo, 2030, Laboratório de Microbiologia Industrial, 107, Cidade Universitária, CEP 21941-909, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

sabrinamesq@gmail.com

DOI: [10.21577/1984-6835.20170040](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20170040)

Carotenoides: Propriedades, Aplicações e Mercado

Sabrina da S. Mesquita,^{a,*} Cláudia M. L. L. Teixeira,^b Eliana F. C. Servulo^a

^a Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Avenida Horácio Macedo, 2030, Cidade Universitária, CEP 21941-909, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

^b Instituto Nacional de Tecnologia, Divisão de Energia, Laboratório de Biotecnologia de Microalgas, Avenida Venezuela, 82, Saúde, CEP 20081-310, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

* sabrinamesq@gmail.com

Recebido em 1 de julho de 2017. Aceito para publicação em 11 de abril de 2017

- 1. Introdução**
- 2. Carotenoides: estrutura e classificação**
- 3. Propriedades dos carotenoides**
 - 3.1. Atividade pró-vitamínica A**
 - 3.2. Atividade antioxidante**
- 4. Aplicações dos carotenoides**
 - 4.1. Indústria de alimentos**
 - 4.1. Avicultura e aquicultura**
 - 4.2. Indústria farmacêutica, nutracêutica e cosmeceutica**
- 5. O mercado de carotenoides**
- 6. Considerações Finais**

1. Introdução

A visão é um dos sentidos que exerce forte influência na aceitação ou rejeição de um produto por parte do mercado consumidor. Como exemplo, pode-se destacar a cor dos alimentos, que ainda é considerada a propriedade organoléptica que mais atrai os consumidores.¹ Por esse motivo, na produção de alimentos industrializados, são usadas toneladas de corantes artificiais e naturais.²

O uso intensivo de corantes artificiais para tornar os alimentos mais atraentes e, assim, estimular seu consumo, tem gerado discussões em vários países acerca dos danos que esses podem causar à saúde. Por conta disso, alguns corantes artificiais, como o amaranto, foram proibidos nos Estados Unidos,³ embora no Brasil o seu uso ainda seja permitido. Contudo, há um forte incentivo para o emprego de corantes naturais em alimentos devido à conscientização dos consumidores pelos problemas associados à ingestão de corantes artificiais.⁴

Na natureza são encontradas plantas, algas, micro-organismos e insetos que podem produzir corantes de diversas cores. Em vegetais, por exemplo, podem-se encontrar quatro grupos de corantes: clorofilas (verdes), carotenoides (amarelo, laranja e vermelho), antocianinas (vermelho, roxo e azul) e betaninas (vermelho).⁴ Dentre o grupo de corantes naturais mais usados destacam-se os carotenoides que, além de colorir, podem apresentar atividade biológica, de forma a promover benefícios à saúde.⁵ Tal fato tem favorecido o aumento da utilização de carotenoides não só na indústria de alimentos, como também nas indústrias farmacêutica, nutracêutica e cosmecêutica.⁶

Esta revisão bibliográfica tem como objetivo apresentar as características químicas, propriedades, aplicações industriais e um breve panorama do mercado brasileiro de carotenoides.

2. Carotenoides: estrutura e classificação

Os carotenoides formam um grupo de pigmentos naturais com aproximadamente 700 representantes que apresentam coloração amarela, laranja ou vermelha,^{7,8} à exceção dos carotenoides fitoeno e fitoflueno que são incolores.⁹

A ocorrência de carotenoides na natureza é abrangente e eles podem ser encontrados em vários seres vivos, desde micro-organismos até animais. Algumas espécies de bactérias, fungos, algas e plantas superiores são capazes de produzir estes pigmentos.⁸ Em animais, como crustáceos (camarão, lagosta, siri), aves (flamingo) e peixes (truta e salmão),^{10,11} esses pigmentos são acumulados no organismo por meio da alimentação.¹² Na tabela 1, foram compilados alguns exemplos de fontes produtoras, principais carotenoides produzidos e respectiva coloração.

Tabela 1. Exemplos de carotenoides encontrados na natureza, suas colorações e exemplos de fontes produtoras

Carotenoide	Coloração	Exemplos de fontes produtoras
Luteína	Amarela ¹³	<i>Chlorella sorokiniana</i> (microalga) ¹³ <i>Cucurbita moschata</i> (abóbora goianinha) ¹⁴
Zeaxantina	Amarela a laranja ¹³	<i>Dunaliella salina</i> (microalga) ¹³ Milho-verde ¹⁴
β-caroteno	Laranja ¹³	<i>Rhodotorula rubra</i> (levedura) ¹¹ <i>Malpighia glabra</i> (acerola) ¹⁴ <i>Daucus carota</i> (cenoura) ¹⁴
Bixina	Laranja ¹⁵	<i>Bixa orellana</i> (urucum) ¹⁵
Norbixina	Laranja ¹⁵	<i>Bixa orellana</i> (urucum) ¹⁵
Cantaxantina	Laranja a vermelha ¹⁶	<i>Haematococcus pluvialis</i> (microalga) ¹³ <i>Rhodococcus maris</i> (bactéria) ¹¹
Astaxantina	Vermelha ¹³	<i>Xanthophyllomyces dendrorhous</i> (levedura) ¹¹ <i>Chlorella zofingiensis</i> (microalga) ¹³

Os carotenoides são tetraterpenos (C40), formados a partir de unidades de isopreno, o isopentenil pirofosfato (IPP) e seu isômero dimetilalil difosfato (DMAFP), cada um contendo cinco átomos de carbono (C5).^{17,18} Essas moléculas podem ser obtidas pela via do ácido mevalônico (MVA) ou do

metileritritol fosfato (MEP), variando de acordo com o organismo produtor. Na primeira via há o uso de Acetyl-CoA para produzir IPP. Já na segunda, há a produção de IPP e DMAFP a partir de piruvato e gliceraldeído-3-fosfato (G3P).^{17,19}

Em plantas, a biossíntese de carotenoides segue a via MEP^{20,21} (Figura 1) que após reações sucessivas sintetiza IPP e DMAPP.^{17,19} A condensação desses dois isoprenos, resulta na formação da molécula de geranil difosfato (C10) que após duas reações de condensação com duas moléculas de IPP, produz a molécula geranil geranil difosfato (GGPP).¹⁷ Esta é precursora da molécula de fitoeno (C40), primeiro carotenoide formado, por meio da condensação de duas moléculas de

GGPP (C20).^{17,19}

As reações de ciclização, substituição, eliminação, adição e rearranjos na molécula de fitoeno possibilitam a formação de diferentes estruturas moleculares de carotenoides.¹² Ademais, as modificações na cadeia poliênica dão origem a carotenoides acíclicos (como a molécula de licopeno), monocíclicos (como a molécula de γ -caroteno) ou bicíclicos (como as moléculas de α - e β -caroteno).¹⁴

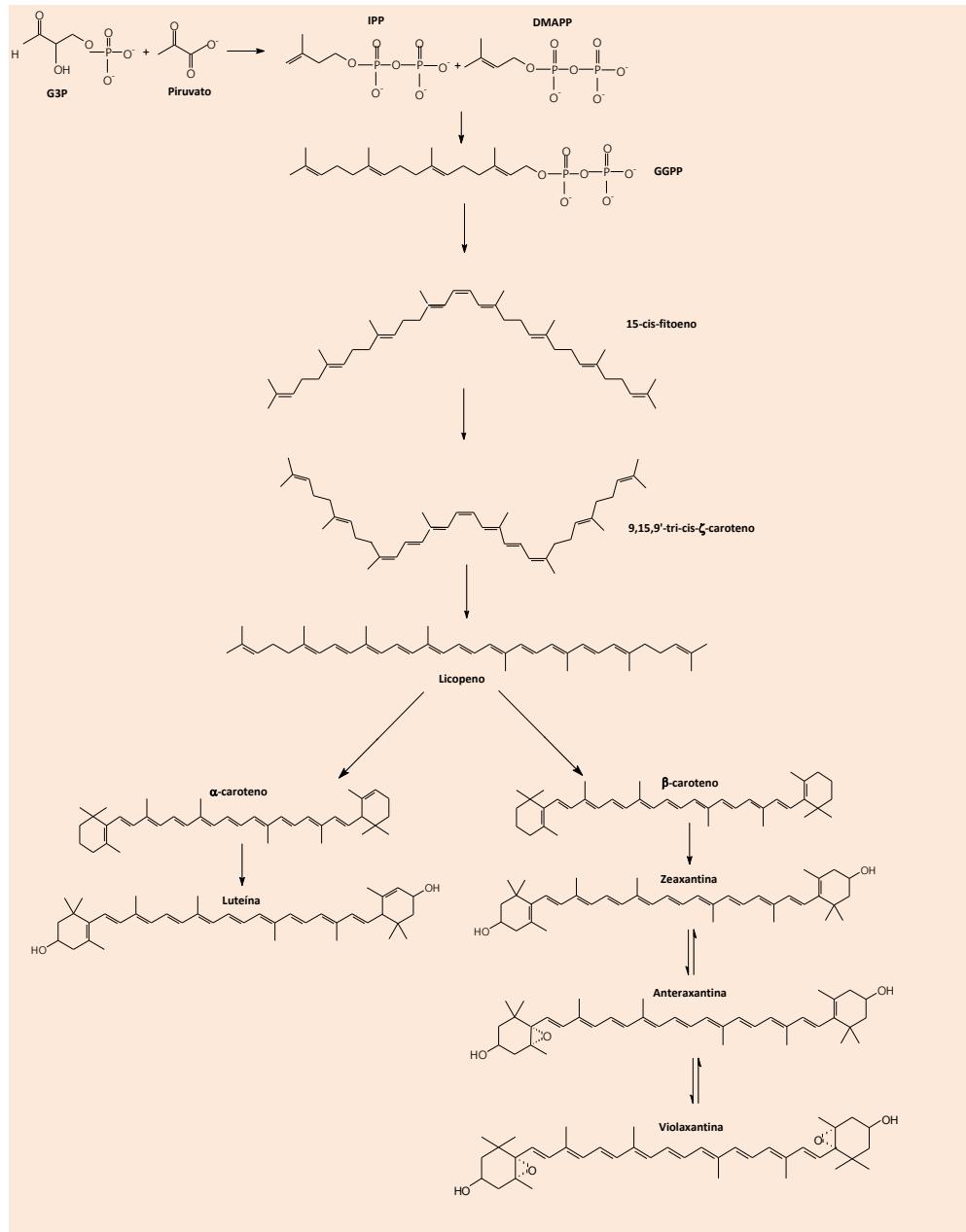


Figura 1. Rota simplificada de biossíntese de carotenoides em plantas (via MEP) (Adaptado da ref 21)

Existem, basicamente, duas classes de carotenoides: carotenos e xantofilas (Figura 2). A primeira classe caracteriza-se pela presença de uma cadeia hidrocarbonada linear ou ciclizada em um ou nos dois

terminais da molécula. Já as xantofilas compreendem os derivados oxigenados dos carotenos,²² cujos grupos são: hidroxila (β -criptoxantina), ceto (cantaxantina), epóxido (violaxantina) e aldeído (β -citraurina).¹⁴

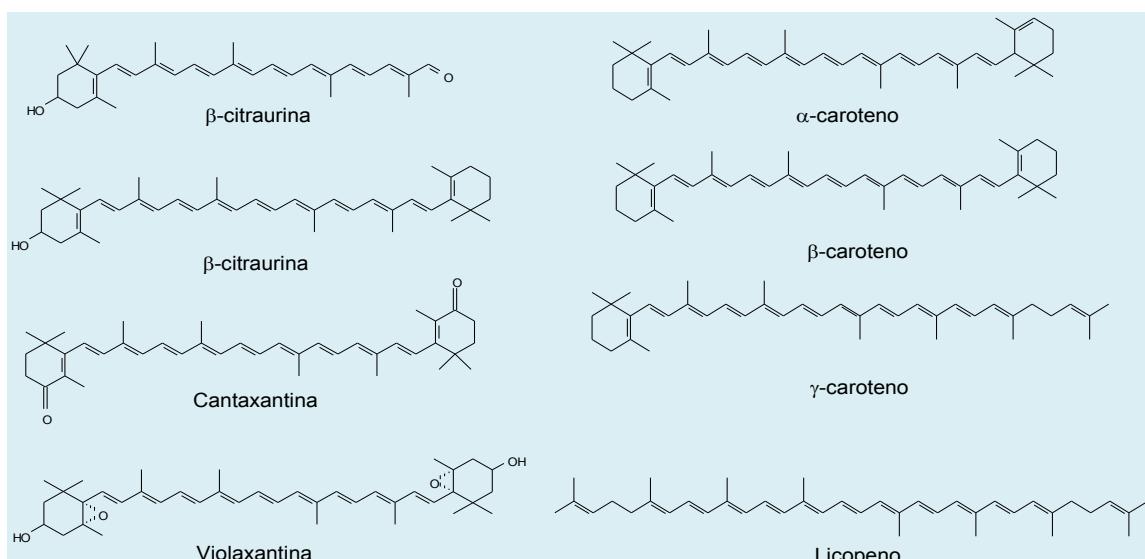


Figura 2. Exemplos de xantofilas à esquerda e de carotenos à direita

Além de moléculas com 40 átomos de carbono, é possível encontrar carotenoides com cadeias carbônicas maiores ou menores. A ocorrência de carotenoides com 45 ou 50 átomos de carbono se deve à adição de uma ou duas moléculas de isopreno ao esqueleto hidrocarbonado, como é o caso do carotenoide decaprenoxantina (Figura 3). Carotenoides com número de átomos de carbono inferior a 40 são divididos em

apocarotenoides e norcarotenoides. O primeiro grupo é gerado a partir de perdas de átomos de carbono nos terminais da cadeia hidrocarbonada, enquanto os norcarotenoides resultam de alterações no interior da cadeia.¹² A bixina é um exemplo de apocarotenóide composto por 25 átomos de carbono em sua estrutura molecular (Figura 3).

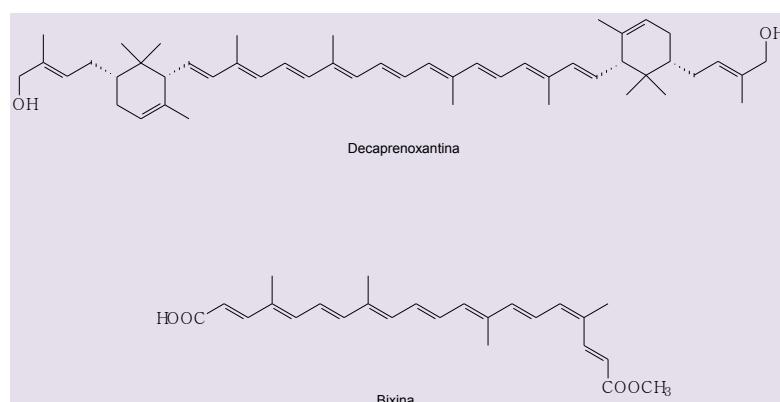


Figura 3. Estrutura molecular dos carotenoides decaprenoxantina com 50 átomos de carbono e bixina com 25 átomos de carbono

3. Propriedades dos carotenoides

3.1. Atividade pró-vitamina A

A vitamina A – termo usado para designar moléculas que apresentam atividade biológica de retinol – é de suma importância para o desenvolvimento embrionário, proteção do organismo contra estresse oxidativo, funcionamento da visão e do sistema imune, entre outros.^{23,24} Porém, o organismo humano não é capaz de sintetizar vitaminas, fazendo-se necessária a ingestão de fontes exógenas. A vitamina A pode ser obtida a partir da ingestão de alimentos de origem animal, como: fígado, queijo, manteiga, leite integral, gema de ovo e peixe. Além disso, a suplementação de vitamina A também pode se dar pela inserção de vegetais na dieta, sendo a cenoura, a

abóbora e o espinafre, exemplos de fontes abundantes em carotenoides precursores de vitamina A.²⁵

Nem todos os carotenoides apresentam atividade pró-vitamina A. Para que o carotenoide apresente esta atividade, a molécula deve conter, no mínimo, 11 carbonos, pelo menos um anel β não substituído, e duplas ligações conjugadas, como é o caso das moléculas de β-caroteno, γ-caroteno, α-caroteno, β-cryptoxantina e α-cryptoxantina. Dentre os carotenoides, o β-caroteno é o de maior destaque por ser o único capaz de gerar duas moléculas de retinol quando ingerido.²⁶

Uma vez ingeridos, os carotenoides com atividade pró-vitamina A são absorvidos e convertidos a retinal no intestino. A molécula de retinal, por sua vez, é convertida a retinol e, em seguida, é transportada para o fígado, onde é armazenada (Figura 4).²⁷

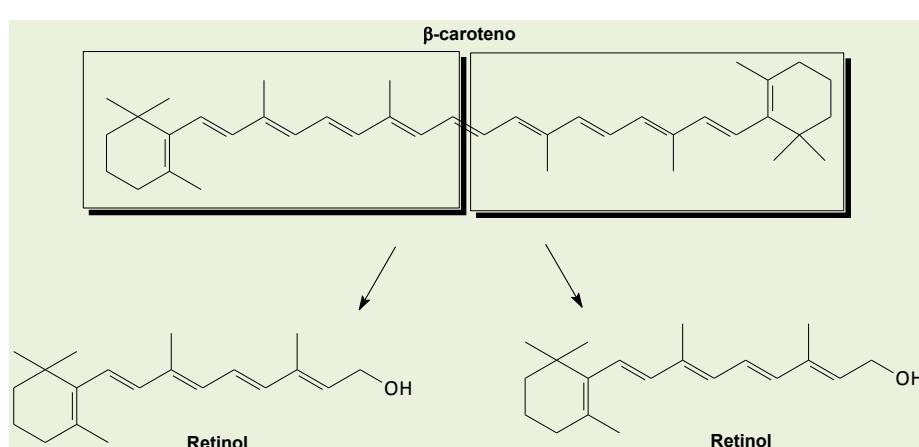


Figura 4. Clivagem do β-caroteno em duas moléculas de retinol (vitamina A) (Adaptado da ref 27)

3.2. Atividade antioxidante

Em decorrência de atividades celulares e do metabolismo do oxigênio, espécies reativas de oxigênio (ERO) são geradas,²⁸ causando danos a componentes celulares como, proteínas, lipídios, DNA e RNA, por meio da oxidação dos mesmos.²⁹ O aumento

da concentração de ERO ocorre quando há o desequilíbrio entre a defesa resultante da ação de antioxidantes e a produção de ERO, caracterizando assim, o estresse oxidativo.³⁰ Tal desequilíbrio pode desencadear processos mutagênicos, carcinogênicos e de envelhecimento.³¹ Na tabela 2, encontram-se alguns exemplos de ERO.

Tabela 2. Espécies reativas de oxigênio

Composto	
$O_2^- \bullet$	Superóxido
$HO_2 \bullet$	Radical peridroxil
H_2O_2	Peróxido de hidrogênio
$HO \bullet$	Radical hidroxila
$RO \bullet$	Radical alcoxil
$ROO \bullet$	Radical peroxil
$ROOH$	Hidroperóxido orgânico
1O_2	Oxigênio singlete

Fonte: Adaptado da ref 32.

Em condições normais, as células têm mecanismos de proteção contra os danos causados por ERO através da ação de moléculas antioxidantes que atuam direta ou indiretamente na prevenção da oxidação das biomoléculas. Quando atuam diretamente, são responsáveis por neutralizar ERO. Já quando agem indiretamente, regulam o sistema de defesa antioxidante ou o sistema de reparo de DNA.³³

No organismo, o sistema de proteção antioxidante pode ser basicamente dividido em: grupo de antioxidantes enzimáticos e grupo de antioxidantes não-enzimáticos.³⁴ Enzymas como superóxido dismutases, catalases e glutationa peroxidases são exemplos de antioxidantes enzimáticos que são produzidos pelo organismo. Enquanto os

antioxidantes não-enzimáticos são adquiridos pela alimentação, como é o caso da vitamina C, vitamina E e carotenoides.²⁸

Como antioxidantes, os carotenoides, apresentam mecanismos de ação física ou química para neutralizar os efeitos de ERO. O primeiro caso envolve transferência de energia, como pode ser observado no exemplo da figura 5. Neste processo, oxigênio singlete (1O_2) transfere a energia de excitação para a molécula de carotenoide, com formação de uma molécula de carotenoide e oxigênio triplete (não reativo) (Figura 5a). Em seguida, há a dissipação da energia de excitação (Figura 5b) por meio de interações rotacionais e vibracionais que regeneram a molécula original de carotenoide.^{35,36}

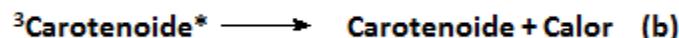
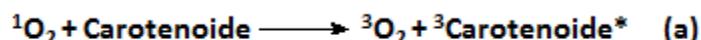


Figura 5. Reação de supressão do oxigênio singlete por ação de carotenoide: (a) reação de conversão do oxigênio singlete em oxigênio triplete; (b) reação subsequente, em que o carotenoide triplete retorna ao estado fundamental, liberando o excesso de energia sob a forma de calor (Adaptado da ref 35)

Já o mecanismo químico está relacionado à reação química entre carotenoide e espécie reativa de oxigênio, sendo conhecidos três tipos:^{37,38}

- Transferência de elétron – radicais com alto potencial redox removem um

elétron do carotenoide, oxidando-o e formando o radical cátion (Figura 6a);

- Abstração de hidrogênio – há a remoção de um átomo de hidrogênio da molécula de carotenoide, formando o radical neutro (Figura 6b);

➤ Adição – ocorre a adição de um radical à molécula de carotenoide, formando o radical aduto (Figura 6c).

A atividade antioxidante dos carotenoides é variável. Em estudo comparativo entre atividades antioxidantes de diferentes carotenoides, foi constatado que a astaxantina apresenta maior atividade

quando comparada a α -caroteno, β -caroteno, luteína e licopeno.³⁹

Além da interação com ERO, conforme descrito acima, pode-se destacar a atuação de carotenoides polares, como zeanxantina e violaxantina, na alteração da permeabilidade de bicamadas lipídicas, reduzindo a difusão de ERO e, consequentemente, seus efeitos deletérios.⁴⁰

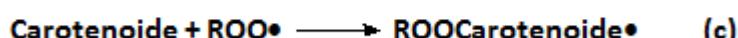
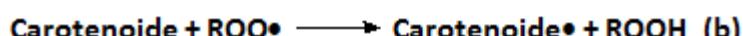
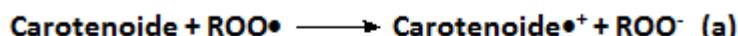


Figura 6. Reações de supressão do radical peroxil (ERO) e a molécula de carotenoide: (a) reação de transferência de elétron; (b) reação de abstração de hidrogênio; (c) reação de adição (Adaptado da ref 37)

4. Aplicações dos carotenoides

4.1. Indústria de alimentos

Por muitos anos a indústria de alimentos tem adotado o uso de corantes artificiais com o objetivo de intensificar a cor dos produtos processados, melhorando assim sua aparência. Entretanto, a ingestão dessas substâncias tem sido associada a efeitos nocivos como: hiperatividade, citotoxicidade, genotoxicidade e ansiedade.⁴¹⁻⁴³

Esse cenário tem impulsionado o mercado consumidor a escolher produtos à base de corantes naturais, posto que apesar de mais caros, são mais seguros e, muitas vezes, apresentam propriedades funcionais,⁴ a exemplo das betalaínas, antocianinas e carotenoides que podem atuar na proteção do DNA e como agentes hipoglicêmicos e antioxidantes,^{44,45} respectivamente.

Extrato de urucum, curcumina, carmim de cochonilha, antocianinas e betalaínas são os corantes naturais usados com maior

frequência na indústria alimentícia.⁴⁶ Já no grupo dos carotenoides, os mais usados para colorir produtos alimentícios são: astaxantina, cantaxantina, β -caroteno, licopeno, bixina e norbixina (ambos presentes em extrato de urucum) (Tabela 3).⁴⁷

4.2. Avicultura e aquicultura

Os carotenoides têm sido usados como aditivos na alimentação de aves, com o objetivo de prover coloração às gemas dos ovos. Os mais usados são as xantofilas, pois são absorvidos e acumulados no organismo.⁴⁸ Carotenoides como capsantina, β -apo-8'-carotenal, éster etílico do ácido β -apo-8'-carrenoico, luteína, criptoxantina, cantaxantina, zeaxantina e citranaxantina são, geralmente, usados com este propósito, sendo a cantaxantina a mais usada devido a elevada eficácia de pigmentação.⁴⁹

Diversos frutos do mar com alto valor de mercado, como camarão, lagosta, lagostim, truta e salmão possuem carne com coloração

que varia de laranja a vermelho devido à presença de carotenoides que são incorporados ao longo da cadeia alimentar.⁵⁰ Quando peixes e crustáceos são criados em cativeiro para consumo humano, é necessária a adição de carotenoides em sua alimentação, a fim de intensificar a coloração da carne. Os principais carotenoides empregados são: astaxantina, cantaxantina e a mistura desses dois pigmentos (Tabela 3).⁵¹

4.3. Indústria farmacêutica, nutracêutica e cosmecêutica

Os carotenoides também se mostram benéficos na prevenção de doenças mediadas pela ação de ERO. Dentre as doenças causadas por ERO, que podem ser prevenidas pela ação dos carotenoides estão: distúrbios de fotossensibilidade (eritema, erupção polimorfa à luz, protoporfiria eritopoiética), doenças cardiovasculares, diabetes, distúrbios de visão (degeneração macular relacionada à idade, catarata), câncer (cólon, esofágico, bucal, faringe e laringe), distúrbios neurológicos e doenças imunológicas.⁵²

Ademais, o β-caroteno tem sido usado como intensificador e prolongador do bronzeado, devido ao seu acúmulo no tecido

hipodérmico que confere coloração dourada-bronzeada à pele. Xantofilas, como a luteína se acumulam na mácula lútea, protegendo os olhos contra a catarata e a degeneração macular relacionadas à idade.³¹ Efeito similar foi relatado para a zeaxantina que também previne contra a degeneração macular. Alguns estudos indicam que a administração oral de luteína e zeaxantina é capaz de proteger a pele contra efeitos da radiação UVB (Tabela 3).⁵³

Pesquisa recente, publicada em 2015, onde foi investigada a associação de uma dieta rica em β-caroteno, α-caroteno, β-cryptoxantina, licopeno, luteína com zeaxantina e a mistura de todos esses carotenoides com a incidência de diabetes tipo 2, mostrou que a ingestão de β-caroteno ou α-caroteno é favorável à redução de diabetes tipo 2 em homens e mulheres.⁵⁴

Estudos com camundongos evidenciaram que uma dieta à base da microalga *Dunaliella*, em pó, contendo 0,6 % de β-caroteno é capaz de reduzir os níveis de colesterol no plasma sanguíneo, além de inibir a progressão da arteriosclerose.⁵⁵ Além disso, a inserção de astaxantina na alimentação de camundongos garantiu melhor desempenho em exercícios aeróbicos, atrasando a sua exaustão.⁵⁶

Tabela 3. Produtos comercializados que apresentam carotenoides em sua composição

Carotenoide/Fonte	Produto	Marca/ Fabricante	Aplicação e/ou função
Astaxantina	Carophyll® Stay Pink	DSM	Aditivo para rações de aves, peixes e camarões
β-caroteno	Beta Caroteno	Sundown Naturals	Suplemento alimentar (cápsulas)
β-caroteno	CaroCare ®	DSM	Suplemento alimentar (cápsulas)
β-caroteno	Rovimix ®	DSM	Suplemento para ruminantes
β-caroteno	Doce Marrom Glacê	Predilecta ®	Corante
β-caroteno	Suco de maracujá com soja	Shefa	Corante
β-caroteno	Rondelli de presunto com mussarela, quatro queijos,	Massas Milena	Não especificada

	calabresa com catupiri e frango com catupiri		
β-caroteno	Suco de Tangerina	Maguary	Corante
β-caroteno e licopeno	Inneov Solar	Nestlé e L'Oréal	Suplemento alimentar (cápsulas)
β-caroteno, luteína e zeaxantina	Vitalux™ Plus	Novartis	Degeneração macular relacionada à idade
β-caroteno e Urucum	Colágeno hidrolisado versão verão	Sanavita	Urucum: corante. β-caroteno: não especificada
β-caroteno e Urucum	Suco de morango e kiwi com soja	Shefa	Corante
Cantaxantina	Carophyll® Red	DSM	Aditivo em rações de aves, peixes e camarões
Licopeno	Lycopene	Sundown Naturals	Suplemento alimentar (cápsulas)
Luteína	Teína	Eurofarma	Suplemento alimentar (cápsulas)
Luteína	Linha Profuse Ensolei	Aché	Antioxidante para a pele em dermosocosmético
Luteína	Ionzyme® C Quence creme	Skinlumina	Dermocosmético. Função não especificada
Urucum	Picolé de maracujá e sorvete de maracujá	Sorvete Itália	Corante
Urucum	Shake Banana com Aveia	Itambé	Corante
Urucum	Petit Suisse Itambezinho Vitamina	Itambé	Corante
Urucum	Minha gelatina sabor abacaxi	Dr. Oetcker	Corante
Urucum	Freegells Naturals sabor Cítrus	Riclan	Corante
Urucum	Colágeno hidrolisado sabor tangerina	Sanavita	Corante
Urucum	Cremogema sabor tradicional	Maizena	Corante

5. O mercado de carotenoides

Os carotenoides disponíveis no mercado podem ser obtidos por síntese química, extração a partir de fontes vegetais e até mesmo por rota biotecnológica.¹¹ A produção de carotenoides por síntese química foi iniciada em 1954, com a produção comercial

de β-caroteno pela Hoffmann-La Roche. Seguiu-se a produção de β-apo-8'-carotenal em 1960 e, em 1965, teve início a produção de cantaxantina pela mesma indústria.¹⁰

Em 2002, foi relatado que a Hoffmann-La Roche era responsável pela produção de licopeno, β-caroteno, (3R,3'R)-zeaxantina, cantaxantina, astaxantina, β-apo-8'-carotenal, etil-β-apo-8'-carotenoato, assim

como a BASF que além destes carotenoides, também produzia citranaxantina.⁷ No ano seguinte, a Hoffmann-La Roche vendeu sua divisão de vitaminas à DSM que passou a ficar responsável pela produção de carotenoides. Atualmente, a DSM produz os carotenoides β-apo-8'-carotenal, astaxantina, β-caroteno, cantaxantina, citranaxantina, luteína, licopeno e zeaxantina, enquanto a BASF produz os mesmos carotenoides que a DSM, com exceção da zeaxantina.

Os principais produtores responsáveis pela venda de carotenoides no mercado global são Estados Unidos e Europa. Porém, estima-se que países como China, Índia, Japão e Malásia serão responsáveis por significativas vendas nos próximos anos.⁵⁷

De acordo com o relatório da *Global Industry Analysts*, a crescente demanda por alimentos naturais e fortificados tem estimulado o mercado mundial de carotenoides que poderá chegar a US\$ 1,3 bilhões em 2017. Ademais, é previsto que no futuro próximo, os carotenoides naturais sejam preferencialmente escolhidos pelo mercado consumidor, o que reduzirá a

participação dos carotenoides sintéticos. De acordo com o relatório supracitado, dentre os carotenoides disponíveis no mercado, o β-caroteno é o de maior uso na indústria de alimentos e suplementos, representando a maior parcela do mercado global de carotenoides.⁵⁷

No que concerne aos carotenoides de origem natural, o interesse pela síntese biotecnológica de carotenoides tem se destacado frente à extração de fontes vegetais devido à necessidade de pequenas áreas para produção, independência das variações climáticas, estações do ano, composição do solo, facilidade de controle das condições de cultivo e maior produtividade.¹¹ Empresas de diversos países já investem na produção de carotenoides naturais por via biotecnológica, utilizando microalgas como micro-organismo produtor (Tabela 4). A BASF se inseriu na produção biotecnológica de carotenoides por microalgas, em 2010, quando concretizou a aquisição da empresa *Cognis Nutrition & Care*, instalada na Austrália.

Tabela 4. Empresas produtoras de carotenoides por rota biotecnológica

Empresa	Produto final	País de produção	Referência
Alga Technologies	Oleoresina, cápsulas, pó e emulsão de astaxantina	Israel	58
BASF	Mistura de carotenoides	Austrália	59
BlueBiotech	Pó de microalga com astaxantina	Alemanha	60
Cyanotech	Cápsulas de astaxantina	EUA	61
Fuji Chemical Industries	Astaxantina em cápsulas gelatinosas, tabletas, pó e em biomassa de microalga	EUA e Suécia	62
Parry Nutraceuticals	Astaxantina e mistura de β-caroteno, ββcaroteno, zeaxantina, criptoantina e luteína	Índia	63
Plankton Australia Pty Limited	Pó de microalga com mistura de β-caroteno, β-caroteno, zeaxantina, criptoantina e luteína	Austrália	64

Em relação ao mercado brasileiro de carotenoides, há uma escassez de informações na literatura. Dados sobre importações e exportações do comércio brasileiro são encontrados no Sistema de

Análise das Informações de Comércio Exterior, *AliceWeb 2*, a partir da inserção da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) do produto que se deseja buscar. Os produtos relacionados a carotenoides

encontrados na tabela NCM são:

- carotenoides (NCM 32041911);
- outras preparações à base de carotenoides (NCM 32041919);
- preparações contendo β-caroteno, ésteres metílicos ou etílicos do ácido 8'-apo-β-carotênico ou cantaxantina, com óleos ou gorduras vegetais, amido, gelatina, sacarose ou dextrina próprias para colorir alimentos

(NCM 32041912).

Na tabela 5, são encontradas as quantias em valor (US\$) e kg importadas e exportadas das três NCM descritas acima. No período de 2010 a 2015, o Brasil importou um total de 861.908 kg de carotenoides, movimentando US\$ 11.859.268. Já para o mesmo período, exportou apenas 11.109 kg, o que correspondeu a US\$ 505.186.

Tabela 5. Importação e exportação, entre os anos 2010 e 2015, no mercado brasileiro de: carotenoides (NCM 32041911); preparações contendo β-caroteno, ésteres metílicos ou etílicos do ácido 8'-apo-β-carotênico ou cantaxantina, com óleos ou gorduras vegetais, amido, gelatina, sacarose ou dextrina próprias para colorir alimentos (NCM 32041912); outras preparações à base de carotenoides (NCM 32041919)

NCM 32041911		NCM 32041912		NCM 32041919	
Ano	Importação (US\$)	Exportação (US\$)	Importação (US\$)	Exportação (US\$)	Importação (US\$)
2010	2.440.475	30.379	2.419.355	41.528	2.462.839
2011	2.399.371	312.956	2.650.674	99.646	1.541.834
2012	1.368.307	41.757	2.833.573	57.096	1.926.245
2013	1.804.478	36.129	2.958.395	59.662	2.174.491
2014	1.955.527	83.965	2.844.693	40.720	2.386.717
2015	1.891.110	245.502	3.654.392	20.538	606.991

Ano	Importação (kg)	Exportação (kg)	Importação (kg)	Exportação (kg)	Importação (kg)	Exportação (kg)
2010	429.707	25	47.397	300	961.436	5
2011	101.168	5.544	59.126	1.850	629.934	1.212
2012	53.601	531	67.741	943	820.464	410
2013	62.069	471	75.178	1.190	892.453	855
2014	129.515	1.036	74.640	1.145	1.060.076	146
2015	85.848	3.502	99.557	176	243.817	135

Tabela elaborada a partir de informações obtidas da ref 65.

De acordo com a tabela 5, pode-se inferir que os gastos com a importação das preparações representadas pelas NCM 32041919 e 32041912 no período de 2010 a 2015 totalizaram, respectivamente, US\$ 11.099.117 (4.608.180 kg) e US\$ 17.361.082 (423.639 kg). Em relação à exportação, observa-se uma pequena participação, que correspondeu a US\$ 48.103 (2.763 kg) para os produtos incluídos na NCM 32041919, e US\$ 319.190 (5.604 kg) para NCM 32041912. Este panorama indica um déficit anual na balança comercial das três NCMs mencionadas.

As informações encontradas no sistema de análise *AliceWeb 2* não especificam se os carotenoides representados pela NCM 32041911 e os contidos nas preparações representadas pelas NCM 32041919 e NCM 32041912 são sintéticos ou naturais. Além disso, também não são informados quais são os carotenoides incluídos nos produtos de NCM 32041911 e NCM 32041919.

No que diz respeito a empresas produtoras de carotenoides no Brasil, também não são encontrados relatos. A partir de buscas pela Internet e contato direto com diversas empresas, pode-se

realizar um levantamento de dados sobre empresas que atuam no ramo de carotenoides. Na tabela 6, estão reunidas as empresas encontradas na busca. Note que todas as empresas compiladas são produtoras de corantes à base de urucum, ou seja, à base de carotenoides provenientes da extração vegetal.

A empresa Tebracc é a única que comercializa β -caroteno sintético idêntico ao natural, segundo informações fornecidas pela própria empresa. Entretanto, não foi especificada a origem de produção deste carotenoide, isto é, se o mesmo é produzido pela Tebracc.

Tabela 6. Empresas localizadas no Brasil que atuam no ramo de corantes

Empresas	Produto Comercial	Referência
Corantec ®	PA LIPO; PA HIDRO; PA3 HS; PA3 Colorífico	66
Duas Rodas Industrial	Corante Urucum Hidrossolúvel Líquido e Corante Urucum Hidrossolúvel em Pó	67
Sanrisil	Corante Natural Urucum	68
Tecnocor Corantes Naturais	Hidrovita – Urucum	69
Baculerê Corantes Naturais	Extrato Lipossolúvel de Urucum; Extrato Hidrossolúvel de Urucum; Suspensão Concentrada de Urucum; Bixina em pó e Norbixina em pó.	70
Aditivos e condimentos IBRAC	Solução de Corante Vegetal de Urucum para Revestimento de Carne; Solução de Corante Vegetal de Urucum e Curcuma para Revestimento de Carne.	71
Kratos corantes naturais	Corante natural de urucum hidrossolúvel; Suspensão oleosa de urucum lipossolúvel; Bixina em pó.	72
Tebracc – Técnica brasileira de corantes e condimentos	Bixon; Mix-Cor; Hidromix; Urucum em Pó; Colorífico; Mix Cor C; Vitamassa-U; Vitamassa-U Hidro; Vitamassa e Vitamassa Hidrossolúvel.	73
Proregi Aditivos para Alimentos	Corante de urucum	74
New Max	Corante Natural de Urucum Hidrossolúvel C166; Corante Natural de Urucum Hidrossolúvel C206; Corante Natural de Urucum Hidrossolúvel C266; Corante Natural de Urucum Hidrossolúvel Conc. 1,5.	75
Firace	Xantêne Original; Xantêne Super; Xantêne Churros; Xantêne Pó; Xantêne Pão de Queijo; Cortêne Red; Cortêne Hidro; Colorífico; Protenê.	76
Vivare Insumos	Corante Natural de Urucum	77

6. Considerações Finais

Os carotenoides compõem um grupo de pigmentos naturais com propriedades que permitem sua aplicação nas mais diversas indústrias. Consequentemente, seu uso não se limita a conferir ou intensificar a cor dos

alimentos; os carotenoides também podem ser empregados como nutracêuticos e em formulações cosméticas, dadas as suas propriedades nutricionais e seu potencial antioxidante, respectivamente.

Em relação ao mercado brasileiro de carotenoides, é possível perceber que o cenário econômico é marcado, sobretudo,

por importações. Tal fato sinaliza que os carotenoides produzidos no Brasil não são suficientes para suprir as demandas internas.

Cabe destacar que apesar da crescente procura pelos carotenoides naturais ter impulsionado os investimentos na produção biotecnológica em diversos países, no Brasil estas iniciativas ainda são muito escassas. Somente em 2010, as vendas de β -caroteno, luteína e astaxantina, no mercado global, totalizaram US\$ 720 milhões.⁷⁸ Ao comparar esta quantia com o contexto de exportações de carotenoides (NCM 32041911) no mercado brasileiro, é possível notar um total menor que US\$ 1 milhão, em seis anos (de 2010 a 2015), sendo um valor irrisório frente ao que foi alcançado em um ano no mercado global.

Se no Brasil houvesse maior investimento na produção biotecnológica de carotenoides, seria possível aumentar a produção interna destes pigmentos, reduzindo assim a dependência nacional do mercado exterior. Além disso, ainda seria possível produzir diferentes carotenoides naturais, possibilitando vislumbrar novos mercados, a fim de expandir as exportações.

Referências Bibliográficas

- ¹ Paliyath, G. Natural colorants for food and nutraceutical uses. *Trends in Food Science & Technology* **2003**, 14, 438. [\[CrossRef\]](#)
- ² Agócs, A.; Deli, J. Pigments in your food. *Journal of Food Composition and Analysis* **2011**, 24, 757. [\[CrossRef\]](#)
- ³ Carocho, M.; Barreiro, M. F.; Morales, P.; Ferreira, I. C. F. R. Adding molecules to food, pros and cons: a review on synthetic and natural food additives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **2014**, 13, 377. [\[CrossRef\]](#)
- ⁴ Rodriguez-Amaya, D. B. Natural food pigments and colorants. *Current Opinion in Food Science* **2016**, 7, 20. [\[CrossRef\]](#)
- ⁵ Martins, N.; Roriz, C. L.; Morales, P.; Barros, L.; Ferreira, I. C. F. R. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agroindustries to ensure consumer expectations and regulatory practices. *Trends in Food Science & Technology* **2016**, 52, 1. [\[CrossRef\]](#)
- ⁶ Martín, A.; Mattea, F.; Gutiérrez, L.; Miguel, F.; Cocero, M. J. Co-precipitation of carotenoids and bio-polymers with the supercritical anti-solvent process. *The Journal of Supercritical Fluids* **2007**, 41, 138. [\[CrossRef\]](#)
- ⁷ Ernst, H. Recent advances in industrial carotenoid synthesis. *Pure Applied Chemistry* **2002**, 74, 2213. [\[CrossRef\]](#)
- ⁸ Fontana, J. D.; Mendes, S. V.; Persike, D. S.; Peracetta, L. F.; Passos, M. Carotenóides. *Biotecnologia, Ciéncia e Desenvolvimento* **2000**, 13, 40. [\[Link\]](#)
- ⁹ Sies, H.; Stahl, W. Nutritional protection against skin damage from sunlight. *Annual Review of Nutrition* **2004**, 24, 173. [\[CrossRef\]](#)
- ¹⁰ Gordon, H.; Bauernfeind, J. C.; Furia, T. Carotenoids as food colorants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **1982**, 18, 59. [\[CrossRef\]](#)
- ¹¹ Valduga, E.; Tatsch, P. O.; Tiggemann, L.; Treichel, H.; Tonazzo, G.; Zeni, J.; Di Luccio, M.; Júnior, A. F. Produção de carotenoides: microrganismos como fonte de pigmentos naturais. *Química Nova* **2009**, 32, 2429. [\[CrossRef\]](#)
- ¹² Britton, G.; Liaaen-Jensen, S.; Pfander, H.; *Carotenoids*, 1a. ed., Birkhäuser Verlag: Berlim, 1995.
- ¹³ Mulders, K. J. M.; Lamers, P. P.; Martens, D. E.; Wijffels, R. H. Phototrophic pigment production with microalgae: biological constraints and opportunities. *Journal of Phycology* **2014**, 50, 229. [\[CrossRef\]](#)
- ¹⁴ Rodriguez-Amaya, D. B.; Kimura, M.; Amaya-Farfán, J.; *Fontes brasileiras de carotenoides*, 1a. ed., Ministério do Meio Ambiente: Brasília, 2008. [\[Link\]](#)
- ¹⁵ Downham, A.; Collins, P. Colouring our food in the last and next millennium. *International Journal of Food Science and Technology* **2000**, 35, 5. [\[CrossRef\]](#)
- ¹⁶ Gharibzahedi, S. M. T.; Razavi, S. H.; Mousavi, S. M. Microbial canthaxanthin: perspectives on biochemistry and

- biotechnological production. *Engineering in Life Sciences* **2013**, 13, 408. [[CrossRef](#)]
- ¹⁷ Gharibzahedi, S. M. T.; Razavi, S. H.; Mousavi, S. M. Microbial canthaxanthin: perspectives on biochemistry and biotechnological production. *Engineering in Life Sciences* **2013**, 13, 408. [[CrossRef](#)]
- ¹⁸ Rodríguez-Concepción, M.; Boronat, A. Elucidation of the methylerythritol phosphate pathway for isoprenoid biosynthesis in bacteria and plastids. A metabolic milestone achieved through genomics. *Plant Physiology* **2002**, 130, 1079. [[PubMed](#)]
- ¹⁹ Nisar, N.; Li, L.; Shan, L.; Nay, C. K.; Pogson, B. J. Carotenoid metabolism in plants. *Molecular Plant* **2015**, 8, 68. [[PubMed](#)]
- ²⁰ Eisenreich, W.; BAcher, A.; Arigoni, D.; Rohdich, F. Biosynthesis of isoprenoids via the non-mevalonate pathway. *Cellular and Molecular Life Sciences* **2004**, 61, 1401. [[PubMed](#)]
- ²¹ Hannoufa, A.; Hossain, Z. Regulation of carotenoid accumulation in plants. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* **2012**, 1, 198. [[CrossRef](#)]
- ²² Jin, E.; Polle, J. E. W.; Lee, H. K.; Hyun, S. M.; Chang, M. Xanthophylls in microalgae: from biosynthesis to biotechnological mass production and application. *Journal of Microbiology and Biotechnology* **2003**, 13, 165. [[Link](#)]
- ²³ IUPAC. Nomenclature of retinoids. *Pure and Applied Chemistry* **1983**, 55, 721. [[Link](#)]
- ²⁴ Ramalho, A.; *Funções plenamente reconhecidas de nutrientes: vitamina A*, 4a. ed., Ibsi: São Paulo, 2010.
- ²⁵ Souza, W. A.; Boas, O. M. G. C. V. A deficiência de vitamina A no Brasil: um panorama. *Revista Panamericana de Salud Pública* **2002**, 12, 173. [[CrossRef](#)]
- ²⁶ Rodriguez-Amaya, D. B.; *A guide to carotenoid analysis in foods*, Ibsi: Washington, 2001. [[Link](#)]
- ²⁷ Ambrósio, C. L. B.; Campos, F. A. C. S.; Faro, Z. P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. *Revista de Nutrição* **2006**, 19, 233. [[CrossRef](#)]
- ²⁸ Gamnone, M. A.; Riccioni, G.; D'Orazio, N. Marine carotenoids against oxidative stress: effects on human health. *Marine Drugs* **2015**, 13, 6226. [[PubMed](#)]
- ²⁹ Palozza, P. Prooxidant actions of carotenoids in biologic systems. *Nutrition Reviews* **1998**, 56, 257. [[CrossRef](#)]
- ³⁰ Halliwell, B. Biochemistry of oxidative stress. *Biochemical Society* **2007**, 35, 1147. [[PubMed](#)]
- ³¹ Morganti, P. The photoprotective activity of nutraceuticals. *Clinics in Dermatology* **2009**, 27, 166. [[CrossRef](#)]
- ³² Sies, H. Em *Oxidative stress*; Sies, H., eds.; Academic Press: Orlando, 1985, cap. 1.
- ³³ Moller, P.; Loft, S. Dietary antioxidants and beneficial effect on oxidatively damaged DNA. *Free Radical Biology & Medicine* **2006**, 41, 388. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ³⁴ Carocho, M.; Ferreira, I. C. F. R. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future. *Food and Chemical Toxicology* **2013**, 51, 15. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- ³⁵ Krinsky, N. I. Antioxidant functions of carotenoids. *Free Radical Biology & Medicine* **1989**, 7, 617. [[CrossRef](#)]
- ³⁶ Ramel, F.; Birtic, S.; Cuiné, S.; Triantaphylidè, C.; Ravanat, J.; Havaux, M. Chemical quenching of singlet oxygen by carotenoids in plants. *Plant Physiology* **2012**, 158, 1267. [[PubMed](#)]
- ³⁷ El-Agamy, A.; Lowe, G. M.; McGarvey, D. J.; Mortensen, A.; Phillip, D. M.; Truscott, G.; Young, A. J. Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. *Archives of Biochemistry and Biophysics* **2004**, 430, 37. [[PubMed](#)]
- ³⁸ Britton, G. Structure and properties of carotenoids in relation to function. *FASEB* **1995**, 9, 1551. [[PubMed](#)]
- ³⁹ Naguib, Y. M. A. Antioxidant activities of astaxanthin and related carotenoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2000**, 48, 1150. [[CrossRef](#)]
- ⁴⁰ Subczynski, W. K.; Markowska, E.; Sielewiesiuk, J. Effect of polar carotenoids on the oxygen diffusion-concentration product in lipid bilayers. An EPR spin label study. *Biochimica et Biophysica Acta* **1991**, 1068, 68. [[PubMed](#)]
- ⁴¹ McCann, D.; Barrett, A.; Cooper, A.; Crumpler, D.; Dalen, L.; Grimshaw, K.; Kitchin,

- E.; Lok, K.; Porteous, L.; Prince, E.; Sonuga-Barke, E.; Warner, J. O.; Stevenson, J. Food additivies and hyperactive behavior in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *The Lancet* **2007**, *370*, 1560. [CrossRef] [PubMed]
- ⁴² Mpountoukas, P.; Pantazaki, A.; Kostareli, E.; Christodoulou, P.; Kareli, D.; Poliliou, S.; Mourelatos, C.; Lambropoulou, V.; Lialiatis, T. Cytogenetic evaluation and DNA interaction studies of the food colorants amaranth, erythrosine and tartrazine. *Food and Chemical Toxicology* **2010**, *48*, 2934. [CrossRef] [PubMed]
- ⁴³ Doguc, D. K.; Aylak, F.; Ilhan, I.; Kulac, E.; Gultekin, F. Are there any remarkable effects of prenatal exposure to food colourings on neurobehavior and learning process in rat offspring? *Nutritional Neuroscience* **2015**, *18*, 12. [CrossRef] [PubMed]
- ⁴⁴ Grace, M. H.; Ribnicky, D. M.; Kuhn, P.; Poulev, A.; Logendra, S.; Yousef, G. G.; Raskin, I.; Lila, M. A. Hypoglycemic activity of a novel anthocyanin-rich formulation from lowbush blueberry, *Vaccinium angustifolium* Aiton. *Phytomedicine* **2009**, *16*, 406. [PubMed]
- ⁴⁵ Esatbeyoglu, T.; Wagner, A. E.; Motafakkerazad, R.; Nakajima, Y.; Matsugo, S.; Rimbach, G. Free radical scavenging and antioxidant activity of betanin: Electron spin resonance spectroscopy studies and studies in cultured cells. *Food and Chemical Toxicology* **2014**, *73*, 119. [CrossRef] [PubMed]
- ⁴⁶ Constant, P. B; Stringheta, P. C; Sandi, D. Corantes alimentícios. *Boletim do CEPPA* **2002**, *20*, 203. [CrossRef]
- ⁴⁷ Hamerski, L.; Rezende, M. J.; Silva, B. V. Usando cores da natureza para atender aos desejos do consumidor: substâncias naturais como corantes na indústria alimentícia. *Revista Virtual de Química* **2013**, *5*, 394. [CrossRef]
- ⁴⁸ Hencken, H. Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects on pigmentation. *Poultry Science* **1992**, *71*, 711. [CrossRef] [PubMed]
- ⁴⁹ Breithaupt, D. E. Modern application of xanthophylls in animal feeding – a review. *Food Science and Technology* **2007**, *18*, 501. [CrossRef]
- ⁵⁰ Shahidi, F.; Brown, J. A. Carotenoid pigments in seafoods and aquaculture. *Critical Reviews in Food Science* **1998**, *38*, 1, 1. [CrossRef] [PubMed]
- ⁵¹ Bjerkeberg, B. Em *Carotenoids: Natural functions*; Britton, G.; Liaaen-Jensen, S.; Pfander, H., eds.; Birkhauser Verlag: Germany, 2008, cap. 12.
- ⁵² Fiedor, J.; Burda, K. Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease. *Nutrients* **2014**, *6*, 466. [CrossRef] [PubMed]
- ⁵³ González, S.; Astner, S.; An, W.; Goukassian D.; Pathak, M. A. Dietary lutein/zeaxanthin decreases ultraviolet B-induced epidermal hyperproliferation and acute inflammation in hairless mice. *The Journal of Investigate Dermatology* **2003**, *121*, 399. [CrossRef] [PubMed]
- ⁵⁴ Sluijs, I.; Cadier, E.; Beulens, J. W. J.; Van Der A, D. L.; Spijkerman, A. M. W.; Van der Schouw, Y. T. Dietary intake of carotenoids and risk of type 2 diabetes. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases* **2015**, *25*, 376. [CrossRef] [PubMed]
- ⁵⁵ Harari, A.; Harats, D.; Marko, D.; Cohen, H.; Barshack, I.; Kamari, Y.; Gonen, A.; Gerber, Y.; Ben-Amotz, A.; Shaish, A. A 9-cis β-Carotene-enriched diet inhibits atherogenesis and fatty liver formation in LDL receptor knockout mice. *The Journal of Nutrition and Disease* **2008**, *138*, 1923. [PubMed]
- ⁵⁶ Polotow, T. G.; Vardaris, C.; Mihaliuc, A.; Gonçalves, M.; Pereira, B.; Ganini, D.; Barros, M. Astaxanthin supplementation delays physical exhaustion and prevents redox imbalances in plasma and soleus muscles of wistar rats. *Nutrients* **2014**, *6*, 5819. [CrossRef] [PubMed]
- ⁵⁷ Food Product Design. Disponível em: <<http://www.foodproductdesign.com/News/2011/10/Global-Carotenoids-Sector-to-Hit-1-3-Billion-by-2.aspx?topic=annatto>>. Acesso em: 10 junho 2015.
- ⁵⁸ Alga Technologies. Disponível em: <<http://www.algattech.com/1915>>. Acesso em: 14 junho 2016.

- ⁵⁹ BASF. Disponível em: <http://worldaccount.bASF.com/wa/NAFTA~en_US/Catalog/HumanNutrition/pi/BASF/productgroup/mixed_carotenoids_from_algae>. Acesso em: 14 junho 2016.
- ⁶⁰ BlueBioTech Mikroalgen Biotechnologie. Disponível em: <<http://www.bluebiotech.de/com/produkte/chemikalien.htm>>. Acesso em: 14 junho 2016.
- ⁶¹ Cyanotech. Disponível em: <<http://www.cyanotech.com/bioastin/specifications.html>>. Acesso em: 14 junho 2016.
- ⁶² Astareal. Disponível em: <<http://astareal.com/products/retail>>. Acesso em: 14 junho 2016.
- ⁶³ Parry Nutraceuticals. Disponível em: <<http://www.parrynutraceuticals.com>>. Acesso em: 14 junho 2016.
- ⁶⁴ Plankton Australia Pty Limited. Disponível em: <<http://www.planktonaustralia.com/index.php/australian-marine-phytoplankton>>. Acesso em: 14 junho 2016.
- ⁶⁵ AliceWeb 2. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 3 junho 2016.
- ⁶⁶ Corantec Corantes Naturais Ltda. Disponível em: <<http://www.corantec.com.br/index.html>>. Acesso em: 3 junho 2016.
- ⁶⁷ Duas Rodas Industrial. Disponível em: <<http://www.duasrodas.com/produtos/condimentos-e-aditivos/corantes-naturais>>. Acesso em: 3 junho 2016.
- ⁶⁸ Sanrisil. Disponível em: <<http://www.sanrisil.com.br/corantes.htm>>. Acesso em: 3 junho 2016.
- ⁶⁹ Tecnocor Corantes Naturais. Disponível em: <<http://www.tecnocor.ind.br/produtos/hidrossolvel/hidrossolvel.htm>>. Acesso em: 03 junho 2016.
- ⁷⁰ Baculerê Corantes Naturais. Disponível em: <http://www.baculere.com.br/ex_urucum.htm>. Acesso em: 14 junho 2016.
- ⁷¹ Ibrac Aditivos e Condimentos. Disponível em: <<http://www.ibrac.com.br>>. Acesso em: 14 junho 2016.
- ⁷² Kratos Corantes Naturais. Disponível em: <<http://www.kratoscorantesnaturais.com.br/index.php?pagina=produto#titulo>>. Acesso em: 14 junho 2016.
- ⁷³ Tebracc Técnica Brasileira de Corantes e Condimentos. Disponível em: <<http://www.tebracc.com.br/produtos.htm>>. Acesso em: 12 junho 2016.
- ⁷⁴ Proregi Aditivos para Alimentos. Disponível em: <<http://www.proregi.com.br/outros-aditivos.html>>. Acesso em: 12 junho 2016.
- ⁷⁵ New Max. Disponível em: <<http://www.newmaxindustrial.com.br/ver produto/corantes>>. Acesso em: 12 junho 2016.
- ⁷⁶ Firace. Disponível em: <<http://www.firace.com.br/produtos.php>>. Acesso em: 08 junho 2016.
- ⁷⁷ Vivare Insumos para Alimentos. Disponível em: <<http://www.vivare.com.br>>. Acesso em: 14 junho 2016.
- ⁷⁸ BCC Research. Disponível em: <[http://www.bccresearch.com/pressroom/fod/global-carotenoids-market-reach-\\$1.4-billion-2018](http://www.bccresearch.com/pressroom/fod/global-carotenoids-market-reach-$1.4-billion-2018)>. Acesso em: 30 junho 2016.