

O USO DOS CAROTENÓIDES PARA PROMOÇÃO DA SAÚDE

Use of carotenoids for health promotion

Grazielle Falcão de Mesquita*; Helena de Souza Torquillo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), *campus*
Nilópolis. Rua Lúcio Tavares, N° 1045, Nilópolis-RJ. CEP 26530-060.

*Autor para correspondência: graziellefalcao@hotmail.com

RESUMO

Nos últimos anos a busca da população por uma alimentação mais saudável tem sido cada vez maior, visando a prevenção de doenças, ajudar no tratamento destas e até mesmo retardar o envelhecimento. Neste contexto conhecer a ação dos carotenóides para usufruir de seus benefícios se faz necessário, pois pesquisas realizadas por diferentes cientistas comprovaram que a ação destas substâncias no corpo humano trazem benefícios à saúde. Estes são componentes químicos que dão funcionalidades aos alimentos, são poderosos antioxidantes, alguns têm a capacidade de se converter em vitamina A, por esta razão ingerir alimentos que os contenham com frequência é importante. Apesar de não curarem doenças, seu uso pode prevenir o aparecimento de enfermidades como câncer, doenças cardiovasculares e catarata e caso surjam, por fatores adversos, ajudam a controlar seus efeitos. Assim sendo, este trabalho é uma revisão bibliográfica, onde foram empregados dados da literatura de livros, dissertações, teses, artigos de revistas e jornais científicos. A pesquisa concentrou-se predominantemente nas literaturas que indicam as principais ações dos carotenóides para benefício da saúde humana.

Palavras-chave: Carotenóides, vitamina A, antioxidantes.

ABSTRACT

In recent years, the population search for a healthier diet has been increasingly aimed at disease prevention, help in the treatment of these and even slow aging. In this context meet the action of carotenoids to enjoy its benefits is necessary because surveys conducted by different scientists showed that the action of these substances in the human body are beneficial to health. These are chemicals that give functionality to food, are powerful antioxidants and can even be converted into vitamin A, therefore eat foods containing it is often important. Although no cure diseases, its use can prevent the onset of diseases such as cancer, heart disease and cataracts, and if any, by adverse factors, help to control its effects. Therefore, this work is a bibliographical review, where data from the literature of books, dissertations, theses, journal articles and scientific journals were used. The research concentrated predominantly on the literature that indicates the main actions of carotenoids for the benefit of human health.

Key words: Carotenoids, vitamin A, antioxidants.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a busca por uma alimentação mais saudável com a intenção de prevenir doenças, ajudar no tratamento destas e até mesmo retardar o envelhecimento, tem sido cada vez maior por parte da população. Sendo assim pode-se afirmar que existe um interesse em melhorar a qualidade de vida e de promover a saúde. Tal afirmação está associada, por exemplo, ao aumento da média de vida da população, que é uma das consequências desta busca. Neste contexto, a ingestão de alimentos funcionais é fundamental, pois estes contêm compostos químicos que agregam funcionalidades, produzindo efeitos metabólicos no organismo, que previnem doenças e ajudam a combatê-las de forma eficiente. Em relação a estes alimentos é importante ressaltar que eles não curam doenças, no entanto, previnem seu aparecimento e caso surjam, contribuem para o seu combate (VIDAL *et al.*; 2012).

Dentre os componentes químicos que dão funcionalidades à estes alimentos estão os carotenóides e a vitamina A, que possuem certa relação, pois uma das formas de se produzir esta vitamina no organismo é por meio da conversão de alguns carotenóides nesta. Devido a isto e a outros mecanismos de ação benéficos à saúde, como ação antioxidante, os carotenóides são componentes químicos que possuem alta relevância na dieta alimentar (BATISTA, 2006).

Estes compostos são substâncias naturais, provenientes da classe dos terpenóides, que são metabólitos secundários originados a partir de unidades isopreno (C₅), formando a maior classe dos produtos naturais (DEWICK, 2002).

Os carotenóides contêm 40 átomos de carbono em sua estrutura química e possuem ligações duplas conjugadas. Podem ser produzidos tanto por plantas, algas, bactérias ou fungos e possuem cerca de 600 variantes estruturais. São divididos em dois grupos, os carotenos, que possuem apenas carbono e hidrogênio em sua estrutura química, e as xantofilas que além de carbono e hidrogênio possuem também oxigênio (FONTANA *et al.*; 2000, SANTOS, 2011).

Os carotenóides desempenham nas plantas papéis importantes. Um deles é relacionado a ação antioxidante contra os radicais livres. O outro é relacionado à fotossíntese, pois são pigmentos responsáveis, dentre outros, por absorver a energia luminosa provenientes do sol para dar prosseguimento às reações seguintes. As colorações destes pigmentos variam entre o amarelo, laranja e vermelho. Desta forma, são encontradas em frutas e vegetais, como a cenoura, mamão, manga, brócolis, couve entre outros (FONTANA *et al.*; 2000).

Devido à sua ação antioxidante e a possível conversão de alguns carotenóides em vitamina A no corpo humano, a inclusão de alimentos que contenham carotenóides na dieta contribui para promover a saúde, ajudando na prevenção do câncer e tratamento de doenças como xerofalmia. (FONTANA *et al.*; 2000).

Por meio de uma revisão bibliográfica, onde foram empregados dados da literatura, de livros, dissertações, artigos de revistas e jornais científicos, o objetivo deste trabalho é mostrar a relevância da ingestão de alimentos que contenham carotenóides para diminuir a incidência de doenças relacionadas à sua ação, assim como incentivar o seu consumo, tornar conhecido seu desempenho no organismo e contribuir para promover a saúde.

DESENVOLVIMENTO

Alimentos Funcionais

A dieta de alguns povos chamou a atenção devido à baixa incidência de doenças. Orientais, alimentam-se quase, que exclusivamente de soja, que é rica em fitoestrogênios e apresentam um baixo índice de câncer de mama. Devido a uma alimentação baseada em alimentos ricos em ômega 6 e 3, os esquimós chamam atenção pela baixa incidência de problemas no coração, bem como os franceses pela alta ingestão de vinho tinto. Dados epidemiológicos mostram ainda que, nestes países se consome frutas e verduras com frequência, o que resulta em redução do risco de doenças como câncer e doenças do coração (ANJO, 2004).

O conceito de alimento funcional surgiu no Japão na década de 80 por meio de um projeto do governo que visava desenvolver alimentos saudáveis para a população de idosos que crescia e mostrava elevada expectativa de vida. Sendo assim, aliado à uma perspectiva de alto retorno financeiro indústrias alimentícias começaram a desenvolver estudos nesta área e investiram em marketing de novos produtos. Denominações em inglês como: *foods for specialdietary uses, medical foods, fortifiedfoods, dietarysupplements, healthfoods ou novel foods* surgiram para designar este tipo de alimento (ANJO, 2004).

Defini-se alimentos funcionais como substâncias ou compostos presentes em um alimento, capazes de gerar benefícios à saúde, agindo ainda na prevenção e no tratamento de doenças. Estes alimentos se diversificam em derivados de plantas, alimentos geneticamente construídos, nutrientes isolados, alimentos processados, suplementos dietéticos, dentre outros (ANJO, 2004).

Dentre os compostos bioativos presentes em alimentos os mais importantes são os terpenóides, os compostos nitrogenados, as substâncias fenólicas, os ácidos graxos, os oligossacarídeos e polissacarídeos. Estes atuam prevenindo doenças como câncer, cardiopatias, alergias e inflamações (ANJO, 2004). Destacam-se ainda os alimentos funcionais que beneficiam a flora intestinal, que são os prebióticos e os probióticos. Os prebióticos são carboidratos complexos que beneficiam a microflora intestinal e os probióticos são suplementos alimentares que contém bactérias benéficas ao intestino (ALBINO, 2006). Alimentos que associam esses 2 tipos de alimentos funcionais são chamados de simbióticos (ANJO, 2004). Na tabela 1 são apresentados alguns benefícios destes compostos bioativos e suas principais fontes.

Tabela 1. Compostos ativos, efeitos fisiológicos e principais fontes de alimentos funcionais

Compostos bioativos	Efeito	Fonte
Carotenóides	Atividade antioxidante e anticancerígena (útero, próstata, seio, cólon, reto e pulmão)	Frutas (melancia, mamão, melão, damasco, pêssego), verduras (cenoura, espinafre, abóbora, brócolis, tomate, inhame, nabo)
Fitoesteróis	Redução dos níveis de colesterol total e LDL-colesterol	Óleos vegetais, sementes, nozes, e algumas frutas e vegetais
Flavonóides	Atividades antioxidante, redução do risco de câncer e de doença cardiovascular	Frutas cítricas, brócolis, couve, tomate, berinjela, soja, abóbora, 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 ω-3 e ω-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).

Os alimentos funcionais além de sua função nutricional também causam efeitos metabólicos no organismo, por este motivo a ação destes vêm sendo estudada em diversas patologias. Para que estes causem os efeitos devidos, precisam ser consumidos regularmente. É importante ressaltar que estes alimentos previnem doenças e caso elas surjam fortalecem o organismo contra as mesmas, no entanto não as curam, por tanto não devem ser usados como medicamento, mas sim como fortificantes do corpo, se incluídos numa dieta diária. Estes alimentos por sua vez contribuem para a melhoria da qualidade de vida, visto que proporcionam ainda maior disposição, energia e um melhor bem estar para o indivíduo (VIDAL *et al.*; 2012).

Alimentos enriquecidos com minerais e vitaminas podem ser considerados funcionais, no entanto na maioria dos casos não são denominados assim, pois para ser considerado funcional o alimento precisa ter algum efeito aditivo à saúde. Caso não apresente nenhum efeito adicional este alimento é considerado apenas como um alimento comum (VIDAL *et al.*; 2012).

Para que os alimentos funcionais industrializados causem os efeitos benéficos esperados devem ser consumidos em grandes quantidades, já que estes possuem concentrações pequenas dos componentes funcionais. O leite enriquecido com ômega-3 é um exemplo de alimento funcional industrializado, para um indivíduo é mais vantajoso consumir leite comum e peixe, que é um alimento funcional natural rico em ômega-3. Isto pode ser explicado já que comendo o peixe o indivíduo estaria não somente se beneficiando com o ômega-3, presente em maiores concentrações, mas também com todos os componentes nutricionais presentes no mesmo. Por este motivo um alimento funcional de origem industrial não pode substituir um alimento funcional natural, dessa forma, no exemplo citado, deixar de ingerir peixe para beber o leite enriquecido com ômega-3 não seria vantajoso (VIDAL *et al.*; 2012).

Os carotenóides na natureza

Os carotenóides são substâncias lipofílicas de origem natural, que podem ser sintetizados por algas, fungos, bactérias e plantas superiores. Os mamíferos não são capacitados para este fim, no entanto são capazes de acumular e/ou converter estes compostos em substâncias importantes para o corpo. FONTANA *et al.*; (2000) cita que a produção natural mundial das mais de 600 variedades estruturais existentes chega a 100 milhões de toneladas por ano.

Os carotenóides são formados na natureza a partir do acoplamento “cauda-cauda” de 2 unidades C₂₀, o que leva inicialmente a formação do fitoeno (Figura. 1) (CARDOSO, 1996).

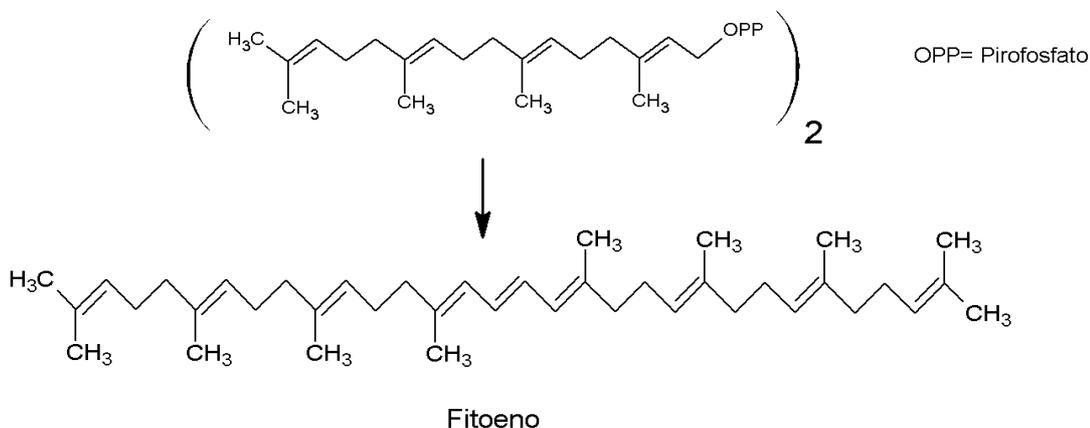


Figura 1. Origem biosintética do fitoeno.

O fitoeno então sofre reações de ciclização, oxidação e desidrogenação para formar os diversos tipos de carotenóides existentes (Figura 2). Alguns tipos de carotenóides também podem ser formados pela remoção de parte desta estrutura ou pelo rearranjo deste esqueleto. Os carotenóides que possuem oxigênio em sua estrutura recebem o nome de xantofilas, já os que possuem apenas carbono e hidrogênio em sua estrutura são chamados de carotenos (CARDOSO, 1996).

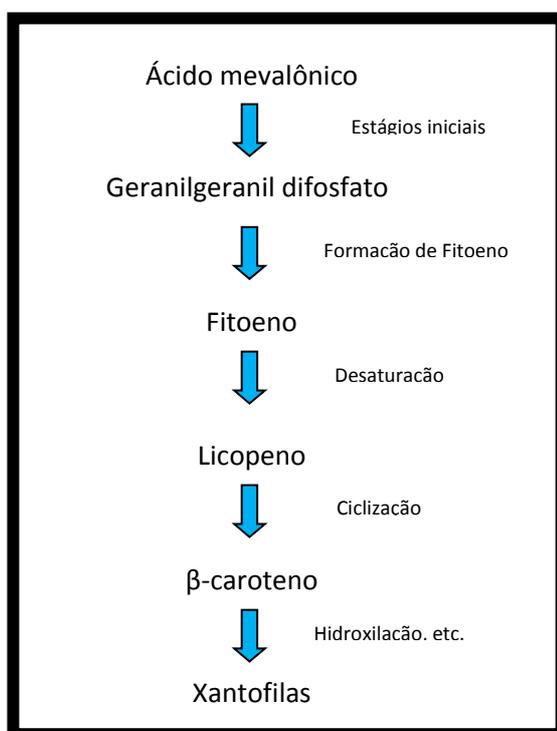


Figura 2. Fluxograma dos estágios de biossíntese de carotenóides.

Estruturalmente, os carotenóides apresentam ligações duplas conjugadas e a maioria possui 40 átomos de carbono (SANDMANN, 2001). Estes são responsáveis pelas colorações amarela, laranja e vermelha das frutas e legumes (SCOTT, 2005).

Carotenóides como luteína (Figura 3), zeaxantina (Figura 4), β - caroteno (Figura 5) e licopeno (Figura 6), despertaram atenção devido suas propriedades benéficas ao corpo humano. O licopeno despertou grande interesse devido a sua ação antioxidante e sua capacidade de diminuir o risco de desenvolver doenças crônicas. O β - caroteno, por ser uma provitamina, já que se converte em vitamina A e também pela sua ação antioxidante. A luteína e zeaxantina, por serem os únicos carotenóides presentes na mácula, sendo assim “protetores dos olhos” (SCOTT, 2005).

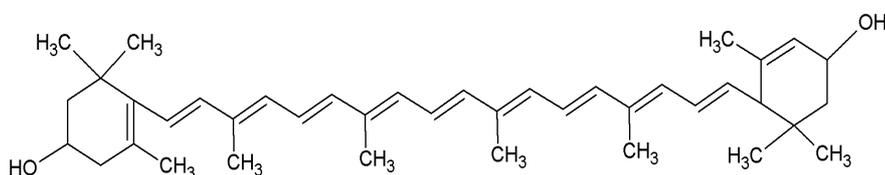


Figura 3. Estrutura química da Luteína.

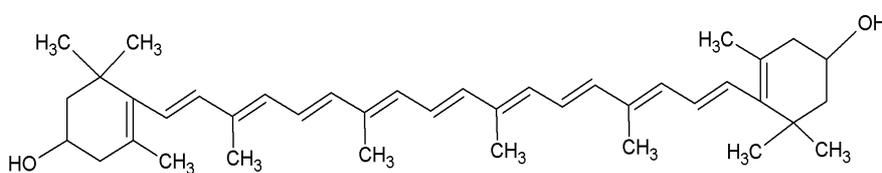


Figura 4. Estrutura química da Zeaxantina.

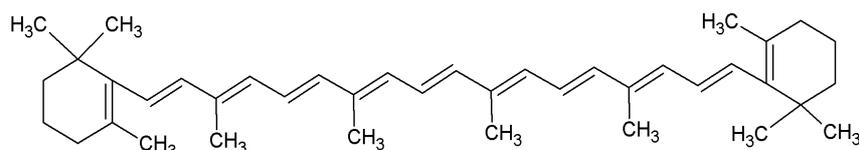


Figura 5. Estrutura química do β -caroteno.

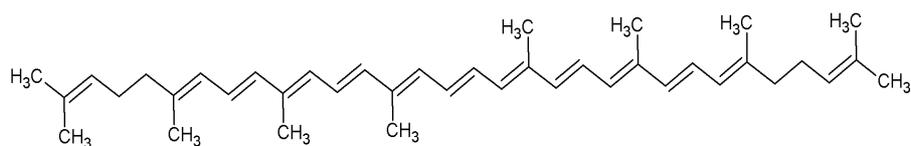


Figura 6. Estrutura química do Licopeno.

Carotenóides em animais

Dos pigmentos naturais, provavelmente os carotenóides são os que possuem maior ocorrência na natureza, podendo ser encontrados em animais. Os carotenóides são responsáveis pela coloração de crustáceos, de diferentes insetos, peixes e pássaros, este fato está relacionado a alimentação deste animais, pois este não são capazes de sintetizar carotenóides. São responsáveis, por exemplo, pela plumagem rosa dos flamingos, pelas cores do salmão, da truta, do peixe dourado e pela mudança de cor de lagostas, ao liberarem o carotenóide astaxantina (Figura 7) quando submetidas ao aquecimento. A astaxantina presente em lagostas está ligada à proteínas denominadas carotenoproteínas. Estas são responsáveis pela coloração marrom azulada destes animais. Quando as carotenoproteínas são desnaturadas ao serem submetidas à temperaturas elevadas, a astaxantina é liberada, fazendo assim com que a mesma torne-se vermelha (CARDOSO, 1996).

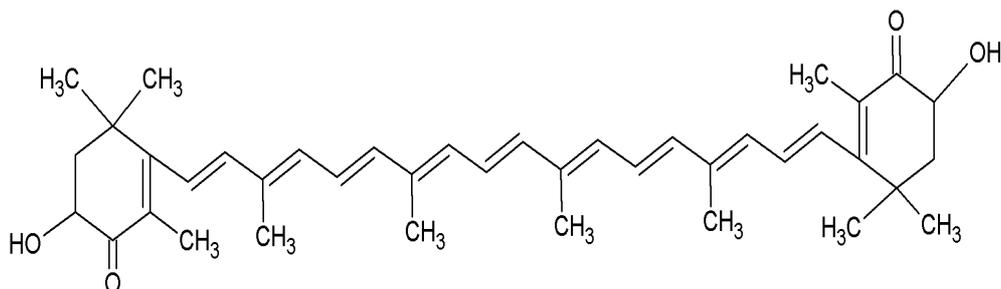


Figura 7. Estrutura química da Astaxantina.

Funções dos carotenóides em plantas

Nas plantas, os carotenóides desempenham duas funções muito importantes. Estes se situam no cloroplasto, onde estão inseridos nos tilacóides, fazendo parte das unidades dos tilacóides, chamadas de fotossistemas, que são compostos de um centro de reação e do complexo antena (Figura 8). Nestes fotossistemas os carotenóides fazem parte do “complexo antena”, um conjunto de pigmentos que funcionam de modo semelhante a uma “antena”. Estes pigmentos absorvem energia proveniente da luz e a transferem a mesma de um ao outro até chegar ao centro de reação, onde se encontra a clorofila a. No centro de reação, esta energia luminosa é transformada em energia química. Conforme descrito, os carotenóides são pigmentos capazes de auxiliar na fotossíntese (RAVEN, 2001).

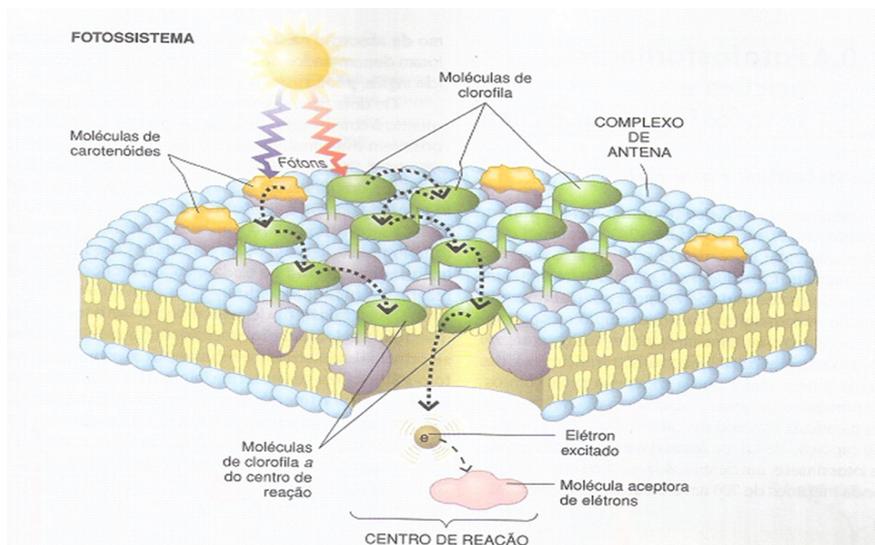


Figura 8. Papel dos carotenóides no complexo de antena. Fonte: <http://polimerasecien.com.br/2012/12/fotossintese.html>

Outro papel importante dos carotenóides nas plantas é o fato de atuarem como fotoprotetores do sistema fotossintético. O mecanismo de ação consiste na eliminação dos estados triplete da clorofila, impedindo que o oxigênio singlete seja produzido, sendo assim a energia triplete da clorofila é transferida para o carotenóide. Caso haja produção de oxigênio singlete por meio de outros processos, este também pode ter sua ação limitada pelos carotenóides (CARDOSO, 1996).

Biossíntese dos carotenóides

Os únicos organismos capazes de biossintetizar carotenóides são algas, fungos, bactérias e plantas superiores. A biossíntese dos carotenóides foi esclarecida por volta de 1950 e 1960. Estes fazem parte de uma classe de produtos naturais denominada terpenóides. As moléculas dimetilalilpirofosfato (DMAPP) e isopentenilpirofosfato (IPP) (Figura 9) embasam a biossíntese destes (FRASER, 2004).

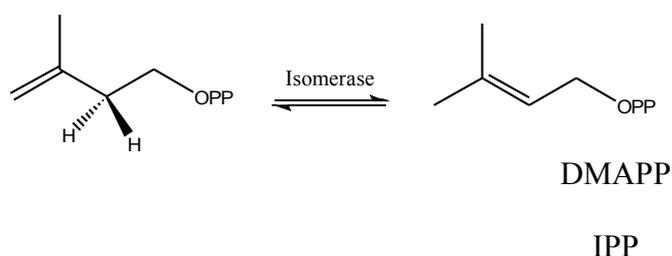


Figura 9. Formação do DMAPP a partir do IPP. Fonte: LOBO (2007)

Estas moléculas possuem reatividades diferentes. A molécula de dimetilalilpirofosfato possui um bom grupo de saída, o pirofosfato (OPP), e possui ainda um carbono eletrofilicoalílico, sendo o carbocátion formado estabilizado por ressonância (Figura 10). Já o IPP possui uma ligação dupla que atua como nucleófilo (Figura 11).

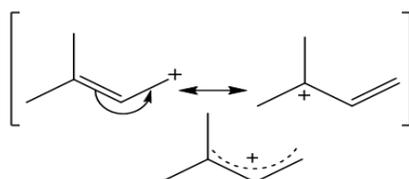


Figura 10. Reatividade do DMAPP. Fonte: LOBO (2007).

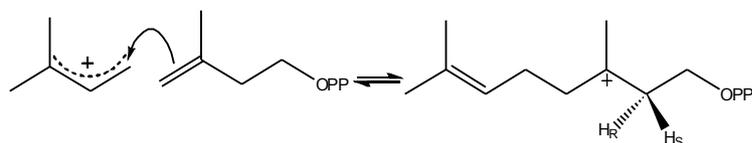


Figura 11. Reação entre IPP e DMAPP. Fonte: LOBO (2007).

Os terpenóides são formados a partir da combinação de unidades de isoprenos, o que resulta em moléculas contendo 10 à 40 átomos de carbono e que podem ser classificados quanto ao número de unidades isopreno que os formam, conforme mostra a tabela abaixo: (Tabela 2) (DEWICK, 2002).

Tabela 2. Classificação dos terpenóides quanto ao número de unidades isopreno que os constitui.

Número de unidades isopreno	Nomenclatura do terpeno
1	Hemiterpenos
2	Monoterpenos
3	Sesquiterpenos
4	Diterpenos
5	Sesterterpenos
6	Triterpenos
8	Tetraterpenos

Fonte: DEWICK (2002).

Tetraterpenos formam-se mediante a reação de 2 diterpenos (C_{20}) (Figura 12). O fitoeno produzido pode ser modificado por hidrogenação, desidrogenação, ciclização ou oxidação gerando os demais compostos desta classe de produtos naturais. (DEWICK, 2002; VALDUGA, 2009).

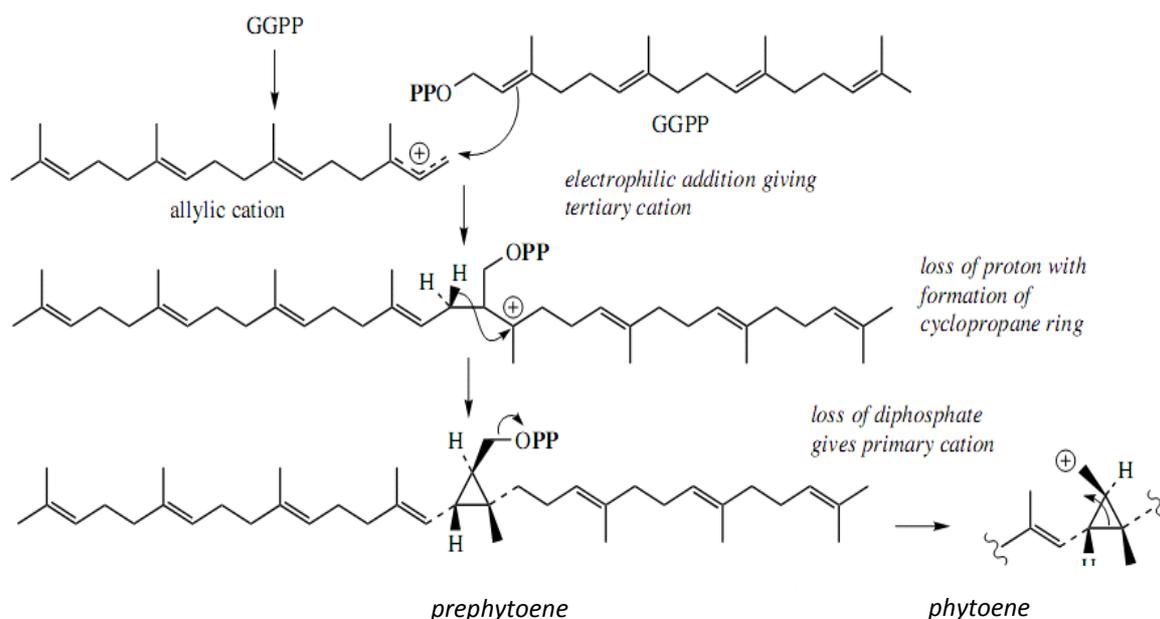


Figura 12. Biossíntese do fitoeno. Fonte: DEWICK (2002).

Relação entre a cor e a estrutura dos carotenóides

Um carotenóide pode ter de 3 a 15 duplas conjugadas e o número de ligações duplas conjugadas é o que determina seu espectro de absorção e assim sua cor visível (BRAMLEY, 2004).

Conversão de carotenóides em vitamina A

A hipovitaminose A é um dos principais problemas nutricionais que afeta países em desenvolvimento, como o Brasil. Níveis baixos de retinol acarretam cegueira, xerofthalmia, que é um dos grandes problemas de saúde em nível mundial, e morte de milhões de crianças (MELENDEZ *et al.*; 1994). A deficiência de vitamina A está associada dentre outros fatores à ingestão inadequada de alimentos que contenham os precursores desta, ou seja, os carotenóides (PRADO *et al.*; 1995).

A vitamina A ou retinol é um micronutriente essencial para o funcionamento dos sistemas oculares e sistema imunológico, desenvolvimento, crescimento, reprodução e manutenção de tecidos epiteliais. A falta desta vitamina no organismo pode causar sérios riscos à saúde (AMBRÓSIO *et al.*; 2006).

O consumo de alimentos contendo estes precursores, como os carotenóides, pode ser uma boa estratégia para inibir a hipovitaminose A. É notável que apesar de haver uma alta disponibilidade de verduras, frutas e alimentos ricos em carotenóides, no Brasil, existe em contrapartida um elevado índice de crianças com hipovitaminose A. Um dos possíveis fatores para esta discrepância é a falta de informação da sociedade em relação a importância da ingestão destas fontes alimentares (AMBRÓSIO *et al.*; 2006).

A atividade dos carotenóides como pró-vitamina é estudada desde a década de 50 (CERQUEIRA, 2007). Por serem precursores do retinol, os carotenóides são denominados provitamina A. Dentre os diferentes carotenóides conhecidos, cerca de 50 são precursores da vitamina A. O β -caroteno é o precursor mais abundante nos alimentos vegetais, é também o que apresenta a maior atividade de conversão em vitamina A, pois ele pode ser clivado na dupla ligação central dando origem a 2 moléculas de retinal, que é uma das formas químicas da vitamina A (AMBRÓSIO *et al.*; 2006).

No organismo, o β -caroteno é parcialmente convertido a retinal, posteriormente este é convertido a retinol e é transportado para o fígado, onde comporta 90% da vitamina A e dali é transportado para o corpo. No organismo podem ocorrer dois tipos de quebra na molécula do β -caroteno para que este se converta em vitamina A. Na clivagem simétrica, que divide o β -caroteno na dupla ligação central, forma-se retinal, que é capaz de se converter de forma reversível em retinol ou de forma irreversível em ácido retinóico. Já na clivagem assimétrica, são obtidos como produtos β -apocarotenais, que são capazes de se converter em retinal e posteriormente em retinol de forma reversível (Figura 13) (AMBRÓSIO *et al.*; 2006).

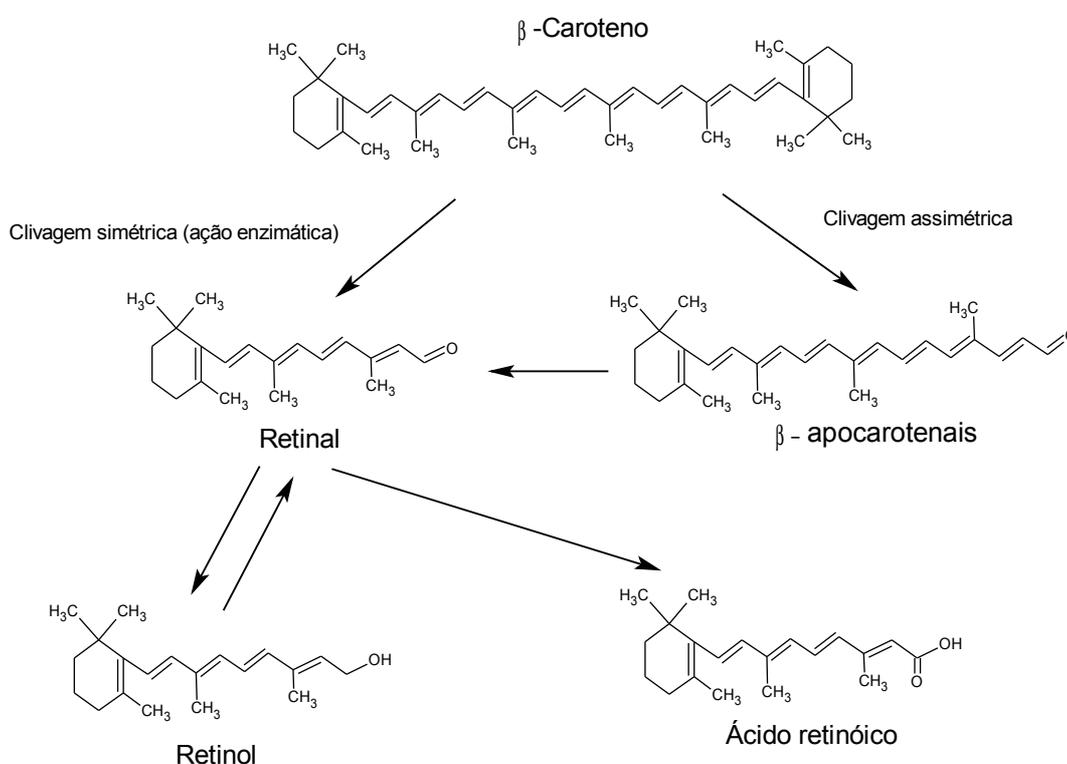


Figura 13. Conversão do β -caroteno em vitamina A. Fonte: AMBRÓSIO *et al.*, (2006).

Importância dos carotenóides na dieta humana

Estudos mostram que nas três últimas décadas o consumo de frutas e vegetais vem aumentando nos Estados Unidos e também no Brasil, este fato mostra que os hábitos alimentares têm se modificado, em busca de uma alimentação mais saudável. Visto que estes alimentos contêm substâncias que fazem bem à saúde humana, pode-se afirmar que esses dados são positivos (LIMA *et al.*; 2004).

Uma das substâncias mais abundantes em hortaliças e frutas são os carotenóides. Estas substâncias agem no organismo de forma benéfica, pois diminuem os riscos de doenças como, patologias oculares e determinados tipos de cânceres. Com relação a estas doenças os carotenóides mais estudados são a zeaxantina, licopeno, luteína e β -caroteno (KRINSKY, 2005).

O β -caroteno é o carotenóide mais abundante nos alimentos e também é o mais estudado. Dos 50 carotenóides que se convertem em vitamina A, é ele o que tem a maior atividade de provitamina A, por isso este composto é tão importante na dieta. As principais fontes de β -caroteno em alimentos, se encontram em vegetais de folhas verdes e frutas, sendo a principal fonte vegetal a cenoura (Tabela 3). Alguns fatores são considerados importantes na biodisponibilidade do β -caroteno, tais como o ato de cortar e cozinhar. Estes fatores diminuem a biodisponibilidade deste composto nos alimentos (KRINSKY, 2005).

Tabela 3. Quantidade de β -caroteno nos alimentos

Alimentos	Quantidade (mg/100 mg)
Cenoura crua	18,3
Manga enlatada	13,1
Batata-doce cozida	9,5
Cenoura cozida	8,0
Abóbora enlatada	6,9
Couve cozida	6,2
Espinafre cru	5,6
Espinafre cozido	5,2
Abóbora inverno	4,6
Acelga crua	3,9
Damasco cru	2,6
Pimentão cru	2,4
Pimentão cozido	2,2
Melão	1,6
Alface	1,3
Molho de tomate	1,2

Fonte: KRINSKY (2005).

O licopeno é um alimento encontrado principalmente em tomates, dentre outras frutas (Tabela 4). Um fato curioso é que, pesquisas mostraram que a biodisponibilidade deste carotenóide é maior em molhos de tomate do que em tomates frescos (GARTNER, 1997). Isto se deve ao fato dos carotenóides serem substâncias lipofílicas, tendo assim afinidade pelas gorduras usadas nos molhos para conservação. Diferentes do β -caroteno, o licopeno não é capaz de se converter em vitamina A, no entanto é um importante antioxidante. Devido a isso, a ingestão de tomates e de produtos à base de tomates tem sido associada a prevenção de doenças cardiovasculares, doenças crônicas e câncer (AGARWAL, 2000).

Tabela 4. Quantidade de licopeno nos alimentos

Alimentos	Quantidade (mg/100 mg)
Massa de tomate	29,3
Ketchup	17,0
Purê de tomate	16,7
Molho de macarrão	16,0
Molho de tomate	15,9
Sopa de tomate	10,9
Tomate enlatado	9,7
Suco de tomate	9,3
Melancia	4,9
Tomate cozido	4,4
Tomate cru	3,0

Fonte: KRINSKY (2005).

A luteína e a zeaxantina são carotenóides detectados na retina dos olhos e doenças oculares podem ser relacionadas a níveis baixos destes compostos (BERNSTEIN *et al.*, 2002).

Estes carotenóides são semelhantes com relação a fontes de alimentos onde são encontrados e na forma como agem no metabolismo humano. Alimentos como espinafre e couve são ricos em luteína e zeaxantina (Tabela 5) (KRINSKY, 2005).

Algumas vantagens em relação ao consumo dos alimentos que contém carotenóides como “provedores de melhorias para a saúde”, é o fato de serem facilmente encontrados e por terem baixo custo. Para que os benefícios provenientes das fontes de carotenóides sejam alcançados é necessário que o consumo destes seja regular (VIDAL *et al.*; 2012).

Tabela 5. Quantidade de luteína e zeaxantina nos alimentos

Alimentos	Quantidade (mg/100 mg)
Couve cozida	15,8
Espinafre cru	11,9
Espinafre cozido	7,0
Alface cru	2,6
Brócolis cru	2,4
Brócolis cozido	2,2
Abobrinha	2,1
Milho cozido	1,8
Ervilhas enlatadas	1,4
Couve de Bruxelas cozida	1,3
Milho enlatado	0,9
Feijões verdes cozidos	0,7
Feijão verde cru	0,7
Quiabo cozido	0,6
Repolho cru	0,4
Gema de ovo média	0,3
Aipo cru	0,3
Laranja	0,2
Tomate	0,2

FONTE: KRINSKY (2005).

Atividade antioxidante e pró-oxidante

Os radicais livres são espécies químicas que possuem “elétrons desemparelhados”, que podem causar danos às células se formados em grandes quantidades, provocando doenças. Entre os prejuízos que a ação em cadeia dos radicais livres pode causar ao reagirem com biomoléculas, pode-se citar: peroxidação de ácidos graxos polinsaturados, alterações na ribose e em bases nitrogenadas do DNA (BIANCHI, 1999).

Algumas espécies radicalares, assim como o radical superóxido, são pouco reativas e estáveis, já outras são muito reativas, assim como o radical hidroxila. São formados por fatores exógenos, como cigarro e dieta ou endógenos, como transferência de elétrons no metabolismo celular. A ação danosa destes radicais pode ser limitada por intermédio de antioxidantes (CERQUEIRA, 2007).

Um antioxidante é uma substância presente em pequenas concentrações que possui o potencial de impedir a ação de um substrato capaz de se oxidar. Estes podem assim parar ou impedir a formação dos radicais livres ou até mesmo reparar os danos causados (YOUNG, 2001).

É importante ressaltar que o corpo possui defesas antioxidantes, no entanto se estas defesas se tornam insuficientes, de modo que ocorra uma produção elevada de radicais livres resulta num estresse oxidativo que é capaz de provocar diversas doenças, como câncer, diabetes e doenças oculares. Cerca de 0,1 % do oxigênio que é usado na respiração forma espécies reativas de oxigênio, isso se dá pela fuga dos elétrons dos complexos que formam a cadeia respiratória. Este é um dos exemplos de formação radicais livres no corpo humano (CERQUEIRA, 2007).

Além dos antioxidantes formados pelo corpo é possível se obter antioxidantes naturais, como carotenóides, por meio da dieta. Estes antioxidantes podem atuar em conjunto com os antioxidantes endógenos para fortificar as defesas do organismo e por isso é muito importante a ingestão de alimentos que os contenham. As reações dos carotenóides com os radicais livres podem ocorrer de três formas: por adição, por transferência de elétrons ou por absorção de hidrogênio (Figura 14) (KRINSKY, 2005).

1. Adição: $CAR + R \bullet \rightarrow R - CAR \bullet$
2. Transferência de elétrons: $CAR + R \bullet \rightarrow CAR^+ + R^-$
3. Absorção de hidrogênio: $CAR + R \bullet \rightarrow CAR \bullet + RH$

Figura 14. Mecanismo de ação dos carotenóides contra os radicais livres

O interesse no estudo do papel dos antioxidantes na dieta surgiu no início dos anos 90, sua ação foi relacionada desde então com a prevenção contra doenças crônico-degenerativas não transmissíveis. Dos carotenóides já identificados 20 são encontrados em tecidos humanos. São encontrados em membranas celulares, no tecido adiposo e em lipoproteínas, isto se deve ao fato de serem substâncias lipossolúveis (CERQUEIRA, 2007).

DEWICK (2001) afirma que em relação a ação dos carotenóides contra os radicais livres, o tetraterpeno mais significativo na dieta é o licopeno, pois seu sistema de ligações conjugadas linear permite reações de adição de radicais livres e perda de H alílico da cadeia carbônica.

Apesar de sua capacidade antioxidante, em altas concentrações os carotenóides perdem esta ação se tornando pró-oxidantes. Desta forma em grandes quantidades podem alterar as características das membranas celulares, prejudicando-as de forma a torná-las permeáveis a entrada de oxigênio, metabólitos ou toxinas. Os carotenóides podem ainda se auto-oxidar em altas concentrações de oxigênio, ocorrendo assim diminuição da ação antioxidante. A pressão de oxigênio no pulmão é cerca de 150 mmHg e por isso pode proporcionar a redução da ação antioxidante dos carotenóides. Nos tecidos periféricos os carotenóides têm seu potencial de ação mais elevado, já que a pressão de oxigênio varia de 5 a 15 mmHg (YOUNG, 2001).

Efeitos dos carotenóides em processos celulares

Um das ações mais interessantes dos carotenóides nas células é a capacidade que os mesmo tem de inibir o crescimento de células tumorais (KRINSKY, 2005). Uma pesquisa avaliou os efeitos da ação do licopeno juntamente com o antioxidante α -tocoferol sobre o crescimento de duas linhagens de células de câncer de próstata. Foi observado que em concentrações fisiológicas a ação destes dois antioxidantes em conjunto resultou numa forte inibição da proliferação destas células cancerígenas, pois houve uma redução de 90 % do crescimento (PASTORI *et al.*; 1998).

Além de inibir o crescimento de células tumorais, os carotenóides também possuem a capacidade de induzir células tumorais a apoptose, ou seja, à morte celular (KRINSKY, 2005). Em um estudo feito para avaliar a ação da luteína sobre células tumorais da mama e sobre células saudáveis da mama, foi observado que este carotenóide induziu apenas as células cancerosas a apoptose e que protegeu as saudáveis (SUMANTRAN *et al.*; 2000).

Outro efeito importante dos carotenóides está relacionado à sua ação de impedir a genotoxicidade, que é um termo que se refere a “insultos ao genoma”, como danos ao DNA, morte celular, formação de micronúcleos e mutagênese. Em uma pesquisa onde linfócitos foram expostos a radiação formando micronúcleos, Pesquisadores observaram o efeito protetor do β -caroteno durante a radiação e após a mesma também. Após uma hora de radiação adicionam novamente o β -caroteno e o efeito protetor observado foi mais forte ainda (KONOPACK, 2001).

Os carotenóides têm a capacidade de inibir a transformação de células normais em células malignas, ou seja, inibem a transformação maligna, que é o fenômeno onde uma célula saudável se transforma em uma célula capaz de induzir tumores. A possível explicação proposta para o fato dos carotenóides serem capazes de inibir esta transformação é que estes poderiam modificar a comunicação célula-célula, impedindo assim o crescimento destas células (KRINSKY, 2005).

Câncer (INCA, 2016)

Existem mais de 100 doenças que podem ser classificadas como câncer, estas tem em comum o crescimento desenfreado de células malignas que se desenvolvem em órgãos e tecidos podendo propagar-se para demais regiões do corpo, o que caracteriza o fenômeno da metástase. Ao dividirem-se velozmente estas células malignas se acumulam produzindo tumores, também ditos como neoplasias malignas. Em contrapartida tumores benignos podem se formar quando uma massa localizada de células crescem de forma lenta e são similares ao tecido original, desta forma quase nunca representam um risco à saúde. As variedades de câncer existentes estão relacionadas aos diversos perfis de células do corpo, a título de exemplo pode-se citar que os diferentes tipos de câncer ocorrentes na pele existem já que a mesma é constituída de distintas formas celulares. Quando o câncer origina-se em tecidos conjuntivos, como músculo e osso é classificado como sarcoma, caso se origine em tecidos epiteliais como mucosa e pele é classificado como carcinoma.

O câncer pode ser causado por razões diversas, que se inter-relacionam, estas podem ser pertinentes ao meio interno (organismo) ou ao externo. No caso do meio externo estão envolvidas as práticas relacionadas ao ambiente cultural, social e ao meio ambiente. As razões internas são geralmente relacionadas a genética do indivíduo, à eficácia do corpo de se proteger de agressões externa ao mesmo. Agentes externos e internos são capazes de agir mutuamente ampliando a possibilidade de conversão das células saudáveis à células malignas, podendo assim acarretar em câncer. De modo geral cerca de 90% dos cânceres estão relacionados com fatores externos, do ambiente, que pode ser entendido tal qual o meio “como um todo”, incluindo: ar, terra, água, ambiente de consumo (medicamentos e alimentação), ambiente cultural e social (práticas e estilo de viver), ambiente ocupacional (indústrias químicas, por exemplo).

Verificam-se no meio ambiente muitos fatores de risco, estes são ditos carcinógenos ou cancerígenos. A origem do câncer está associada a intensidade e tempo em que as células normais são submetidas a estes agentes, deste modo o surgimento do câncer de pele, por exemplo, está relacionado ao tempo de exposição da pele à radiação solar diariamente e à “quantidade” de anos em que esse hábito vem sendo executado. Os agentes carcinógenos agem modificando o DNA das células, desta forma estas começam a obter instruções errôneas para executar suas funções.

Quando estas modificações ocorrem nos genes protooncogenes, que são genes especiais e inativos em células saudáveis, eles se tornam oncogenes se tornando ativos. Estes por sua vez são responsáveis pela cancerização das células saudáveis. As células cancerosas então, começam a agir de maneira irregular, se multiplicam assim desenfreadamente, crescendo mais rapidamente do que as células do tecido onde se encontram, espalhando-se neste. Adquirem, na maioria das vezes, a capacidade de gerar vasos sanguíneos que as mantém possibilitando a contínua multiplicação desenfreada formando assim tumores malignos.

Por conseguinte, estas células se deslocam do tumor e infestam-se em tecidos próximos ao afetado inicialmente. Alcançando um vaso linfático ou sanguíneo podem se alastrar atingindo órgãos distantes, o que caracteriza a metástase. A medida que as células de câncer deslocam as células saudáveis os órgãos afetados começam a agir de maneira anormal, deixando de desenvolver suas atividades. Quando este processo ocorre nos pulmões, por exemplo, acarretam problemas respiratórios.

A carcinogênese é um processo que ocorre de forma lenta, e em 3 estágios. O primeiro diz respeito ao estágio de iniciação (Figura 15), onde as células normais passam a ter alguns de seus genes modificados pela ação dos agentes cancerígenos denominados iniciadores, já que são estes que vão iniciar o processo de formação do tumor. Diz-se que estas estão “iniciadas”, ou seja, preparadas para serem afetadas pelo segundo grupo de agentes que agirá no estágio seguinte.

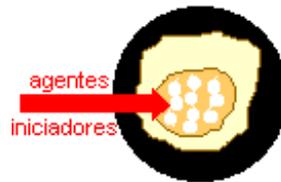


Figura 15. Estágio de iniciação. Fonte: http://www1.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=319.

O segundo estágio é o de promoção (Figura 16), neste a célula é submetida à agentes carcinógenos denominados oncopromotores, já que transformam os genes protooncogênicos em oncogênicos. Estes genes, ativados no momento errado, estimulam o ciclo celular fazendo com que as células que sofreram modificação no estágio anterior produzam outras células de DNA modificado. Assim a mesma não tem seu DNA reparado e nem sofre apoptose pela ação dos genes supressores de tumor, que deveriam estar ativos neste momento. Desta forma diz-se que o câncer está “consolidado”, assim este processo é denominado cancerização das células. Neste estágio as células perdem suas funções, de maneira gradativa e lenta. É importante ressaltar que para que a célula torne-se maligna é preciso um contato extenso e contínuo com o agente carcinógeno oncopromotor. Caso a influência do agente seja interrompida o processo paralisa-se neste estágio (INCA, 2016).

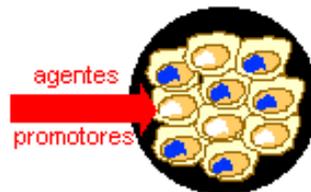


Figura 16. Estágio de promoção. Fonte: http://www1.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=319.

O terceiro estágio é o de progressão (Figura 17), neste ocorre o crescimento irreversível e desenfreado das células malignas. Nesta última etapa o câncer alojado progride até que os primeiros sintomas da doença se manifestem (INCA, 2016).

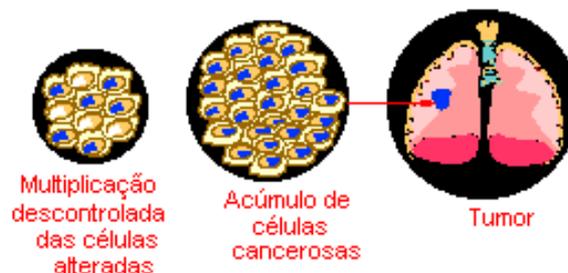


Figura 17. Estágio de progressão. Fonte: http://www1.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=319.

É possível prevenir o organismo do câncer, para isso é preciso seguir algumas orientações de saúde. Não fumar é uma das orientações mais recomendadas, pois muitas substâncias cancerígenas são liberadas e respiradas por fumantes e não fumantes. Assim pode-se prevenir o câncer de pulmão, esôfago, laringe, cavidade oral e faringe (INCA, 2016).

Praticar exercícios físicos é fundamental, pois evita a obesidade que é considerada um dos fatores de risco para alguns tipos de câncer, além disso a prática de exercícios estimula o sistema imunológico aumentando as defesas do corpo.

Abster-se de bebidas alcoólicas é outra recomendação, pois o consumo destas, independente da quantidade consumida, contribui para o desenvolvimento de câncer.

É importante se evitar a exposição aos raios solares entre 10 e 16 horas, caso não seja possível se evitar devido ao trabalho, é importante usar proteção adequada, como chapéu e calça comprida. É importante ressaltar que mesmo antes das 10 da manhã é necessário se proteger dos raios solares, usando, por exemplo, protetor solar.

Alimentar-se de forma saudável é uma das principais recomendações, pois por meio do consumo alimentos naturais obtém-se substâncias capazes de auxiliar nas defesas do organismo, além disso, desta forma é possível se evitar também a obesidade. Os alimentos considerados mais importantes na prevenção são cereais integrais, feijões, frutas, legumes e verduras (INCA, 2016).

Carotenoides e o câncer

As doenças afetam a saúde impedindo que o ser humano tenha qualidade de vida, abalando o bem-estar físico e mental. Pesquisas no mundo inteiro vêm sendo feitas para se descobrir a cura de doenças e até mesmo o tratamento das mesmas, seja por meio de novos medicamentos ou por estudos da ação de certas substâncias no corpo.

Um dos maiores causadores de doenças são os radicais livres, estes são extremamente instáveis e agem no organismo causando lesões nas células, que podem levar à morte celular. A ação dos radicais livres tem sido relacionada com várias patologias degenerativas, como cardiopatias, diabetes, esclerose múltiplas, problemas pulmonares, dentre outras. As lesões causadas no DNA pelo desempenho dos radicais livres possuem papel fundamental nos processos de mutagênese e carcinogênese (BIANCHI, 1999).

Estes radicais são moléculas inorgânicas, orgânicas, ou átomos que apresentam um ou mais elétrons não pareados e existem de forma independente. Algumas espécies destes radicais são, radical superóxido (O_2^-), radical hidroxila (OH^-) e oxigênio singlete.

A formação dos radicais livres no organismo ocorre por meio da ação catalítica de enzimas, nos processos de transferência de elétrons no metabolismo das células ou por exposição à fatores exógenos como, radiações gama e ultravioleta, cigarro, dieta, medicamentos e ozônio. O surgimento dos radicais livres é acompanhado da elevação das defesas antioxidantes enzimáticas, no entanto a multiplicação em cadeia destes radicais causa um desequilíbrio, entre moléculas antioxidante e oxidantes, este desequilíbrio é chamado de estresse oxidativo (BIANCHI, 1999).

O mecanismo de ação dos radicais livres consiste em captar elétrons de moléculas sadias na tentativa de se estabilizarem. A molécula atacada perde elétron e se torna assim um radical livre, também dá-se início desta forma a uma reação em cadeia que lesará muitas células e se não for pela ação de um antioxidante pode se tornar um processo ilimitado. Este processo que provoca a morte celular é chamado de oxidação (NEDEL, 2005).

Os agentes responsáveis por parar ação dos radicais livres nas células são os antioxidantes. O mecanismo de ação dos antioxidantes consiste em impedir a formação dos radicais livres, impedir o ataque destes à célula, reparando os danos causados. Alguns antioxidantes naturais do corpo humano são superóxido dismutase, catalase e a glutathionperoxidase. (BARREIROS, 2006).

Quando um radical livre ataca um carotenóide e este perde um elétron, quem se torna radical livre é o carotenóide, no entanto este se estabiliza por ressonância devido às suas duplas conjugadas. Desta forma, são as duplas ligações conjugadas dos carotenóides que fazem deles bons sequestrantes de radicais livres, quanto mais insaturado é o carotenóide maior é o seu poder anti-oxidante (UENOJO, 2007).

Neste sentido, agindo como um antioxidante, os carotenóides atuam na prevenção do câncer. Esta doença é um dos grandes problemas de saúde pública em países em desenvolvimento e desenvolvidos, representando cerca de 12% das causas de óbito no mundo (GUERRA, 2005). Estudos epidemiológicos têm mostrado que pessoas que tem uma dieta rica em verduras, legumes e frutas que contém carotenóides, têm apresentado baixos riscos de desenvolver esta doença. Desta forma os carotenóides são considerados agentes quimiopreventivos nestes alimentos naturais (KRINSKY, 2005).

Há algumas décadas, por meio de estudos epidemiológicos foi possível afirmar que o baixo consumo de frutas e verduras está associado ao risco de desenvolver câncer de pulmão. Níveis baixos de β -caroteno no sangue estão relacionados com o risco subsequente de desenvolver este tipo de câncer (ZIEGLER, 1991). Um estudo caso-controle realizado com mulheres, na cidade de Boston avaliou as concentrações de licopeno encontradas no tecido adiposo da mama e o risco de câncer de mama, ficou constatado que houve uma inversa associação entre o licopeno e o risco desse tipo de câncer (ZHANG, et al.;1997).

Dois estudos realizados nos Estados Unidos, um durante 12 anos com mulheres entre 30 e 55 anos e outro durante 10 anos com homens entre 30 e 75 anos avaliou o efeito da ingestão de de licopeno através de um questionário de consumo alimentar e observou que o risco de câncer de pulmão foi significativamente reduzido (MICHEUD *et al.*; 2000).

Outro estudo realizado na Finlândia, envolvendo fumantes com idade entre 50 e 69 anos mostrou que a ingestão elevada de frutas e verduras contendo luteína, zeaxantina, licopeno e β -criptoxantina, também foi capaz de reduzir o risco de câncer de pulmão (HOLICK *et al.*; 2002).

Experimentos realizados com ratos, por meio de indução de câncer de pulmão mostraram que o licopeno apresentou atividade antitumoral. Foi possível concluir isto, já que a quantidade média de tumores nos ratos que ingeriram licopeno foi 1,4 e no grupo controle foi 3,1. Este experimento foi realizado por meio da indução de câncer de fígado e os resultados foram uma média de 2,1 tumores para o grupo de ratos que recebeu suplementação de licopeno e 8,5 para o grupo controle, o que evidencia o potencial do licopeno contra o câncer de fígado também (NISHINO *et al.*; 2002).

Um dos primeiros estudos caso-controle feitos para relatar a ingestão de alimentos contendo licopeno e o risco de desenvolver câncer, mostrou que a ingestão semanal de tomate reduziu em 40% o risco de câncer de esôfago (KRINSKY, 2005).

Uma pesquisa reuniu dados individuais de 10 estudos caso-controle, realizados no Japão, na Europa e na América do Norte. Fizeram parte desta análise 18207 pessoas, dentre elas 4.414 com câncer de boca e faringe, 1545 com câncer de laringe e 12.248 fizeram parte do grupo controle. Este estudo relacionou a ingestão de carotenóides a partir de fontes naturais e o risco de desenvolver câncer de boca, faringe e laringe. Foi possível constatar que o consumo de alimentos contendo β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno e luteína/zeaxantina provocou a redução de 18% da taxa de câncer de boca e de faringe e 17% da taxa de câncer de laringe (LEONCINI, 2015).

Os autores são unânimes quanto a importância dos antioxidantes devido as suas propriedades protetoras, a adição de antioxidantes como carotenóides na dieta se faz necessária para reforçar a defesa dos antioxidantes do corpo, afim de combater doenças relacionadas ao acúmulo de radicais livres, como o câncer.

Carotenóides e doenças cardiovasculares

RIQUE (2002) cita que a principal causa de mortalidade no mundo se deve às doenças cardiovasculares e que muitos fatores de risco influenciam estas doenças, no entanto alguns podem ser modificados segundo o estilo de vida. Um deles é a prática de exercícios físicos e a alimentação adequada, onde deve-se priorizar o consumo de vegetais, frutas, peixes, azeite, soja e grãos integrais.

A oxidação do lipoproteína de baixa densidade (LDL) o torna prejudicial para as artérias, pois ao ser absorvido causa lesões as mesmas. Neste sentido os antioxidantes têm um papel muito importante na prevenção destas doenças, pois são capazes de aumentar a resistência das lipoproteínas de baixas densidades à oxidação (KRINSKY, 2005).

Uma dieta rica em alimentos que contenham antioxidantes é capaz reduzir o risco de aterosclerose coronária. Os principais antioxidantes naturais compostos fenólicos, vitamina E, flavonóides, vitamina C e carotenóides (RIQUE, 2002).

Um estudo baseado no consumo alimentar, envolvendo pessoas com idade média de 40 anos mostrou que houve uma associação inversa entre o consumo de alimentos à base de tomate, como molho para pizza, e doenças cardiovasculares. O que indicou a ação benéfica do licopeno como antioxidante, contra as doenças cardiovasculares (SESSO *et al.*; 2003).

Em outro estudo realizado com 39 876 mulheres avaliou-se os níveis de licopeno e de outros carotenóides no plasma sanguíneo, foi possível verificar que as concentrações de licopeno são mais elevadas em mulheres com menor risco de desenvolver doenças cardiovasculares. Assim sendo, altas concentrações de licopeno foram associadas a um menor risco de se ter doenças cardiovasculares (SESSO *et al.*; 2004).

Carotenóides como pigmentos maculares

A luteína e a zeaxantina estão presentes em dois tecidos vitais, na mácula e na lente dos olhos (Figura 18). Denominam-se pigmentos maculares, pois são os únicos carotenóides presentes na mácula, parte da retina responsável pela visão central, e estão altamente concentrados nesta, são responsáveis pela cor amarela e são considerados protetores dos olhos, manter a saúde da mácula é essencial para o bom funcionamento da função visual. (RODRIGUES E SHAO, 2004; KRINSKY, 2005).

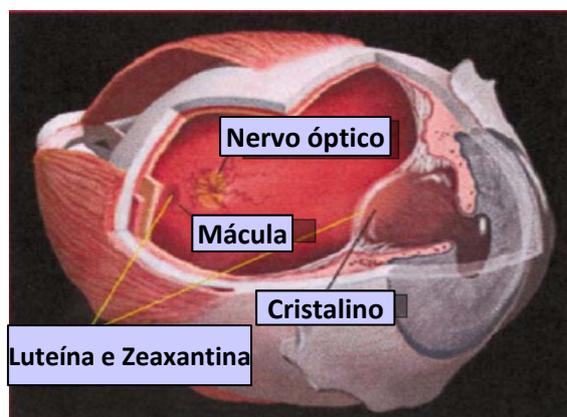


Figura 18. Luteína e zeaxantina no olho humano. Fonte: RODRIGUES (2004).

Devido ao local onde estão situados, estes filtram e diminuem a quantidade de luz do espectro-visível, principalmente a luz azul, que chega até os fotorreceptores. É importante ressaltar que a luz azul é a mais energética do espectro da luz visível, ela é capaz de induzir danos foto-oxidativos, por gerar espécies reativas de oxigênio (RODRIGUES E SHAO, 2004; CANOVAS, 2009).

A zeaxantina está mais concentrada no centro da fóvea, já a luteína se encontram nas partes mais periféricas, a medida que se distância do centro foveal. A relação entre luteína:zeaxantina nos olhos é 2:1 na parte periférica e 1:2,4 na parte central (BONE, 1988). A concentração dos pigmentos maculares pode variar de pessoa para pessoa, acredita-se que um dos fatores de maior influência é a quantidade presente na dieta. Estes desempenham dois papéis importantes: Melhoram a função visual e atuam como antioxidantes protegendo a mácula dos danos do estresse oxidativo. É importante ressaltar que estes pigmentos não são sintetizados pelo corpo, no entanto podem ser obtidos por meio do consumo diário de alimentos onde podem ser encontrados (DAVIES, 2004; KRINSKY, 2005; CANOVAS *et al.*; 2009).

Acredita-se que a baixa concentração dos pigmentos maculares na retina implica em um risco maior de desenvolver degeneração macular relacionada a idade (DMRI), doença com alta incidência, que leva a perda de visão de pessoas com idade superior a 65 anos. A degeneração macular faz com que a pessoa vá perdendo aos poucos a visão central, desta forma o indivíduo com a doença não enxerga com nitidez a imagem focada, é como se “uma mancha” o atrapalhasse enxergar (Figura 19).

Conforme ocorre a deterioração das células da mácula, a capacidade de percepção visual se altera. No estado avançado ocorre cegueira na parte central do campo visual. Existem dois tipos de DMSI, a seca e a úmida. Na DMRI seca, o centro da retina se torna distorcido e pigmentado, já na úmida a retina pode até mesmo se tornar invisível, como se houvesse um espaço vazio no campo central da retina (STRINGHETA *et al.*, 2006).



Figura 19. Avanço da DMRI. Fonte: STRINGHETA, (2006).

• Reação entre zeaxantina e luteína com a catarata

A catarata é uma doença que atinge bilhões de pessoas no mundo, é a principal causa de cegueiras (LIRA, 2001). É definida como, a enfermidade ocular que causa a opacificação do cristalino (Figura 20). Dentre os fatores que podem causar a doença estão: Traumatismos, tabagismo e idade, sendo este último o fator mais comum (RIBAS, 2009).

A opacificidade causada pela catarata interfere na luz emitida até a retina, fazendo com que a visão se torne cada vez menos nítida (Figura 21). É possível se reduzir o risco da doença por meio do alto consumo de frutas e vegetais ricos em luteína e zeaxantina (RODRIGUES E SHAO, 2004; STRINGHETA, 2006).



Figura 20. Aspecto do olho com catarata. Fonte: LIRA, (2001).

Figura 21. Visão normal e visão com catarata. Fonte: STRINGHETA, (2006).

Um estudo realizado com homens com idades entre 45 e 75 anos avaliou a associação entre o consumo de alimentos contendo carotenóides com o risco de desenvolver catarata durante 8 anos. Foi observado que homens que ingeriram quantidades elevadas de luteína e zeaxantina apresentaram um risco menor (19%) de desenvolver catarata em relação aos que ingeriram menores quantidades. Dos alimentos ricos em luteína e zeaxantina o espinafre e o brócolis foram considerados os que possuem maior importância na prevenção da catarata (BROWN *et al.*; 1999).

Uma pesquisa avaliou o efeito da suplementação dietética a longo prazo com luteína, α -tocoferol e placebo, sobre o desempenho visual (acuidade visual e sensibilidade ao brilho) de 17 pessoas com catarata. Um grupo recebeu luteína, o outro α -tocoferol e o outro placebo (óleo de milho). Os níveis destas substâncias foram avaliados no sangue. Foi observado que conforme os pacientes recebiam a suplementação os níveis de destas substâncias aumentaram no sangue, no entanto houve um aumento significativo apenas para a luteína. O melhor resultado foi obtido no grupo da luteína, pois houve uma progressão no desempenho visual. Foi possível concluir por meio deste estudo que uma maior ingestão de frutas e verduras ricas em luteína ou de suplementos pode trazer melhorias a visão de pessoas com catarata (OMEDILLA *et al.*; 2003).

CONCLUSÕES

Por meio desta revisão bibliográfica, foi possível concluir que o consumo de alimentos que contenham carotenóides pode contribuir para as defesas do organismo, pois possuem ação antioxidante, cerca de 50 são precursores da vitamina A e protegem o corpo de doenças relacionadas aos olhos. Assim, estes compostos são indispensáveis a dieta humana.

Visto que uma parte dos antioxidantes podem ser adquiridos por meio da dieta é fundamental a ingestão de frutas, verduras e legumes. Assim, comprovada a ação destas substâncias naturais, por meio dos diversos dados da literatura abordados neste trabalho, pode-se afirmar que realmente são benéficas a saúde, portanto mostrar a importância da ingestão de alimentos que as contenham se faz necessária.

Conforme mostram os estudos bibliográficos os carotenóides possuem ação preventiva contra doenças cardiovasculares, doenças dos olhos e câncer principalmente. Assim sendo são considerados “quimiopreventivos presentes nos alimentos”.

Os carotenóides mais estudados são luteína, zeaxantina, β -caroteno e licopeno. Destaca-se nos estudos bibliográficos o carotenóide licopeno, pois este possui atividade farmacológica comprovada, devido sua ação antitumoral. Os prováveis resultados dos estudos farmacológicos encontrados para o licopeno podem estimular a pesquisa de outros carotenóides visando à busca por novas substâncias de origem natural com atividade antitumoral.

Tendo em vista que nas últimas décadas tem ocorrido uma preocupação maior com o fato de se obter uma vida saudável, os conhecimentos descritos neste trabalho podem ajudar a promover a saúde, fazendo com que o leitor se conscientize em relação à ingestão destes alimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGARWAL, S.; RAO, A.V. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. **Canadian Medical Association or its licensors** **163** (6), 739-744, 2000.
- ALBINO, T. F. L.; FERES, A.F.; DIONÍZIO, A.M. *et al.*. Uso de prebióticos à base de mananoligossacarídeo em rações para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia** **35**(3) 742-749, 2006.
- AMBRÓSIO, L.B.; CAMARA A. F.; CAMPOS S. *et al.*. Carotenóides como Alternativa Contra Hipovitaminose A. **Nutrição** **19**(2) 233-243, 2006.
- ANJO, C.F.D. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Sociedade Brasileira de Angiologia e Cirurgia Vascular**, **3**(2), 145-154.
- BARREIROS, A. L.; DAVID, M. J.; DAVID, P. S. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova** **29**(1), 113-123, 2006.
- BATISTA, A. M.; PINHEIRO, M.H.; CHAVES, P.J. *et al.*. Carotenos e provitamina A em bertalha e ervas aromáticas comercializadas em Viçosa, Estado de Minas Gerais, durante as quatro estações do ano. **ActaSci Health Sci** **28**(1), 93-100, 2006.
- BERNSTEIN, S. P.; ZHAO, D.; WINTCH, W. S. *et al.*. Resonance Raman Measurement of Macular Carotenoids in Normal Subjects and in Age-related Macular Degeneration Patients. **Ophthalmology**, **109**(10) 1780-1787, 2002.
- BIANCHI, L. P.; ANTUNES, G. M. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Nutrição** **12**(2), 123-130, 1999.
- BONE, A.R.; LAMDRUM, J.T.; FERNANDEZ, L. *et al.*. Analysis of the Macular Pigment by HPLC Retinal Distribution and Age Study. **Investigative Ophthalmology e Visual Science**, Boston, **29**(6), 843-449, 1988.
- BROWN, L.; RIMM, B. E.; SEDDON, M. J. *et al.*. A prospective study of carotenoid intake and risk of cataract extraction in US men. **The American Journal of Clinical Nutrition**, **70**, 517-524, 1999
- CANOVAS, R.; CYPEL M.; MICHEL E. F. *et al.*. Pigmentos Maculares. **Arquivo Brasileiro de Oftalmologia**, **72**(6), 839- 844, 2009.
- CARDOSO, S. L. Fotofísica de carotenóides e o papel antioxidante do β - caroteno. **Química Nova**, **20**(5), 535-540, 1996.
- CERQUEIRA, M.F., MEDEIROS, M.H., AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, **30**(2), 441-449, 2007.
- DAVIES, P.N.; MORLAND, B.A. Macular pigments: their characteristics and putative role. **Retinal and Eye Research**, **23**, 533-559, 2004.
- DEGANI, G.; QUEZIA, B.C.; PAULO, V.B. *et al.*. Cromatografia, um breve ensaio. **Química Nova na Escola**, **7**, 21-25, 1998.
- DEWICK P. Medicinal Natural Products. London, England: John Wiley e Sons LTDA. 2nd edition. 2002.
- DWYER, H. J.; NAVAB, M.; DWYER, K.M. *et al.*. Oxygenated carotenoid lutein and progression of early atherosclerosis: the Los Angeles atherosclerosis study. **American Heart Association**, **103**, 2922-2927, 2001.
- FONTANA, J.; MENDES, V.S, PERSIKE, S.D. *et al.*. Carotenóides. **Biociência e Desenvolvimento**, 40-45, 2000.
- FRASER, D. P.; BRAMLEY M.P. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. **Progress in Lipid Research**, Boston, **43**, 228-265, 2004.
- GARTNER C.; STAHL W.; SIES H. Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. **American Society for Clinical Nutrition**, **66**, 116-122, 1997.
- GUERRA S. N.; GALLO M. C.; MENDONÇA S. A. Risco de câncer no Brasil: tendências e estudos epidemiológicos mais recentes. **Revista Brasileira de Cancerologia**. **51**(3), 227-234, 2005.
- HOLICK, N. C.; MAYNE, S.T.; PIETIEN, P. *et al.*. Dietary Carotenoids, Serum β -Carotene, and Retinol and Risk of Lung Cancer in the Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cohort Study. **American Journal of Epidemiology**, **156**(6), 537-547, 2002.
- INCA. Instituto Nacional do Câncer. Disponível em <http://www1.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=322>. Acesso em: 15/03/2016.

- KONOPACK M.; WOLNY. J. Antioxidant Vitamins C, E and b-carotene reduce DNA damage before as well as after g-ray irradiation of human lymphocytes in vitro. **Genetic Toxicology Environmental Mutagenesis**, **491**, 1-7, 2001.
- KRINSKY, I. N.; JOHNSON. J. E. Carotenoid actions and their relation to health and disease. **Molecular Aspectsof Medicine**, **26**, 459-516, 2005.
- LANÇAS M. A. Cromatografia Líquida Moderna e a Espectrometria de Massas: finalmente “compatíveis”? **Scientia Chromatographica**, **1**,35-61, 2009.
- LEONCINI, E.; EDEFONTI, D; HASHIBE, M. *et al.*. Carotenoid intake and head and neck cancer: a pooled analysis in the International head and neck cancer epidemiology consortium. **Springer**, USA, 1-15, 2015.
- LIMA, C. S.; LIMA, A. L., FREITAS C. L. *et al.*. Efeito de baixas doses de irradiação nos carotenóides majoritários em cenouras prontas para o consumo. **Ciência Tecnológica Alimentar**, **24**(2), 183-193, 2004.
- LIRA. C. P. R.; NASCIMENTO, M.A; TEMPORINE, R. E. *et al.*. Suspensão de cirurgia de catarata e suas causas. **Saúde Pública**, **35**(5), 487-489, 2001.
- LOBO, A. M; LOURENÇO, A. M. Biossíntese de Produtos Naturais. Lisboa: IST PRESS., 2007.
- MELENDEZ, G. V.; OKANI. E. T.; KIERTSMAN. B.; *et al.*. Níveis Plasmáticos de Vitamina A, Carotenóides e Proteína Ligadora de Retinol em Crianças com Infecções Respiratórias Agudas e Doenças Diarréicas. **Saúde Pública**, **28**(5), 357-364, 1994.
- MICHAUD, D. S.; [FESKANICH, D.](#);RIMMI E.B. *et al.*. Intake of specific carotenoids and risk of lung cancer in 2 prospective UScohorts. **The American Journal of Clinical Nutrition**, **72**(4), 990-997, 2000.
- NATAN. **Educação Científica**. Disponível em <<http://polimerasecien.com.br/2012/12/fotossintese.html>>. Acesso em 12/05/2015.
- NEDEL, D. R. **Antioxidantes x radicais livres: a influência das vitaminas antioxidantes no retardo do envelhecimento cutâneo**. 2005. Dissertação (Monografia-Graduação em Farmácia) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2005.
- NISHINO, H.; MURAKOSH, M.; LI, T. *et al.* Carotenoids in cancer chemoprevention. **Cancer and Metastasis**, **21**,257–264, 2002.
- OMEDILLA B.; GRANADO F.; BLANCO I. *et al.*.Lutein, but not alpha-tocopherol, supplementation improves visual function in patients with age-related cataracts: a 2-y double-blind, placebo-controlled pilot study. **Nutrition**, **19**, 21-24, 2003.
- PASTORI M.; PFANDER H.; AZZI A. *et al.*. Lycopene in Association with a-Tocopherol Inhibits at Physiological Concentrations Proliferation of Prostate Carcinoma Cells. **Biochemical and biophysical research communications**, **250**, 582-585, 1998.
- PRADO, M. S.; ASSIS, A. O.; MARTINS M. C., *et al.*. Hipovitaminose A em Crianças de Áreas Rurais do Semi-árido Baiano. **Saúde Pública**, **29**(4), 295-300, 1995.
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 6A ed. , 2001.
- RIBAS. S. A. M. Catarata. **Imagem**, **16** (5), 280, 2009.
- RIQUE R. A., SUARES A. E.; MEIRELLES C. E. Nutrição e exercício na prevenção e controle das doenças cardiovasculares. **Revista Brasileira de Medicina e Esportes**, **8**(6), 244-254, 2002.
- RODRIGUES. A. A; SHAO. A. The science behind lutein. **Toxicology Letters**, **150**, 57-83, 2004.
- SANDMANN, G. Carotenoid Biosynthesis and Biotechnological Application. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, **385**(1), 4-12, 2001.
- SANTOS, C.M. **Atividade Antioxidante dos Frutos de Quatro Cultivares de Pessegueiro de Região Subtropical**. Tese (Mestrado em Agronomia)- Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras. 2011.
- SCOTT, C. E.; ELDRIDGE. A. L. Comparisonofcarotenoidcontent in fresh, frozen and canned corn. **Journal of Food Composition and Analysis**, **18**, 551-559, 2005.
- SESSO D. H.; LIU, S.; GAZIANO, J.M. *et al.*. Dietary Lycopene, Tomato-Based Food Products and Cardiovascular Disease in Women. **The American Journal of Clinical Nutrition**, **133**, 2336-2341, 2003.
- SESSO, D. H.; BURING, E. J; NORKUS, E.Q. *et al.*. Plasma lycopene, other carotenoids, and retinol and the risk of cardiovascular disease in women. **The American Journal of Clinical Nutrition**, **79**, 47-53, 2004.
- STRINGHETA P.; NACHTIGALL A; OLIVEIRA T. *et al.* Luteína: Propriedades Antioxidantes e Benefícios à Saúde. **Alimentos e Nutrição**, **17**(2), 229-238, 2006.

- SUMANTRAN V.; ZHANG R.; LEE D. R. *et al.*. Differential Regulation of Apoptosis in Normal versus Transformed Mammary Epithelium by Lutein and Retinoic Acid. **Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention**, **9**, 257–263, 2000.
- UENOJO, M.; MARÓSTICA R.M.; PASTORE M.G. Carotenóides: Propriedades, Aplicações e Biotransformação para Formação de Compostos de Aroma. **Química Nova**, **30** (3), 616-622, 2007.
- VALDUGA, E.; TATSCH, O. P.; TIGGEMANN, L. *et al.*. Produção de Carotenóides: Microorganismos Como Fonte de Pigmentos Naturais. **Química Nova** **32** (9), 2429-2436, 2009.
- VIDAL, A. M.; DIAS, D. O.; MARTINS, S. E. *et al.*. A ingestão de alimentos funcionais e a contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Caderno de Graduação-Ciências Biológicas e da Saúde** **1**(15), 43-52, 2012.
- ZHANG, S.; TANG, G.; RUSSELL, R. M. *et al.*. Measurement of retinoids and carotenoids in breast adipose tissue and a comparison of concentrations in breast cancer cases na control subjects. **The American Journal of Clinical Nutrition**, **66**, 26-632, 1997.
- ZIEGLER R.G. Vegetables, fruits, and carotenoids and the risk of cancer. **Clinical Nutrition**, **53** (1), 251-259, 1991.
- YOUNG J. A.; LOWE M. G. Antioxidant and Prooxidant Properties of Carotenoids. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, **385** (1), 20-27, 2001.