



Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"

**GABRIEL VIANA MELFA**

## **CAROTENÓIDES EM ALIMENTOS**

Assis  
2010

GABRIEL VIANA MELFA

## CAROTENÓIDES EM ALIMENTOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação.

Orientador: Dra. Rosângela Aguilhar da Silva

Área de Concentração: Química

Assis  
2010

## FICHA CATALOGRÁFICA

Melfa, Gabriel V.

Carotenóides em Alimentos / Gabriel V. Melfa. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA -- Assis, 2010.

36p.

Orientador: Dra. Rosângela Aguilár da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1.Carotenóides. 2.Antioxidante. 3.Vitamina A.

CDD:660

Biblioteca da FEMA

# CAROTENÓIDES EM ALIMENTOS

GABRIEL VIANA MELFA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, analisado pela seguinte comissão examinadora:

Orientador: Dra. Rosângela Aguiar da Silva

Analisador: Ms. Nilson José dos Santos

Assis  
2010

## AGRADECIMENTOS

Eu agradeço a todas as pessoas que me ajudaram a realizar este trabalho. Agradeço a minha orientadora pela paciência e por não ter desistido de mim. Agradeço também a professora Mary Leiva, por ter contribuído para a conclusão deste trabalho. Agradeço também aos meus amigos que nunca saíram do meu lado, um abraço especial para o Danilo, Edson, Priscila, Piero e o Jefferson. Também agradeço a Deus, pois sem ele eu jamais teria chegado até aqui.

## RESUMO

Os carotenóides estão presentes na dieta da maioria das pessoas, pois compreendem em mais de 600 variações de estruturas e presentes em vegetais, fungos, bactérias e plantas. São eles os responsáveis pela coloração que vai desde o amarelo até o vermelho, assim, são amplamente utilizados na indústria alimentícia como fonte de corante natural para alimentos artificiais. Nos últimos anos os corantes artificiais têm sido substituídos pelos corantes naturais pelo fato de que os de origem natural possuem um nível de reação alérgica muito pequena comparada ao artificial. Porém, outros fatores têm contribuído para o aumento do consumo e das pesquisas sobre os carotenóides; o seu poder antioxidante é um deles, pois a oxidação das células pode ser considerada uma das causas de doenças bastante conhecidas como Parkinson, Alzheimer, esclerose múltipla e catarata, que são doenças frequentes na velhice. Os agentes oxidativos são conhecidos como Radicais Livres. A capacidade de se converterem em vitamina A ajudou a tornar-se mais conhecidos os carotenóides. Porém, não são todos os carotenóides capazes de se converter em vitamina A, sendo assim, eles são divididos em dois grupos: os que são capazes de se converter em vitamina A e os que só possuem propriedades de corantes e antioxidante. Ultimamente as pessoas têm procurado alimentos que tenham propriedades nutricionais e que sejam relevantes em sua saúde como prevenção e tratamento de doenças. Assim, o objetivo desta pesquisa é realizar um levantamento bibliográfico descrevendo as principais características químicas e biológicas nas moléculas de carotenóides, as principais fontes de obtenção, bem como, descrever a extração do carotenóide bixina, como uma forma de inserir o assunto para alunos do ensino médio.

Palavras-chave: Carotenóides; Antioxidante; Vitamina A.

## ABSTRACT

Carotenoids are present in the diet of most people, they understand more than 600 variations of structures and present in plants, fungi, bacteria and plants. They are responsible for the color ranging from yellow to red, thus, are widely used in food industry as a source of natural colorant for food supplements. In recent artificial dyes have been replaced by natural dyes by the fact that the naturally occurring level have an allergic reaction very small compared to the artificial. But other factors have contributed to the increased consumption of carotenoids and research; your antioxidant power is one of them, because the cells oxidation is a contributing factor, if not the main factor of well-known source of diseases like Parkinson's, Alzheimer's, multiple sclerosis and cataracts, which are frequent diseases in old age. The oxidative agents are known as free radicals. The ability to convert into vitamin A helped to become better known carotenoids. But not all carotenoids are capable of conversion into vitamin A, and they are divided into two groups, those who are able to convert into vitamin A and those who only have antioxidant properties and coloring. In last moments the people have searching for foods that have benefits beyond common nutritional values such as carotenoids, which are used as therapeutic foods. The objective of this research was to perform a complete bibliography on the carotenoids molecules, the natural's source of obtention and show how the way extraction of the bixin, approaching the subject for high school students.

**Keywords:** Carotenoids; Antioxidant; Vitamin A.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Representação da estrutura do isopreno.	3
Figura 2	– Estrutura <i>trans</i> -B-caroteno e 9- <i>cis</i> -B-caroteno, representando as formas <i>trans</i> - e <i>cis</i> - de um carotenóide.	3
Figura 3	– Estrutura de alguns carotenóides.	5
Figura 4	– Estruturas simplificadas de carotenóides hidrocarbonetos: fitoflueno(super-hidrogenado), licopeno.	6
Figura 5	– Estrutura simplificada de alguns carotenóides álcoois: Luteína e Zeinoxantina.	6
Figura 6	- Estrutura simplificada de um carotenóide cetona: Foenicopteron.	7
Figura 7	– Estrutura simplificada de um carotenóide epóxido: Flavoxantina	7
Figura 8	– Estrutura simplificada de um carotenóide éter: Espiriloxantina	8
Figura 9	– Estrutura simplificada de um carotenóide Ácido: Crocetina	8
Figura 10	– Estrutura simplificada de um carotenóide éster: Bixina	9
Figura 11	– – Distribuição eletrônica do átomo de oxigênio.	10
Figura 12	- Formação do oxigênio molecular	10
Figura 13	– Configuração eletrônica do radical superóxido	11
Figura 14	– Conversão de $\beta$ caroteno em vitamina A por clivagem simétrica	15
Figura 15	– Estrutura da Bixina	16
Figura 16	– Estrutura da Isobixina	17

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>09</b>
<b>2.</b>	<b>HISTÓRICO DOS CAROTENÓIDES.....</b>	<b>11</b>
<b>3.</b>	<b>ESTRUTURA DOS CAROTENOIDES.....</b>	<b>13</b>
<b>4.</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO DOS CAROTENÓIDES.....</b>	<b>15</b>
4.1	Classificação Química.....	15
4.1.1	<b>Hidrocarbonetos.....</b>	<b>16</b>
4.1.2	<b>Álcoois.....</b>	<b>16</b>
4.1.3	<b>Cetonas.....</b>	<b>17</b>
4.1.4	<b>Epóxidos .....</b>	<b>17</b>
4.1.5	<b>Éteres.....</b>	<b>18</b>
4.1.6	<b>Ácidos.....</b>	<b>18</b>
4.1.7	<b>Ésteres.....</b>	<b>19</b>
4.2	CLASSIFICAÇÃO NUTRICIONAL.....	19
<b>5.</b>	<b>INTERAÇÕES DOS CAROTENÓIDES COM RADICAIS</b>	
	<b>LIVRES.....</b>	<b>21</b>
5.1	Radicais Livres.....	21
5.2	Reações dos Carotenóides com Radicais Livres.....	23
<b>6</b>	<b>FONTES DE CAROTENÓIDES EM ALIMENTOS.....</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>FUNÇÕES NA SAÚDE E PREVENÇÃO DE</b>	
	<b>DOENÇAS.....</b>	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>CONVERSÃO DOS CAROTENÓIDES EM VITAMINA A... 28</b>	
<b>9</b>	<b>BIXINA.....</b>	<b>30</b>
<b>10</b>	<b>QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO.....</b>	<b>32</b>
10.1	Carotenóides.....	32
10.2	Extração e Identificação da Bixina.....	32
<b>11</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIA.....</b>	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os carotenóides fazem parte de uma família de compostos naturais, onde mais de 600 variações estruturais estão reportadas e caracterizadas a partir de bactérias, algas, fungos e plantas superiores (FONTANA et al, 2000, p.40).

Os carotenóides são corantes naturais responsáveis pelas cores amarelas, laranja e vermelho, utilizados nas indústrias alimentícia, farmacêutica, de cosméticos e ração. Além de seu amplo uso como corantes e no enriquecimento de alimentos, também são utilizados devido a sua atividade pró-vitáminica A e as propriedades que resultam em possíveis funções biológicas benéficas à saúde (COSTA, CHAVES, 2004, p.149).

Os corantes em alimentos com a intenção de torná-los mais atraentes é uma pratica usual do mundo inteiro, seja em escala industrial ou no uso domestico. (COSTA; CHAVES, 2005, p. 149 - 151). A cor de muitos alimentos como frutas, vegetais e até mesmo alguns peixes é fornecida por alguns carotenóides (VALDUGA, et al. 2009, p. 2429 - 2431).

O uso de corantes naturais tem aumentado muito pelo fato de que os artificiais podem trazer complicações em relação à saúde das pessoas que os consomem. A crença das pessoas de que os corantes de origem natural fazem bem a saúde também tem aumentado o seu consumo (COSTA, CHAVES, 2004, p.150).

Atualmente, os carotenóides têm sido usados não só pelo uso de sua cor em alimentos industrializados, mas também por dar um valor nutricional ao alimento (VALDUGA, et al. 2009, p. 2432).

Os carotenóides mais comuns encontrados nos vegetais e consumidos pela maioria das pessoas são o  $\beta$ -caroteno da cenoura, a astaxantina de animais aquáticos, o licopeno do tomate, as xantofilas do milho, manga, mamão, gema do ovo e a bixina do urucum (FONTANA et al, 2000, p. 40).

Os mamíferos não estão bioquimicamente capacitados para a biossíntese de carotenóides, porém é possível o acúmulo ou conversão de precursores que obtêm

de alimentos como a conversão de  $\beta$ -caroteno em vitamina A (FONTANA *et al*, 2000, p. 40).

Os carotenóides também são conhecidos como agentes antioxidantes, ou seja, eles são responsáveis pela inibição e redução das lesões causadas nas células pelos radicais livres. Os antioxidantes mesmos em pequenas concentrações são capazes de inibir ou atrasar as taxas de oxidação (COSTA; MONTEIRO, 2009, p. 90).

Ultimamente as pessoas têm procurado alimentos que tenham propriedades nutricionais e que sejam relevantes em sua saúde como prevenção e tratamento de doenças. Assim, o objetivo desta pesquisa é realizar um levantamento bibliográfico descrevendo as principais características químicas e biológicas nas moléculas de carotenóides, as principais fontes de obtenção, bem como, descrever a extração do carotenóide bixina, como uma forma de inserir o assunto para alunos do ensino médio.

## 2 HISTÓRICO DOS CAROTENÓIDES

Por volta de 1831 Wackenroder isolou e identificou um pigmento laranja extraído da cenoura e batizou de carotin, mais tarde foi chamado de caroteno. Em 1837 o termo xantofila foi descrito por Berzelius com o estudo de pigmentos amarelos após a degradação da clorofila das folhas secas no período do outono. Já a designação carotenóides foi proposta por Tswett, em 1911, incluindo nessa terminologia todas as substâncias genéricas e quimicamente relacionadas com o primeiro composto descoberto. Posteriormente um interesse sobre os carotenóides aumentou depois que a descoberta da Vitamina A estava diretamente ligada aos mesmos. Aumentando assim em muito as pesquisas em relação aos carotenóides, embora a descoberta da vitamina A (1912) tenha sido muito depois da dos carotenóides (CARVALHO, 1996, p. 18 - 19).

Em 1912 Hopkins desenvolveu um trabalho sobre a possível existência da vitamina A. Em sua pesquisa ele demonstrou que ratos não cresciam normalmente com uma dieta básica, ausente de alimentos naturais e compostas de nutrientes purificados como proteínas, carboidratos, gorduras e minerais. Para que eles crescessem normalmente era necessário adicionar suplementos conhecidos como “*accessory food factors*” em suas alimentações (CARVALHO, 1996, p.19).

Em pesquisas seguintes ficou demonstrado que uma das substâncias do suplemento alimentar era uma fração encontrada em algumas gorduras e foi denominado por alguns pesquisadores de “*fatsoluble accesory factor*”. Mas esta nomenclatura foi substituída por Vitamina A (CARVALHO, 1996, p.19 - 20).

Em uma pesquisa realizada por Moore, em 1930, foi definida a transformação de caroteno em vitamina A, aplicando testes com gordura de fígado de ratos. Este teste foi realizado para reação positiva de vitamina A com tricloreto de antimônio, resultando em coloração azul, enquanto que testes com a gordura de fígado de rato desprovidos de vitamina A não apresentava a característica de coloração. Mas o mais interessante foi que a gordura que possuía somente o caroteno apresentou a

mesma coloração da vitamina A e também a mesma absorção máxima da vitamina A na região ultravioleta (328 nm), confirmando assim a capacidade de um caroteno se converter em vitamina A (CARVALHO, 1996, p. 20).

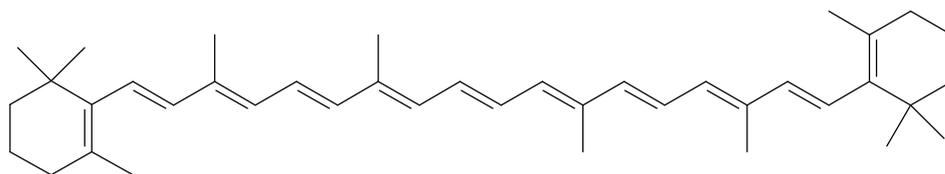
### 3 ESTRUTURA DOS CAROTENOIDES

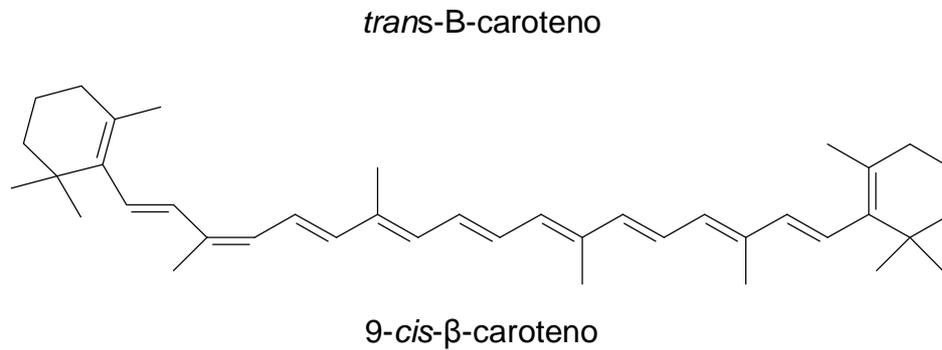
Os carotenóides formam uma cadeia de quarenta átomos de carbono, exceto a crocetina e a bixina, que possuem menos de quarenta átomos de carbono. Essa cadeia de quarenta carbonos é dividida em oito unidades chamadas de unidades isoprênicas. Essas unidades isoprenicas são compostas por cinco átomos de carbono, portanto, oito unidades isoprenicas são iguais a um total de quarenta carbonos (MORAIS, 2006, p. 13 - 14). A fig. (1) mostra a estrutura do isopreno.



**Figura 1 – Representação da estrutura do isopreno (In: MORAIS, 2006, p.4).**

Por terem maior estabilidade, a maior ocorrência geométrica dos carotenóides na natureza é na conformação trans-, porém a conformação cis-, também é encontrada (CARVALHO, 1996, p. 20 - 21). Essas estruturas são apresentadas na fig. (2).





**Figura 2 – Estrutura *trans*-B-caroteno e 9-*cis*-B-caroteno, representando as formas *trans*- e *cis*- de um carotenóide (in: MORAIS, 2006, p. 5).**

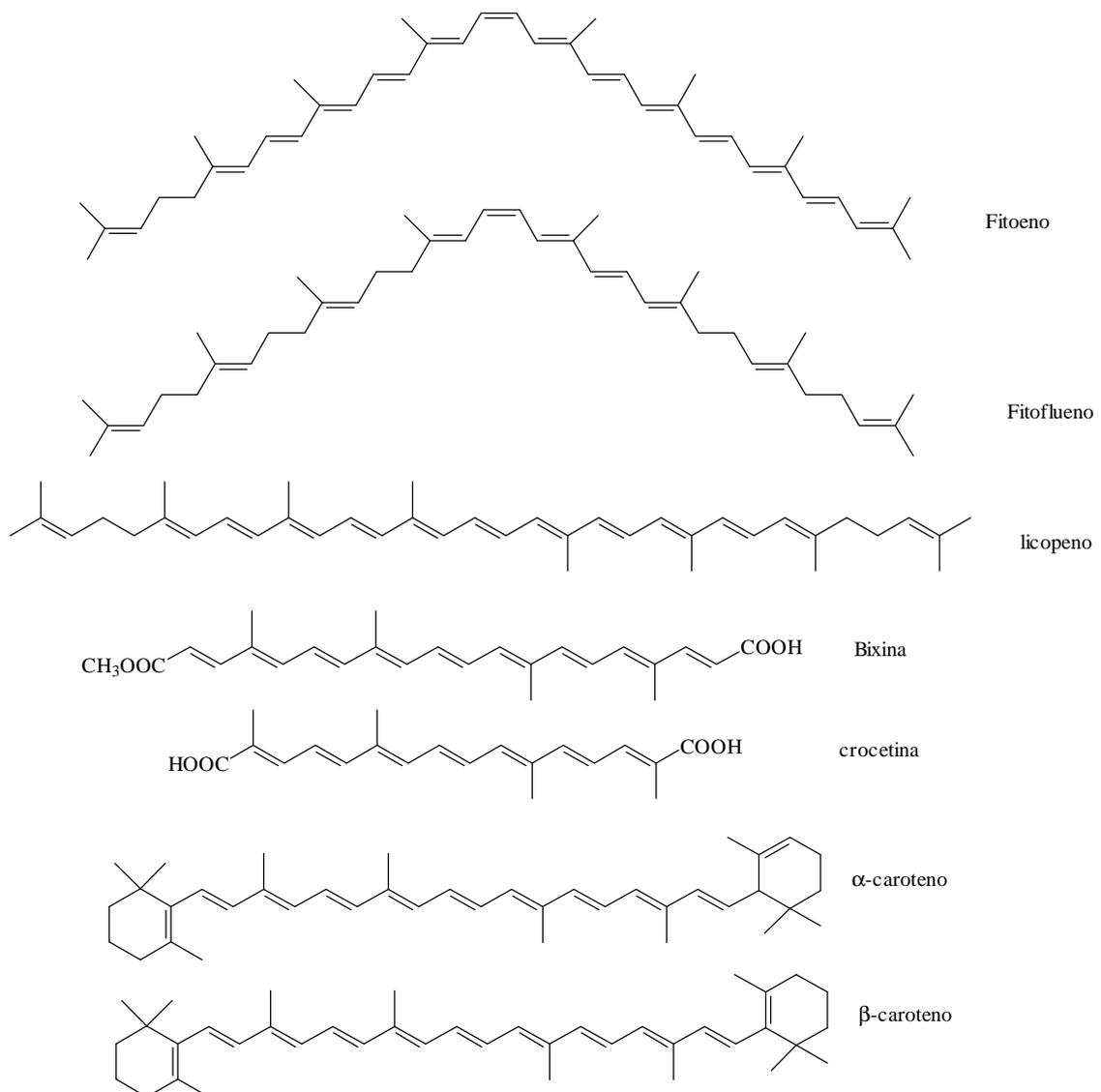
Os carotenóides possuem em suas cadeias carbônicas um sistema de duplas ligações que constitui o grupo cromóforo responsável pela cor que proporciona aos alimentos. São ligações interatômicas, entre os átomos de carbono, denominadas conjugadas. Para que apareça a cor amarelada, são necessárias, sete ligações conjugadas. Quanto maior o número de ligações conjugadas maior será o número da banda de absorção em um maior comprimento de onda, e assim, ele se torna mais vermelho. Quanto maior o número de ligações na forma *trans* o composto tiver, mais escura será sua cor, conseqüentemente, quanto mais ligações na forma *cis* mais fraca se tornará a cor do composto (MORAIS, 2006, p. 14).

As estruturas que possuem somente carbono e hidrogênio são chamadas de carotenos e as estruturas que possuem oxigênio são chamados de xantofilas (UENOJO *et al*, 2007, p. 616 - 622).

## 4 CLASSIFICAÇÃO DOS CAROTENÓIDES

## 4.1 CLASSIFICAÇÃO QUÍMICA

Quimicamente, os carotenóides se dividem em dois grupos: carotenóides hidrocarbonados, denominados carotenos, e os carotenóides oxigenados, denominados xantofilas (FONTANA et al, 2000, p.41). A figura (3) apresenta várias dessas estruturas.

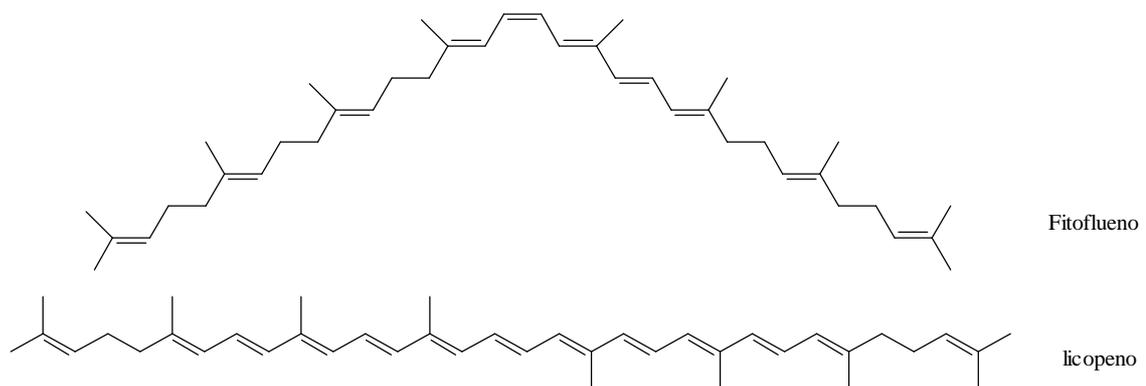


**Figura 3 – Estrutura de alguns carotenóides (In: MORAIS, 2006, p.6).**

Estes dois grupos podem ser subdivididos em 7 grupos:

#### 4.1.1 Hidrocarbonetos

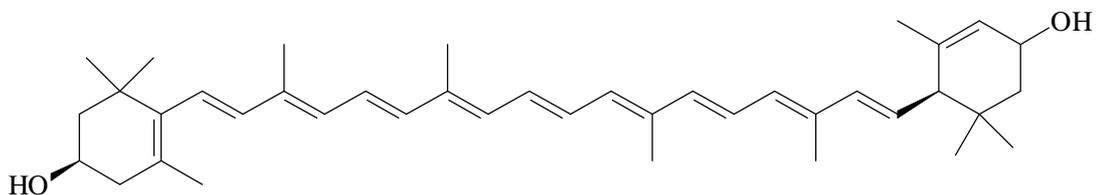
São carotenóides que possuem somente átomos de carbono e hidrogênio em sua estrutura. Também nesta categoria encontram-se estruturas super-hidrogenadas denominadas fitoenos e fitofluenos, que são incolores e possuem até 76 hidrogênios em sua estrutura (MORAIS, 2006, p. 6). A figura (4) apresenta duas estruturas de hidrocarbonetos, uma super-hidrogenada (fitoflueno) e um hidrocarboneto normal (licopeno).

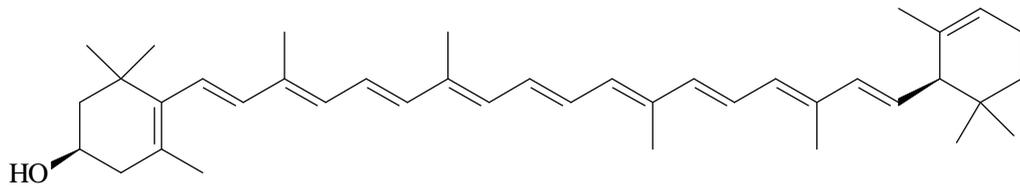


**Figura 4 – Estruturas simplificadas de carotenóides hidrocarbonetos: fitoflueno(super-hidrogenado), licopeno (In: BENDICH & OLSON, 1989, p.43).**

#### 4.1.2 Álcoois

São carotenóides que possuem um grupo hidroxila (OH) ligado a um anel ionona da cadeia (MORAIS, 2006, p. 7). A figura (5) apresenta duas dessas estruturas.

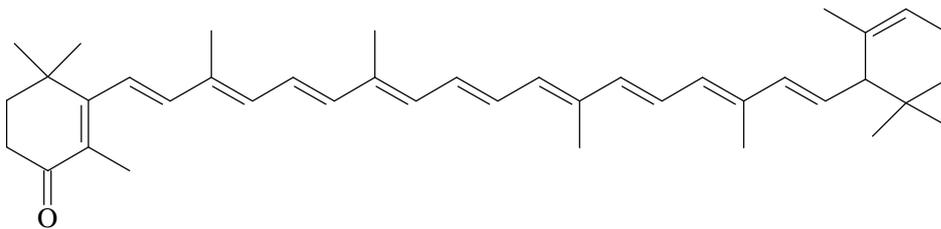




**Figura 5 – Estrutura simplificada de alguns carotenóides alcoóis: Luteína e Zeinoxantina (In: CARVALHO, 1996, p. 17).**

#### 4.1.3 Cetonas

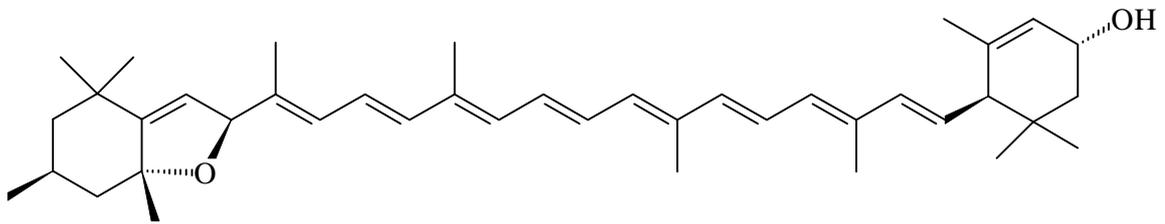
São carotenóides que possuem grupos carbonilas ligados aos anéis iononas (MORAIS, 2006, p. 7). A figura (6) mostra a estrutura da Foenicopteronas.



**Figura 6 – Estrutura simplificada de um carotenóide cetona: Foenicopteronas (In: CARVALHO, 1996, p. 17).**

#### 4.1.4 Epóxidos

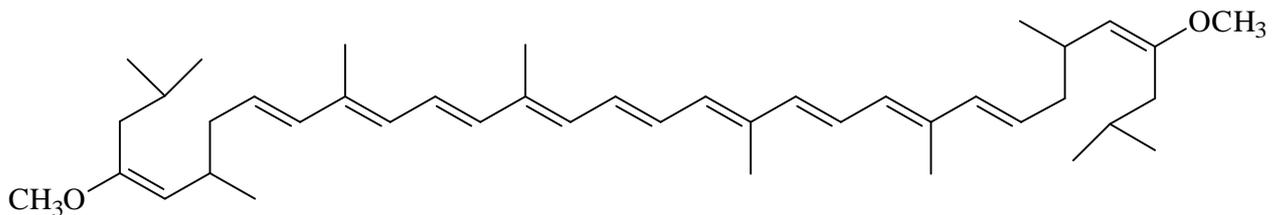
São carotenóides que possuem oxigênio entre carbonos formando ciclos (MORAIS, 2006, p. 7). A figura (7) apresenta a estrutura da Flavoxantina.



**Figura 7 – Estrutura simplificada de um carotenóide epóxido: Flavoxantina**  
(In: CARVALHO, 1996, p. 17).

#### 4.1.5 Éteres

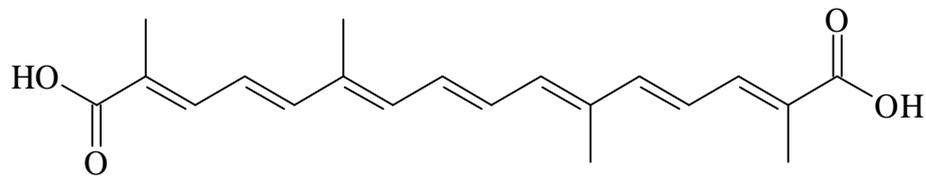
São carotenóides que apresentam oxigênio entre carbonos (MORAIS, 2006, p. 8). A figura (8) apresenta a estrutura da Espiriloxantina.



**Figura 8- Estrutura simplificada de um carotenóide éter: Espiriloxantina**  
(In: MORAIS, 2006, p. 9).

#### 4.1.6 Ácidos

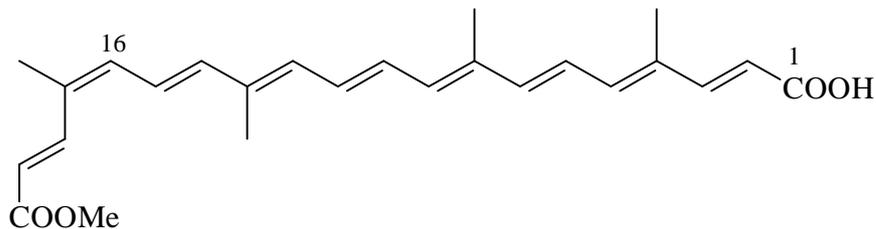
São carotenóides que possuem um grupo carboxila ligado na extremidade da cadeia carbônica, pois não possuem anéis iononas (MORAIS, 2006, p. 8). A figura (9) mostra a estrutura da Crocetina.



**Figura 9 – Estrutura simplificada de um carotenóide Ácido: Crocetina**  
(In: CARVALHO, 1996, p. 17).

#### 4.1.7 Ésteres

São carotenóides que apresentam um grupo carboxila entre a cadeia de carbonos. São eles: ésteres dos ácidos carotenicos como, por exemplo, a bixina e ésteres das xantofilas com ácidos graxos comuns (MORAIS, 2006, p. 8). A figura (10) apresenta a estrutura da bixina.



**Figura 10 – Estrutura simplificada de um carotenóide éster: Bixina (In: COSTA,CHAVES, 2005, p. 149).**

## 4.2 CLASSIFICAÇÃO NUTRICIONAL

Nutricionalmente, os carotenóides podem ser classificados como pró-vitaminicos que são aqueles com atividade pró-vitamina A ou inativos que são aqueles que têm ação antioxidante ou de corante (MORAIS, 2006, p. 5).

O grupo de pró-vitâmicos pode ser dividido em dois grupos distintos. O primeiro grupo aborda as várias formas de vitamina A pré-formada (retinol) encontradas em alimentos de origem animal (fígado, carnes, leite, etc.) (CARVALHO, 1996, p. 15).

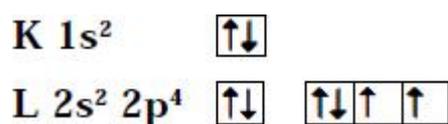
O outro grupo compreende os carotenóides que após a ingestão são biologicamente convertidos em vitamina A, isto é, em retinol. As fontes deste segundo grupo encontram-se em grande parte em alimentos de origem vegetal, embora se encontre em alguns alimentos de origem animal (gema de ovo, leite, manteiga, etc.), e podem conter tanto a vitamina A como a provitamina A (CARVALHO, 1996, p. 16).

## 5 INTERAÇÕES DOS CAROTENÓIDES COM RADICAIS LIVRES

### 5.1 RADICAIS LIVRES

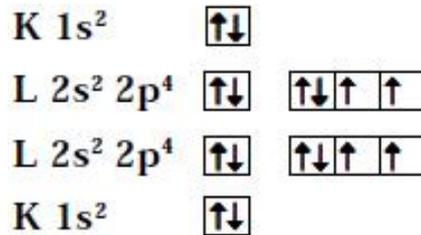
Radical livre é o termo utilizado para um átomo ou molécula que possui um par de elétrons desemparelhado na última camada. Esse desemparelhamento faz com que este átomo ou molécula se torne altamente reativo, e para se manterem estáveis precisam doar ou retirar um elétron de outra molécula (HIRATA, SATO, SANTOS, 2004, p. 418).

O radical livre, superóxido ( $O_2^-$ ), é derivado do oxigênio molecular ( $O_2$ ). O  $O_2$  é uma molécula formada por dois átomos de oxigênio (O), cujo número atômico é 8. A sua distribuição de elétrons pode ser observada na figura (11)



**Figura 11-Distribuição eletrônica do átomo de oxigênio. (In: FERREIRA, MATSUBARA, 1997, p. 61)**

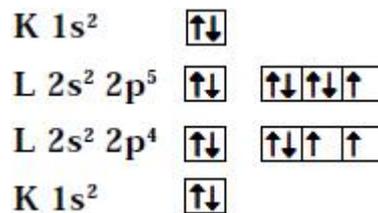
Para formar o oxigênio molecular ( $O_2$ ), os dois elétrons solitários do subnível p do oxigênio fazem um intercâmbio com dois elétrons de outro átomo de oxigênio formando um composto estável de doze elétrons na última camada que pode ser observado na figura (12) (HIRATA, SATO, SANTOS, 2004, p. 418).



**Figura 12 – Formação do oxigênio molecular (in: FERREIRA, MATSUBARA, 1997, p. 61).**

As reações de redução implicam em ganho de elétrons, e as reações de oxidação em perda de elétrons (HIRATA, SATO, SANTOS, 2004, p. 418).

Assim, quando um o oxigênio molecular sofrer uma redução, ele ganhará um elétron, formando o radical superóxido, considerado instável por possuir um número ímpar de elétrons (13) na última camada. A configuração eletrônica do radical superóxido é apresentada na figura 13.



**Figura 13 – Configuração eletrônica do radical superóxido (in: FERREIRA, MATSUBARA, 1997, p. 61).**

Assim pode-se concluir que todos os radicais livres são resultados de reações de oxi-redução. Porém não são todos os radicais livres que causam dano a saúde das pessoas (HIRATA, SATO, SANTOS, 2004, p. 418).

Os radicais livres que causam dano à saúde recebem o nome de ERMO, que significa espécies reativas do metabolismo do oxigênio. Estes radicais livres são encontrados em todos os sistemas biológicos como resultado do metabolismo celular aeróbico realizado na mitocôndria (FERREIRA, MATSUBARA, 1997, p. 62).

Evidências mostram que as ERMO podem estar envolvidas em mais de 50 doenças. As ERMO também estão relacionadas com o envelhecimento. Não quer dizer que as ERMO são as principais causadoras do envelhecimento, porém, o estresse oxidativo que leva a reações de oxidação lipídica e protéica podem desencadear alterações lentas e progressivas dos tecidos do código genético (FERREIRA, MATSUBARA, 1997, p. 64).

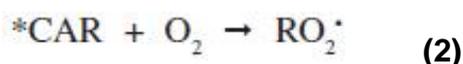
Porém estudos recentes não confirmaram estas suspeitas. Os resultados de um estudo clínico realizado com jovens de 30 anos e idosos com 69 anos ambos saudáveis. Mostraram que os idosos apresentaram um menor nível oxidativo que os jovens. No mesmo estudo, foi analisado outro grupo de idosos portadores de diabetes e os resultados mostraram que este grupo possuía um nível oxidativo maior que os saudáveis. Porém, doenças como Parkinson, a doença de Alzheimer, esclerose múltipla e a catarata doenças frequentes na velhice são conseqüência do estresse oxidativo causado pelas ERMO.

## 5.2 REAÇÕES DOS CAROTENÓIDES COM RADICAIS LIVRES

A reação de um carotenóide frente a um radical livre leva a transferência de elétrons como mostra a eq. (1)



A reação de um \*CAR (carotenóide com um elétron desemparelhado) com uma molécula de oxigênio pode levar a formação de um peróxido, como mostra a eq. (2)



O carotenóide após a segunda reação se torna como um radical livre, porém, não significa que ele passa a ter propriedades patogênicas, assim como muitos radicais livres que também não possuem propriedades deletérias (HIRATA, SATO, SANTOS, 2004, p. 418).

Sabe-se que a estrutura do caroteno está diretamente ligada com o seu poder antioxidante, por exemplo, quanto maior for o número de ligações duplas conjugadas maior será o poder antioxidante do caroteno (UENOJO *et al*, 2007, p. 617).

## 6 FONTES DE CAROTENOIDES EM ALIMENTOS

Estima-se que nas folhas os carotenóides estejam mascarados pela clorofila, ou seja, acompanham as clorofilas numa relação de a cada quatro ou três partes de clorofila por uma parte de carotenóide; nas frutas os carotenóides são encontrados nos cromoplastos, sendo que a concentração de carotenóides aumenta ao longo da maturação da fruta, pois a clorofila se perde com a intensificação da cor (SAUNDERS *et al.*, 2000, p. 60).

Nos seres vivos a maior concentração está no tecido adiposo e no fígado, sendo encontrados também no plasma, coração, músculo, rins, pulmão, pele e cérebro (BENDICH & OLSON, 1989, p. 34).

As frutas são divididas em dois grupos, conforme os carotenóides predominantes:  $\beta$ -caroteno (Ex: Bocaiúva, buriti, manga, goiaba e tucumã) e  $\beta$  - criptoxantina (Ex: cajá, nectarina, pitanga e pequi). No entanto pode apresentar a predominância de outros carotenóides como é o caso do pequi que predomina a zeaxantina (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999, p. 39).

A cenoura e o tomate são as fontes de carotenóides mais conhecidas com as maiores concentrações de  $\beta$ -caroteno e de licopeno, respectivamente. Porém, na cenoura encontra-se também o Alfa-caroteno em grande concentração junto com o  $\beta$ -caroteno e em pequena quantidade os carotenóides totais (MORAIS, 2006, p. 27).

Na abóbora, pêssego e laranja é possível encontrar a luteína, além dos carotenóides totais, porém as fontes mais ricas de luteína são a couve e o espinafre (CONSTANT, 2002, p. 210).

Os carotenóides também podem ser biossintetizados por microrganismos como algas e cianobactérias (azuis e verdes) que realizam fotossíntese, e por microrganismos que não realizam fotossíntese como bactérias, leveduras e fungos (VALDUGA, et al. 2009, p. 2431).

O fungo *B. trispora* através de processos biotecnológicos é capaz de produzir  $\beta$ -caroteno que tem sua produção voltada para o uso farmacêutico. A microalga

*Dunaliella* também é capaz de produzir o  $\beta$ -caroteno, os grandes produtores estão localizados nos Estados Unidos, Japão, Índia e Austrália. Já *Haematococcus* é capaz de biossintetizar a astaxantina que tem grande interesse devido ao grande valor comercial deste pigmento (VALDUGA, et al. 2009, p. 2431).

## 7 FUNÇÕES NA SAÚDE E PREVENÇÃO DE DOENÇAS

Sabe-se que a produção excessiva de radicais livres pode levar à diversas formas de dano celular ou formação de inúmeras doenças. Porém essas lesões causadas pelos radicais livres podem ser prevenidas ou reduzidas pela ação de antioxidantes, sendo estes encontrados em muitos alimentos (COSTA, MONTEIRO, 2009, p. 88).

O licopeno previne a oxidação do LDL que esta diretamente ligada a doenças como a arteriosclerose e doenças coronárias, encontra-se uma concentração grande de licopeno no tomate e seus derivados. Também estudos mostraram que o consumo do tomate de derivados industriais é mais eficaz que o *in natura*, pois, durante o processo térmico, o licopeno ligado quimicamente a outros compostos é convertido em uma forma mais livre e assim mais facilmente absorvível (UENOJO et al, 2007, p. 616 – 618).

Certos tipos de câncer e outras doenças causadas pelas ERMO são inibidas pela ingestão de  $\beta$ -caroteno que tem um papel muito importante na prevenção destas doenças, pois possui um alto poder quelante do oxigênio singlete que é uma possível fonte de uma nova ERMO (UENOJO et al, 2007, p. 618).

O  $\beta$ -caroteno já é bastante estudado pelo seu grande poder de inibir as ERMO, e novas evidências mostraram que quando ele esta associado a outras estruturas de frutas e vegetais (como as vitaminas D e E) ele passa a apresentar também um efeito protetor contra doenças crônicas (FERREIRA, MATSUBARA, 1997, p. 66).

## 8 CONVERSÃO DOS CAROTENOIDES EM VITAMINA A

Muitos carotenóides são capazes de se converter em vitamina A, porém o  $\beta$ -caroteno é capaz de converter-se 100% em algumas ocasiões. Por isso que é possível classificar os carotenóides como conversores e não conversores de vitamina A (MORAIS, 2006, p. 19-20).

Acredita-se que o mecanismo de conversão dos carotenóides ocorre de duas formas diferentes, conhecidas como clivagem simétrica e assimétrica (CARVALHO, 1996, p. 45).

Pesquisas que utilizaram o  $\beta$ -caroteno e ratos concluíram que a clivagem simétrica ocorre pela reação oxidativa, onde o oxigênio molecular reage com os átomos de carbono centrais do carotenóide (15`15), formando um composto transitório 15,15`-peróxido de  $\beta$ -caroteno rompendo-se rapidamente formando duas moléculas de retinal (UENOJO *et al*, 2007, p. 617). Para a formação de retinol (vitamina A) é necessária a presença da enzima  $\beta$ -carotenóide – 15,15`-dioxigenase. Essa enzima ocorre principalmente na mucosa intestinal, realizando a clivagem do carotenóide em vitamina A. Essa enzima é encontrada também em outros órgãos como rins e fígado de muitos animais, inclusive de humanos. Apresenta também a característica de ser uma reação lenta, por tanto não existe o risco de uma super produção de vitamina A (CARVALHO, 1996, p. 45). A figura (14) apresenta a conversão do  $\beta$  caroteno em vitamina A por clivagem simétrica.

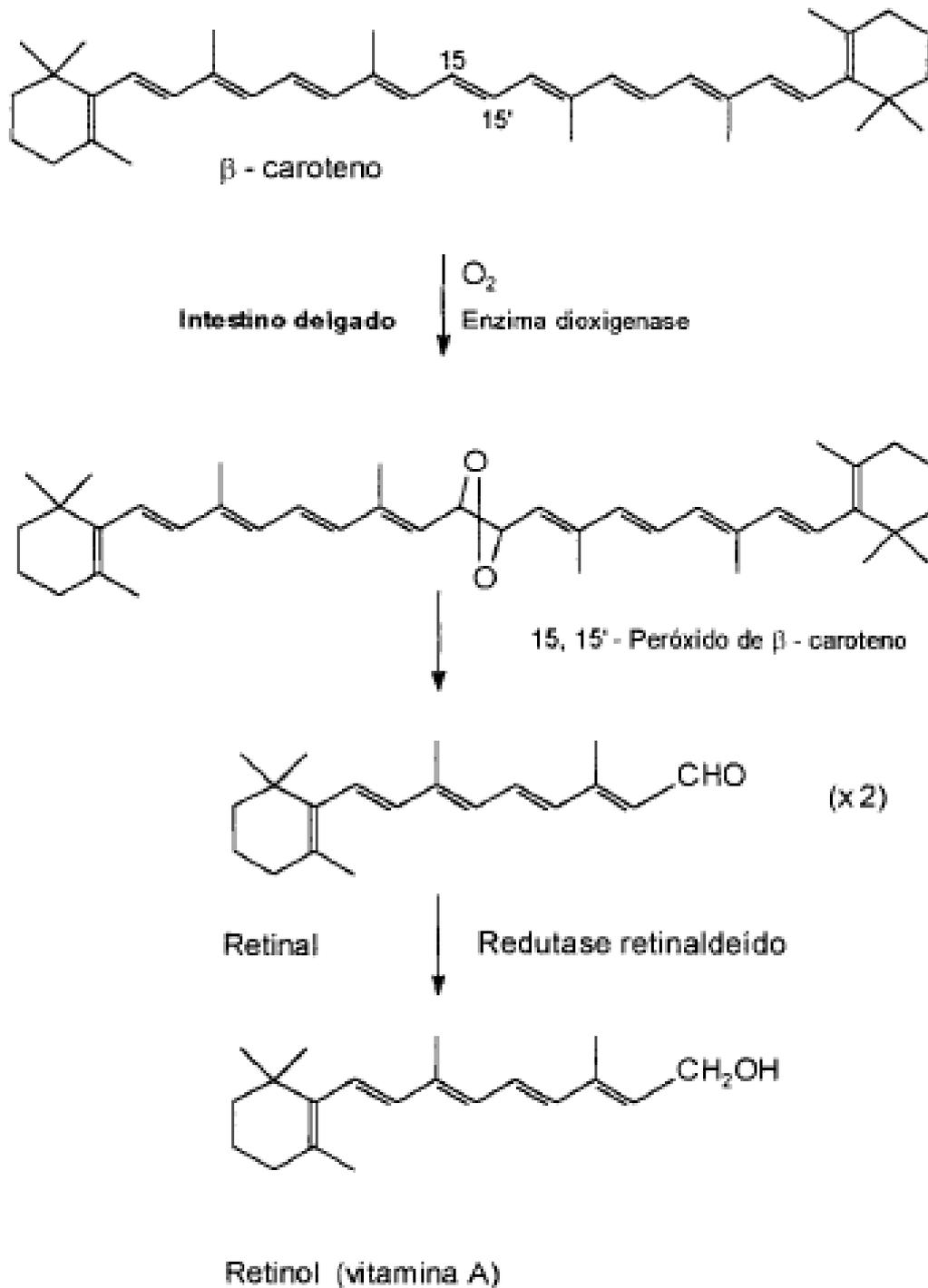


Figura 14 – Conversão de  $\beta$  caroteno em vitamina A por clivagem simétrica (In: CARVALHO, 1996, p. 61).

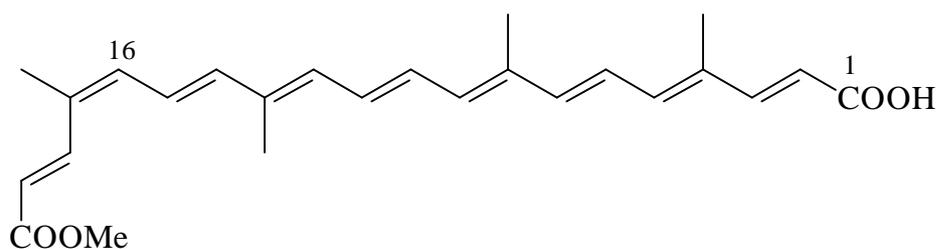
## 9 BIXINA

O corante extraído da semente de urucum, que é encontrado em regiões tropicais de todo mundo e é conhecido internacionalmente como *annatto* (FERNANDES, TOCCHINI, 2001, p. 310).

Os maiores produtores de annatto são o Brasil, o Peru e o Quênia. Este corante natural é uma mistura de pigmentos de coloração amarelo-alaranjada em consequência da presença de alguns carotenóides, com a predominância de um, a bixina (COSTA, CHAVES, 2004, p.150).

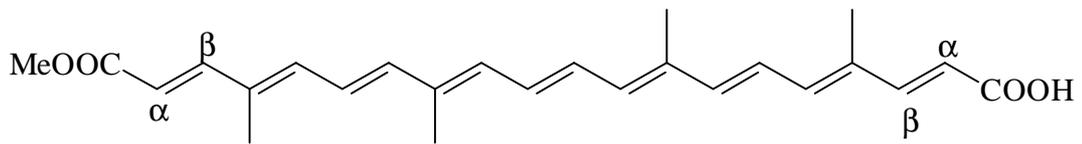
No Brasil a bixina é conhecida como colorau, e é indispensável em muitos pratos da culinária brasileira. Ele é produzido a partir das sementes de urucum, previamente aquecidas a 70°C em óleo vegetal, seguido de abrasão com fubá, ou farinha de mandioca (FERNANDES, TOCCHINI, 2001, p. 310).

A bixina é formada por uma cadeia isoprênica de 24 carbonos contendo um ácido carboxílico e um éster metílico em suas extremidades, apresentando assim a fórmula molecular  $C_{25}H_{30}O_4$  (FERNANDES, TOCCHINI, 2001, p. 311). A estrutura da bixina pode ser observada na figura 15.



**Figura 15 – Estrutura da Z-Bixina (in: COSTA, CHAVES, 2005, p. 149).**

A bixina é encontrada na natureza na forma 16-Z, porém quando ocorre o processo de extração ela é isomerizada conduzindo a forma 16-E, denominada isobixina como é mostrado na figura 16 (COSTA, CHAVES, 2004, p.149).



**Figura 16 – Estrutura da *E*-Bixina (Isobixina) (in: COSTA, CHAVES, 2005, p. 149).**

Em estudos toxicológicos recentes demonstraram que o uso da norbixina (derivado desmetilado da bixina) e a bixina, não possui efeitos degenerativos em células hepáticas, renais e da medula óssea de camundongos e ratos, porém um grau considerável de interferência com o controle metabólico da glicose nestes roedores foi percebido e há relatos de uso popular da planta do urucum no tratamento do *Diabetes mellitus* (COSTA, CHAVES, 2004, p.150).

## 10 A QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

A química, assim como a física e a matemática é uma disciplina em que os alunos do ensino médio enfrentam muitas dificuldades ou demonstram muito medo antes mesmo de conhecê-la. Assim com o passar dos anos, novos métodos de ensino foram criados para tornar disciplinas popularmente conhecidas como difíceis mais atrativas.

Uma das maneiras de tornar um assunto mais atrativo, no caso da química, é levar os alunos ao laboratório para realizar aulas práticas e relacionar o cotidiano deles com o conteúdo que eles estiverem estudando.

### 10.1 CAROTENÓIDES

O assunto sobre carotenóide pode ser facilmente abordado, por exemplo, quando a matéria a ser trabalhada for sobre estruturas químicas, podendo então apresentar aos alunos estruturas conhecidas do cotidiano deles como é o caso do  $\beta$ -caroteno e do licopeno encontrados na cenoura e no tomate respectivamente (MORAIS, 2006, p. 27)

Para complementar tornar o assunto ainda mais interessante é possível realizar uma prática bem simples de extração e identificação de um carotenóide.

### 10.2 EXTRAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DA BIXINA

Para iniciar a aula o professor pode mostrar a estrutura da bixina que é uma exceção dos carotenóides, pois sua estrutura foge das características padrões junto com a crocetina, por possuírem menos de quarenta átomos de carbono (MORAIS, 2006, p. 13 - 14).

Após uma breve apresentação química da bixina, podem ser mostrados aos alunos as sementes de urucum, que é sua fonte natural, e explicar que ela é usada há muito tempo e é até hoje utilizada como corante natural de muitos alimentos industriais e também na culinária caseira (FERNANDES, TOCCHINI, 2001, p. 310).

Assim a prática pode ser feita segundo COSTA, CHAVES (2004, p.150). o procedimento consiste em:

- pesar aproximadamente 10g de semente de urucum e em seguida adicionar 40 ml de NaOH 5% com agitação freqüente, podendo utilizar um agitador magnético, por 5 minutos;
- separar as sementes por filtração, utilizando-se de papel filtro e um funil de vidro. -
- medir o pH, observar que a solução possui um pH alcalino;
- adicionar HCl concentrado a mistura até pH 4.
- efetuar secagem a 70 °C por 30 min para evaporação dos solventes.
- identificar a presença dos carotenóides no extrato: cerca de 50 mg do extrato deve ser diluído em 10 ml de Acido Sulfúrico, a solução irá obter uma coloração azul-esverdeado caracterizando assim a presença de carotenóides.

Esta é uma prática bem simples e fácil de ser executada, não necessita instrumentos específicos, tornando sua realização de baixo custo.

## 11 CONCLUSÃO

A presente revisão de literatura confirmou a importância dos carotenóides na indústria alimentícia, não somente como um corante de origem natural, mas também pelo seu grande poder nutricional.

Os carotenóides têm demonstrado forte associação e, em alguns casos, eficácia na proteção orgânica contra a carcinogênese. Contudo, essas associações estão vinculadas aos alimentos como veículo de ingestão, essencialmente, frutas, legumes e verduras.

O aumento do consumo de alimentos fontes de carotenóides e conseqüentemente de vitamina A são recomendáveis para a melhoria do estado de saúde.

O assunto sobre carotenóide é fácil de ser trabalhado com alunos do ensino médio, e a extração e identificação da bixina é uma aplicação prática bem simples de ser executada, não necessita de instrumentos específicos, tornando sua realização de baixo custo.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO, Cássia Regina Limonta. **Determinação de Isômeros Geométricos de Alguns Carotenóides Provitamínicos A por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência**. 1996, 127p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP – São Paulo, Campinas, 1996.

CHORILLI, Marlus; LEONARDI, Gislaine Ricci; SALGADO, Hérica Regina Nunes. **Radicais livres e antioxidantes: conceitos fundamentais para aplicação em formulações farmacêuticas e cosméticas**. *Revista brasileira de farmácia*, v.3, n.88, jan, 2007. p. 113-118.

COSTA, Paula Roberta Fabrício da; MONTEIRO, Antonio Roberto Giriboni. **BENEFÍCIOS DOS ANTIOXIDANTES DA ALIMENTAÇÃO**. *Revista Saúde e Pesquisa*, v.2, n.1, jan/abr, 2009. p. 87-90.

COSTA, Charlyton Luis S. da; CHAVES, Mariana H.; **Extração de pigmentos da sementes de *Bixa orellana* L.: Uma alternativa para disciplinas experimentais de química orgânica**. *Química Nova*, vol.28, n.1, set, 2005. p. 149-152.

CONSTANT, Patrícia B. L. **Corantes Alimentícios**. 2002, 17p. Dissertação (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa – UFV – Minas Gerais, Viçosa, 2002.

FERREIRA, A.L.A., MATSUBARA, L.S. **RADICAIS LIVRES: CONCEITOS, DOENÇAS RELACIONADAS, SISTEMA DE DEFESA E ESTRESSE OXIDATIVO**. *Revista da Associação Médica do Brasil*, vol. 43, n.1, 1997, p. 61-68.

FONTANA, José D.; MENDES, Sabrina V.; PERSIKE, Daniele S.; PERACETTA, Luiz F.; PASSOS, Mauricio. CAROTENOIDES. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n.3, março/abril, 2000. p. 40-45.

HIRATA, Lilian Lucio; SATO, Mayumi Eliza Otsuka; SANTOS, Cid Aimbré de Moraes. **Radicais Livres e o Envelhecimento Cutâneo**. 2004, 8p. Pós-graduação (Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Paraná – UFPR. Paraná, Curitiba, 2004.

MORAIS, Flavia Luisa de. Carotenóides: **Características químicas e biológicas**. 2006, 60p. Pós-graduação (curso de especialização em qualidade de alimentos) – Universidade de Brasília – CET – Centro de Excelência em Turismo – DF, Brasília, 2006.

PERCÁRIO, Sandro; BAPTISTA, Silvia Fernanda. **RADICAIS LIVRES, ANTIOXIDANTES e OLIGOELEMENTOS**. **Revista da MBRL**, vol.2, n.1, 1996, p. 10-13.

TOCCHINI, Luciana; MERCADANTE, Adriana Zerlotti. **EXTRAÇÃO E DETERMINAÇÃO, POR CLAE, DE BIXINA E NORBIXINA EM COLORÍFICOS**. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, vol.21, n.3, Sept./Dec. 2001, p. 310-313.