UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

ÉRICA BEVITÓRIO PASSINATO

PIGMENTOS E CORANTES PARA AVES E PEIXES

ALEGRE
ESPIRÍTO SANTO
2011

ÉRICA BEVITÓRIO PASSINATO

PIGMENTOS E CORANTES PARA AVES E PEIXES

Trabalho de Curso apresentado ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Zootecnista.

Orientador.: DSc. José Geraldo de Vargas Junior.

ALEGRE

ESPIRÍTO SANTO

2011

ÉRICA BEVITÓRIO PASSINATO

PIGMENTOS E CORANTES PARA AVES E PEIXES

Trabalho de Curso apresentado ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Zootecnista.

Aprovado em 27 de junho de 2011.

COMISSÃO EXAMINADORA

_____

DSc. José Geraldo de Vargas Junior
Universidade Federal do Espírito Santo

_____

Zootecnista Felipe Barreto Petrucci
Universidade Federal do Espírito Santo

_____

Zootecnista Leandro Félix Demuner
Universidade Federal do Espírito Santo

Aos meus pais,

Helena Bevitório Passinato e Ademir Souza Passinato, pelo imenso amor.

Ao meu adorável irmão,

Welinton Bevitório Passinato, pelo apoio.

Ao grande amigo,

Carlos Eduardo Lino Pinto, paciência, amor e compreensão.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- A Deus, a quem nos momentos mais difíceis eu recorri e sempre me iluminou.

- Aos meus pais, Ademir e Helena. Estejam certo que esta vitória também é de vocês.

- Ao companheiro, confidente e amado Carlos Eduardo Lino Pinto (Du), pelo constante apoio, incentivo e confiança. Obrigada por fazer parte da minha vida.

- Ao meu orientador DSc. José Geraldo de Vargas Júnior, pelo carinho e amizade.

- As amigas (de coração), Vanêssa Bicalho Corrêa e Tatiana Fiorotti Rodrigues. Adoro muito vocês.

- Ao amigo Júlio Francisco Valiati Marim, pelos momentos de alegria.

- A professora Elaine Cristina Gomes da Silva, por ter sido muito mais que professora.

- A professora Zelia Gai, por todo aprendizado e carinho.

- A Empresa DSM Nutritional Products representada por Dailton Paiva, pela atenção e disponibilidade.

- Aos membros da banca, Felipe Barreto Petrucci e Leandro Félix Demuner, pela disponibilidade.

"Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes."

Isaac Newton.

RESUMO

Com o mercado cada vez mais exigente e competitivo, faz-se necessário adequar a produção aos moldes que satisfaça o consumidor, de forma a oferecer produtos de qualidade, atrativos e com boa aparência. Na produção avícola, seja ela de postura ou de corte, e na aquicultura, buscam-se sempre produtos com cores vivas e atraentes, que é uma exigência que o consumidor faz quando vai adquirir um determinado alimento. Uma das alternativas para atender essa demanda é a adição de pigmentos carotenóides à ração, promovendo a pigmentação de tecidos corporais, dando-lhes coloração mais intensa quando comparados a animais que não foram alimentados com ração contendo pigmentantes. Desta forma, objetivou-se fazer uma revisão dos pigmentos carotenóides mais utilizados na pigmentação de gema de ovos e carcaças de frangos e peixes, de maneira a avaliar a importância e eficiência destes tipos de produtos/pigmentos.

Palavras-chave: Aquicultura, Carotenóides, Gema de ovos, Pigmentação de carcaças.

ABSTRACT

With the increasingly demanding and competitive market, it is necessary to adapt the production to the satisfy and offer attractive, good looking and quality products to the consumer. In poultry production or in aquaculture, attractive and vivid colors of the products, which is a requirement that the consumer will do when purchasing a particular food, it's almost a must. One of the alternatives to meet this demand is the addition of carotenoids to the diet. It promotes pigmentation of body tissues, giving them intensive colors when compared to animals that are not fed with diet containing those pigments. The aim of this paper is to review the carotenoids pigments commonly used in the pigmentation of chicken and fish carcasses and on the egg yolk in order to evaluate its effectiveness. Therefore, it was possible to assess not only the importance but also the efficiency of these types of products/pigments.

Keywords: Aquaculture. Carotenoids. Egg yolk. Pigmentation of carcasses.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS xi

LISTA DE FIGURAS xii

LISTA DE SIGLAS xiii

1 INTRODUÇÃO 1

2 CORANTES E PIGMENTANTES 2

3 CLASSIFICAÇÃO DOS PIGMENTOS..... 3

3.1 Origem 3

3.2 Estrutura Química do Cromóforo 3

3.3 Características Estruturais 3

3.4 Aditivos Alimentares..... 4

4 CAROTENÓIDES..... 5

4.1 Atividade Pró-vitamínica 6

4.2 Cromóforos..... 8

4.3 Classificação dos Carotenóides 8

4.4 Biossíntese 11

4.5 Oxidação 13

4.6 Princípios Ativos..... 14

4.6.1 Cantaxantina 14

4.6.2 Astaxantina 14

4.6.3 Luteína 15

4.6.4 Zeaxantina 16

4.6.5 Citranaxantina 16
4.6.6 Bixina 16
4.6.7 Capsantina 18
4.6.8 Curcumina 18
4.7 Fontes de Pigmentantes Naturais..... 19
4.7.1 Urucum..... 19
4.7.2 Páprica 20
4.8 Fontes de Pigmentantes Sintéticos..... 20
4.8.1 Cantaxantina 20
4.8.2 Capsantina 21
5 UTILIZAÇÃO DE PIGMENTOS E CORANTES NA PRODUÇÃO ANIMAL..... 22
5.1 Avicultura..... 22
5.1.1 Relação entre Dieta e Concentração da Coloração de Ovos e Tecidos 23
5.1.2 Pigmentação da Gema Ovo 24
5.1.2.1 Métodos de Avaliação 24
5.1.2.2 Fisiologia e Metabolismo 25
5.1.2.3 Fatores que Influenciam a Pigmentação 25
5.1.2.3.1 Composição dos Alimentos 25
5.1.2.3.2 Genética 26
5.1.2.3.3 Estado Sanitário 26
5.1.2.3.4 Manejo e Meio Ambiente 26
5.1.2.3.5 Armazenamento dos Alimentos 26

5.2 Piscicultura 27
5.2.1 Peixes Ornamentais 27
5.2.2 Peixes, Crustáceos e Salmonídeos 28
6 PRODUTOS COMERCIAIS PIGMENTANTES 30
6.1 Canthacol® 30
6.2 Xamacol® 40 30
6.3 Capsantal BS..... 30
6.4 Capsantal FS..... 30
6.5 Sunred-50 31
6.6 Marigold SG-20..... 31
6.7 Lucantin® CX Forte 1% de Citranaxantina 31
6.8 Lucantin® Yellow 10% 32
6.9 Lucantin® Red 10% 32
6.10 Carophyll® Yellow 10%..... 32
6.11 Nutri®-Gold Yellow Dry Vegetal..... 33
6.12 Carophyll ® Pink..... 33
6.13 Carophyll® Stay- Pink..... 33
6.14 Carophyll® Red 10% 33
6.15 Lucantin® Pink 10% 34
6.16 Naturose..... 34
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 35
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Alguns carotenóides e seu uso 6

Tabela 2 - Principais xantofilas e sua presença na natureza..... 19

Tabela 3 - Efeito dos níveis de cantaxantina na dieta sobre a coloração da gema de ovos frescos medido com Roche Yolk Colour Fan (RYCF) 24

Tabela 4 - Perdas de conteúdo de carotenóide totais do milho armazenado em diferentes condições 27

Tabela 5 - Dosagem recomendada para o uso de Sunred – 50 (gramas/tonelada de ração) 31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Transformação de β-caroteno em vitamina A 7

Figura 2 - Estrutura do fitoeno e fitoflueno 8

Figura 3 - Classificação dos carotenóides 9

Figura 4 - Principais carotenos 10

Figura 5 - Principais xantofilas 10

Figura 6 - Estágios intermediários da biossíntese de carotenóides 12

Figura 7 - Ciclização dos carotenos acíclicos insaturados 13

Figura 8 - Estrutura da cantaxantina 14

Figura 9 - Estrutura da astaxantina 15

Figura 10 - Estrutura da luteína 15

Figura 11 - Estrutura da zeaxantina 16

Figura 12 - Estrutura da citranaxantina 16

Figura 13 - Estrutura da bixina e norbixina 17

Figura 14 - Estrutura da capsantina 18

Figura 15 - Estrutura da curcumina 18

LISTA DE SIGLAS

EFSA - European Food Safety Authority

FDA - Food and Drug Administration

RYCF - Roche Yolk Colour Fan

INTRODUÇÃO

A cor, sem dúvida é o fator que mais influencia na tomada de decisão do consumidor em adquirir ou não um produto alimentício, pois a coloração é indicador de qualidade dos alimentos. No ato da compra, os consumidores analisam e dão preferência por produtos que possuem cores intensas e brilhantes, associando-os a produtos de qualidade, frescos e com alto teor de vitaminas, mesmo que isso nada tenha a ver com o valor nutritivo do alimento em questão. A diversidade de cores encontradas na natureza é devido ao grupo dos carotenóides (classe de pigmentos naturais), com cores que variam desde o amarelo até o vermelho, que dão cores as pétalas de flores, frutas, insetos, aves, peixes e crustáceos. A ausência dos pigmentos carotenóides na natureza, a faria menos colorida e brilhante. Na produção animal intensiva, os produtos, sejam eles ovos, frangos ou peixes, não apresentam as mesmas cores de quando criados em seu ambiente natural, em virtude da incapacidade dos animais em produzir os pigmentos que proporcionam tais cores. Peixes quando criados em seu ambiente natural, alimentam-se de pequenos crustáceos, plantas e algas que fornecem os pigmentos carotenóides, havendo deposição dos mesmos em sua carcaça. Da mesma forma, aves criadas em sistema extensivo, alimentando-se de vegetais que são repletos de carotenóides, apresentam cores de ovos e carcaças diferentes das que são criadas de forma intensiva. Diante dessas circunstâncias, é necessária a adição de substâncias pigmentantes à dieta desses animais quando criados em confinamento, para que possa haver deposição de pigmentos nos produtos a serem comercializados. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes fontes de pigmentos carotenóides sobre a pigmentação de gemas de ovos e carcaça de frangos e peixes, e mostrar os diferentes produtos comerciais usados para melhorar as características visuais do produto.

2 CORANTES E PIGMENTANTES

Os corantes são substâncias que conferem, intensificam ou restauram a cor de um alimento (STRINGHETA & SILVA, 2008), e sua adição na ração animal tem por objetivo torná-la mais atrativa e estimular o consumo do animal (NUNES, 1998). De acordo com a Anvisa (1977), corante é qualquer substância ou mistura de substâncias que possuem a propriedade de conferir ou intensificar a cor dos alimentos e bebidas.

Por outro lado, os pigmentantes são aditivos utilizados com objetivo de intensificar os pigmentos naturais contidos nos alimentos e colorir os tecidos corpóreos como a pele, a gordura e seus produtos derivados melhorando seu aspecto visual. Compreendem os carotenóides, chamados de carotenos ou xantofilas, de acordo com a presença ou não de oxigênio na sua estrutura (PONSANO, 2000; COELLO, 1993).

De acordo com Delgado-Vargas et al., (2000), os pigmentos são compostos que absorvem luz na faixa de comprimento de onda na região visível. A cor produzida é devida ao cromóforo, que captura a energia e a excitação que é produzida. A energia que não é absorvida é refletida e/ou refrata para ser capturada pelo olho. Impulsos neurais gerados são transmitidos ao cérebro onde eles podem ser interpretados como uma cor.

3 CLASSIFICAÇÃO DOS PIGMENTOS

De acordo com Delgado-Vargas et al., (2000), pode-se classificar as substâncias pigmentantes de acordo com sua origem, estrutura química do cromóforo, características estruturais ou como aditivos de alimentos.

3.1 Origem

Os pigmentos podem ser classificados como orgânicos e inorgânicos, ou naturais e sintéticos. Plantas superiores, fungos, algas e alguns microrganismos, podem produzir pigmentos orgânicos e inorgânicos. De forma semelhante estes pigmentos podem ser sintetizados em laboratório.

3.2 Estrutura Química Do Cromóforo

Baseando na estrutura química do cromóforo, os pigmentos são classificados em:

- Cromóforos com sistemas conjugados: carotenóides, antocianinas, betalainas, pigmentos sintéticos.
- Porfirinas metal - coordenadas: mioglobina, clorofila e seus derivados.

3.3 Características Estruturais

Os pigmentos também podem ser classificados de acordo com a sua estrutura:

- Derivados tetrapirrólicos: clorofilas e heme. Compostos com estrutura em anéis pirrólicos em disposição lineares ou cíclicas.

- Derivados isoprenóides: carotenóides e iridóides. Os isoprenóides constituem uma família de compostos naturais. São encontrados em todos os reinos, desempenhando variadas funções, como hormônios e pigmentos.

- Compostos N-heterocíclicos diferentes de tetrapirróis: purinas, pterinas, flavinas e betalainas.

- Derivados benzopiranos: antocianinas e outros pigmentos flavonóides, que são metabólicos secundários mais estudados.

- Quinonas: Maior grupo em número e variação estrutural. São mais distribuídos que outros pigmentos naturais, exceto os carotenóides e melaninas.

- Melaninas: Compostos poliméricos nitrogenados, responsável pela grande parte da coloração preta, marrom e cinza de animais, plantas e microrganismos.

3.4 Aditivos Alimentares

Segundo a Food and Drug Administration (FDA) dos Estados Unidos, os pigmentos podem ser classificados:

- Pigmentos certificados: Pigmentos que foram criados pelo homem e subdivididos em pigmentos sintéticos e lacas.

- Pigmento isento de certificação: Engloba os pigmentos derivados de fontes naturais, como os vegetais, animais ou minerais.

4 CAROTENÓIDES

As cores amarelo, laranja e vermelho em muitos alimentos é devido a presença de carotenóides, que estão entre os pigmentantes naturais mais importantes (BURNS, et al., 2003; BARTLEY & SCOLNICK, 1995).

A denominação carotenóide deve-se ao nome científico da cenoura (*Daucus carota*), que foi o alimento em que se observou este tipo de pigmento pela primeira vez (NYS, 2000).

Dentre os pigmentos naturais, os carotenóides são os de maior ocorrência, com cores variando desde o amarelo até vermelho (CARDOSO, 1997). Correspondem a um grupo de pigmentantes presentes na natureza, com mais de 600 estruturas isoladas e identificadas, produzidos por microrganismos como fungos, bactérias, algas, plantas superiores (FONTANA, 2003; NYS, 2000; SU et al., 2002; FRASER et al., 2004), estando presente também em alguns órgãos não fotossintetizantes como frutas, flores, sementes e raízes (BAUERNFIEND, 1981ab; GORDON & BAUERNFIEND, 1982). São os pigmentantes carotenóides (Tabela 1) os responsáveis pelas cores amarelo, laranja e vermelho dos alimentos, frutas, alguns peixes, como salmão e a truta, alguns crustáceos e gema de ovo (MALDONADE et al., 2007).

Os animais adquirem os pigmentos carotenóides através do consumo de alimentos que os contêm. A cor rosada da carne do salmão é devido, principalmente à presença de astaxantina, que é obtida pela ingestão de plantas marinhas (DAMODARAN et al., 2010).

O poder pigmentante dos carotenóides depende de sua estrutura molecular. Somente aqueles que possuem grupos funcionais contendo oxigênio pigmentam (KARUNAJEEWA et al., 1984).

Tabela 1 - Alguns carotenóides e seu uso

CAROTENÓIDE	USO
Betacaroteno	Pró-vitamina. Não é primariamente usado como pigmentante.
Beta-8'-apo-carotenenal	Presente no citros, na alfafa e no cravo-de-defunto (*Tagetes erecta*).
Cantaxantina	Pigmento natural vermelho, encontrado em algas, camarões e penas de aves. O produto sintético é usado para frangos de corte e para colorir penas de canários e outros pássaros. Dá cor intensa em ovos de poedeiras.
Capsantina	Corante e pigmentante. Encontrado no pimentão vermelho (*Capsicun annuun)*. Sua cor varia do amarelo ao vermelho, dependendo da variedade do pimentão,da época da colheita e da concentração.
Capsorrubina	Igual a capsantina. Os dois usados em conjunto são bons pigmentantes de gema.
Citranaxantina	Corante amarelo dos citros. É adjuvante na pigmentação da gema.
Criptoxantina	Possui coloração amarela. Encontrada no milho amarelo, alfafa e cravo-de-defunto. Não é muito eficiente como pigmentante, porque, em parte, se transforma em vitamina A.
Luteína	Excelente pigmentante amarelo para frangos e gema de ovos. Presente no milho amarelo, farinha de glúten de milho, alfafa e cravo-de-defunto.
Licopeno	Carotenóide vermelho, presente no tomate.
Zeaxantina	Carotenóide alaranjado, encontrado no milho amarelo, na farinha de glúten de milho e em menor quantidade no cravo- de - defunto.

Fonte: Adaptado de Williams (1989).

4.1 Atividade Pró-Vitamínica

Além da capacidade pigmentante, é atribuída aos carotenóides à atividade pró-vitamínica A. A ingestão de pró-vitamina A tem a vantagem de esta ser apenas

bioconvertida pelo organismo quando houver carência, evitando a hipervitaminose. Os carotenóides que possuem pelo menos um anel β-ionona não substituto ligado a uma cadeia poliênica pode ser convertido em vitamina A.

A transformação dos carotenóides pró-vitamínicos em vitamina A (Figura 1) ocorre por clivagem central. No caso do β-caroteno, a molécula se divide ao meio, formando duas moléculas de retinal, já nos demais carotenóides pró-vitamínicos A, ocorre formação de apenas uma molécula de retinol (OLSON, 1999). Dos mais de 600 carotenóides identificados na natureza, cerca de 50 possuem atividade pró-vitamínica (GOODWIN & BRITTON, 1988), dentre eles destacam-se o α, β, γ-caroteno e algumas xantofilas, como a β- criptoxantina (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, 2004).

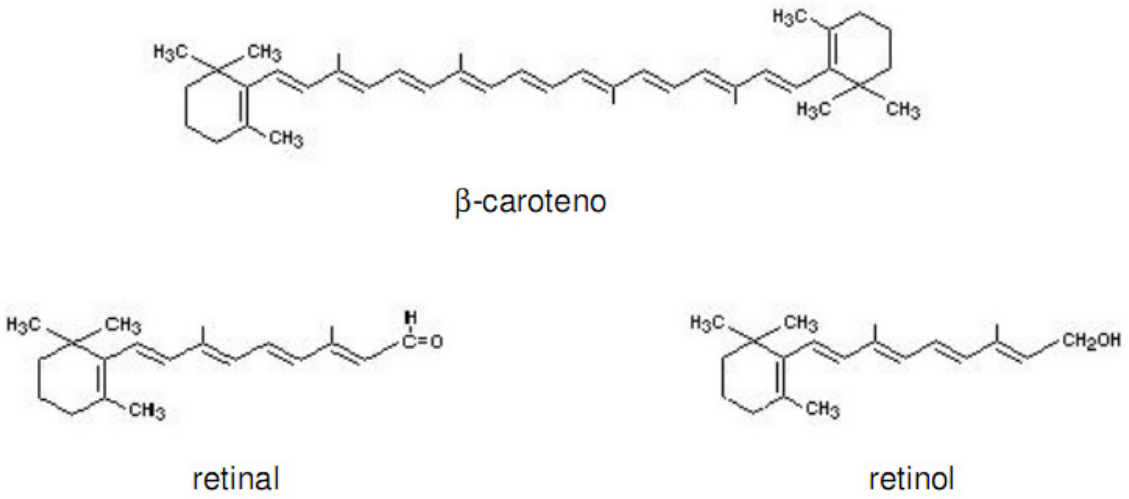

Figura 1 - Transformação de β-caroteno em vitamina A
Fonte: Nascimento (2006).

Os carotenóides compõem um grupo de compostos com estrutura insaturada de hidrocarbonetos terpênicos, e pode conter grupos de hidroxilas, carboxilas e carbonilas (SANCHO, 2006).

A estrutura básica dos carotenóides é formada pela união de unidades isoprenóides (C_5) de cinco átomos de carbono, formando assim um tetraterpeno com 40 carbonos, com exceção da bixina e crocetina, que possuem menos de 40 átomos de carbono na sua cadeia. Alguns carotenóides podem apresentar um ou dois anéis β-ionona em sua extremidade (VILLELA, 1976, citado por MORAIS, 2006).

4.2 Cromóforos

Os carotenóides possuem um sistema de duplas ligações conjugadas entre os carbonos que compõe o grupo cromóforos, que é responsável pela cor (VILLELA, 1976, citado por MORAIS, 2006). São necessárias pelo menos sete ligações duplas conjugadas para que a cor seja produzida. O fitoeno e fitoflueno possuem três e cinco ligações duplas conjugadas (Figura 2), respectivamente, por isso são chamados de carotenóides incolores. Com o aumento do número das ligações, os carotenóides modificam as cores, devido ao deslocamento no espectro de absorção da molécula (FRANCIS,1986).

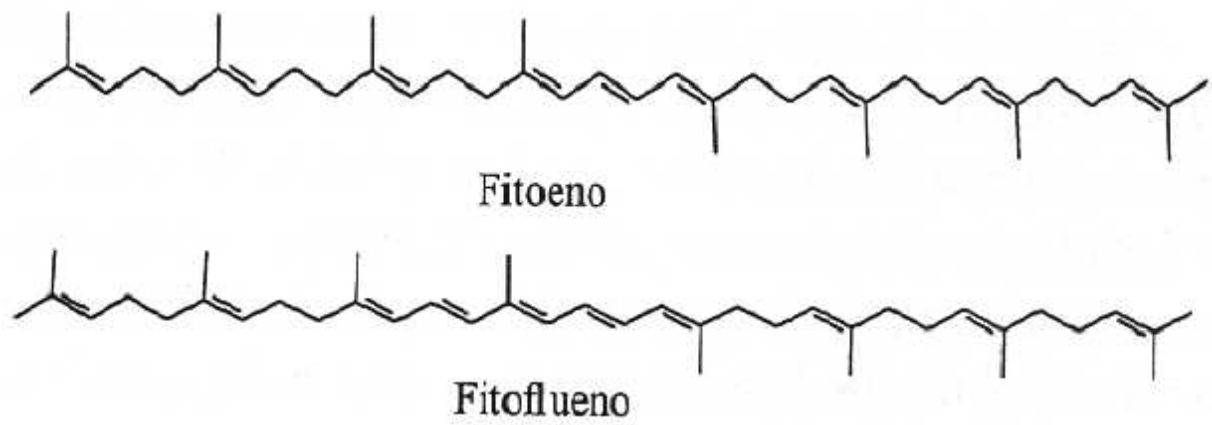

Figura 2 - Estrutura do fitoeno e fitoflueno
Fonte: Morais (2006).

De acordo com Ribeiro & Seravalli (2004), as duplas ligações podem ocorrer na forma *cis* ou *trans*, sendo está última a mais encontrada na natureza. Quando todos os compostos encontram-se na forma *trans,* apresentam cor mais escura, concluindo assim que cores mais clara devem-se ao aumento do número de ligações *cis.*

4.3 Classificação dos Carotenóides

Quanto aos aspectos nutricionais, classificam-se os carotenóides como pró-vitamínicos, ou seja, aqueles que possuem atividade pró-vitamina A, como o β-caroteno, β- criptoxantina ou carotenóides inativos, com apenas atividade antioxidante ou corante (OLSON, 1999), (Figura 2).

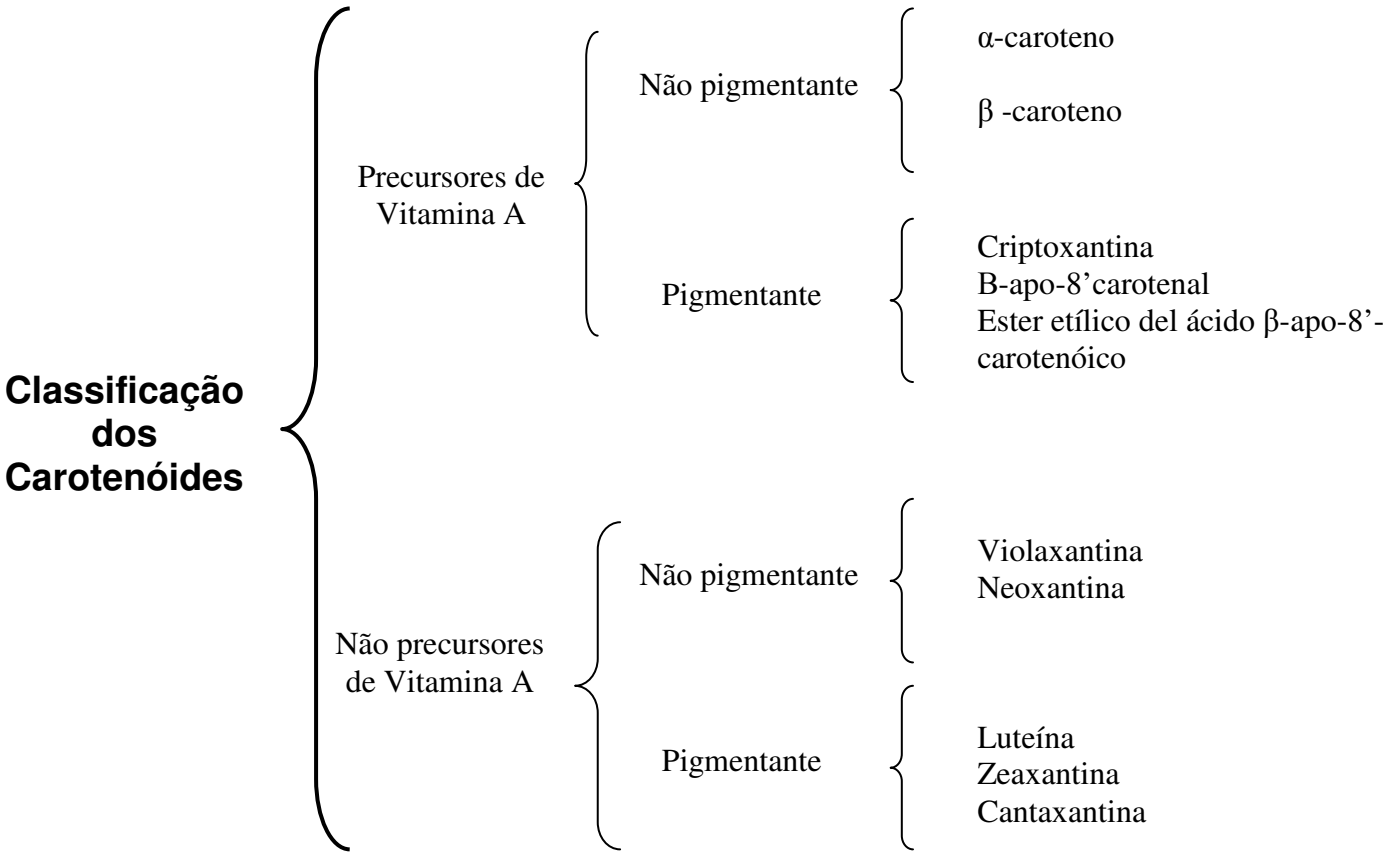

Figura 3 - Classificação dos carotenóides

Fonte: Marusich (1971).

Considerando apenas os aspectos químicos, os carotenóides se dividem em dois grupos: os que possuem apenas carbono e hidrogênio, que são chamados de carotenos (Figura 3) (PONSANO, 2000; LEONARDO, 2007) e os carotenóides que possuem oxigênio em sua estrutura, denominados xantofilas (Figura 4) (NASCIMENTO, 2006) que são os que têm verdadeira importância em termos de pigmentação (EL BOUSHY & RATERINK, 1987).

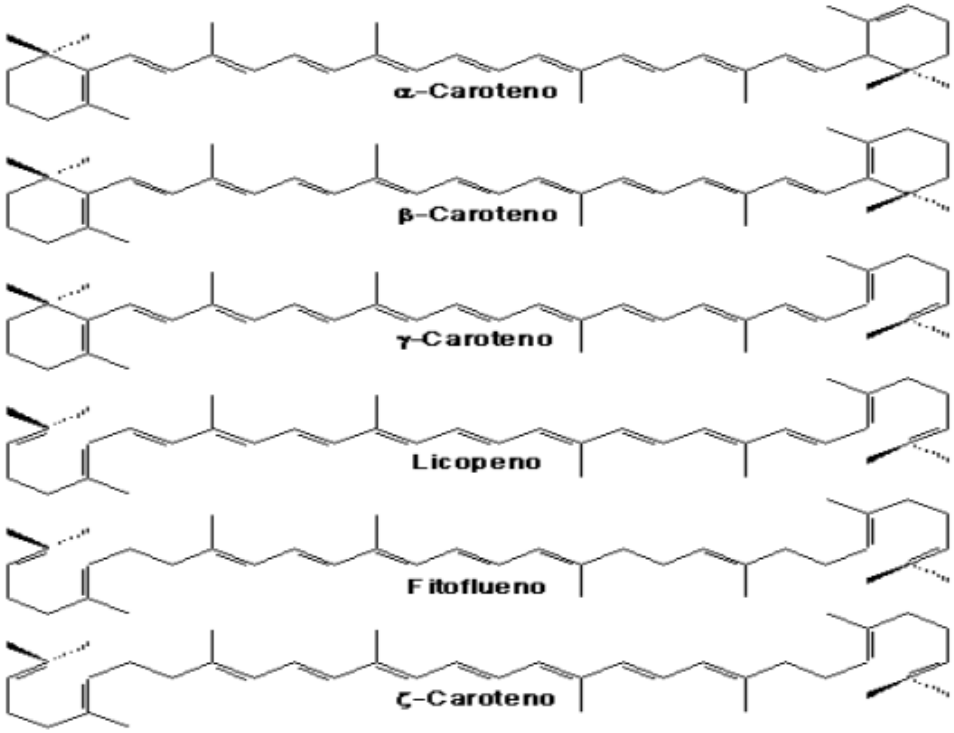

Figura 4- Principais carotenos

Fonte: Ribeiro (2008).

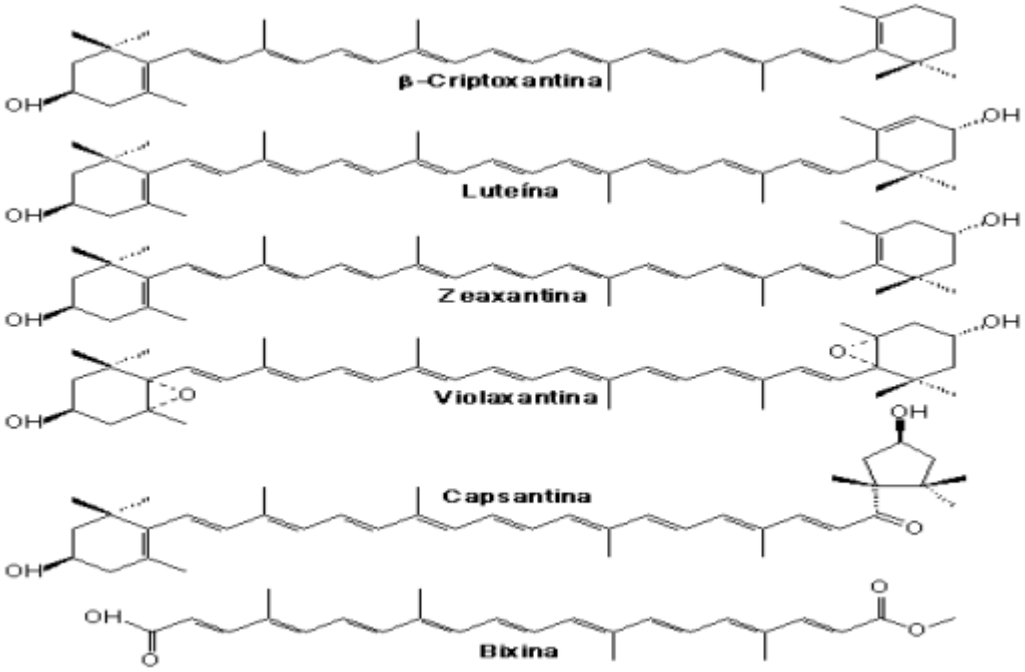

Figura 5 - Principais xantofilas

Fonte: Ribeiro (2008).

De acordo com Morais (2006), esses dois grupos principais ainda podem ser subdivididos em outros sete grupos:

- Hidrocarbonetos: Carotenóides que possuem apenas hidrogênio e carbono em sua estrutura. É representado por carotenos e licopeno.

- Alcoóis: Carotenóides que possuem grupo hidroxila (OH^-) ligado aos anéis de iononas da cadeia. Engloba as xantofilas, como a luteína, criptoxantina e zeaxantina.

- Cetonas: São os carotenóides que possuem os grupos carbonila ligado aos anéis iononas. São a cantaxantina (4, 4'-diceto-β-caroteno), equinenona (4-ceto-β-caroteno) e astacina (3,3',4,4'-tetraceto- β-caroteno).

- Epóxidos: Constituem os carotenóides que possuem oxigênio entre carbonos formando ciclos. Pertence ao grupo das flavoxantina.

- Ácidos: São os carotenóides que apresentam grupo carboxila ligados na extremidade da cadeia carbônica, pois não possuem anéis ionona. São conhecidos como ácidos carotênicos, são as crocetina, pigmento do açafrão.

- Ésteres: Carotenóides que possuem grupo carboxil entre carbonos. Incluem os ésteres de ácido carotênicos, como a bixina que é o pigmento do urucum e os ésteres das xantofilas com ácidos graxos comuns.

4.4 Biossíntese

A biossíntese dos carotenóides é padrão para todos os terpenóide. O ácido mevalônico é o primeiro precursor na bossíntese dos terpenóides, que após várias reações, forma geranil difosfato (10 carbonos), farnesil difosfato (15 carbonos) e geranil-geranil difosfato (20 carbonos) (GOODWIN, 1981).

A partir da molécula de geranil-geranil difosfato é formado o fitoeno, sendo este o primeiro composto com 40 carbonos, ainda sem coloração. Ocorre desaturação do fitoeno para formar fitoflueno, ζ-caroteno, neurosporeno e o licopeno (VALDUGA et al., 2009), (figura 5).

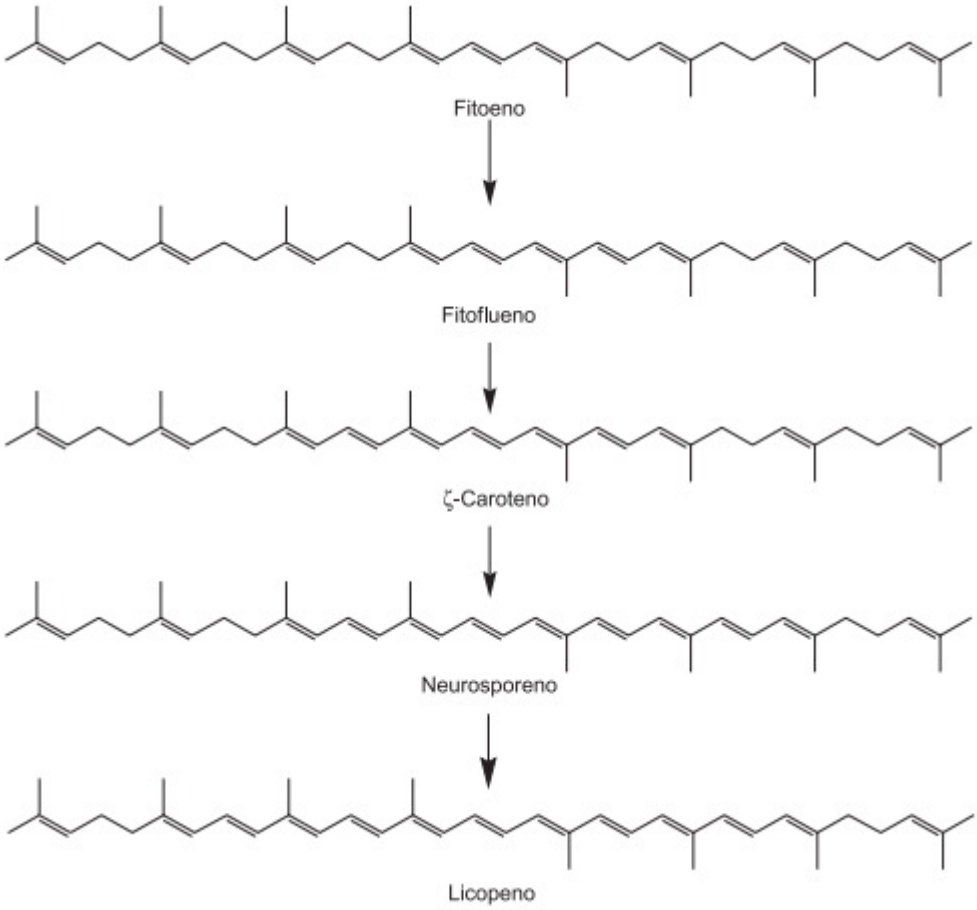

Figura 6 - Estágios intermediários da biossíntese de carotenóides
Fonte: Valduga et al., (2009).

Inicia-se o processo de ciclização, que pode ser a partir do neurosporeno ou licopeno (Figura 6). No neurosporeno, a ciclização ocorre em uma das extremidades, formando o anel β de β-zeacaroteno ou o anel α de α-zeacaroteno. A partir da introdução de uma dupla ligação, β-zeacaroteno e α-zeacaroteno são transformados em γ-caroteno e δ–caroteno, respectivamente. Já o licopeno pode sofrer ciclização em uma das extremidades, formando também γ-caroteno e δ-caroteno, estes sofrem ciclização na outra extremidade, formando respectivamente β-caroteno e α-caroteno (GOODWIN, 1981). Depois de formados os carotenóides cíclicos ocorrem à introdução de substituintes, como a hidroxilas, originando as xantofilas (VALDUGA et al., 2009).

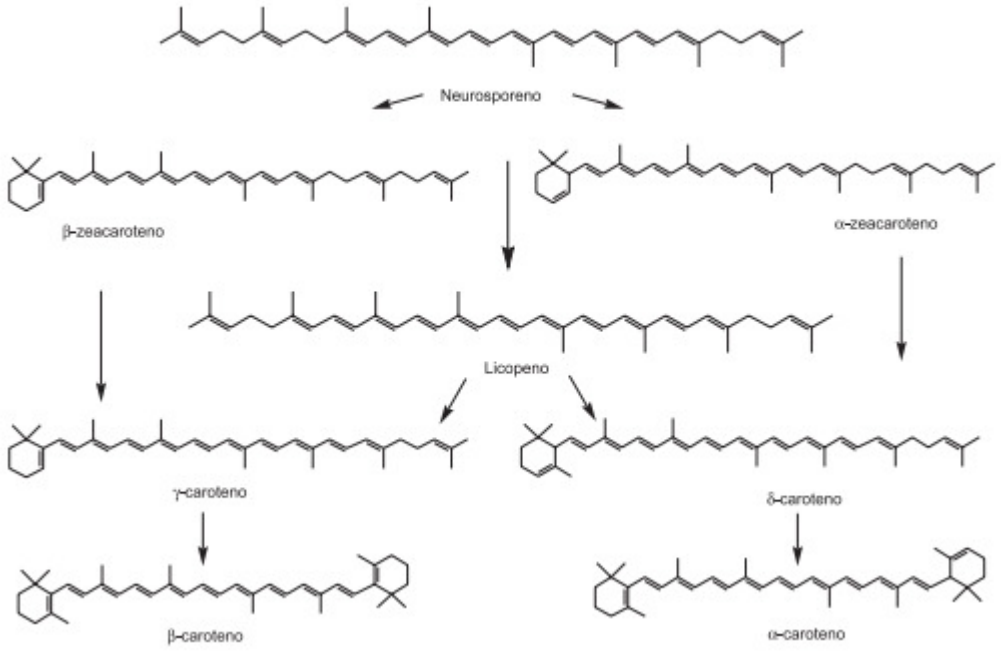

Figura 7- Ciclização dos carotenos acíclicos insaturados
Fonte: Valduga et al., (2009).

4.5 Oxidação

Em virtude do grande número de duplas ligações conjugadas, os carotenóides sofrem oxidação com muita facilidade na presença de luz, calor ou compostos pró-oxidantes, promovendo a quebra dos pigmentos e perda da coloração (RIBEIRO & DERAVALLI, 2004). Isso ocorre devido à isomerização dos carotenóides *trans*, que é a forma mais instável na natureza, para a forma *cis* levando a perda de cor e da atividade pró-vitamínica (OLIVEIRA, 2010). A luteína, violaxantina e ζ- caroteno são os carotenóides que oxidam com maior facilidade (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

Devido a essa facilidade em oxidar, alimentos ricos em xantofilas, as quais se desejam preservar na estocagem, devem ser adicionados antioxidantes (NUNES, 1998).

4.6 Princípios Ativos

4.6.1 Cantaxantina

A cantaxantina (Figura 7) é um pigmento carotenóide vermelho encontrado na natureza em tecidos de diversas espécies de aves, como os flamingos, peixes, crustáceos, algas e fungos. Em conjunto com pigmento amarelo, a cantaxantina tem por objetivo intensificar a cor da gema atendendo a demanda do mercado por gemas laranja-dourada. Na pigmentação de peixes e salmonídeos, a cantaxantina é fornecida na alimentação para conferir uma coloração desejável na carne (SHIANG, 2006).

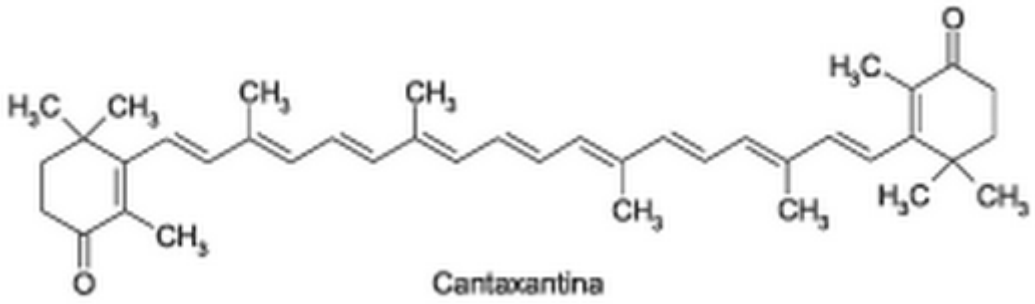

Figura 8 - Estrutura da cantaxantina
Fonte: Shiang (2006).

4.6.2 Astaxantina

A astaxantina (Figura 9) é um carotenóide distribuído em grande escala na natureza, encontrado como pigmentante em crustáceos (lagosta e camarão), peixes (salmão e truta), pássaros (flamingos) e microrganismos (levedura *Phaffia rhodozyma* e a alga *Haematococcus pluvialis*). Na criação de trutas e salmão em cativeiros, o seu uso é de fundamental importância, pois proporciona a pigmentação característica das espécies (MORIEL, 2004). Em animais aquáticos, a astaxantina é o pigmento carotenóide vermelho mais abundante (HATA et al., 2001; MIAO et al., 2006).

A astaxantina é biossintetizada por fitoplânctons ou microalgas, a nível de produção primária. As microalgas são consumidas pelo zooplâncton, insetos e

crustáceos que por sua vez são ingeridos por peixes que acumulam astaxantina (MURIANA et al., 1993).

Dentre as algas que sintetizam astaxantina, estão a alga marinha *Agrobacterium aurantiacumi* e as algas verdes *Haematococcus pluvialis* e *Chlorella zofingiensis* (LI et al., 2008), sendo que a *Haematococcus pluvialis* acumula mais de 4% da astaxantina encontrada na natureza (GUERIN et al., 2003).

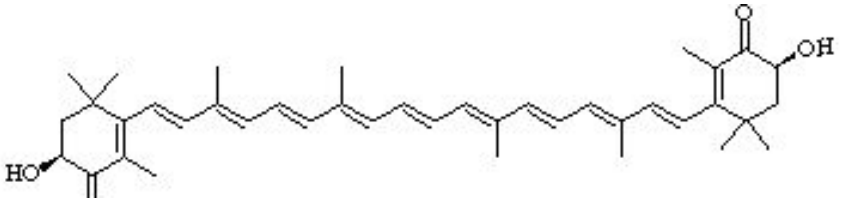

Figura 9 - Estrutura da astaxantina
Fonte: Valduga et al., (2009).

4.6.3 Luteína

A luteína (Figura 10) é um carotenóide muito comum, pertencente à classe das xantofilas de coloração amarela. Comercialmente é encontrada no cravo-de-defunto (*Tagetes erecta*), esterificada com ácidos graxos. Naturalmente a luteína é encontrada no milho, hortaliças verdes e também na calêndula. (BREITHAUPT, 2002). Juntamente com a zeaxantina, a luteína é muito utilizada na alimentação de aves para pigmentação da carcaça de frangos e gema de ovos (PONTES & LLOBET, 1995).

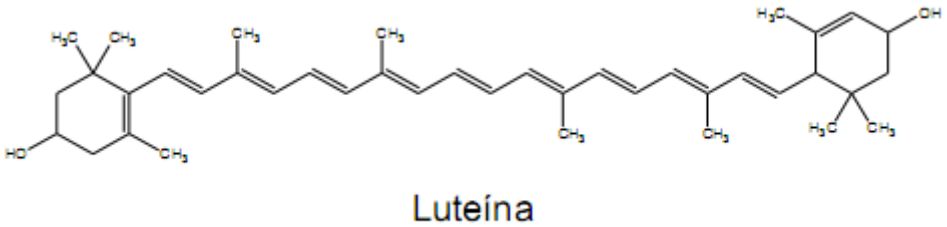

Figura 10 - Estrutura da luteína
Fonte: Carvalho (2007).

4.6.4 Zeaxantina

Zeaxantina pertence ao grupo das xantofilas e são encontradas na gema do ovo, milho, nas flores do cravo-de-defunto (*Tagetes erecta)* e nas frutas, como laranja e pêssego (FAO, 2004).

Dentre os pigmentos presentes na natureza, a zeaxantina (Figura 11) é um dos mais comuns, representando 30% do total de pigmentos do milho e do glúten de milho (LARIER & LECLERCQ, 1992).

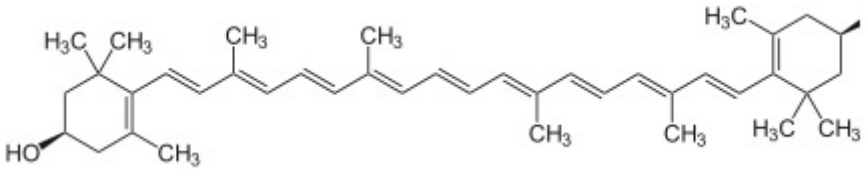

Figura 11 - Estrutura da zeaxantina
Fonte: Valduga et al., (2009).

4.6.5 Citranaxantina

A citranaxantina (Figura 12) é um ceto-carotenóide de cor amarelo-amarronzado ou castanho claro, encontrado em algumas frutas cítricas, existindo também em forma de concentrado comercial. Possui uma regular eficiência na pigmentação da gema de ovo, mas não para a pele do frango (PONTES & LLOBET, 1995).

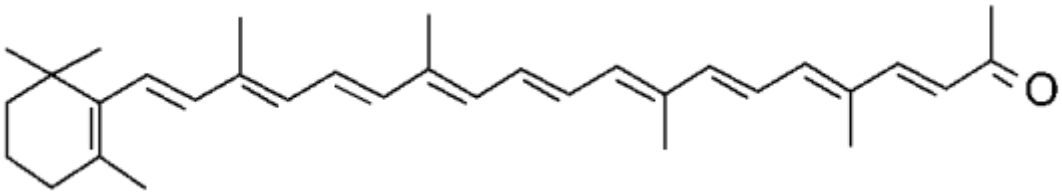

Figura 12 - Estrutura da citranaxantina
Fonte: European Food Safety Authority (ESFA), (2006).

4.6.6 Bixina

A bixina é o pigmento amarelo-avermelhado encontrado em maior concentração na semente da planta do urucum (*Bixa orellana* L.), compreendendo mais de 80 % dos carotenóides totais. A partir da bixina (Figura 13) são obtidos os

demais pigmentantes do urucum, como a norbixina (lipossolúvel) e o sal de norbixina (hidrossolúvel) (RIBEIRO & SERAVALLI, 2004).

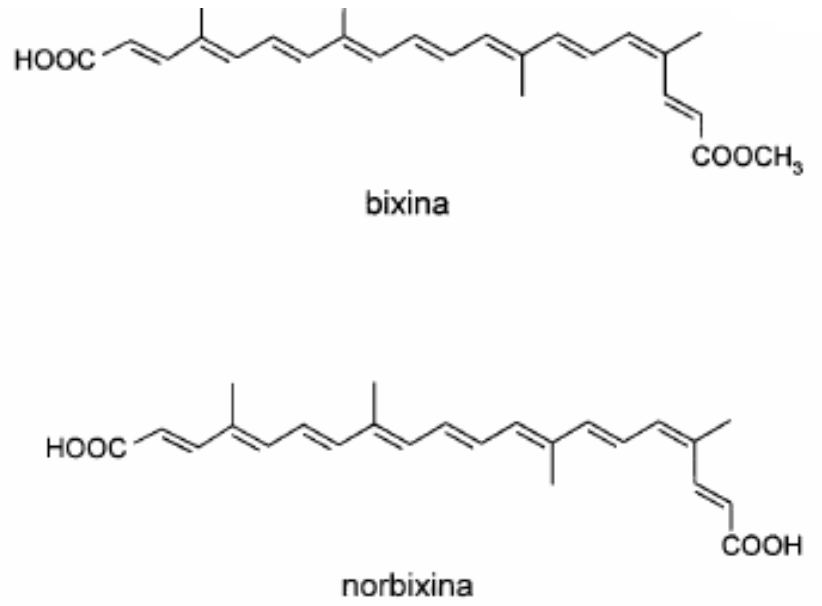

Figura 13 – Estrutura da bixina e norbixina
Fonte: Tochinni & Mercadante (2001).

A estrutura molecular da bixina e norbixina é formada por várias ligações duplas conjugadas, o que faz com que estas se tornem reativas e instáveis a fatores como temperatura, luz e dióxido de enxofre (SCOTTER et al., 1998).

A bixina é sensível ao pH, havendo mudança de cor amarelo-alaranjado para rosa claro em pH ácido, pórem este não altera a estabilidade da cor (LAURO, 1991). Ao contrário da bixina, a norbixina apresenta estabilidade à luz, calor e variação de pH (PONTE et al., 1999).

Na indústria de alimentos, a bixina é usada para dar cor a queijos, margarinas e manteigas, além de maionese e sorvetes, já em rações, a bixina é usada para aspecto rosado às carnes de aves e cor amarelo ouro à gema do ovo (GUIMARÃES, 1983).

4.6.7 Capsantina

A capsantina (Figura 14) ocorre naturalmente junto com outras xantofilas (luteína e zeaxantina) e β-caroteno no pimentão vermelho *Capsium annuum*. Para pigmentação da gema de poedeiras tem sido usado um nível de 16mg/kg de alimento, atingindo o número 13 no leque colorimétrico. A capacidade de coloração da capsantina em relação à cantaxantina é dada como 1:2. Para o uso prático em rações animais, a capsantina não está disponível como substância pura, mas apenas na forma de extrato de páprica (EFSA, 2006).

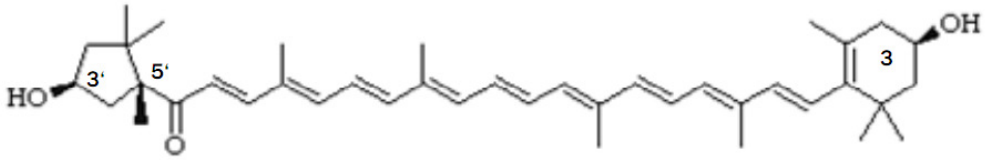

Figura 14 - Estrutura da capsantina
Fonte: ESFA (2006).

4.6.8 Curcumina

O rizoma seco e pulverizado da *Curcuma longa* L., planta pertencente à família Zingiberaceae, dá origem ao pó comercial da cúrcuma (GOVINDARAJAN, 1980). O principal cromóforo da cúrcuma é a curcumina (Figura 15), pigmento de coloração variando entre amarelo e alaranjado (DOWNHAM & COLLINS, 2000).

Na indústria alimentícia, a curcumina é destinada a produtos liofilizados como bebidas, sorvetes e pudins, e quando associada à bixina tem por objetivo colorir a gema de ovos na produção avícola (GUIMARÃES, 1996).

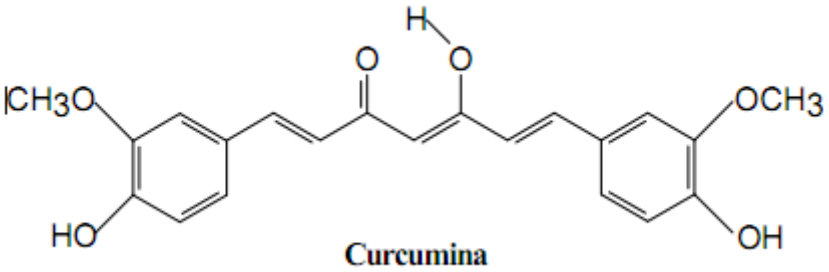

Figura 15 - Estrutura da curcumina
Fonte: Filho et al., (2000).

4.7 Fontes de Pigmentantes Naturais

As fontes de pigmentos carotenóides podem ser naturais, como, por exemplo, as do milho e do pimentão vermelho, e sintéticas, tais como a cantaxantina (pigmento vermelho) e o etil-éster-β- apo-8-caroteno (pigmento amarelo) (GARCIA et al., 2002).

Dentre os alimentos ricos em pigmentos naturais estão à alfafa, urucum, páprica, a farinha de glúten de milho amarelo e o próprio milho amarelo. Na tabela 2 encontram-se as principais xantofilas presentes na natureza.

Tabela 2: Principais xantofilas e sua presença na natureza

XANTOFILAS	PRESENÇA NA NATUREZA
Luteína	Alfafa, milho
Zeaxantina	Milho, glúten de milho
Cantaxantina	Algas
Capsantina	Páprica
Astaxantina	Crustáceos
Bixina	Urucum

Fonte: Adaptado de Coello (1993).

4.7.1 Urucum

O urucuzeiro é uma planta que teve origem na América do Sul e seu nome tem origem na palavra tupi "uru-ku", que significa "vermelho" (CORLETT, 2007). O extrato de urucum é conhecido como um dos mais antigos corantes (COLLINS, 1992), e dentre os naturais é um dos mais utilizados (MERCADANTE, 2001).

O teor de pigmentos presente na semente de urucum é influenciado por diversos fatores, como a variedade da cultura, tipo de solo e o clima. Dessa forma é possível encontrar semente com menos de 1% de bixina ou com mais de 4% de bixina (CARVALHO & HEIN, 1989).

Dentre as variadas finalidades do extrato de urucum, uma de grande importância é o uso do grão triturado nas rações de aves (ALVES, 2005). Segundo Silva et al., (2000), uma dose de 1% de urucum é suficientes para produção de uma gema pigmentada. Em países onde o uso de corantes artificiais foi proibido, como na

Itália, o urucum é usando como pigmentante natural na alimentação de poedeiras, com o objetivo de dar coloração à gema do ovo (DAMASCENO, 1988).

Silva et al., (2000), analisaram vários níveis de adição de urucum em uma ração cuja fonte principal de energia era o sorgo, comparadas com uma ração controle positiva com milho. Foi observado que a adição de 0,1% de extrato de urucum na ração de poedeiras com 40% de sorgo resultou em pigmentação da gema dos ovos similar à obtida com rações contendo milho.

Queiroz (2006), também obteve resultados positivos na avaliação dos efeitos da adição de diferentes níveis de farelo de urucum na dieta de poedeiras comerciais, sob a análise da intensidade da pigmentação dos ovos, concluindo que a inclusão de até 3% de farelo de urucum proporciona coloração adequada a gemas dos ovos.

4.7.2 Páprica

O extrato de páprica consiste principalmente de dois carotenóides, a capsantina e capsorubina. Ambos os pigmentos são solúveis em óleo e proporcionam um tom laranja-avermelhado dependendo da concentração utilizada. O extrato é obtido a partir das sementes secas e moídas (GUIMARÃES, 1996).

Moreno (2007) verificou que a substituição do milho pelo sorgo de baixo tanino, com a adição do extrato de páprica, proporcionou pigmentação à gema igual às dietas a base de milho, mostrando a sua eficiência como pigmentante.

4.8 Fontes de Pigmentantes Sintéticos

4.8.1 Cantaxantina

A produção comercial da cantaxantina sintética teve início com Hoffman La Roche sob o nome comercial Carophyll® Red em 1964, para coloração de alimentos e rações. Outro fabricante, grupo BASF também produziu cantaxantina sintética sob o nome comercial Lucanthin® Red (SHIANG, 2006).

Estudos mostraram que com a inclusão de 60 ppm de cantaxantina, atingiu-se a cor de 14, 3 do leque calorímetro aos 5, 43 dias de inclusão do pigmento na dieta de aves (GARCIA et al., 2002).

A absorção da cantaxantina é feita pelo intestino delgado e depois é transportada através do sangue para o fígado. No fígado parte da cantaxantina absorvida passa por mudanças metabólicas se transformando em precursor de vitamina A (BRITTON, et al., 1998). A outra parte que permanece inalterada é transportada pelas lipoproteínas através do sangue para os locais de deposição. Menos de 40% da cantaxantina na dieta é depositada na gema do ovo, enquanto que a deposição nos tecidos do corpo é inferior a 10% (SCHIEDT, 1987).

4.8.2 Capsantina

Grashorn et al., (2001) confirmaram o aumento linear na coloração da gema através da adição de capsantina na dieta na forma de óleo de oleorresinas de páprica. Observou ser necessário fornecer capsantina em concentrações duas a três vezes maiores do que a cantaxantina para alcançar a mesma cor da gema, quando medida pelo leque colorimétrico Roche Yolk Color Fan (RYCF). Para conseguir uma cor de gema de ovo 12/13 é necessário fornecer de 8 a 16 mg de carotenóides totais de oleorresinas de páprica tem em uma dieta de milho e soja.

5 UTILIZAÇÃO DE PIGMENTOS E CORANTES NA PRODUÇÃO ANIMAL

5.1 Avicultura

Dentre as características sensoriais, a cor é um dos mais importantes indicadores de qualidade e exerce papel fundamental na aceitação dos alimentos pelos consumidores (PEREIRA et al., 2001).

A pigmentação da gema é considerada uma das características organolépticas mais importantes na avaliação da qualidade dos ovos (HERNÁNDEZ et al., 2001). Gemas amarelo-alaranjada e frangos com pele bem pigmentada são os preferidos pelos consumidores (BISCARO & CANNIATTI-BRAZACA, 2006), uma vez que associam a cor das gemas à quantidade de vitaminas (GARCIA et al., 2002; OLIVEIRA, 1996), e a coloração do frango *in natura* à produtos frescos e de qualidade (FONTANA, 2003).

Produtos que no momento da compra apresentam cores intensas e uniformes são os preferidos, pois são julgados mais saudáveis e nutritivos, produzidos dentro dos padrões de qualidade, ao passo que alimentos de cores pálidas são rejeitados pela aparência, pois geram algum tipo de desconfiança (NYS, 2000; PONSANO et al., 2002).

Na nutrição de aves, os carotenóides são de grande importância, pois são essas substâncias o principal grupo de composto responsável pela pigmentação da pele e da gema dos ovos (BORNSTEIN & BARTOV, 1966; GRAU & WILSON, 1964). Como não podem ser sintetizados pelas aves, esses pigmentantes devem ser adicionados na dieta para serem absorvidos (ARAYA et al., 1997; NUNES, 1998; BRITTON,1998; BLANCH, 1999; BRAZ et al., 2007).

Uma dieta formulada com alimentos que contenham carotenóides ou fontes suplementares ricas em carotenóides, vai determinar a intensidade da pigmentação da gema do ovo (JIANG et al., 1994), à medida que as aves consumirem alimentos ricos em pigmentos carotenóides, maior será a deposição desses pigmentos nas gemas e a intensidade da sua coloração (CURVELO et al., 2009).

A coloração da gema do ovo vai depender da quantidade de xantofilas, principalmente cantaxantina, que vai ser absorvida pelas aves que se alimentem de ração ou milho (GARCIA et al., 2002).

Quando o sorgo e o trigo substituem parcial ou totalmente o milho da ração (ENGLERT, 1987) ou ainda quando a principal fonte energética é pobre em pigmentantes, como mandioca e sorgo, os pigmentantes devem ser adicionados as rações das aves, em virtude da preferência do mercado por ovos e frangos pigmentados, embora isso não tenha significado quanto ao valor nutritivo (GARCIA et al., 2002).

As aves domésticas absorvem e armazenam os pigmentos carotenóides com muita eficiência, fixando-os na carcaça ou transferindo para a gema do ovo. O armazenamento de pigmentos obedece a uma ordem de entrada e saída dos tecidos, de forma, que as frangas depositam primeiro no tecido subcutâneo, depois no bico e por fim nos tarsos. Quando tem início a postura, ocorre transferência dos pigmentos para o ovário e deste para a gema (NUNES, 1998).

5.1.1 Relação entre dieta e concentração da coloração de gemas ovos e tecidos

A eficiência da pigmentação dos carotenóides depende da sua absorção, transporte no sangue, excreção, taxa de deposição nos tecidos alvos e de conversão do montante total de pigmentos e principalmente da proporção de carotenóides amarelos e vermelhos ingeridos (SEEMANN, 1997; GRASHORN et al., 2001). Os baixos níveis de pigmentos vermelhos adicionados a dieta com níveis elevados de pigmentos amarelo resultam em uma cor da gema mais intensa (GROOTE, 1970), ao passo que a suplementação de uma dieta com base fraca de cor amarela, com elevado nível de cantaxantina (vermelho), dá ovos *off-colours*, ou seja, ovos com cor desbotada. Portanto, a fim de alcançar a cor desejada da gema, a adição de pigmentos para uma dieta deve levar em conta o conteúdo original de xantofilas naturais (SEEMANN, 1997), como a luteína ou zeaxantina.

De acordo com Grashorn et al., (2001), os efeitos dos níveis de utilização de cantaxantina em galinhas poedeiras na coloração da gema de ovos frescos e cozidos têm sido investigada (Tabela 3), pois quando em água fervente, a pontuação no leque colorimétrico para a cor da gema de ovos diminuem em pelo menos uma

unidade, devendo assim essa perda ser compensada pelo fornecimento de uma quantidade adicional de pigmentos amarelo e vermelho (2 - 4 mg/ kg de alimento completo) para fornecer os pigmentos da coloração desejada das gemas.

Tabela 3 - Efeito dos níveis de cantaxantina na dieta sobre a coloração da gema de ovos frescos medido com o RYCF

PIGMENTO VERMELHO Cantaxantina (em mg/kg alimento)	**PIGMENTO AMARELO Ácido éster carotenóide (em mg/kg alimento)**	**RYCF**	
		Ovos frescos	**Ovos cozidos**
0,5	4,0	6	5
1,0	4,0	8	7
2,0	4,0	10	8
4,0	4,0	12	10
8,0	4,0	14	13

Fonte: Grashorn et al., (2001).

5.1.2 Pigmentação da gema do ovo

5.1.2.1 Métodos de avaliação

De acordo com Mateos (1991), não existe um método ideal para classificar a pigmentação da gema. Alguns métodos são utilizados, porém o abanico colorimétrico é o mais prático:

- Abanico colorimétrico: A cor da gema é comparada com as folhas de um leque que varia de 1 a 15.
- Método de A.O.A.C.: Método colorimétrico, baseado na extração dos pigmentos da gema do ovo com acetona e posterior medição da absorção de luz a 450 mícrons. O conteúdo de xantofilas é estimado usando uma curva padrão.
- Método NEPA: Também é um método colorimétrico de extração dos pigmentos da gema do ovo em comparação com uma série de soluções padrão de dicromato de potássio. As soluções recebem valor de 1 a 10.

- Reflectômetro IDL: Mede a luz refletida da superfície da gema. Mede o comprimento de onda dominante e o valor da excitação. Exige equipamento de alto custo.

5.1.2.2 Fisiologia e metabolismo

De acordo com Mateos (1991), para que uma xantofila tenha poder pigmentante é necessário ela passar por quatro fases sucessivas: ser absorvida, transportada, não sofrer alterações metabólicas e ser incorporada no tecido alvo. As xantofilas são substâncias lipídicas e seu metabolismo é similar ao da gordura, sendo absorvida na forma de micelas, de quatro a oito horas após a ingestão.

5.1.2.3 Fatores que influenciam a pigmentação

5.1.2.3.1 Composição dos alimentos

- Gorduras: a absorção de xantofilas e a pigmentação são melhoradas quando é adicionada gordura a ração. Em geral, a influência positiva é maior quando se adiciona gordura saturada, em virtude de as insaturadas serem mais susceptíveis à peroxidação, afetando assim o poder pigmentante das xantofilas. As xantofilas são solúveis em lipídios e são absorvidas a nível intestinal na forma de micelas (KARUNAJAEVA et al., 1984).

- Cálcio: excesso de cálcio pode prejudicar a pigmentação. Um nível de 3% de cálcio pode deprimir em uma unidade a pigmentação da gema do ovo na escala RYCF (TORTUERO & CENTENO,1977).

- Antioxidantes: vitamina E e outros antioxidantes estabilizam as xantofilas fazendo com que estas conservem melhor a capacidade pigmentante por reduzir a degradação oxidativa das xantofilas (PONTES & LLOBET, 1995).

- Vitamina A: excesso de vitamina A (> 25 000 UI) pode diminuir cor da gema (EL BOUSHY & RATERINK, 1987).

5.1.2.3.2 Genética

De acordo com Pontes & Llobet (1995), a genética das aves tem influência decisiva no que se refere à pigmentação de sua pele. Existem espécies que possuem pele branca, a exemplo da Sussex e Dorking e outras que possuem a pele

amarela, como a Leghorn, Rhode Island, White Rock, ou seja, as raças de pele branca, não podem depositar as xantofilas recebidas da alimentação, ao passo que as de pele amarela poderão, dependendo da concentração presente na ração.

5.1.2.3.3 Estado sanitário

Numerosas enfermidades afetam negativamente a pigmentação dos ovos e dos frangos. Ocorre a diminuição da capacidade de absorção dos pigmentos presente no alimento através da mucosa intestinal, devido às lesões (PONTES & LLOBET,1995).

5.1.2.3.4 Manejo e meio ambiente

Experiências mostraram que aves criadas em galinheiros abertos, ao ar livre apresentam coloração mais intensa em seus tarsos do que as criadas em galpão (MATEOS, 1991).

5.1.2.3.5 Armazenamento dos alimentos

Um dos aspectos mais importantes que influenciam no conteúdo de xantofilas dos alimentos é o armazenamento. Existem três fatores que influenciam a perda de xantofilas durante o armazenamento: a duração deste, temperatura e umidade do produto. Pode ser observado na tabela, a perda de carotenóide no milho, embora isso possa ocorrer com outros alimentos. Observa-se que as perdas são maiores quanto maior a umidade do grão, e quanto maior o tempo de armazenamento a temperaturas mais elevadas (PONTES & LLOBET, 1995).

Tabela 4 - Perdas de conteúdo de carotenóide totais do milho armazenado em diferentes condições

Umidade (%)	Temperatura (°C)	Tempo de armazenamento em meses	
		4	12
		% de perdas	
11	25	13,0	53,2
	7	14,7	23,0
3	25	6,8	28,9
	7	9,4	17,2

Fonte: Quackenubsh (1963), citado por Pontes & Llobet (1995).

5.2 Piscicultura

A alta qualidade de produtos na aquicultura deve cumprir vários requisitos apreciados pelos consumidores, incluindo a cor adequada, que está entre os mais importantes parâmetros de qualidade dos peixes no mercado. A cor é a primeira característica percebida e é um critério de seleção determinante, diretamente relacionadas com a posterior aceitação ou rejeição (SHAHIDI et al., 1998).

O uso de carotenóides na alimentação de peixes é importante devido à coloração vermelha, amarela e rosa que eles dão à pele e carne (LATSCHA, 1990). A astaxantina é um dos caronotenóides mais eficientes na pigmentação, existente em diversos organismos aquáticos (TORRISEN, 1989).

5.2.1 Peixes ornamentais

Os peixes ornamentais são caracterizados pela grande diversidade e padrões de cores, e seu sucesso no comércio de ornamentais é dependente das suas cores vibrantes (SINHA & ASIMI, 2007). A criação de peixes ornamentais é uma das indústrias mais importantes nos últimos tempos. Em alguns países eles são referidos como jóias de vida, devido à sua forma, cor e comportamento. Eles são pacíficos, geralmente pequeno, possuem cor atraente e podem ser acomodados em espaços confinados (MANDAL et al., 2010).

A cor da pele dos peixes ornamentais é uma característica importante que afeta o preço de mercado, desempenhando um papel importante (GOUVEIA & REMA, 2005). A pigmentação laranja-avermelhada da pele da variedade do goldfish Oranda Red, por exemplo, é fator desejável e essencial de vendas para os produtores e consumidores (WALLAT et al., 2005), peixes desbotados não chamam a atenção do consumidor (MANDAL et al., 2010).

Nas espécies carpa Koi (*Cyprinus carpio*) e goldfish (*Carassius auratus*), busca-se alcançar níveis elevados de pigmentação da pele, que juntamente com a forma do corpo, forma da nadadeira e tamanho do corpo, são os mais importantes critérios de qualidade de informação do respectivo valor de mercado (PARIPATANANONT et al., 1999).

Um dos maiores desafios da indústria de peixes ornamentais é reproduzir em cativeiro a cor natural dos peixes. Vários produtos já foram testados, mas nenhum é tão eficaz como pigmentos carotenóides. A astaxantina mostrou ser um carotenóide promissor, melhorando acentuadamente as cores na maioria das espécies de peixes coloridos (GUPTA et al., 2007).

Os carotenóides são a principal fonte de pigmentação em peixes ornamentais e tropicais, responsável por várias espécies relacionadas com as cores amarelo, vermelho e afins. Normalmente estes são obtidos através organismo que contenham carotenóides na sua cadeia alimentar aquática, mais ingredientes comerciais, como milho, farelo de glúten de milho e alfafa, que são usados como fonte de carotenóides (LOVELL, 1992).

5.2.2 Peixes, crustáceos e salmonídeos

Os tons vermelho e amarelo encontrados na pele e carne de peixe é resultado da deposição de pigmentos carotenóides (SIMPSON et al., 1981). O principal pigmento usado na aquicultura é a astaxantina, principalmente na criação de salmão, crustáceos e trutas (PASSOS, 2007), como método para induzir a cor típica em sua carne (TORRISSEN, 1985 ;CHOUBERT & STOREBAKKEN, 1989). Na natureza, a astaxantina é responsável pela coloração rosa-avermelhada dos peixes e camarões que são criados em seu ambiente natural (TORRISSEN, 1985).

A astaxantina é encontrada em animais aquáticos, como o siri, camarão e lagosta (HU et al., 2006), e como outros animais, os peixes não possuem a

capacidade de sintetizar carotenóides, devendo assim ser incluídos na sua dieta, permitindo sua incorporação e deposição na carne (HATA & HATA 1972; GOODWIN, 1984; TORRISSEN et al., 1989; STOREBAKKEN & NO 1992; PASSOS, 2007).

Nos oceanos, a astaxantina une-se a proteínas e forma as carotenoproteínas. Estas conferem aos animais cores verdes ou azuis. Quando o alimento é cozido esses compostos se desnaturam manifestando a cor vermelha desse carotenóide (GOODWIN, 1954).

6. PRODUTOS COMERCIAIS PIGMENTANTES

6.1 Canthacol®

É um pigmento vermelho usado em rações avícolas, em combinação com pigmentos amarelos para realçar a cor da gema de ovo e pele de frango. Canthacol® é uma fonte padronizada de cantaxantina purificada formulado para ser usado como um corante alimentar e contém 100g cantanxantina/Kg (AVIGUIA, 2011).

6.2 Xamacol® 40

É um pigmento amarelo natural usado para melhorar a cor da gema de ovo e pele de frango. Tem base em xantofilas naturais (luteína e zeaxantina) em uma proporção de 40g/ Kg (AVIGUIA, 2011).

6.3 CAPSANTAL EBS

Capsantal EBS é uma pigmentante amarelo, baseado principalmente em luteína, obtida a partir de extratos de flores de Marigold (*Tagetes erecta*) estabilizada, homogeneizada e saponificada para dar a máxima absorção intestinal e eficiência biológica (ORFFA, 2011).

6.4 Capsantal FS

Capsantal FS é um pigmentante vermelho, obtido através de um processo de extração das variedades selecionadas de pimentões (*Capsicum annuum*). A eficiência e a estabilidade destes pigmentos naturais permitem a obtenção de pigmentação adequada, com base em produtos naturais (ORFFA, 2011).

6.5 SUNRED-50

Sunred-50 é obtido da páprica, extraído de uma variedade de pimentão vermelho. Proporciona maior estabilidade a pigmentação de ovos, com uma coloração amarelo-alarajanda totalmente homogênea (CESARO, 2011).

Tabela 5 - Dosagem recomendada para o uso de Sunred – 50 (gramas/tonelada de ração)

Coloração atual da gema dos ovos	8	9	10	11	12	13	14
11					600	900	1250
10				300	650	950	1300
9			250	500	850	1200	1450
8		250	450	700	950	1250	
7	300	600	900	1300	1700		

Coloração que se pretende atingir

Fonte: www.cesaro.com.br

6.6 MARIGOLD SG-20

Marigold SG-20 é uma fonte de pigmentação natural, obtida do extrato de pétalas da flor de Marigold (*Tagetes erecta*). É um pigmentante 100% natural, indicado para dar uma cor amarelo brilhante à pele do frango e a gema do ovo. Pode ser usado como única fonte de xantofilas ou em combinação com outros carotenóides, em uma proporção de 1 kg/ tonelada (CESARO, 2011).

6.7 LUCANTIN® CX FORTE 1% DE CITRANAXANTINA

Carotenóide específico na intensificação da pigmentação da gema do ovo. Sua dose na alimentação de aves poedeiras, isolada ou associada a pigmentos amarelos, deve ser calculado em função do teor de xantofilas do alimento e do valor pretendido da escala colorimétrica (TECADI, 2011a).

6.8 Lucantin® Yellow 10%

Lucantin® Yellow 10% é usado na coloração da gema de ovos, pele de frango e peixe. Pode ser combinado com o Lucanthin® Red e Lucanthin® Forte e outros carotenóides para fornecer coloração aceitável de ovos e pele de frangos.

Em experimento Garcia et al., (2001), utilizaram duas dietas experimentais: uma com 3,2 mg/kg de apo-ester ácido carotenóide sob a forma de Lucathin® Yellow e outra com 10 mg/Kg de xantofilas amarela proveniente de 500 mg/Kg de produto comercial a base de Marigold 2%. As duas dietas continham 30 mg/Kg de Lucanthi® Red que forneceu 3 mg/Kg de cantaxantina. Os resultados sugeriram que a dieta contendo 30 mg/Kg de Lucanthi® Red com o conteúdo do produto 3,2 mg/Kg de apo-ester ácido carotenóide resultou em pigmentação da gema equivalente ao fornecimento de 10mg/Kg de suprimento de xantofilas amarelas na forma de produtos a base de Marigold.

6.9 Lucantin® Red 10%

Lucantin® Red 10% contém 10 % de cantaxantina, e é utilizado na pigmentação de gema de ovo, pele do frango, de peixes e crustáceos. Combinado com pigmento amarelo intensifica a cor laranja de alguns animais e da gema do ovo (TECADI, 2011b).

6.10 Carophyll® Yellow 10%

Carophyll® Yelow 10% foi desenvolvido em combinação com o Carophyll® Red 10%, para a indústria avícola, para colorir gema de ovos. Com a utilização de Carophyll® Yelow 10% é possível substituir até 100% do milho por matérias primas alternativas (que não contenham xantofilas) e manter a mesma coloração de quando se utiliza o milho (DSM, 2011a).

6.11 Nutri®-Gold Yellow Dry Vegetal

Pigmentante de origem natural (luteína e zeaxantina), com máxima absorção intestinal e deposição nos tecidos. Usado em poedeiras para pigmentação da gema dos ovos e nos frangos para pigmentação da pele e dos tarsos (DSM, 2011a).

6.12 Carophyll® Pink

Carophyll® Pink é o nome comercial para a astaxantina, carotenóide responsável pela pigmentação vermelho-rosa de peixes, camarões e crustáceos. Carophyll® Pink originalmente foi projetado e desenvolvido para a criação de salmão, camarão e indústrias de crustáceos. Recentemente, foi adaptado para a indústria de peixes tropicais, onde mostrou resultados imediatos (DSM, 2011b).

6.13 Carophyll® Stay- Pink

Carophyll® Stay- Pink contém cerca de 11% de astaxantina sintética. Sua adição na ração tem por objetivo conferir ao salmão (*Salmo salar*) e a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) a cor rosada característica de quando criados em seu ambiente natural (DSM, 2011b).

6.14 Carophyll® Red 10%

Carophyll ® red 10% contém cantaxantina, carotenóide vermelho encontrado na pele de certos crustáceos, peixes e pássaros. É muito utilizado para intensificar a coloração da gema de ovos e também na canaricultura (DSM, 2011b).

6.15 Lucantin® Pink 10%

Lucantin® Pink 10% contém 10% de astaxantina. É um carotenóide destinado à pigmentação de peixes e crustáceos a partir de seis meses de idade (TECADI, 2011).

6.16 Naturose

NatuRose é uma fonte natural do pigmento carotenóide astaxantina, derivada da microalga *Haematococcus pluvialis*. Na aquicultura tem sido usado como fonte de pigmentante para espécies como camarão, truta arco-íris e salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (NATUROSE, 2011).

NatuRose produziu resultados demonstráveis na pigmentação da carpa Koi e em muitas outras variedades de peixes ornamentais. Criadores de peixe japonês realizaram ensaios para determinar a sua capacidade de assimilação de xantofilas a partir de algas *Haematococcus pluvialis* e descobriram que carpas alimentadas com astaxantina a partir dessas algas tinham coloração vermelho-escura, enquanto que grupo controle que não tinha astaxantina tinha uma pele laranja pálida (SHIANG, 2006).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscando atender as necessidades do mercado consumidor, pode-se concluir que a suplementação de pigmentos carotenóides na dieta de aves e peixes é de fundamental importância, em virtude da capacidade de coloração, não apenas do alimento que está sendo fornecido, influenciando no consumo dos animais, mas também em função da capacidade de deposição nos tecidos corporais e gema de ovos. Assim, torna-se possível substituir um ingrediente mais caro, que possua níveis elevados de pigmentos, por outro ingrediente mais barato com menores níveis de pigmentantes, por exemplo, milho por sorgo, desde que haja suplementação de pigmentos carotenóides, para que não ocorra comprometimento na produção.

O uso de pigmentos comerciais é uma forma de intensificar a cor da carcaça dos animais, proporcionando as cores que esses animais adquiririam caso fossem criados em seu ambiente natural, mas devido o sistema de criação, torna-se impossível adquiri-las, senão pela adição na sua dieta.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. W. **Extração de corante de urucum por processos adsortivos utilizando argilas comerciais e *Colloidal Gas Aphrons*.** 2005.173 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

ANVISA. Resolução - CNNPA n. 44, de 1977. < http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/44_77.htm >. Acesso em: 22 abr. 2011.

ARAYA, H.H. et al. Composición y empleo del achiote (*Bixa orellana* L.) en raciones apra gallinas ponedoras, para la pigmentacion de la yema del huevo. **Agronomia Costarricense**, San Jose, v.1, n.2, p.143-150, 1997.

AVIGUIA. Produtos e serviços. 2011. Disponível em: < http://www.aviguia.com.br/produtos/subdefault.asp?codgrupo=0425>. Acesso em: 30 mar. 2011.

BAUERNFIEND, J. C. Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors. Nova Iorque: **Academic Press**, p. 835–836, 1981a.

BAUERNFIEND, J. C. Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors. Nova Iorque: **Academic Press**, p. 1-319, 1981b.

BARTLEY, G.E.; ACOLNICK, P.A. Plant carotenoids: pigments for photoprotection, visual attraction, and human health. **The Plant Cell**, v.7, p. 1027- 1038, 1995.

BISCARO L.M.; CANIATTI-BRAZACA, S.G. Cor, betacaroteno e colesterol em gema de ovos obtidos de poedeiras que receberam diferentes dietas. **Ciência Agrotécnica,** p. 1130-1134, 2006.

BLANCH, A. Getting the color of yolk and skin right. **World's Poult. Sci. J.** p. 32-33,1999.

BORNSTEIN, S.; BARTOV, I. Studies on egg yolk pigmentation. I. A comparison between visual scoring of yolk color and colorimetric assay of yolk carotenoids. **Poult. Sci.,** v. 45, n. 2, p. 287-296, 1966.

BRAZ, N.M.; FUENTES,M.F.F; FREITAS,E.R.; SUCUPIRA, F.S.;MOREIRA, R.F.; LIMA,R.C. Semente residual do urucum na alimentação de poedeiras comerciais: desempenho e características dos ovos. **Acta Sci. Anim. Sci.** Maringá, v. 29, n. 2, p. 129 -133, 2007.

BREITHAUPT, D.E.; WIRT, U.; BAMEDI, A. Dfferentiation between lutein monoester regioisomers and detection of lutein diesters from marigold flowers (*Tagetes erecta* L.) and several fruits by liquid chromatography-mass spectrometry. **J. Agric. Food Chem**. 50, 66-70, 2002.

BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER,H. **Carotenoid: biosynthesis and Metabolism**. Ed. Birkhäuser, v.3, 1998.

BURNS, J.; FRASER, P.D.; BRAMLEY, P.M. Identification and quantification of carotenoids, tocopherols and chlorophylls in commonly consumed fruits and vegetables. ***Phytochemistry,v.*** 62, n. 6, p. 939-947, 2003.

CARDOSO,S.L. Fotofísica de carotenóides e o papel antioxidante de β-caroteno. **Química Nova**, p. 535 - 540, 1997.

CARVALHO, O. T. **Carotenóides e composição centesimal de ervilhas (Pisum sativum L.) cruas e processadas.** 2007. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Programa de Pós - Graduação em Ciências de Alimentos. Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2007.

CARVALHO, P. R. N.; HEIN, M. Urucum: uma fonte de corante natural. **Coletânea ITAL**, Campinas, 25-33, 1989.

CESARO. Sunred-50. 2011. Disponível em: < http://www.cesaro.com.br/cesaro10.qps/Ref/QUIS-7XYMSP >. Acesso em: 30 mar. 2011.

CHOUBERT,G.; STOREBAKKEN,T. Dose response to astaxanthin and canthaxanthin colouringation of rainbow trout fed various dietary carotenoids concentrations. **Aquaculture**, p. 69-77. 1989.

COELLO, C.L. Consideraciones sobre la pigmentación de la yema del huevoy de los tarsos y piel de los pollos de engorda. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Santos, Facta, 1993. **Anais**... Campinas: Facta, 1993.p.95 -110.

COLLINS, P. **The role of Annato in Food Colouring**: Food Ingredients & Processing International. UK, Turret Group, p. 23- 27, 1992.

CORLETT, F.M.F.; BARROS, A.C.S.A; VILLELA, F.A. Qualidade fisiológica de sementes de urucum armazenadas em diferentes ambientes e embalagens. **Rev. Bras. Sementes**, v. 29, n. 2, p.148-158, 2007.

CURVELO, E.R.; GERALDO,A.; SILVA,L.M.;SANTOS, T.A.; FILHO,J.A.V.;PINTO,E.R.A.; OLIVEIRA,M.L.R.; FERRIERA,C.B. Níveis de inclusão de extrato de urucum e açafrão em dietas para poedeiras semipesadas e seus efeitos sobre o desempenho e coloração da gema dos ovos. Semana de Ciência e Tecnologia, 2., 2009, Bambuí. **Anais...** Bambuí,2009.

DAMASCENO, V. Guerra aos sintéticos ressuscita os naturais. **Química e Derivados**, p.10-20, 1988.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R**. Química dos Alimentos de Fennema.** 4. ed., Porto Alegre, Artmed. 2010, p. 445- 498.

DELGADO-VARGAS , F.; JIMENEZ, A.R.; PAREDES-LÓPES, O. Natural Pigments: carotenoids, anthocyanins and betalains – characteristcs, biosynthesis,processing and stability. **Crit. Ver. Food. Sci. Nutr.**, 2000, p. 173-289.

DOWNHAM, A.; COLLINS, P. Colouring our foods in the last and next millennium. **Int. J. Food Sci. Technol**., v.35, p.5-22, 2000.

DSM. DSM products for poultry. 2011a. Disponível em: < http://www.dsm.com/en_US/html/dnp/anh_poultry.htm >.Acesso em : 21 abr. 2011.

DSM. DSM products for aquaculture. 2011b. Disponível em: < http://www.dsm.com/en_US/html/dnp/anh_aqua.htm >. Acesso em: 31 mar. 2011.

EL BOUSHY, A.; RATERINK, R. **Consumers prefer well pigmented yolks. Poutry Misset**,p.14-17, Fev./Mar.1987.

ENGLERT, S.I. **Avicultura.** Porto Alegre. Agropecuária, 1987, 288p.

FAO. **Zeaxanthin**: Chemical and Technical Assessment. 2004. Disponível em: < ftp://ftp.fao.org/es/esn/jecfa/cta/CTA_63_Zeaxanthin.pdf>. Acesso em: 24 de mai. 2011.

FILHO, A.B.C.; SOUZA, R.J.; BRAZ, L.T; TAVARES,P. Cúrcuma: Planta medicinal, condimentar e de outros usos potenciais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p.171-175, 2000.

FONTANA, J.D. ; MENDES, S.V; PERSIKE, D.M.; PERACETTA, F.F.; PASSPS, M. Carotenóides: Cores atraentes e Ação biológica. **Biotecnolog. Cienc. Desenvolv.** 2003.

FRANCIS, F.J . Handbook of food colorants patents. Foods and Nutrition Press Inc., USA,1986.

FRASER, P. D.; BRAMLEY, P. M. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids . **Prog. Lipid Res.** p. 228 - 265, 2004.

GARCIA, E.E; GÜNTHER. C, CERA. I. Comparative bioefficacy of Lucantin® yellow in egg yolk pigmentation . **CIHEAM-IAMZ**, p. 173-175, 2001.

GARCIA, E.A.; MENDES, A.A; PIZZOLANTE,C.C; GONÇALVES,H.C.; OLIVEIRA, R.P.; SAILVA, M.A. Efeito dos níveis de cantaxantina na dieta sobre o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais. **Rev. Bras. de Cien. Avic.**, v.4, n.1, p. 1-7. jan. /mar. 2002.

GOODWIN, T.W. **Carotenoids their comparative biochemistry.** Chemical Publishing Co., Inc., New York, N.Y, 1954. Disponível em: <http://www.archive.org/stream/carotenoidstheir00good#page/n5/mode/2up>. Acesso em 19 de jun. 2011.

GOODWIN, T. W. The Biochemistry of the carotenoids: Biosynthesis, Chapman and Hall: London, v.1, p. 578-602, 1981.

GOODWIN,T.W. **The Biochemistry of Carotenoids.** London,UK. 1984.

GOODWIN, T.W.; BRITTON, G. Distribution and analysis of carotenoids. **Academic Press**, p. 61-132, 1988.

GORDON, H. T.; BAUERNFEIND, J. C. Carotenoids as Food Colorants. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition,** v. 18, p. 59-97, 1982.

GOUVEIA, L.; REMA, P. Effect of microalgal biomass concentration and temperature on ornamental goldfish (*Carassius auratus*) skin pigmentation. **Aquaculture Nutrition**, 11: p.19-23. 2005.

GOVINDARAJAN, V. S.Turmeric--chemistry, technology, and quality. **Crit Rev Food Sci Nutr.** vol. 12, n.3, p. 199-301, 1980.

GRASHORN M.A.; STEINBERG W.; BLANCH A. Effects of canthaxanthin and saponified capsanthin/capsorubin in layer diets on yolk pigmentation in fresh and boiled eggs. **World's Poultry Congress,** 13., Montreal, Canadá, 2000. Ago. p.20-24,2001.

GRAU, C. R.; WILSON, B. W. Avian oogenesis and yolk deposition. **Experientia**, v. 20, n.1, p. 26, Jan.1964.

GROOTE, G. de. Research on egg yolk pigmentation and its practical application. **World Poultry Sci. J.**, p.435-441, 1970.

GUERIN, M.; HUNTLEY.M.E. OLAIZOLA,M. Haematococcus astaxanthin: applications for human health and nutrition. **Trends in Biotechnology**, p. 210-216, 2003.

GUIMARÃES, I.S.S. Aproveitamento do resíduo do beneficiamento do urucum. **EMBRAPA**:Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar-CTAA, n.6, p.5,1983.

GUIMARÃES, I.S.S Corantes naturais: os sucedâneos dos artificiais. **Soc. Bras. Cor. Nat.,** v. 2, n.2, p. 98 -100, 1996.

GUPTA, S. K.; JHA, A. K.; PAL, A.K.; VENKATESHWARLU, G. Use of natural carotenoids for pigmentantion in fishes. **Natural Product Radiance**,v.6, p. 46- 49, jan./fev. 2007.

HATA, M.; M. HATA. Carotenoid pigments in goldfish. IV. Carotenoid metabolism. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries.** Tohoku, p.331- 338, 1972.

HATA N.; OGBONNA J.C.; HASEGAWA Y.; TARODA H.; TANAKA H. Production of astaxanthin by Haematococcus pluvialis in a sequential heterotrophic photoautotrophic culture. **Journal of Applied Phycology**, p.395 -402, 2001.

HERNÁNDEZ, J. M., SEEHAWER, J., HAMELIN, C., BRUNI, M.; WAKEMAN W. Egg quality: The European consumer's perception. **Roche Vitamins Europe Ltd.,** Basel, Switzerland,2001.

HU, Z. C. et al. **pH control strategy in astaxanthin fermentation bioprocess by Xanthoplyllomyces dendrorhous:** Enzyme and Microbial Tecnology**,** v. 39, p.586-590, 2006.

JIANG, Y. H.; MCGEACHIN, R. B.; BAILEY, C. A. Alfa-tocopherol, beta-carotene, and retinol enrichment of chickens eggs. **Poult. Sci.**, v. 73, p. 1137-1143, 1994.

KARUNAJEEWA, H.; HUGHES, R.J.; MCDONALD, M.W.; SHENSTONE,F.S.A review of factors influencing pigmentation of egg yolks.**World's Poultry Science Journal**, p.52-65, 1984.

LARIER, M.; LECLERCQ, B. **Fontes de pigmentos xantofila**: Nutrition and feeding of poultry. Nottinghan University Press, 1992, p. 250-253.

LATSCHA, T. Carotenoid in aquatic nutrition, their nature and significance in animal feeds, Roche Publication, F. Hoffmam-La Roche. **Animal Nutrition and Health**, Basle, Switzerland, 1990, 110 p.

LAURO, G.J. A primer on natural colors. **Cereal foods world**, v.36, n.11, p.949-953, 1991.

LEONARDO, S.B. **Extração de pigmentos de urucum e estabilidade de seus extratos e de sementes.** 2007. 128 f. Dissertação (Mestrado em Extração de pigmentos de urucum e estabilidade de seus extratos e de sementes). Escola de Engenharia de Mauá do Centro Universitário de Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2007.

LI, Y.; HUANG,J.; SANDMANN,G.; CHEN, F. Glucose sensing and the mitochondrial alternative pathway are involved in the regulation of astaxanthin biosynthesis in the dark-grown Chlorella zofingiensis (Chlorophyceae), **Planta**, p. 735-743, 2008.

LOVELL, R.I.Dietary enhancement of color in ornamental fish. **Aquaculture Magazine**, p.77-79,1992.

MANDAL, B.; MUKHERJEE, A.; BANERJEE, S. Growth and pigmentation development efficiencies in fantail guppy, Poecilia reticulata fed with commercially available feeds. **Agric. Biol. J. N. Am.**, p.1264-1267, 2010.

MALDONADE, I. R. et al. Selection and characterization of carotenoid-producing yeasts from Campinas region,Brazil. **Brasilian Journal of Microbiology**, v.38, p.65-70,2007.

MARUSICH, W.L. Collaborative ANRC Broiler pigmentation standard study:final report**. Feedstuffs**, p.30-31, 1971.

MATEOS, G.G. **Nutrition y Alimentación de Gallinas Ponedoras.** Barcelona, Aedos. p. 256-263, 1991.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; FRANCISCO, J.H. Importancia nutricional de los pigmentos carotenóides. **Arc. Lat. Amer. Nut.**, v. 54, n.2, p.149-155, jun. 2004.

MERCADANTE, A.Z. Caracterização de um novo carotenóide minoritário de urucum. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, p.193-196, 2001.

MIAO, F.; LU,D.; LI,Y.; ZENG,M. Characterization of astaxanthin esters in Haematococcus pluvialis by liquid chromatography–atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. **Analytical Biochemistry**, p.176-181, 2006.

MORAIS, F. L. **Carotenóides: caracteristicas biológicas e químicas.** 2006. 70 f. Dissertação (Pós-Gradação lato sensu em Qualidade em Alimentos) – Programa de Pós - Graduação lato sensu). Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2006.

MORENO, J.O. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, alimentadas com dietas contendo sorgo e páprica em substituição alimentadas com dietas contendo sorgo e páprica em substituição ao milho. **Acta Sci. Anim. Sci.**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 159-163, 2007.

MORIEL, D.G. **Otimização da produção de biomassa e astaxantina pela levedura Phaffia rodozyma utilizando processo descontínuo alimentado.** 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Paraná, 2004.

MURIANA F.J.G.; RUIZ-GATERREZ, V.; GALLARDO,M.L.; MINGUEZ-MOSQUERA,M.I. A study of the lipids and carotenoprotein in the prawn Penaeus japonicus. **J. Biochem**,223-229, 1993.

NASCIMENTO, P. **Avaliação da retenção de carotenóides de abóbora, mandioca e batata doce.** 2006. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2006.

NATUROSE. Natural Astaxanthin: NatuRose. 2011. Disponível em: <http://www.naturose.com>. Acesso em: 21 abr. 2011.

NUNES, I. J. **Nutrição Animal Básica.** 2 ed. Belo Horizonte. FEP - MVZ, p. 345-349, 1998.

NYS, Y. Dietary carotenoids and egg yolk coloration: A review. **Arch. Geflügel.** p. 45-54, 2000.

OLIVEIRA, B. L. **Caderno técnico da escola de veterinária.** Belo Horizonte: UFMG, 1996.

OLIVEIRA, C. G. **Extração e caracterização do betacaroteno produzido por Rhodotorula glutinis tendo como subtrato o suco de caju.** 2010. 32 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Química). Universidade Federal do Ceará, 2010.

OLSON, J. A. Carotenoids and human health. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, v. 49, n.1, p. 7-11, 1999.

OPINION of the Scientific Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed on the request from the Commission on the safety of use of colouring agents in animal nutrition. Part II. Capsanthin, Citranaxanthin, and Cryptoxanthin. **European Food Safety Authority,** União Europeia, 12 set. 2006.

ORFFA. Orffa products. 2011. Disponível em: < http://www.orffa.com>. Acesso em: 30 mar. 2011.

PARIPATANANONT, T.; TANGTRONGPAIROJ, J.; SAILASUTA, A.; CHANSUE, N. Effect of astaxanthin on the colouringation of goldfish Carassius auratus. **J. World Aquacult. Soc.**, p. 454-460,1999.

PASSOS, R. et al. Fontes naturais de carotenóides de interesse para a aquicultura: análise comparativa da eficiência de métodos de extração. **Rev. Bras. Eng. Pesca,** p.103-113, 2007.

PEREIRA, A. V.; ARIKI, J.; LODDI, M. M.; KISHIBE, R. Bixina como agente pigmentante das gemas de ovos de poedeiras comerciais. In:_____. Reunião anual da sociedade brasileira de Zootecnia,Piracicaba, 38., 2001. SP. **Anais**... Piracicaba: SBZ, p. 839-840, 2001.

PONSANO, E.H.G. **Avaliação da capacidade pigmentante de biomassa de Rhodocyclos gelatinosus em frangos de corte.** 2000. 93 f. Tese Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2000.

PONSANO, E. H. G. ; PINTO, M .F ; NETO, M.G. Evaluation of Rhodocyclus gelatinosus biomass for broiler pigmentation. **J. Appl. Poult. Res.**, p. 77-82, 2002.

PONTES, M.P.; LLOBET, J.A.C. **Alimentación de la aves.** p 401-429, 1995.

PONTE, M.X.; SILVA, K.M.; PENNA, J.R.W. Estudos da fotodegradação da Bixina (*Bixa orellana*) em sementes de urucum**. Revista Brasileira de Corantes Naturais**, v.3, p.11-16, 1999.

QUEIROZ, E.A. **Níveis de farelo de urucum (Bixa orellana L.) em rações à base de sorgo para poedeiras comerciais.** 2006, 27 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Serópedia, 2006.

RIBEIRO, B. D. **Aplicação de Tecnologia Enzimática na Obtenção de β-caroteno a partir de Óleo de Buriti (Mauritia vinifera).** 2008. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos.** Instituto Mauá de Tecnologia. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, p. 155-157. 2004.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Changes in carotenoids during processing and storage of foods. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.49, n.1, p.38-47, set. 1999.

SANCHO, S. O**. Efeito do processamento sobre características de qualidade do suco de caju (Anacardium occidentale L.).** 2006. 137 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

SCHIEDT, K. Absorption, retention and metabolic transformations of carotenoids in chicken, salmonids and crustacean. **Thesis for Doctor Technicae**, University of Trondheim, Norway, 1987.

SCOTTER M.J.; WILSON, L.A.; APPLETON, G.P.; CASTLE, L.Analysis of Annatto (*Bixa orellana*) Food Coloring Formulations. 1. Determination of Coloring Components and Colored Thermal Degradation Products by High-Performance Liquid Chromatography with Photodiode Array Detection. ***J.* Agric. Food Chem.**, p. 1031-1038, 1998.

SEEMANN, M. Eidotterpigmentierung: Unterschiede bei natürlichen und synthetischen Carotinoiden? **DGS Magazin**, p. 24-28. 1997.

SHAHIDI, F.; METUSALACH, A.; BROWN, J.A. Carotenoid pigments in seafood and aquaculture. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, p. 1-67. 1998.

SHIANG, T.P. **Skin colour changes in ornamental koi (Cyprinus carpio) fed different dietary carotenoid sources.** 2006. 165 f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universiti Sains Malaysia. 2006.

SILVA, J. H. V. ; ALBINO, L.F.T ; GODÓI, M.J.S. Efeito do extrato de urucum na pigmentação da gema dos ovos. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v. 29, p. 1435-1439, 2000.

SIMPSON, K. L.; KATAYAMA, T.; CHICHESTER, C.O. Carotenoids in fish feeds. in J. C. Bauernfeind, editor. Carotenoids as colorants and vitamin A precursors. **Academic Press**, New York. v.4, p. 463 - 538,1981.

SINHA, A.; ASIMI, O.A. China rose (Hibiscus rosasinensis)petals:apotent natural carotenoid source for goldfish (*Carassius auratus* L.). **Aquaculture Research**, p.1123 -1128, 2007.

STRINGHETA, P.C.; SILVA, P.I. **Pigmentos de urucum:** Extração, reações químicas, usos e aplicações. Suprema. Viçosa, 2008.

STOREBAKKEN, T.; H. K. NO. Pigmentation of rainbow trout. **Aquaculture**. p. 209-229,1992.

SU Q.; ROWLEY K.G.; BALAZS N.D.H. Carotenoids: separation methods applicable to biological samples. **Journal of Chromatography B**, p.393 - 418, 2002.

TECADI. Nutrição e Saúde Animal. 2011a. Disponível em: <http://www.tecadi.pt>. Acesso em: 06 abr. 2011.

TECADI. Nutrição e Saúde Animal. 2011b. Disponível em: <http://www.tecadi.pt>. Acesso em: 21 abr. 2011.

TOCHINNI, L.; MERCADANTE, A. Z. **Extração e determinação, por CLAE, de bixina e norbixina em caloríficos. Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas, v. 21, n. 23, set./dez. 2001.

TORRISSEN, O. Colouringation of salmonids: factors affecting carotenoid deposition in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Aquaculture**, 46, p. 133–142, 1985.

TORRISEN, O.J. Biological activities of carotenoids in fishes. Proc. Third Int. Symp. **On Feeding and Nutr**: In Fish, Tokyo, ago/ set. p. 381- 399, 1989.

TORRISSEN, O. J. HARDY, R.W.; SHEARER, K.D. Pigmentation of salmonids: carotenoid deposition and metabolism. **CRC, Aquatic Sciences**, p. 209–225. 1989.

TORTUERO,F.J.; CENTENO, C. Influencia de distinos niveles de calcio sobre la utilización de los carotenoides en las pigmentación de la yema del huevo. Avances en Alimentación y Mejora An., p. 501-509,1977.

VALDUGA, E. et al. Produção de carotenóides: microrganismos como fonte de pigmentos naturais. **Quím. Nova**, v.32 n.9 São Paulo, 2009.

WALLAT, G. K.;LAZUR, A.M.;G CHAPMAN, F.A. Carotenoids of different types and concentrations in commercial formulated fish diets affect color and its development in the skin of the Red Oranda variety of goldfish. **North American Journal of Aquaculture**, p. 42-51, 2005.

WILLIAMS, W.D. La pigmentación de la saves. **Avic. Prof.**, v.7, n.2, p.60-68,1989.