



TÉCNICO EM ALIMENTOS

Livia Vitoria Cardoso Piedade

Pedro Henrique Porfírio de Oliveira Balduino

Steffani Gomes Dos Santos

Thaylla Manuely Pereira Rocha

CORANTES ALIMENTÍCIOS: SUBSTITUIÇÃO DOS SINTÉTICOS PELOS NATURAIS

Cândido Mota - SP

2025

Livia Vitoria Cardoso Piedade
Pedro Henrique Porfírio de Oliveira Balduino
Steffani Gomes Dos Santos
Thaylla Manuely Pereira Rocha

CORANTES ALIMENTÍCIOS: SUBSTITUIÇÃO DOS SINTÉTICOS E INORGÂNICOS PELOS NATURAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Alimentos da ETEC Professor Luiz Pires Barbosa, orientado pelo Prof. Silvio Manfio Motta, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Alimentos.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Coordenador e orientador(a): Silvio Manfio Motta.

Prof.^a. Eliana Pigozzi Biudes

Prof.^a. Giovana Silva de Godoy

Cândido Mota - SP

2025

Livia Vitoria Cardoso Piedade
Pedro Henrique Porfírio de Oliveira Balduino
Steffani Gomes Dos Santos
Thaylla Manuely Pereira Rocha

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Coordenador e orientador(a): Silvio
Manfio Motta.

Prof.^a. Eliana Pigozzi Biudes

Prof.^a. Giovana Silva de Godoy

MENÇÃO: _____

Cândido Mota, São Paulo

____ de _____ ano _____

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a nossa escola Luiz Pires Barbosa, pela oportunidade de realização desse trabalho, que nós proporcionou conhecimentos e crescimento pessoal.

Agradecemos aos nossos professores que participaram da realização desse trabalho que nós ajuda com seus conhecimentos e habilidades, sem eles nosso trabalho não teria sido concretizado.

EPÍGRAFE

"Não conseguimos resolver um problema com base no mesmo raciocínio usado para criá-lo" (Albert Einstein).

RESUMO

Os corantes têm uma longa jornada na história humana, desde os tempos antigos até os dias atuais, eles são usados para o tingimento de diversos tipos de materiais, tecidos e principalmente em alimentos, sendo em sua maioria usados os corantes naturais mas com a chegada dos corantes sintéticos as indústrias passaram a utilizá-los em massa por causa do baixo custo. A facilidade de uso e o poder de pigmentação que eles possuem, possibilitou a descoberta de vários grupos de corantes sintéticos, sendo o principal usado na alimentação os do grupo azo. Estudos apontam que os corantes sintéticos podem ser cancerígenos, causar hiperatividade em crianças e até alteração no DNA, em contrapartida os corantes naturais podem trazer vários benefícios à saúde como: serem anti-inflamatórios, antioxidantes, anticancerígenos, prevenir doenças cardíacas, diabetes e até doenças oculares, nesse trabalho foi desenvolvido a extração das betalainas da beterraba, utilizando testes de pH, espectrofotômetro, e a capacidade de ácido-base das betalainas, assim demonstrar o processo e os resultados dos testes executados.

Palavras-chaves: corantes, extração, saúde

ABSTRACT

Dyes have a long history with humankind, from ancient times to the present day. They are used to dye various types of materials, fabrics, and especially food. Natural dyes were the most commonly used, but with the arrival of synthetic dyes, industries began to use them en masse due to their low cost. Their ease of use and pigmentation power led to the discovery of several groups of synthetic dyes, with azo dyes being the most commonly used in food. Studies indicate that synthetic dyes can be carcinogenic, cause hyperactivity in children, and even alter DNA. In contrast, natural dyes can offer several health benefits, such as being anti-inflammatory, antioxidant, and anti-cancer, and preventing heart disease, diabetes, and even eye diseases. This work developed the extraction of betalains from beetroot, using pH tests, a spectrophotometer, and the acid-base capacity of betalains, thus demonstrating the process and the results of the tests performed.

Keywords: dyes, extraction, health

LISTA DE SIGLAS

CPS - CENTRO PAULO SOUZA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Estrutura química dos principais carotenoides	19
Figura 2 -	Estrutura geral dos flavonoides	21
Figura 3 -	Estrutura química dos tipos de antocianinas	24'
Figura 4 -	Estrutura química geral das betalaínas	26
Figura 5 -	Estrutura química das Betaxantinas e Betacianinas	26
Figura 6 -	Estrutura química da clorofila	28
Figura 7 -	Estrutura química do ácido carmínico	29
Figura 8 -	Estruturas químicas da bixina (a) e norbixina (b)	30
Figura 9 -	Estrutura química da curcumina	31
Figura 10 -	Estrutura química do amarantho	38
Figura 11-	Estrutura química do Amarelo crepúsculo	39
Figura 12-	Estrutura química da azorrubina	40
Figura 13-	Estrutura química do Negro Brilhante BN	41
Figura 14-	Estrutura química do Vermelho 40	44
Figura 15-	Estrutura química do Marrom HT	45
Figura 16-	Estrutura química do Vermelho 2G	46
Figura 17-	Estrutura química do Litolrubina BK	48
Figura 18-	Estrutura química do Ponceau 4R	49
Figura 19-	Estrutura química do Azul Patente V	51
Figura 20-	Estrutura química do Verde Rápido	51
Figura 21-	Estrutura química do Azul Brilhante	52
Figura 22-	Estrutura química do índigo carmim	53
Figura 23-	Estrutura química da Eritrosina	54
Figura 24-	Tubos de ensaios com as soluções	58
Figura 25-	Tubos de ensaios com as soluções mais o extrato aquoso frio	59
Figura 26-	Tubos de ensaios com as soluções mais o extrato aquoso quente	59

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2	JUSTIFICATIVA.....	13
3	OBJETIVOS.....	14
3.1	OBJETIVO GERAL.....	14
3.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	14
4	PROBLEMA.....	15
5	HIPOTÉSES	15
6	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
6.1	Histórico dos Corantes naturais.....	16
6.2	Classificação dos corantes	17
6.2.1	Carotenoides	17
6.2.2	Flavonóides.....	19
6.2.3	Betalaínas.....	24
6.2.4	Clorofila.....	27
6.3	Exemplo de corantes naturais encontrados.....	28
6.3.1	Carmim.....	28
6.3.2	Urucum.....	30
6.3.3	Cúrcuma.....	31
6.4	histórias dos corantes sintéticos.....	32
6.5	Grupo azo.....	33
6.6	Corantes sintéticos.....	37
6.6.1	Amaranto.....	37
6.6.2	Amarelo crepúsculo.....	38
6.6.3	Azorrubina.....	39
6.6.4	Negro brilhantes BN.....	40
6.6.5	Vermelho 40.....	42
6.6.6	Marrom HT.....	44
6.6.7	Vermelho 2G.....	45
6.6.8	Litolrubina BK.....	47

6.6.9	Ponceau 4R.....	48
6.7	Corantes Trifenilmetanos.....	50
6.7.1	Azul Patentes V.....	50
6.7.2	Verde Rápido.....	51
6.7.3	Azul Brilhante.....	52
6.8	Corantes indígides.....	52
6.9	Corantes xatenos.....	53
7	MATERIAIS E MÉTODOS.....	54
7.1	Método aquoso frio.....	55
7.2	Método aquoso quente.....	55
7.3	Quantificação fotométrica e determinação do Potencial Hidrogenionico (pH) da betalainas.....	55
7.4	Testes de ácido-base das betalainas.....	56
7.5	Quantificação das betalainas.....	56
8	RESULTADO E DISCUSSAO.....	56
8.1	Teste de pH.....	56
8.2	Teste de absorvancia.....	57
8.3	Quantificação das betalainas.....	57
8.3.1	Extrato aquoso frio.....	57
8.3.2	Extrato aquoso quente.....	57
8.4	Teste ácido-base das betalainas.....	58
9	CONCLUSÃO.....	60
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

1. INTRODUÇÃO

Os humanos sempre foram fascinados pelas cores, pois elas conseguem influenciar nossa percepção do mundo, sendo assim os humanos tentaram desenvolver maneiras de obter essas cores que resultou no que chamamos de corantes.

A humanidade teve seu início se alimentando de alimentos frescos, mas com a chegada da revolução industrial houve mudanças drásticas nos hábitos alimentares dos seres humanos, onde as sensações na análise sensorial passaram a ser mais importantes, principalmente a cor dos alimentos.

Na gastronomia, a cor de um prato é extremamente importante, pois indicará boa qualidade, sendo assim, a coloração dos pratos passou a ser uma prioridade, o que trouxe à tona o uso dos corantes sintéticos, graças a sua forte pigmentação e de fácil utilização, tornando-o um corante barato. (SAMPAIP, 2019)

Segundo a ANVISA RESOLUÇÃO - Nº 44, DE 1977, os corantes são aditivos adicionados ao produto, sendo em qualquer área da produção, sem o objetivo de nutrir, ou seja, são aditivos adicionados ao produto com a intenção de pigmentar, ou realçar a cor.

2. JUSTIFICATIVA

Esse trabalho nos proporcionou o conhecimento sobre os corantes, pois os mesmos estão cada vez mais presentes em nossa vida, como em alimentos, cosméticos, entre vários outros usos. Na nossa vida os corantes sintéticos estão em alta, o que facilita o surgimento de doenças, por isso considerando-se a polemica da troca dos sintéticos pelos naturais, sendo que os corantes orgânicos naturais além de proporcionar a pigmentação, ainda que possam sofrer oxidação e perder a cor ao longo do tempo, podem trazer vários benefícios à saúde.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Mostrar o porquê da substituição dos corantes artificiais pelos naturais, e elaborar a extração de um corante natural a partir da beterraba para realização de análises físico-química, além de análises de ácido-base em determinados alimentos.

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Explicar os efeitos que os corantes artificiais podem causar no organismo.

- Mostrar os tipos de corantes e suas classificações.

- Executar a extração de um corante natural a partir da beterraba.

- Executar análises físico-química: pH e espectrofotometria

- Executar uma análise ácido-base em determinadas amostras de alimentos.

4. PROBLEMA

Efeitos dos corantes sintéticos sobre a saúde humana.

5. HIPOTÉSES

1. Corantes naturais reduzem os problemas na saúde;
2. Corantes naturais não reduzem os problemas na saúde.

6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

6.1 Histórico dos Corantes naturais

Os corantes são utilizados a muito tempo, desde o período paleolítico a 3000 a.C., onde os primeiros corantes a serem utilizados foram os naturais. Eles eram usados para tingir casas, tecidos, pinturas corporais e até objetos, ou seja, eles acompanham a humanidade a muito tempo (SANTOS et al, 2022).

O conhecimento da utilização dos corantes era visto como sinal de poder na pré-história, tendo vários tipos de corantes, existiam vários tipos de receitas, essas que eram guardadas em segredo através de escritas ou documentadas, sendo assim muitas das receitas acabaram se perdendo ao longo do tempo (SANTOS et al, 2022).

Uma cor que deixou marcas na história foi o azul indico, extraído da indigofera tinctoria, por meio da fermentação de suas folhas, ele foi descoberto por Marco Polo no Vale do Indo, sendo utilizado a mais de 4000 anos e sendo uma das plantas cantes mais antiga da Ásia (SANTOS et al, 2022).

O que indico se tornou muito popular na Europa nos séculos XVIII e XIX, por ser resistente a lavagens e não desbotar com facilidade. Além do azul indico, a púrpura é também considerada um dos corantes mais antigos, sendo extraído de moluscos do gênero Murex, o que tornou muito valioso e caro, e ficou conhecido como corante púrpura de tiro (SANTOS et al, 2022).

O processo de extração da púrpura envolvia, esmagamento, salga e cozimento dos moluscos, mas para obter uma boa quantidade de corante era necessário muito molusco, o que acarretou quase extinção dessa espécie. Por ser um corante caro de se fazer, veio a se tornar um símbolo de poder e riqueza (SANTOS et al, 2022).

As tonalidades de vermelho também se tornaram bem valiosas, podendo ser extraídos do reino animal como do vegetal, sendo dos vegetais, plantas como urucum, pau-brasil e de raízes da planta denominada Rubia Tinctorum, já no reino animal, pode ser obtida das cochonilhas, originando o carmim. Os corantes

vermelhos eram amplamente utilizados para culinária e para tingimento de tecidos (SANTOS et al, 2022).

6.2 Classificação dos corantes

Muitas das cores encontradas na natureza derivam-se de substâncias orgânicas, tendo sua origem vegetal, com a percepção humana das cores determinamos com “pigmentos”. As indústrias alimentícias e farmacêuticas percebendo o potencial de uso dessas substâncias comumente as usam com a finalidade de aumentar o leque de consumidores de seus produtos (GONÇALVES, 2018).

Os grupos de pigmentos principais de origem vegetal possuem uma diversidade de estruturas químicas que favorece a diversidade de cores, esses grupos podem ser classificados como: antocianinas (pertencente a classe de flavonoides e dão a coloração de laranja, vermelho, violeta e azul), os carotenoides (subclasse de terpenos, podem dar a coloração entre amarelo a vermelho), a clorofila e as betalainas (GONÇALVES, 2018).

6.2.1 Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos altamente abrangentes e espalhados na natureza, podendo ser sintetizado por plantas, algas e bactérias, sua presença em animais deriva de sua alimentação. A coloração que esses pigmentos podem dar origem ao amarelo, laranja e vermelho, em plantas animais e microrganismos (XAVIER, 2020).

São compostos terpenoides, ou seja, a estrutura básica consiste em oito unidades de isopreno ligadas em um padrão cabeça-cauda, com a simetria invertida no centro da molécula. A estrutura pode sofrer modificações dependendo da hidrogenação, desidrogenação, ciclização ou oxidação, graças a essas modificações podemos ter mais de 700 carotenoides diferentes que já foram isolados da natureza (XAVIER, 2020).

Podemos dividir os carotenoides em dois principais grupos: o grupo de hidrocarbonetos que são os carotenoides, e as xantofilas, que apresentam um ou mais grupos oxigenados. Os carotenoides apresentam uma longa cadeia com ligações duplas conjugadas, o que permite o deslocamento de elétrons π ao longo de toda a estrutura. Esse sistema conjugado é o principal responsável tanto pela capacidade desses compostos de absorverem luz na região do espectro visual (atuando como cromóforo), quanto por sua alta reatividade química. Cada carotenoide possui um cromóforo característico, definido por seu espectro de absorção eletrônica. Normalmente esse espectro apresenta três bandas principais, cuja posição depende diretamente do número de ligações duplas conjugadas presentes na molécula. Dessa forma, quanto maior a extensão do sistema conjugado, maior será o comprimento de onda correspondente a absorção máxima (λ máx.). Por outro lado, a adição de grupos hidroxila ou carbonila que não estejam conjugados com a cadeia poliênica tende a ter impacto mínimo na posição do λ máx (XAVIER, 2020).

Os mais importantes carotenoides encontrados nos alimentos são eles: β -caroteno, α -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína e violaxantina. Tendo como certa exceção a violaxantina, quase todos esses carotenoides estão presentes no plasma humano, tendo esse fato em mãos, são comumente estudados para se obterem benefícios à saúde, junto da zeaxantina (XAVIER, 2020).

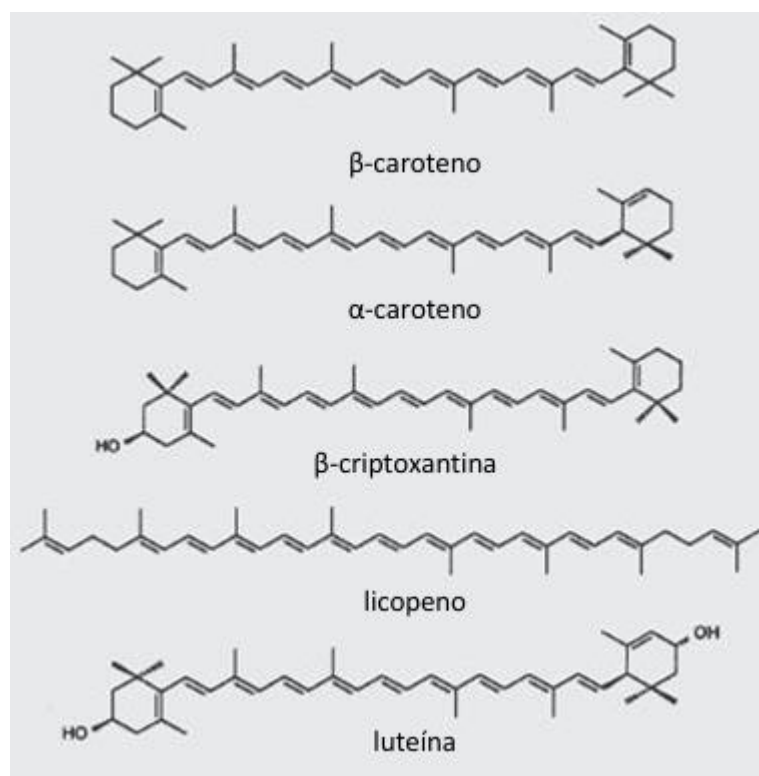
A luteína e a zeaxantina são xantofilas, ou seja, carotenoides oxigenados, que apresentam estruturas bastantes semelhantes, diferenciando-se apenas na posição de uma ligação dupla em um de seus anéis terminais. A zeaxantina possui dois anéis idênticos, enquanto a luteína apresenta dois anéis distintos, e biológicos. Na alimentação humana, a luteína está presente em uma ampla variedade de alimentos, sendo especialmente abundante em vegetais verde-escuros, como espinafre e couve, e em pequenas quantidades em alimentos de coloração amarela como a gema de ovo (XAVIER, 2020).

O consumo de alimentos ricos em luteína tem diminuído significativamente correlacionando ao aumento de doenças oculares como catarata e DMRI em humanos, por esse motivo tem-se intensificado os estudos

de suas propriedades á saúde. Entre os carotenoides presentes no plasma humano apenas a luteína e a zeaxantina são encontrados nos tecidos oculares, essas xantofilas se depositam em maior quantidade na mácula lutea, no centro da retina (XAVIER, 2020).

De acordo com a legislação brasileira (Brasil,1988), os carotenoides naturais permitidos o uso em alimentos são: α , β , γ - caroteno, bixina, norbixina, capsantina, capsorubina, licopeno, cantaxantina, criptoxantina, flavoxantina, luteína, rodoxantina, rubixantina e violanxantina (XAVIER, 2020).

Figura 1: Estrutura química dos principais carotenoides



Fonte: Machado, 2014

6.2.2 Flavonóides

Os flavonoides são compostos polifenólicos amplamente encontrados nas plantas, caracterizados por uma estrutura do tipo benzo- γ -pirano. Estão presentes em praticamente todas as plantas vasculares, geralmente sob a forma

de glicosídeos, ou seja, ligados a açúcares. Essas substâncias desempenham funções essenciais no metabolismo vegetal: atuam como atrativos para insetos na reprodução, protegem contra a radiação ultravioleta e ajudam no combate a patógenos. Quimicamente, os flavonoides são compostos fenólicos com uma estrutura básica composta por dois anéis aromáticos (A e B) ligados por uma cadeia de três átomos de carbono, formando uma estrutura C6-C3-C6. Em alguns casos, essa estrutura dá origem a um terceiro anel, o anel C. A numeração dos carbonos segue um padrão específico: os anéis A e C usam números simples, enquanto o anel B usa números primos. Na natureza, os flavonoides geralmente apresentam três ou mais grupos hidroxila fenólicos e estão ligados a açúcares (na forma de glicosídeos), embora também existam como agliconas (sem açúcares). A classificação dos flavonoides em subgrupos se baseia nas modificações do anel C, incluindo o grau de oxidação e a posição do anel B. Todos os flavonoides têm uma origem biossintética comum a partir das rotas do chiquimato e acetato-malonato, e passam por reações como hidroxilação, metilação, isoprenilação, dimerização e glicosilação (CARTAYA O.; INÉS R., 2001).

Podemos classificar e separar os flavonoides em alguns grupos: Flavonas e flavonóis: São os flavonoides mais abundantes, encontrados em muitos vegetais. Contribuem para pigmentações amareladas nas plantas, embora a cor também possa ser atribuída aos carotenoides. Flavanonas e flavanonóis: Compostos menos frequentes, quase incolores. Devido à baixa concentração e cor discreta, foram pouco estudados. No entanto, seus glicosídeos, como a hesperidina e a naringina presentes nas cascas de frutas cítricas, são bem conhecidos. Isoflavonoides: Diferem dos demais por apresentarem o anel B na posição 3. Estão principalmente em leguminosas e têm função defensiva como fitoalexinas. Chalconas e diidrochalconas: Pouco comuns por se converterem facilmente em flavanonas em meio ácido. Em meio básico, as chalconas se tornam intensamente coloridas. Auronas: Pigmentos de coloração amarela dourada encontrados em algumas flores (CARTAYA O.; INÉS R., 2001).

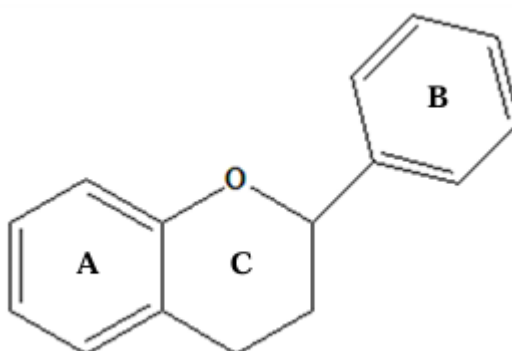
A estrutura dos flavonoides pode sofrer alterações como adição ou remoção de grupos hidroxila, metilação desses grupos ou do núcleo, dimerização (formando biflavonoides), formação de bissulfatos e,

principalmente, glicosilação. O-Glicosídeos: Os açúcares se ligam aos grupos hidroxila dos flavonoides. Isso torna os compostos mais solúveis em água e menos reativos. A glicose é o açúcar mais comum, mas também podem ocorrer galactose, ramnose, xilose e rutina. C-glicosídeos: Ocorre uma ligação direta entre o açúcar e o carbono do núcleo flavonoide, geralmente nas posições 6 ou 8. Os açúcares envolvidos são os mesmos dos O-glicosídeos (CARTAYA O. E INÉS REIYNALDO).

Sulfatos de flavonoides: São solúveis em água e contêm grupos sulfato ligados a grupos fenólicos ou açúcares. São mais frequentes em plantas aquáticas (CARTAYA O. E INÉS REIYNALDO).

Biflavonoides: Resultam da união de dois monômeros de flavonoides, como flavonas e flavanonas. São pouco comuns e encontrados principalmente em gimnospermas. As ligações entre os monômeros podem ser do tipo carbono-carbono ou éter. A separação e identificação desses compostos podem ser feitas por cromatografia em sílica gel e técnicas como fusão alcalina ou espectrometria de massa. Em musgos, os biflavonoides tendem a ser mais polares do que os de outras plantas (CARTAYA O.; INÉS R.,2001).

Figura 2: Estrutura geral dos flavonoides



Fonte: Silva, 2013

A palavra "antocianina" vem do grego, sendo derivada de anthos (flor) e kyanos (azul escuro). Depois da clorofila, as antocianinas constituem o grupo mais relevante de pigmentos de origem vegetal. Elas representam o maior conjunto de pigmentos hidrossolúveis presentes nas plantas, sendo especialmente abundantes nas angiospermas (plantas com flores). (BEATRIZ et al, 2022). Elas são as principais responsáveis pelas tonalidades vermelhas, azuladas e roxas observadas nas flores. (SILVA, 2007).

As antocianinas constituem o maior grupo de pigmentos hidrossolúveis do tipo heterosídeo — ou seja, pigmentos ligados a açúcares — localizados no vacúolo das células vegetais expostas à luz. São responsáveis por conferir a maior parte das tonalidades vermelhas, azuladas e roxas presentes em flores (GOMES et al, 2022).

Esses compostos também são amplamente encontrados na alimentação, especialmente em frutas como açaí, ameixa, amora, cereja, figo, framboesa, uva, maçã, morango e acerola, além de vegetais como batata roxa, berinjela, repolho roxo, entre outros (GOMES et al, 2022).

Estruturalmente, as antocianinas apresentam um anel aromático A ligado a um anel heterocíclico B, que contém um átomo de oxigênio, e este, por sua vez, se liga ao anel aromático C por uma ligação entre carbonos. Nessa estrutura básica, açúcares como glicose, ramnose, galactose ou arabinose se ligam, geralmente nas posições 3 e 5 (GOMES et al, 2022).

A coloração das antocianinas é altamente influenciada por diversos fatores, sendo o pH um dos mais determinantes. Essas moléculas sofrem transformações reversíveis conforme o pH do meio, apresentando maior estabilidade em ambientes ácidos. No entanto, podem se degradar durante processos como extração, processamento ou armazenamento, caso as condições não sejam ideais (GOMES et al, 2022).

Outro fator importante é a temperatura. Assim como em muitas reações químicas, o aumento da temperatura acelera a degradação das antocianinas. Soluções contendo esses pigmentos tornam-se menos estáveis quando expostas a temperaturas superiores a 25 °C (GOMES et al, 2022).

A exposição à luz — seja luz ultravioleta, visível ou radiação ionizante — também compromete a estabilidade das antocianinas. A luz favorece a degradação térmica ao promover a excitação do cátion flavílico, que é responsável pela coloração dessas moléculas (GOMES et al, 2022).

Por outro lado, a copigmentação contribui significativamente para a estabilidade e intensidade da cor das antocianinas nos tecidos vegetais. Esse fenômeno ocorre quando as antocianinas interagem com outras moléculas (copigmentos), o que reduz a polaridade ou redistribui a carga da estrutura, intensificando a coloração. Isso é especialmente importante em ambientes com pH entre 3,5 e 5,5, onde se observa uma coloração mais viva e estável (GOMES et al, 2022).

As variações mais conhecidas de antocianinas derivam de modificações estruturais no anel B, originando diferentes compostos como Cianidina, Delfinidina, Malvinidina, Pelargonidina, Peonidina e Petunidina — sendo a Cianidina a forma mais frequente, encontrada em cerca de 90% das frutas (GOMES et al, 2022).

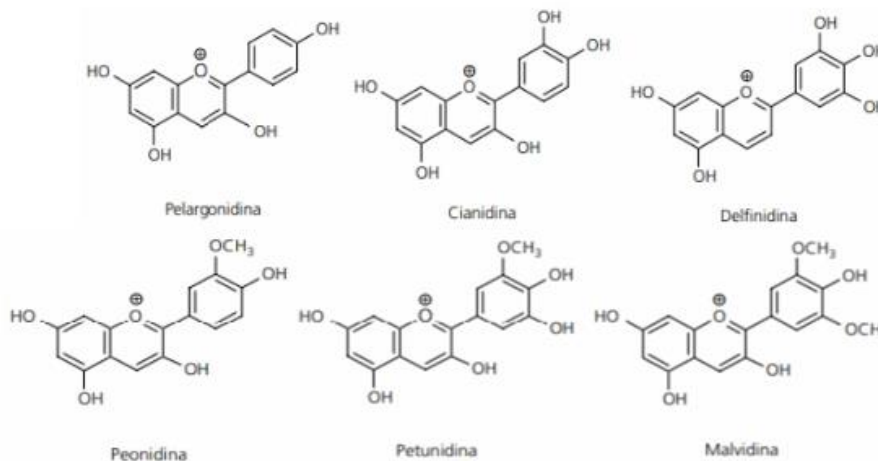
As antocianinas possuem forte atividade antioxidante, atuando de forma eficaz na neutralização do estresse oxidativo no organismo humano — condição associada ao desenvolvimento de diversas doenças crônicas não degenerativas, como câncer, diabetes e enfermidades cardiovasculares. Por isso, essas substâncias têm sido exploradas na prevenção desses problemas de saúde (GOMES et al, 2022).

O estresse oxidativo ocorre quando há um desequilíbrio entre compostos oxidantes, como os radicais livres, e as defesas antioxidantes do corpo, levando ao acúmulo de espécies reativas que podem danificar componentes celulares essenciais, incluindo lipídeos, proteínas e material genético (GOMES et al, 2022).

Radicais livres são moléculas altamente instáveis por possuírem elétrons desemparelhados, o que as torna extremamente reativas. Além disso, outras espécies químicas instáveis, mesmo sem elétrons desemparelhados, podem

surgir a partir desses radicais, apresentando comportamento semelhante e potencialmente prejudicial às células (GOMES et al, 2022).

Figura 3: Estrutura química dos tipos de antocianinas



Fonte: Silva, 2020

6.2.3 Betalaínas

As betalainas são pigmentos hidrossolúveis responsáveis por cores que variam entre o amarelo-alaranjado e vermelho/violeta. Elas ocorrem em um número restrito de espécies de vegetais pertencentes a ordem Caryophyllales, sendo armazenadas nos vacúolos relativamente estáveis em diferentes faixas de pH e, apesar de conterem nitrogênio, não são classificadas como alcaloides, pois possuem caráter ácido devido a presença de múltiplos grupos carboxílicos (GONÇALVES, 2018).

Mais de 70 betalainas naturais já foram identificadas, todas com uma estrutura básica comum, variando apenas nos grupos substituintes (R1 e R2), que podem ser hidrogênio ou compostos aromáticos. Com base em suas diferenças estruturais, as betalainas são divididas em dois grandes grupos: as betacianinas, de coloração vermelho-arroxeadas e com picos de absorção entre 535 e 538 nm – subdivididas em betanina, gamferina, amarantina e bougaivellina – e as betaxantinas, de tonalidade amarela. Das estruturas conhecidas, cerca de cinquenta correspondem a betacianinas e vinte a betaxantinas. As variações nos

grupos R1 e R2 estão ligadas as diferentes fontes vegetais de onde os pigmentos são extraídos, o que influencia diretamente tanto na tonalidade quanto a estabilidade das betalainas (GONÇALVES, 2018).

As principais classes de betacianinas são bem estabelecidas e, geralmente, recebem os nomes com base no gênero botânico da planta em que foram identificadas pela primeira vez (GONÇALVES, 2018).

As betalainas, grupo ao qual as betacianinas pertencem, podem ser encontradas em diversos órgãos vegetais, como folhas caules, flores, frutos, raízes e sementes. Além das plantas, ocorrem em alguns fungos, como os dos gêneros *Amanita*, *Hygracybe* e *Hygrosporus*. Esses pigmentos absorvem luz visível na faixa de 476 a 600 nm, com um pico de absorção em 537 nm. A beterraba vermelha (*Beta vulgaris* subsp. *Vulgaris*) é a principal fonte de betalainas utilizada como corante natural (GONÇALVES, 2018).

A estabilidade das betalainas é influenciada por uma série de fatores, tanto internos (intrínsecos) quanto externos (extrínsecos), os quais devem ser cuidadosamente controlados para garantir umas extrações eficientes dos pigmentos. Entre os fatores intrínsecos, destaca-se a estrutura química dos compostos: as betacianinas são de modo geral, mais estáveis do que as betaxantinas (GONÇALVES, 2018).

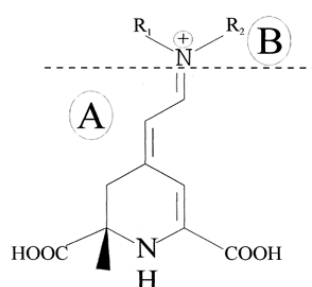
O pH também tem papel importante, embora as betalainas sejam mais resistentes a hidrólise do que as antocianinas, sua estabilidade ainda pode variar conforme o pH, sendo mais estável em uma faixa entre 3 e 7. Uma das vantagens das betalainas em relação as antocianinas é que sua cor se mantém relativamente constante dentro desse intervalo de pH (GONÇALVES, 2018).

A presença de oxigênio é outro fator crítico, já que as betalainas podem reagir com o oxigênio, a exposição a luz, a interação com os íons metálicos, e a temperatura também afetam a estabilidade desses pigmentos (GONÇALVES, 2018).

Quanto ao pH, as betacianinas mantem sua cor praticamente inalterada em uma faixa entre 3 e 7, fora desse intervalo, a coloração sofre alterações perceptíveis: abaixo de pH 3, a betanina tende de adquirir tonalidade violeta,

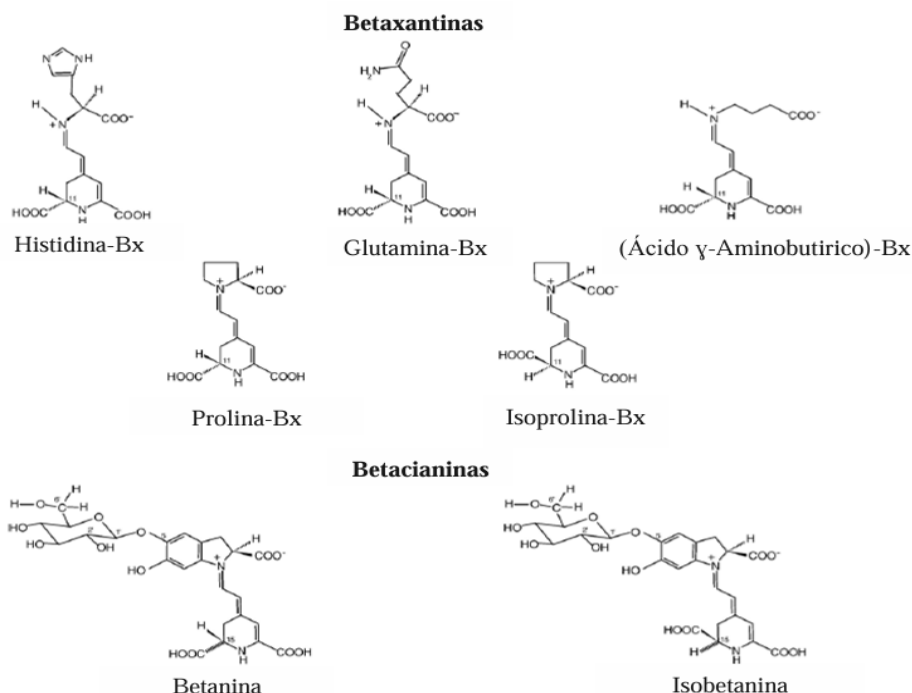
enquanto acima de pH 7 a cor migra para o azul. Em meio fortemente alcalino (pH acima de 10), ocorre a degradação do pigmento, gerando produtos como ácido betalâmico(amarelo) e ciclodopa 5-O-glisideo (incolor). Curiosamente, essa reação de degradação pode ser parcialmente revertida mediante aquecimento leve em pH ideal entre 4 e 5, permitindo a recuperação parcial da cor original (GONÇALVES, 2018).

Figura 4: Estrutura química geral das betalainas



Fonte: Gonçalves, 2018

Figura 5: Estrutura química das Betaxantinas e Betacianinas



Fonte: Gonçalves, 2018

6.2.4 Clorofila

As clorofilas são pigmentos encontrados nos cloroplastos das folhas plantas e em alguns outros tecidos vegetais, mas podem ser encontrados também em algas e bactérias fotossintéticas, a clorofila dá a coloração de verde oliva, mas pode variar de tonalidade (SILVA, 2020).

Por ser um pigmento quimicamente instável pode sofrer alterações no produto dependendo da luz, a altas temperaturas, ao oxigênio e a degradação química (Silva, 2020).

As moléculas de clorofila são tetrapirrólicos cíclico substituídos, contendo um átomo de magnésio coordenado no centro. Elas derivam da porfirina, uma estrutura macrocíclica totalmente insaturada formada por quatro anéis pirrólicos conectados por ponte de metino (SILVA, 2020).

O fitol é um álcool isoprenoide monoinsaturado com 20 átomos de carbono, sendo responsável pela lipossolubilidade das clorofilas. Esse grupo conecta a molécula de clorofila às regiões hidrofóbicas da membrana do tilacoide, no interior dos cloroplastos. A remoção do fitol afeta tanto a atividade catalítica da enzima clorofilase quanto a sensibilidade da molécula às variações de acidez do meio (SILVA, 2020).

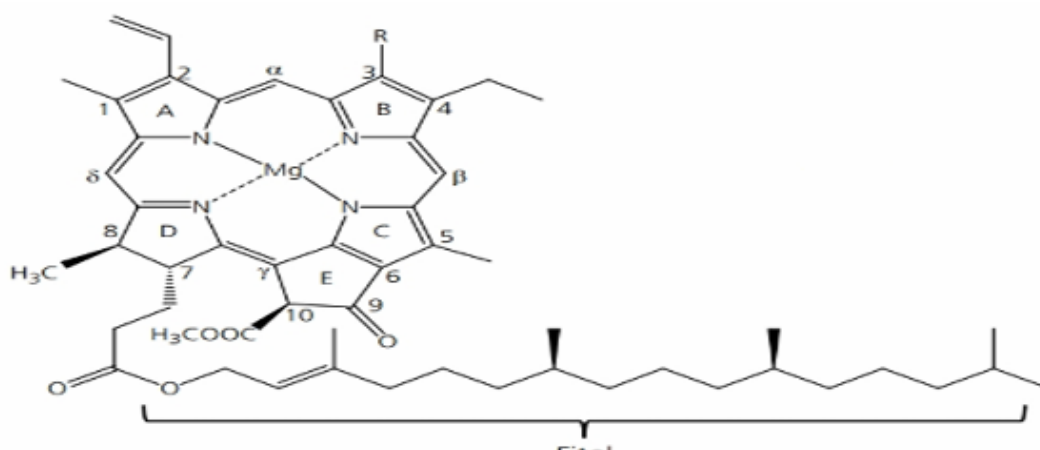
Quimicamente, é uma família de substâncias semelhantes entre si de clorofilas na natureza, provando que a clorofila não é uma substância isolada, e podem ser separadas em clorofilas a, b, c, e d. Clorofilas do grupo a e b são geralmente encontradas numa proporção de 3:1, o que as diferem são os substituintes do C-3 (SILVA, 2020).

A clorofila a possui um grupo metil, sendo considerada a mais importante, e encontrada em maior quantidade na natureza, aproximadamente 75% dos pigmentos verdes encontrados. A clorofila b é respectivamente parecida com o grupo a, sendo o diferencial apenas na substituição do anel pirrólico II da estrutura. A clorofila b pode ser convertida em clorofila a através de uma enzima a clorofila a oxigenase, onde catalisa a conversão do grupo metilo em grupo aldeído (SILVA, 2020).

As clorofilas do tipo c estão presentes em feófitas e diatomáceas, enquanto a clorofila d é encontrada em determinadas espécies de algas. Os pigmentos de clorofila ao serem consumidos podem trazer vários benefícios a saúde, promovendo atividades antioxidantes, prevenção de processos oxidativos, efeitos anti-inflamatórios e a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (SILVA, 2020).

Estudos tem comprovado o efeito benéfico a saúde graças as propriedades antimutagênicas e antigenotóxicas. além de outros estudos científicos apontarem os efeitos de serem preventivas do câncer. A clorofila é uma ótima fonte de nutrientes antioxidantes, como vitaminas A C e E, que neutralizam radicais livres, evitando danos às células (SILVA, 2020).

Figura 6: Estrutura química da clorofila



Fonte: Silva, 2020

6.3 Exemplo de corantes naturais encontrados

6.3.1 Carmim

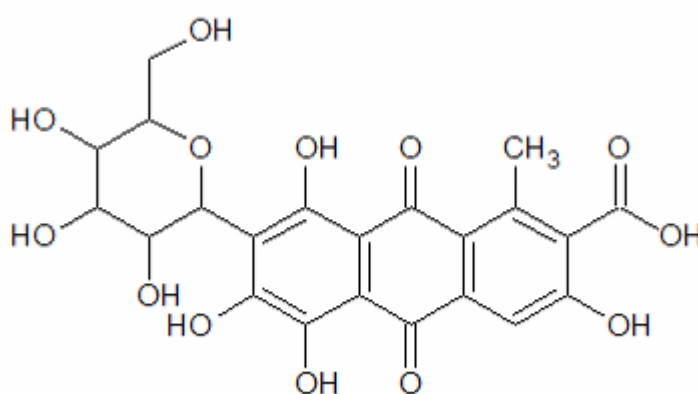
O carmim, um corante extraído de fêmeas de cochonilha da espécie *Dactylopius coccus*. Na atualidade o Peru é o maior produtor e exportador de cochonilha, outros países que também exportam são o México e o Chile, o Brasil não é um produtor só um importador (SANTOS et al, 2022).

O corante carmim é um complexo formado a partir do alumínio e do ácido carminico, ele é caracterizado por ser um dos corantes naturais mais consumidos. Esse ácido é obtido da carcaça seca da inseto cochonilha (SANTOS et al, 2022).

É obtido da antroquinona, o ácido carmínico é solúvel em água, sua coloração varia dependendo do pH do meio, laranja em pH ácido, vermelho em pH de 5 a 7 e até azul em pH alcalino. Sua estrutura consiste em uma unidade a hidroxiantraquinona ligada a uma unidade de glicose, devido aos 2 grupos carbonilas, hidroxilas e configuração estereoquímico, o ácido adquire a habilidade de se juntar com metais como o alumínio, assim dando origem ao carmim, os anéis aromáticos presentes na estrutura o torna um ótimo cromóforo promovendo uma ótima absorção da luz (SANTOS et al, 2022).

O carmim apresenta boa estabilidade a luz, temperatura, oxigênio e calor, mas é sensível a variações de pH e a exposição ao dióxido de enxofre, graças a sua baixa solubilidade em pH baixos é comumente aplicado em produtos alimentícios com o pH acima de 3,5, como por exemplo: iogurtes, cárneo, sorvetes, balas entre outros (SANTO et al, 2022).

Figura 7: Estrutura química do ácido carmínico



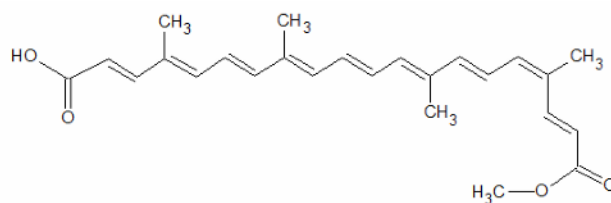
Fonte: Santos et al, 2022

6.3.2 Urucum

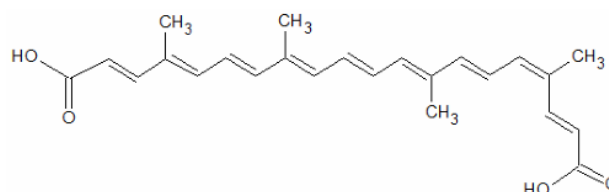
O urucum mais conhecido popularmente como coloral, é obtido da planta urucuzeiro (*Bixa orellana*), dela podemos obter os pigmentos amarelo/avermelhado. Possui como principais componentes os carotenoides bixina e norbixina, tendo em vista que a bixina é mais abundante nas sementes de urucum, já que a norbixina é resultado da saponificação da bixina, possui coloração amarelada, possível de ser encontrada em pequenas quantidades nas sementes (SANTOS et al, 2022).

A molécula de bixina apresenta nove duplas ligações conjugadas alternadas, dois grupos carboxílicos e um éster metílico, apresentando pigmentação vermelho intenso. As duplas ligações são ótimas em capturar radicais livres, o que torna uns dos carotenoides com alta ação antioxidante. As formas de se obter o pigmento de urucum podem variar, uma delas é a extração de óleo, onde a camada de fora do fruto fica submersa em óleo a 70° C, outro tipo de extração é com solventes. A bixina e norbixina tende a serem susceptíveis a oxidação, podendo perder a cor com o tempo, mas a estabilidade do urucum é ótima, sendo muito usado os pigmentos em produtos alimentícios como: margarinas, queijos, bebidas entre outros (SANTOS et al, 2022).

Figura 8: Estruturas químicas da bixina (a) e norbixina (b)



(a)



(b)

Fonte: Santos et al, 2022

6.3.3 Cúrcuma

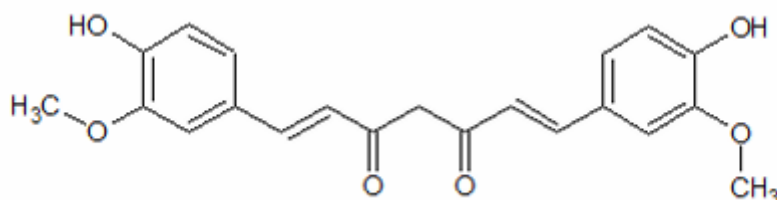
O principal componente isolado dos rizomas de cúrcuma longa é a curcumina, ela é importante princípio ativo da cúrcuma podendo ser utilizada como corante natural, onde suas cores são tons vibrantes de amarelo e laranja. Uma característica da cúrcuma é de ser um composto polifenolico com dois anéis aromáticos possuindo um grupo hidroxila e outro metoxila em cada anel (SANTOS et al, 2022).

Existem fatores ou situações que afetam a estabilidade da curcumina, exemplo a faixa de pH entre 4 e 7, incidência luminosa, ácido ascórbico, íons metálicos e tratamento térmico. A faixa de pH pode influenciar diretamente na cor como: pH abaixo de 1 dá a tonalidade vermelha, já pH 1 a 7 da coloração amarela e pH acima de 7 tem tonalidade vermelho-laranja (SANTOS et al, 2022).

A cúrcuma é constituída de três pigmentos amarelos diferentes, sendo eles a curcumina, demetoxicurcumina e bis-demetoxicurcumina, sendo o principal pigmento a curcumina tendo importante papel de substancia ativa responsável pela pigmentação. Estes pigmentos dão características como de serem antioxidantes, anti-inflamatórias, imunomoduladores e anticancerígenas (SANTOS et al, 2022).

O corante amarelo proveniente da cúrcuma é bastante usado em indústrias de alimentos como em: mostardas, queijos, margarinas e entre outros produtos (SANTOS et al, 2022).

Figura 9: Estrutura química da curcumina



Fonte: Santos et al, 2022

6.4 histórias dos corantes sintéticos

Os corantes azo tiveram início na Europa partindo do interesse em compostos que pudessem ser colocados no lugar de extratos naturais. Até o século XX, os corantes eram extraídos de fontes naturais como plantas e animais, mas possuíam certas limitações como a falta de variedades de cores (CÂMARA, 2017).

Em 1856, um cientista de Londres chamado Wiliam Henry Perkin, obteve a descoberta de como sintetizar um pigmento roxo, um tempo depois nomeado como Malva, em seu trabalho que realizava, ele manuseava derivados do alcatrão chamados anilinas, que são grupos aminas onde o hidrogênio fora substituído por grupos arila. Com essa descoberta, fez com que vários cientistas tivessem curiosidade na área da química orgânica na síntese de corantes. Perkin posteriormente notou as capacidades que a substancia possuía em tingir materiais, como a seda, e a resistência a degradação a luz e lavagens, e, em 1870 fundou a primeira fábrica de corantes sintéticos (CÂMARA, 2017).

Com esses acontecimentos ocasionaram maior exploração do alcatrão para fabricação de anilinas, onde outra forma de obtenção desse corante natural era por meio da manipulação do indico, extraído das folhas de plantas do gênero indigofera. Com o uso dessas aminas na produção de corantes causaram impactos econômicos na Europa, principalmente na Alemanha, onde os crescimentos de indústria de corantes causaram um grande crescimento econômico (CÂMARA, 2017).

Em 1858, o cientista Peter Griess, que trabalhava na mesma instituição de pesquisa que Perkin, descobriu como gerar íons contendo o grupo diazônio (N_2), os quais podem se ligar a anéis aromáticos por meio de uma ligação dupla entre átomos de nitrogênio- um processo conhecido como reação de diazotação, mais tarde, em 1864, o pesquisador alemão Carl Alexander Martius utilizou esse conhecimento para sintetizar os primeiros corantes azo, usando anilina e outras aminas aromáticas (CÂMARA, 2017).

Graças ao conhecimento existente na época sobre diversos compostos fenólicos e aminas aromáticas usados em reações orgânicas, e à capacidade de

unir duas ou mais moléculas para formar cadeias maiores, a diazotação passou a ser amplamente empregada na produção de corantes azo. Isso contribuiu para a descoberta de uma grande variedade desses corantes cuja diversidade se mantém até os dias atuais (CÂMARA, 2017).

Até o ano de 1884, estimava-se que avia 9 mil corantes azo que eram produzidos e patenteados para o uso, já no início do século seguinte, começaram a ser usados em alimentos, como: vinhos, ketchup, mostardas e geleias (CÂMARA, 2017).

Com o baixo custo de produção, alta intensidade de coloração, neutralidade no sabor, e a necessidade de pouca quantidade no uso junto a boa solubilidade, veio a ser de grande vantagem as indústrias economicamente, com isso a regulamentação aumentou já que passaram a ser usados em massa a partir do século XX, ocasionando preocupações quanto aos efeitos toxicológicos (CÂMARA, 2017).

6.5 Grupo Azo

Nos dias atuais o grupo de corantes sintéticos azo veio a se tornar uns dos principias, sendo produzidos e diversificados, graças ao potencial de uso na fabricação de diversos produtos, como em indústrias têxtil, como na produção de alimentos, medicamentos, cosméticos entre outros (CÂMARA, 2017).

A produção de corantes azo no mundo é estimada em 1 milhão de toneladas por ano, onde existem mais de 2000 variedades de cores diferentes e, estimando que cerca da metade de todos os corantes no mundo são pertencentes a essa classe química (CÂMARA, 2017).

As substâncias azo são compostos orgânicos que se caracterizam por possuírem uma ligação dupla entre dois átomos de nitrogênio ($-N=N-$), formando o chamado grupamento azo, que atua como cromóforo. Esse grupo costuma estar ligado a anéis aromáticos e acompanhado por estruturas funcionais conhecidas como auxocromos, como os grupos amino (NH_2) ou sulfônico (SO_3H) (CÂMARA, 2017).

O termo "azo" vem da palavra francesa azote, usada para se referir ao nitrogênio, derivada do grego a (negação) e zoe (vida), indicando "sem vida". A estrutura química típica dessas substâncias é representada por $R-N=N-R'$, e a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) as classifica como derivados do diazeno (também chamado de diimida ou diimina), cuja fórmula básica é $HN=NH$, onde os hidrogênios podem ser substituídos por cadeias de hidrocarbonetos (CÂMARA, 2017).

A estrutura das substâncias azo, podem estar presentes grupos arila, caracterizados pela presença de anéis benzênicos, formando compostos aromáticos, ou grupos alquila, que compõem cadeias orgânicas abertas ou fechadas, mas não aromáticas. Os corantes azo geralmente derivam de aminas aromáticas e apresentam anéis benzênicos conectados por um ou mais grupamentos azo. A quantidade dessas ligações define sua classificação: monoazo (uma ligação), diazo (duas) ou triazo (três) (CÂMARA, 2017).

A produção de corantes azo envolve processos relativamente simples, como a diazotação e o acoplamento, que podem ser realizados de diversas maneiras e com o uso de diferentes catalisadores, conforme descrito na literatura científica. Um exemplo comum da diazotação é a reação entre uma amina aromática, ácido clorídrico e nitrito de sódio. Já o acoplamento, etapa seguinte, ocorre pela reação entre diferentes estruturas aromáticas, formando o corante azo desejado (CÂMARA, 2017).

O êxito na utilização dessas substâncias está fortemente relacionado à sua estrutura molecular. A presença de cadeias aromáticas e diversos átomos incorporados durante a síntese ajuda a estabilizar a ligação dupla entre os átomos de nitrogênio. Essa estabilidade confere à molécula maior resistência e versatilidade, permitindo uma coloração duradoura e estável, além de torná-la resistente à oxidação, a variações de temperatura e de pH — especialmente importante quando aplicadas em alimentos. Além disso, a distribuição eletrônica favorecida por essa estrutura permite a absorção de luz no espectro visível, fator essencial para o controle e uso dos corantes (CÂMARA, 2017).

Por esse grupo de corantes ser tão utilizado pelas indústrias, acabaram desencadeando problemas, como preocupações, sendo uma delas problemas

ambientais, onde em algumas indústrias durante o processo de tingimento, acabasse perdendo parte desses corantes, sendo descartado junto com a água de descarte, ocasionando o acúmulo em corpos de água naturais. Esse problema é aumentado com a baixa degradação à luz e por microrganismos, potencializando efeitos tóxicos para a fauna e flora (CÂMARA, 2017).

A azorredução, que resulta na liberação de aminas aromáticas, ocorre principalmente no intestino devido à ação das bactérias presentes nesse ambiente, já que apenas uma pequena quantidade dos corantes é absorvida e alcança o fígado. As aminas aromáticas, por sua vez, são facilmente absorvidas pelo intestino e podem causar diversos efeitos nocivos ao organismo, sendo amplamente reconhecidas por sua toxicidade tanto aguda quanto crônica, além de apresentarem Os corantes azo vêm sendo amplamente estudados devido aos potenciais riscos que representam à saúde humana e ao meio ambiente. Há relatos de efeitos nocivos em trabalhadores de indústrias têxteis e outras áreas onde esses corantes são utilizados, mesmo sem ingestão direta das substâncias. Entre os problemas observados estão o desenvolvimento de tumores em órgãos como bexiga, fígado e rins, além de doenças como asma, eczema, dermatite de contato, irritações oculares e alterações nos cromossomos. É possível que existam ainda muitos casos não registrados oficialmente (CÂMARA, 2017).

Desde o início do século XX, esses corantes passaram a ser empregados como aditivos em alimentos, o que ampliou a preocupação com seus efeitos tóxicos e a necessidade de controle regulatório. Entre os principais riscos associados ao seu uso está a genotoxicidade, que se refere à capacidade de certas substâncias de danificar o DNA das células. Quando essas lesões não são corrigidas, podem ser passadas adiante durante a divisão celular, caracterizando a mutagenicidade. Se as mutações atingirem genes envolvidos na regulação do crescimento celular, como oncogenes ou genes supressores de tumor, há possibilidade de desenvolvimento de câncer, processo conhecido como carcinogênese. Dessa forma, o consumo e a exposição a corantes azo têm sido ligados à mutagenicidade e à carcinogenicidade (CÂMARA, 2017).

Além desses efeitos, os corantes azo podem ser extremamente prejudiciais a organismos aquáticos e a outros animais, especialmente em casos de exposição prolongada. Pesquisas apontam que esses compostos podem se ligar à albumina presente no sangue humano, modificando sua estrutura e levando à sua precipitação. Também podem afetar a absorção celular e o crescimento de membranas, como observado em bactérias (CÂMARA, 2017).

Outro impacto importante do consumo desses corantes é o desencadeamento de reações alérgicas. Essas respostas do sistema imunológico ocorrem de maneira exagerada ao entrar em contato com substâncias estranhas, levando à liberação de substâncias como citocinas, serotonina e histamina, principalmente por mastócitos e basófilos. Como consequência, surgem sintomas como irritações na pele, no sistema digestivo, respiratório e até mesmo reações mais graves, como a anafilaxia. O uso crescente de aditivos químicos nos alimentos, especialmente a partir do século XX, contribuiu para o aumento dos casos de alergia, sendo os corantes azo apontados como importantes responsáveis por esse crescimento (CÂMARA, 2017).

Há também indícios de que esses corantes afetam o sistema nervoso e o comportamento, particularmente em crianças. Um estudo realizado no Reino Unido, conhecido como estudo de Southampton, avaliou o comportamento de crianças de 3 a 9 anos após o consumo de bebidas contendo misturas de corantes artificiais, em sua maioria do tipo azo. A pesquisa, feita com metodologia duplo-cega, comparou os efeitos com um placebo, e segundo pais e professores, as crianças que consumiram os corantes demonstraram maior hiperatividade e dificuldade de concentração. Embora os dados não tenham sido conclusivos para cada corante individualmente, o estudo reforçou a preocupação com os efeitos dessas substâncias no desenvolvimento infantil (CÂMARA, 2017).

É importante destacar que os efeitos tóxicos dos corantes azo geralmente não se devem diretamente à molécula do corante, mas sim às aminas aromáticas formadas durante sua degradação. Esse processo, chamado azorredução, ocorre por meio da ação de enzimas conhecidas como azorredutases, presentes

no fígado de mamíferos e em diversos microrganismos, especialmente bactérias da microbiota intestinal (CÂMARA, 2017).

Nos seres humanos e outros mamíferos, a azorredução acontece principalmente no intestino, pois apenas uma pequena quantidade do corante chega ao fígado. As aminas aromáticas liberadas nesse processo são facilmente absorvidas pelo organismo e são reconhecidas por sua toxicidade aguda e crônica, além do potencial de causar danos ao DNA, promover mutações e até contribuir para o desenvolvimento de câncer. Riscos genotóxicos, mutagênicos e carcinogênicos (CÂMARA, 2017).

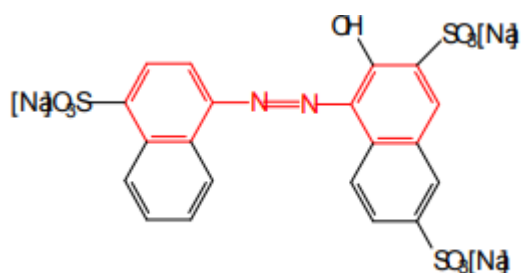
6.6 Corantes Sintéticos

6.6.1 Amaranto

O amaranto é um corante vermelho magenta, com variações de tonalidade que vão do vermelho escuro, roxo e marrom. Ele é amplamente utilizado nas indústrias de alimentos devido a sua boa estabilidade a luz, calor e acidez, no entanto não resiste a presença de ácido ascórbico e dióxido de enxofre (CÂMARA, 2017).

Ele é utilizado em gomas de mascar, bebidas, sorvetes, chocolates, café e misturas para bolos, como corante artificial. O nome “amaranto” foi inspirado no grão do amaranto, que possui uma cor vermelha característica e cujo os grãos podem ser consumidos. Quimicamente trata-se de um composto monoazo sulfonado, cujo o nome IUPAC 2-hidróxi-1-(4-sulfonato-1-naftilizado) naftaleno-3,6-dissulfonato trissódio (CÂMARA, 2017).

Atualmente, o amaranto é proibido em 4 países: Estados Unidos, Noruega, Austrália e Rússia, no EUA, a Food and Drug Administration (FDA)), que é responsável por regular o uso de aditivos alimentares no país, onde a proibição do uso do amaranto em 1976 por suspeita de que poderia causar câncer e ser tóxico para embriões em desenvolvimento (CÂMARA, 2017).

Figura 10: Estrutura química do amarantho

Fonte: Prado, Marcelo A.; Godoy, Helena, 2003

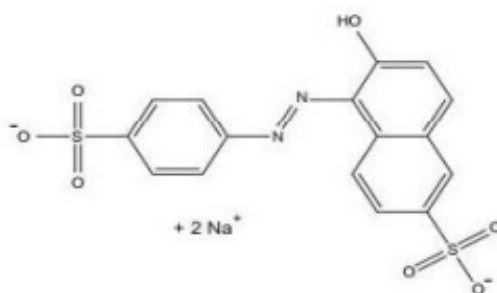
6.6.2. Amarelo crepúsculo

O amarelo crepúsculo é usado para oferecer coloração que vão do laranja ao vermelho, apresenta estabilidade em contato com a luz e mudanças de temperatura e pH. Contém boa pigmentação e ampla variedade na produção de refrigerantes, balas, bolos, energéticos, sopas, queijos entre outros produtos, ele está entre os primeiros corantes mais utilizados no mundo, estando quase sempre nos produtos processados (CÂMARA, 2017).

Na Finlândia e Noruega, foi proibido o uso, por terem suspeitas de serem agentes cancerígenos. Estudos feitos em ratos mostraram alterações no processo de moléculas de defesa em uma quantidade mínima de 250 µg/ml nível ao qual é mínima recomendado para ser ingerido diariamente nos alimentos contendo a substância. Os danos apresentaram alergias em crianças, na ingestão do corante sintético (CÂMARA, 2017).

Observaram o corante amarelo crepúsculo e seu impacto negativo no sistema imunológico, notaram também possível associação de transtorno de déficit de atenção e TDAH, hiperatividade em crianças entre 8 e 9 anos. Estudos apontaram que o amarelo crepúsculo pode causar alterações no sistema nervoso e xenotóxico substância predominante no organismo. Genotoxicidade presente no corante com baixo comprometimento do DNA (CÂMARA, 2017).

Figura 11: Estrutura química do Amarelo crepúsculo



Fonte 11: CÂMARA, 2017

6.6.3 Azorrubina

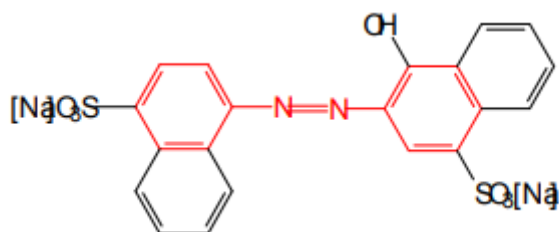
O corante azorrubina (ou carmosina) é utilizado na indústria alimentícia, para conferir coloração vermelho-amarronzado nos alimentos como doces, bebidas (refrigerantes e sucos artificiais), sorvetes, balas, geleias dentre muitos outros. É estável á ácidos, em exposição a luz e temperaturas elevadas, é comumente usado com objetivo de intensificar a cor nos alimentos (CÂMARA, 2017).

O uso desse corante é autorizado no Brasil, mas o uso é proibido em países como o Estados Unidos, devido a preocupações com á saúde da população, seus efeitos negativos podem causar danos ao fígado e o funcionamento do sistema renal, pesquisadores usaram ratos jovens para estudar os efeitos da azorrubina, onde simulavam as crianças como consumidoras, os ratos ao consumirem aos poucos o corante passaram a demonstrar efeitos negativos, como o atraso no desenvolvimento e a perca de peso corporal do animal (CÂMARA, 2017).

Em uma pesquisa posterior, foi analisada a interação entre a azorrubina e a hemoglobina por meio de técnicas espectrofotométricas e calorimétricas. Os resultados indicaram que o corante modifica a estrutura da hemoglobina ao se ligar de forma próxima a ela, por meio de interações hidrofóbicas favorecidas por processos térmicos. Essa ligação pode impactar a função da proteína nos glóbulos vermelhos, comprometendo o transporte de substâncias,

especialmente do oxigênio, uma vez que sua função fisiológica depende fortemente da estrutura tetramérica da molécula (CÂMARA, 2017).

Figura 12: Estrutura química da azorrubina



Fonte: Prado, Marcelo A.; Godoy, Helena, 2003

6.6.4. Negro brilhante BN

O Negro Brilhante BN é um corante do tipo diazo, quimicamente conhecido como 4-acetamido-5-hidroxi-6-[7-sulfonato-4-(4-sulfonatofenilazo) -1-naftilazo] naftaleno-1,7-disulfonato. Ele é estável à luz, mas sensível ao calor e a agentes redutores ou oxidantes presentes em alimentos (CÂMARA, 2017).

Esse corante é utilizado na produção de gelatinas, molhos de coloração marrom e misturas para bolo, além de snacks feitos com cereais, farinhas, batatas e outros ingredientes ricos em amido. Nessas aplicações, ele confere coloração escura, variando entre tons de violeta e azul-marinho, dependendo da combinação com outros corantes (CÂMARA, 2017).

Por causa de registros de reações alérgicas associadas ao seu consumo, o uso do Negro Brilhante BN foi proibido em países como os Estados Unidos, Austrália e na Europa Ocidental (CÂMARA, 2017).

Após ser ingerido, o corante é pouco absorvido pelo sistema digestivo e pode ser eliminado nas fezes tanto em sua forma original quanto transformado em aminas aromáticas. Essas substâncias são resultado da ação de enzimas intestinais que promovem a azorredução do corante (CÂMARA, 2017).

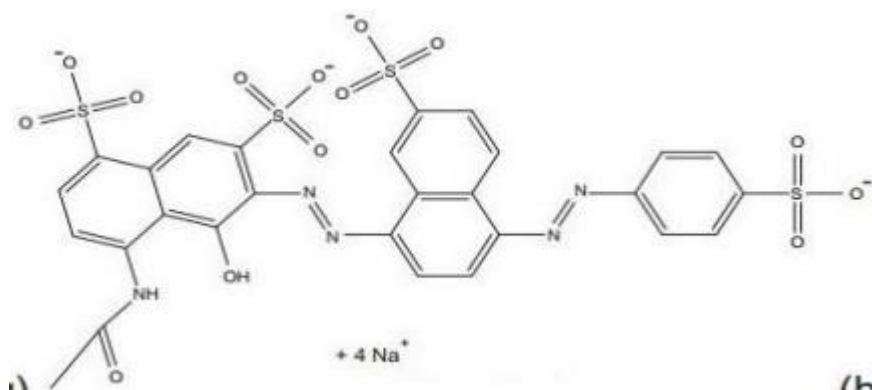
Em um estudo utilizando o ensaio cometa com linfócitos humanos, Macioszek e Kononowicz (2004) observaram que o Negro Brilhante BN pode

provocar danos ao DNA, em alguns casos, até mais intensos que os causados por um agente mutagênico conhecido, o Diepoxibutano. Os pesquisadores analisaram fatores como a formação de células binucleadas, o índice de divisão nuclear e a presença de micronúcleos, demonstrando que a genotoxicidade do corante está relacionada à concentração utilizada (CÂMARA, 2017).

Segundo a Autoridade Europeia para a Segurança Alimentar (EFSA, 2015), a Ingestão Diária Aceitável (IDA) para o Negro Brilhante BN é de 5 mg por quilo de peso corporal. Esse valor foi definido com base em estudos do Comitê Científico de Alimentos da Europa (SCF), realizados em 1983. Esses estudos abordaram toxicidade aguda, metabolismo, efeitos tóxicos de curto prazo em ratos e porcos, mutagenicidade in vitro, teratogenicidade e impactos em gerações sucessivas. Não foram observados efeitos prejudiciais à reprodução ou à genética (SCF, 1983). Além disso, testes de longa duração não identificaram efeitos adversos com o uso do corante em doses de até 500 mg/kg de peso corporal (SCF, 1983) (CÂMARA, 2017).

Como ocorre com outros corantes azo, existe a possibilidade de formação de aminas aromáticas pela redução do composto. No entanto, alguns estudos podem deixar de considerar essa toxicidade, já que tais reações nem sempre ocorrem em ambientes in vitro, o que pode levar à subestimação do potencial mutagênico da substância (CÂMARA, 2017).

Figura 13: Estrutura química do Negro Brilhante BN



Fonte: CÂMARA, 2017

6.6.5. Vermelho 40

O corante Vermelho 40, também conhecido como Vermelho Allura, é um corante sintético do tipo azo amplamente utilizado na indústria alimentícia e cosmética em diversos países, como Estados Unidos, Japão, Brasil e membros da União Europeia. Seu uso é comum em alimentos e bebidas, como refrigerantes, gelatinas, doces, produtos lácteos, xaropes, cereais, condimentos, cosméticos e suplementos alimentares (CÂMARA, 2017).

O V40 apresenta alta estabilidade térmica, resistência à luz, variações de pH e, especialmente, ao ácido ascórbico (vitamina C), sendo considerado o corante vermelho mais resistente a essa substância. Essa característica faz com que seja amplamente utilizado em bebidas e produtos que contenham esse antioxidante natural (CÂMARA, 2017).

Quimicamente, seu nome IUPAC é sal dissódio de 6-hidróxi-5-[(2-metóxi-5-metil-4-sulfofenil) azo]-2-naftaleno sulfonato. Possui dois grupos sulfonados, o que o torna altamente solúvel em água, porém pouco absorvido pelo trato gastrointestinal. Em diferentes condições de pH e temperatura, estudos indicam que a corante forma complexa estável com proteínas, como a caseína micelar e a albumina sérica bovina, sem afetar significativamente a digestibilidade das mesmas (CÂMARA, 2017).

A toxicologia do V40 é tema de muitos estudos. Embora testes *in vitro* não tenham demonstrado efeitos genotóxicos conclusivos, estudos *in vivo*, como o ensaio cometa em camundongos, identificaram que o epitélio do cólon é a parte mais afetada após a exposição ao corante. Esse tipo de análise é considerado mais adequado por considerar os processos de absorção, metabolismo e excreção, fundamentais para avaliar compostos azo como o V40 (CÂMARA, 2017).

Embora aprovado por agências reguladoras como a ANVISA, FDA e entidades da União Europeia, o V40 ainda é alvo de controvérsias e possui restrições em alguns países, como no Canadá, onde o limite máximo permitido é de 100 mg/L, e no Reino Unido, onde seu uso é restrito a determinados produtos. Traços de metais pesados como arsênio, chumbo e mercúrio podem

estar presentes no corante, o que reforça a necessidade de controle rigoroso sobre sua quantidade nos alimentos (CÂMARA, 2017).

A principal função do V40 nos produtos é restituir ou reforçar a cor, tornando os alimentos mais atrativos visualmente e contribuindo para a associação sensorial com determinados sabores. Apesar de seu uso ser legalizado e controlado, a possibilidade de efeitos adversos à saúde não é completamente descartada, e por isso seu consumo deve respeitar os limites estabelecidos por legislação específica (CÂMARA, 2017).

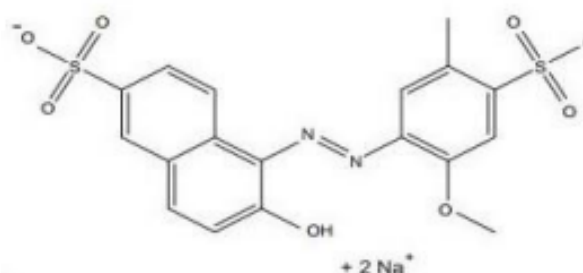
Em pesquisas realizadas com camundongos e ratos, observou-se que o corante pode causar danos ao DNA no epitélio do cólon dos camundongos após poucas horas da ingestão, efeito que não foi notado nos ratos. Essa diferença é atribuída ao metabolismo distinto entre as espécies e à composição da flora intestinal. No entanto, estudos posteriores, com doses elevadas do corante, não encontraram efeitos genotóxicos, o que sugere que resultados anteriores podem ter sofrido influência de limitações metodológicas (CÂMARA, 2017).

Investigações sobre efeitos reprodutivos e comportamentais em camundongos não mostraram alterações significativas, mas testes com células humanas (neutrófilos) demonstraram que o corante pode estimular a liberação de substâncias inflamatórias, apontando um possível papel em processos alérgicos e doenças inflamatórias como a asma e a artrite reumatoide (CÂMARA, 2017).

Há também relatos associando o Vermelho 40 ao aumento da hiperatividade em crianças e a possíveis impactos sobre transtornos como o TDAH. Mesmo que o corante não atravesse a barreira hematoencefálica, ele pode afetar o funcionamento cerebral de forma indireta, o que levanta preocupação com seu consumo por crianças (CÂMARA, 2017).

Outro risco importante identificado é a capacidade do corante e de seus subprodutos (aminas aromáticas formadas pela degradação do grupo azo) de inibir a enzima anidrase carbônica II, essencial para a regulação do pH no organismo. A inibição dessa enzima pode levar a problemas metabólicos como acidose renal tubular e osteoporose (CÂMARA, 2017).

Figura 14: Estrutura química do Vermelho 40



Fonte: CÂMARA, 2017

6.6.6 Marrom HT

O corante marrom HT, é um composto diazo que contém dois grupos sulfônicos, seu nome IUPAC como 4,4'-(2,4-dihidróxi-5-hidroximetil-1,3-fenileno diazo) di-(naftaleno-1-sulfonato). Possui uma ótima estabilidade a luz, calor e acidez. Ele é conhecido por ter diversas denominações, tendo o Marrom Chocolate HT o mais comum, devido a sua coloração semelhante à do chocolate (CÂMARA, 2017).

O corante, que é utilizado para dar diversas tonalidades de marrom aos produtos alimentícios é proibido o uso nos Estados Unidos pois não recebeu a aprovação da Organização Mundial da Saúde (CÂMARA, 2017).

Em diversos países o corante é utilizado para dar coloração a frutas, vegetais em conservas, bebidas não alcoólicas, bolos, iogurtes, geleias, molhos, suplementos alimentícios, produtos de padaria, produtos lácteos entre vários outros (CÂMARA, 2017).

Em um estudo realizado com ratos, para analisar os efeitos do corante Marrom HT nas doses de 50 ou 200mg/kg de peso corporal durante um período de 4 semanas. A pesquisa avaliou tanto os níveis dos neurotransmissores norepinefrina, dopamina e ácido Gama-aminobutírico, quanto a função e as alterações de histopatologia dos rins e fígados (CÂMARA, 2017).

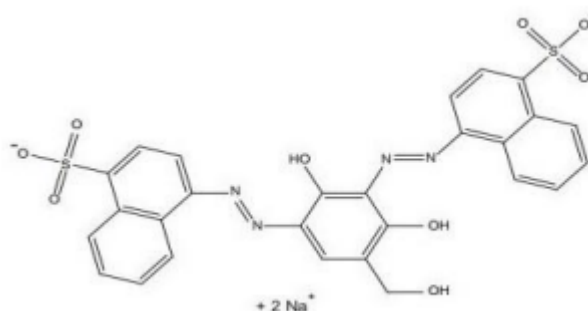
Foi observada uma redução significativa da produção ou recaptação dos neurotransmissores atribuída a menor geração de ATP pelos neurônios no grupo

que recebeu a maior concentração do corante. Isso pode aumentar a vulnerabilidade ao estresse oxidativo de acordo com o autor (CÂMARA, 2017).

Esse efeito, no entanto, não foi observado quando o corante foi administrado com o azeite de oliva, com seus benefícios fisiológicos, como o antioxidante podem ter compensados aos efeitos prejudiciais do Marrom HT (CÂMARA, 2017).

Na análise do fígado e rins, o uso do corante mesmo quando administrado com o azeite de oliva, causa alterações aos níveis dos marcadores bioquímicos ALT e AST que são indicativos desses órgãos. A análise histopatológica teve algumas alterações entre pequenas intensidades ao uso do corante de forma isolada (CÂMARA, 2017).

Figura 15: Estrutura química do Marrom HT



Fonte: CÂMARA, 2017

6.6.7 Vermelho 2G

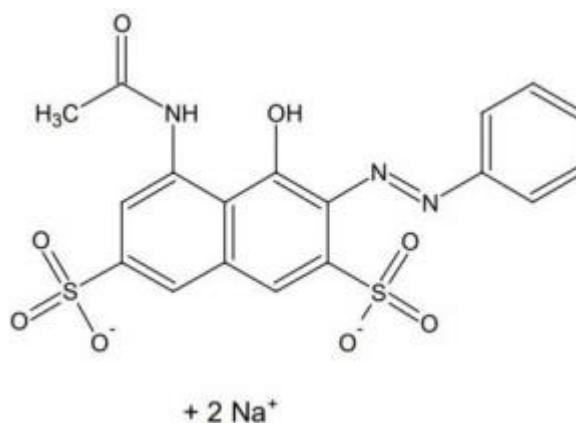
O Vermelho 2G é um corante azo, na forma de sal dissódico de 8-acetamido-1-hidróxi-2-fenilazonaftaleno-3,6-ácido dissulfônico, com estrutura monoazo sulfonada. Possui coloração rosada e apresenta boa estabilidade frente à luz, ao calor e a meios ácidos. É amplamente utilizado em alimentos cárneos processados, como hambúrgueres e salsichas. No entanto, sua proibição na Europa gerou dificuldades, pois muitos produtos com o corante

ainda estavam armazenados para uso futuro na indústria alimentícia (CÂMARA, 2017).

Desde 2007, a EFSA proibiu o uso do Vermelho 2G com base em estudos realizados em roedores, que mostraram que o corante pode ser reduzido por bactérias no intestino, formando anilina substância genotóxica e cancerígena nesses animais. Como não havia comprovação de que o desenvolvimento de tumores não estivesse ligado ao metabolismo do corante, e não se podia descartar que o mesmo processo ocorresse em seres humanos, decidiu-se pelo banimento por precaução. Além da Europa, o corante também foi proibido nos Estados Unidos e no Japão (CÂMARA, 2017).

Pesquisas anteriores indicavam que o Vermelho 2G poderia ser genotóxico, com potencial de causar mutações por substituição de bases no DNA, conforme testes com linhagens bacterianas. No entanto, os mesmos cientistas não conseguiram comprovar essa mutagenicidade em camundongos que ingeriram o corante, uma vez que análises de urina e fezes não revelaram alterações genéticas (CÂMARA, 2017).

Figura 16: Estrutura química do Vermelho 2G



Fonte: CÂMARA, 2017

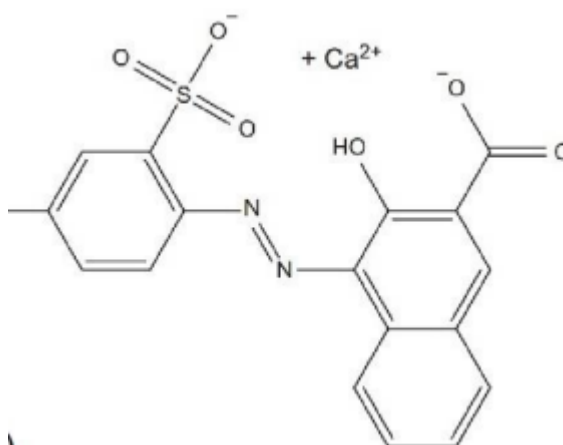
6.6.8 Litolrubina BK

A litolrubina BK, também conhecida como litol rubina BK, é um corante azo geralmente utilizado na forma de sal de cálcio, com o nome IUPAC 3-hidróxi-4-[(4-metil-2-sulfonatofenil) azo] -2-naftaleno-carboxilato de cálcio. Apresenta coloração entre vermelho e laranja e é facilmente removida com o uso de óleos. Na Europa, o corante é empregado na coloração da casca de queijos, e como essas camadas, apesar de comestíveis, não costumam ser consumidas, não foi estipulado um limite máximo de uso — o que reduz a preocupação com impactos à saúde do consumidor (CÂMARA, 2017).

Devido à baixa exposição humana, poucos estudos toxicológicos foram conduzidos sobre essa substância. Seu uso, no entanto, é proibido em países como Estados Unidos, Austrália e Japão. Segundo a Autoridade Europeia de Segurança Alimentar (EFSA), durante uma reavaliação do corante, foram submetidos poucos dados sobre sua toxicidade e comportamento biológico. Alguns estudos apontaram que a litolrubina BK tem absorção muito baixa no organismo animal, sendo eliminada predominantemente pelas fezes, e não pela urina (CÂMARA, 2017).

Em testes com ratos, observou-se que a administração de doses a partir de 300 mg/kg em machos resultou principalmente em alterações nos rins, incluindo aumento significativo do peso renal em doses de 1000 mg/kg. Nessa dosagem, também foi registrada redução no peso do timo. Pesquisas envolvendo corantes azo com estruturas semelhantes sugerem que, durante a azorredução pelas enzimas bacterianas do intestino, podem ser geradas substâncias como uma amina aromática sulfonada e o ácido 4-amino-3-hidróxi-2-naftóico. Embora esses compostos apresentem baixo ou nenhum potencial genotóxico, ainda existe a possibilidade de que aminas aromáticas provoquem alterações nas moléculas de ácidos nucleicos dentro das células (CÂMARA, 2017).

Figura 17: Estrutura química do Litolrubina BK



Fonte: CÂMARA, 2017

6.6.9 Ponceau 4R

O Ponceau 4R é um corante artificial amplamente empregado em produtos alimentícios, cosméticos e medicamentos, sendo responsável por conferir coloração vermelha. Quimicamente, é formado por duas unidades de naftaleno mono e bissulfonadas, ligadas por uma ponte azo. Comercializado em pó, dissolve-se facilmente em água e apresenta elevada estabilidade à luz, ao calor e a meios ácidos, embora seja sensível à ação de substâncias redutoras, como o ácido ascórbico e o dióxido de enxofre (CÂMARA, 2017).

Essa solubilidade em água é atribuída à presença de grupos sulfonados em sua estrutura, o que favorece seu uso em uma ampla variedade de alimentos, como refrigerantes, iogurtes, bolos, sorvetes, vinhos e produtos de panificação. Seu baixo custo e resistência às condições de processamento o tornam uma escolha econômica e funcional para a indústria (CÂMARA, 2017).

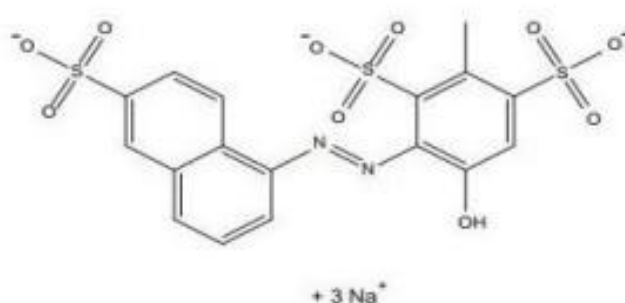
No entanto, a regulamentação do Ponceau 4R varia entre diferentes países. Enquanto na União Europeia ele é permitido, no Reino Unido e no Canadá seu uso é controlado. Já nos Estados Unidos, Finlândia, Noruega e Dinamarca, o corante é proibido, principalmente por preocupações com a segurança do consumo e os possíveis efeitos da azorredução – processo que pode gerar compostos tóxicos no organismo após a ingestão de corantes azo (CÂMARA, 2017).

Pesquisas indicam que, quando consumido em quantidades elevadas, o Ponceau 4R pode trazer riscos à saúde. Em experimentos com animais, detectaram-se danos ao DNA do cólon com doses a partir de 10 mg/kg, e lesões na bexiga e estômago em concentrações de 100 mg/kg. Além disso, observou-se que cerca de 15% dos indivíduos com urticária crônica apresentaram reações adversas relacionadas à exposição ao corante (CÂMARA, 2017).

Há ainda indícios de que o uso de corantes sintéticos, incluindo o Ponceau 4R, pode estar associado a alterações comportamentais em crianças, especialmente no aumento dos sintomas de Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), mesmo em casos sem histórico prévio da condição (CÂMARA, 2017).

Do ponto de vista ambiental, o despejo de corantes artificiais em efluentes industriais representa um desafio, devido à intensa coloração que conferem à água. No entanto, tecnologias de tratamento têm demonstrado eficácia, com redução de até 99% na concentração e coloração do Ponceau 4R em efluentes oriundos da indústria alimentícia, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais (CÂMARA, 2017).

Figura 18: Estrutura química do Ponceau 4R



Fonte: CÂMARA, 2017

6.7 Corantes trifenilmetanos

Este grupo possui uma estrutura composta por três radicais arila, geralmente do tipo fenólico, conectados a um átomo central de carbono. Além disso, contém grupos sulfônicos, os quais proporcionam elevada solubilidade em água (PRADO, 2003).

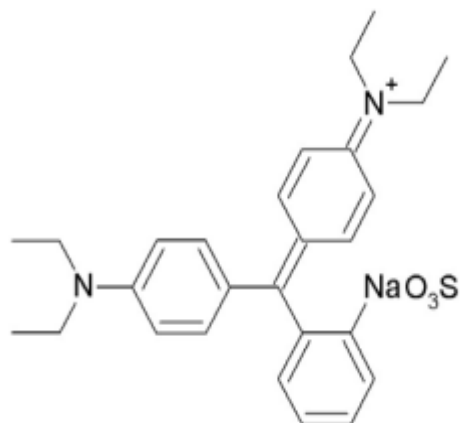
A troca de um grupo sulfônico por um grupo hidroxila em qualquer uma dessas estruturas resulta em maior estabilidade à luz e aumento da resistência a substâncias alcalinas (ZANONI, 2016).

Esse grupo é formado por apenas três substâncias corantes: duas que proporcionam coloração azul e uma de cor verde. Por essa razão, são amplamente utilizados em conjunto com outros tipos de corantes para gerar uma maior diversidade de tonalidades. O nome do grupo deriva da sua estrutura química característica, composta por três anéis aromáticos. Entre os corantes desse grupo estão o azul brilhante, o azul patente V e o verde rápido. Os dois primeiros são comumente encontrados em produtos como bebidas isotônicas, gelatinas, balas e chicletes coloridos. Já o verde rápido é mais utilizado em bebidas com base de chá verde, embora também apareça em balas e chicletes. Além disso, muitos alimentos com tonalidade violeta como gelatinas, sucos, balas e gomas são produzidos a partir da mistura desses corantes com outros pertencentes ao grupo dos corantes azo (BARROS; BARROS, 2010).

6.7.1 Azul Patente V

O Azul Patente V possui ótima estabilidade à luz, a ácidos e ao calor. No entanto, pode sofrer descoloração quando exposto ao ácido ascórbico e ao dióxido de enxofre (SO_2). Embora seu uso em alimentos seja proibido nos Estados Unidos, é autorizado nos países da União Europeia. Ainda assim, esse corante alimentício requer mais investigações quanto ao seu metabolismo (PRADO, 2003).

Figura 19: Estrutura química do Azul Patente V

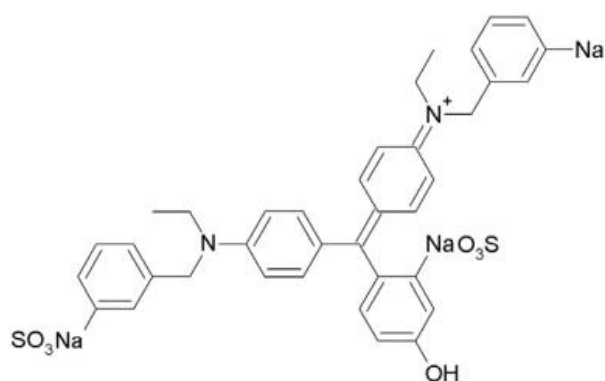


Fonte: Zononi, 2016

6.7.2 Verde Rápido

O Verde Rápido apresenta estabilidade moderada à luz, ao calor e a ambientes ácidos, porém possui baixa resistência à oxidação. Seu uso é autorizado nos Estados Unidos desde 1927, mas é proibido nos países da União Europeia (PRADO, 2003).

Figura 20: Estrutura química do Verde Rápido

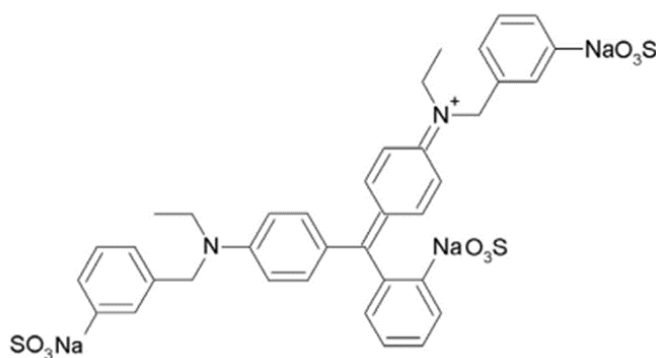


Fonte: Zononi, 2016

6.7.3 Azul Brilhante

O Azul Brilhante possui características de estabilidade semelhantes às do Verde Rápido, com boa resistência à luz, ao calor e a ácidos, mas baixa estabilidade oxidativa. Seu uso é irrestrito nos Estados Unidos, limitado a 100 ppm no Canadá, permitido apenas em certos alimentos na Inglaterra e autorizado na União Europeia (PRADO, 2003).

Figura 21: Estrutura química do Azul Brilhante



Fonte: Zononi, 2016

6.8 Corantes indigóides

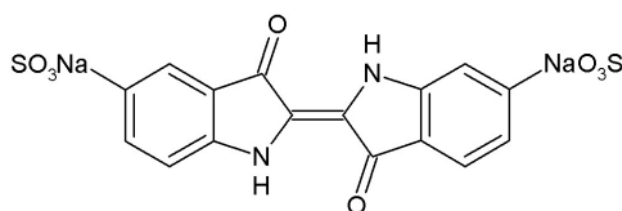
O Azul de Indigotina é o principal representante desse grupo, ele apresenta baixa estabilidade à luz, ao calor, a ácidos e à oxidação, além de sofrer descoloração quando exposto ao dióxido de enxofre (SO_2) e ao ácido ascórbico (PRADO, 2003).

Devido à sua estrutura molecular complexa, ele apresenta maior estabilidade química e resistência aos processos de biodegradação (Zanoni, 2016).

O azul de indigotina é uma versão sintética aprimorada de um antigo corante natural chamado indigotina, que era obtido das folhas de plantas do gênero *Indigofera*, como *Indigofera tinctoria*, *Indigofera suffruticosa* e *Indigofera arrecta*. Sua produção teve início por volta do ano de 1800, sendo considerado, desde então, um corante artificial seguro para uso (BARROS; BARROS, 2010).

Apesar dessas limitações, seu uso é considerado seguro pela União Europeia e também é autorizado no Japão, Estados Unidos e Inglaterra (PRADO, 2003).

Figura 22: Estrutura química do índigo carmim



Fonte: Zanoni, 2016

6.9 Corantes xantenos

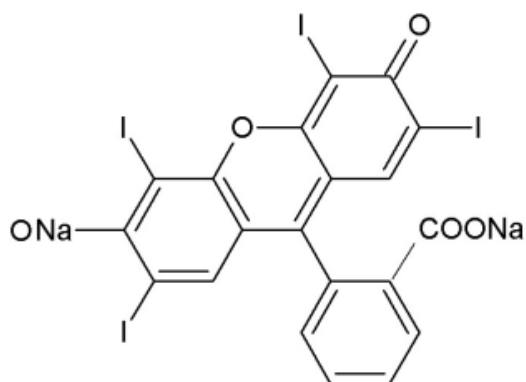
A Eritrosina, única substância dessa classe autorizada no Brasil, é insolúvel em pH inferior a 5. Seu uso também é permitido nos Estados Unidos, na União Europeia, no Reino Unido e no Canadá (PRADO, 2003).

Sua tonalidade varia entre rosa e vermelho o que explica seu nome, já que "eritro" vem do latim e significa vermelho, dependendo do produto em que é aplicada. É bastante utilizada em doces, iogurtes, pudins e refrigerantes, especialmente quando se busca destacar a cor vermelha ou associá-la ao sabor de frutas como morango e cereja. Além disso, ela pode ser combinada com outros corantes, como a tartrazina (amarelo) ou corantes azuis (como azul

brilhante, azul patente ou azul de indigotina), para criar novas tonalidades (BARROS; BARROS, 2010).

Existem pesquisas que indicam uma possível relação entre seu consumo e o desenvolvimento de tumores na tireoide, possivelmente devido à liberação de iodo no organismo, mas os resultados desses estudos ainda não são conclusivos (PRADO, 2003).

Figura 23: Estrutura química da Eritrosina



Fonte: Zononi, 2016

7. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na Etec Professor Luiz Pires Barbosa, através de pesquisas em artigos e trabalhos acadêmicos. Paralelo a isso, realizamos no laboratório de Ciências da U.E A extração do corante de beterraba e a análise química/ física do corante obtido.

Utilizou-se 2 métodos de extração das betalainas da beterraba onde a sua concentração do maior comparado com outros vegetais, os dois métodos consistem em um solvente em comum a água, apenas mudando a forma e a temperatura de obtenção das betalainas chamando o primeiro de método aquoso frio, e o segundo método aquoso quente (PEREIRA, 2024).

7.1 Método aquoso frio

As beterrabas foram descascadas e cortadas em cubos para facilitar a trituração, pesar 200g de beterraba e mediu-se 500ml de água destilada. As beterrabas foram levadas ao triturador, para que a trituração ficasse aceitável. O conteúdo foi filtrado em peneira para obter um extrato sem partículas sólidas pronto para os testes (PEREIRA, 2024).

7.2 Método aquoso quente

As beterrabas foram descascadas e cortadas em cubos para facilitar a extração, pesou-se 200g de beterraba e mediu-se 500ml de água destilada, após preparados os materiais foi levado a fervura durante cerca de 5 minutos para que as betalainas passem para o meio aquoso, passando os minutos esperou-se o conteúdo esfriar e assim filtrou-se para obter o extrato sem partículas sólidas pronta para os testes (PEREIRA, 2024).

7.3 Quantificação fotométrica e Determinação do Potencial Hidrogeniônico (pH) das betalainas

O espectrofotômetro foi utilizado com a calibração de 539 nm para as betacianinas e 480 nm para as betaxantinas, pois estudos mostraram que essa são as frequências necessárias para quantificação, já para o pH foi utilizado o pHmetro com a finalidade de determinar os pH dos extratos obtidos (OLIVEIRA, 2020).

7.4 testes de ácido-base das betalainas

Foram utilizadas 5 substancias para esse teste: vinagre, limão, refrigerante da marca Sprit, detergente neutro e água sanitária, já que essas substancia demonstram pH ácido, neutro e alcalino, essa diferença de pH melhora a qualidade dos testes, aplicando em diferentes tipos de pHs (CUVHINSKI, 2010).

7.5 Quantificações das betalainas

A quantificação da bataxantina e betacianina foi feita através do seguinte cálculo (OLIVEIRA, 2021):

$$\text{BLC [mg. L}^{-1}\text{]} = (A \times \text{DF} \times \text{PM} \times 1000) / (\epsilon \times 1)$$

A- Valor de absorção

DF -Fator de diluição

PM - Peso molecular (g/mol)

ϵ -Absortividade molar (L/mol.cm)

1 -Caminho óptico da cubeta (1 cm)

8. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados das análises foram aceitáveis, o extrato obtido pelo método aquoso frio obteve uma forte tonalidade de vermelho tendendo para o roxo, enquanto o extrato pelo método aquoso quente também obteve uma forte tonalidade de vermelho só que tendendo para a cor bordo.

8.1 Teste de pH

Os teste de pH realizados no pHmetro mostraram os seguintes resultados: o extrato obtido pelo método aquoso frio tinha o pH em torno de 5,91, já o pH do método aquoso quente obteve o pH em torno de 5,84, ou seja, são soluções

meio ácidas tendendo pra neutralidade, e por serem base da mesma solução obtiveram pHs parecido.

8.2 testes de absorbância

Os teste de absorbância foram realizados nas calibrações 539nm para as betacianinas e 480nm para as betaxantinas, o extrato pelo método aquoso frio obteve resultado de 1,568nm para as betaxantinas enquanto para as betacianinas foram 1,862nm, já pelo método aquoso quente obtemos os seguintes resultados 1,220nm para as betaxantinas e 1,310nm para as betaxantinas, conseguimos observar que pelo método aquoso quente os resultados foram menores que pelo método aquoso frio, ou seja graças a fervura acabasse perdendo um pouco dessas substancias.

8.3 Quantificação das betalainas

8.3.1 Extrato aquoso frio

Betaxantinas BLC [mg. L⁻¹] = $(1,568 \times 0,1 \times 339 \times 1000) / (48000 \times 1) = 1,1074\text{mg/L}$

Betacianinas BLC [mg. L⁻¹] = $(1,862 \times 0,1 \times 550 \times 1000) / (60000 \times 1) = 1,71\text{mg/L}$

8.3.2 Extrato aquoso quente

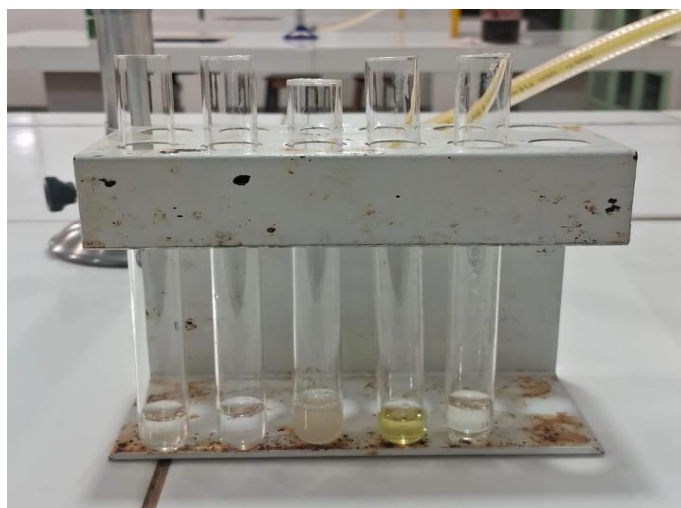
Betaxantinas BLC [mg. L⁻¹] = $(1,220 \times 0,1 \times 338 \times 1000) / (48000 \times 1) = 0,8616\text{mg/L}$

Betacianinas BLC [mg. L⁻¹] = $(1,310 \times 0,1 \times 550 \times 1000) / (60000 \times 1) = 1,200\text{mg/L}$

8.4 Teste ácido-base das betalainas

Separou-se as soluções em uma estante de tubos de ensaios colocando em cada tubo 2ml de solução, onde o primeiro foi colocado vinagre o segundo o refrigerante Sprit o terceiro suco de limão o quarto detergente neutro e o quinto água sanitária, essa ordem da esquerda para direita.

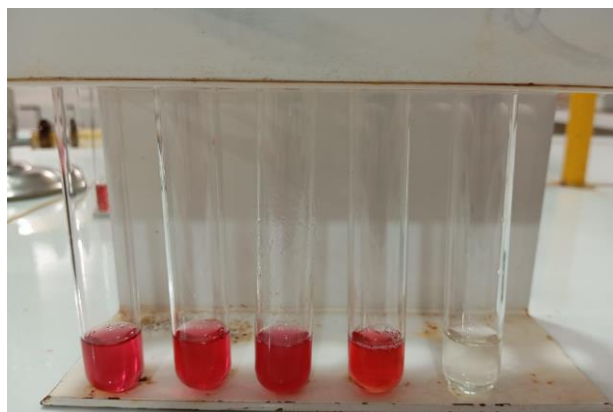
Figura 24: Tubos de ensaios com as soluções: tubo 1 vinagre, tubo 2 refrigerante Sprit, tubo 3 limão, tubo 4 detergente neutro, tubo 5 água sanitária



Fonte: PEDRO HENRIQUE PORFÍRIO DE OLIVEIRA BALDUINO

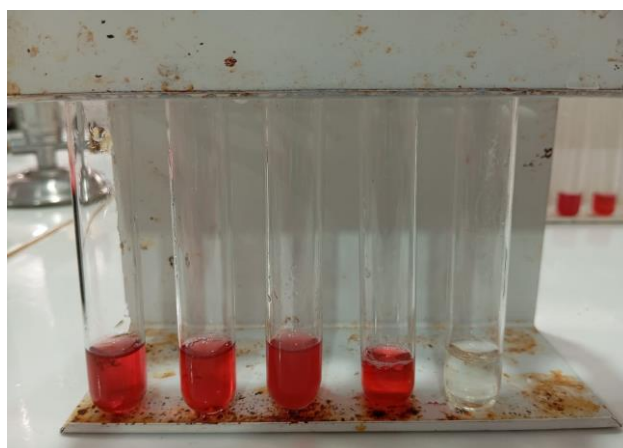
Os resultados nos mostraram que as betalainas em soluções ácidas até a neutralidade permanecem em coloração avermelhada enquanto em soluções alcalinas elas perdem a cor, a figura (a) é o extrato aquoso frio, podemos perceber sua coloração avermelha levemente arroxeada já na figura (b) é o extrato aquoso quente, com a fervura a pigmentação ficou mais avermelhada perdendo o tom levemente arroxeado.

Figura 25: Tubos de ensaios com as soluções mais o extrato aquoso frio: tubo 1 vinagre, tubo 2 refrigerantes Sprit, tubo 3 limão, tubo 4 detergente neutro, tubo 5 água sanitária. Figura (a)



Fonte: PEDRO HENRIQUE PORFÍRIO DE OLIVEIRA BALDUINO

Figura 26: Tubos de ensaios com as soluções mais o extrato aquoso quente: tubo 1 vinagre, tubo 2 refrigerante Sprit, tubo 3 limão, tubo 4 detergente neutro, tubo 5 água sanitária. Figura (b)



Fonte: PEDRO HENRIQUE PORFÍRIO DE OLIVEIRA BALDUINO

9. CONCLUSÃO

Os corantes estão muito mais presentes nas nossas vidas do que imaginamos, mesmo os alimentos sendo saudáveis ou não. Entretanto, concluímos que podemos selecionar os corantes para colorir os alimentos incluídos em nossa dieta, sendo os de origem natural a melhor opção graças aos vários benefícios que podem trazer a saúde, podendo ser: antioxidante, anti-inflamatórios e até anticancerígeno, a contra ponto os corantes sintético por mais que a indústria prefira usa-los pelo seu poder de pigmentação, variação de cores e o baixo preço. Mesmo eles tendo esses benefícios, há malefícios que não estão completamente comprovados e que podem causar diversos malefícios a saúde, como possível alteração no DNA, podendo ser cancerígenos e até causar hiperatividade em crianças.

Portanto, esses motivos levam a crer que, a substituição dos corantes artificiais é importante para preservação da saúde e melhor bem estar da população consumidora, a extração das betalainas do corante da beterraba, nos mostrou a facilidade da extração e o seu potencial de pigmentação, por ser de origem vegetal é mais saudável além de que caso seja descartado na natureza não irá causar danos a fauna e a flora já que corantes sintético demoram para serem dissolvidos na natureza.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barros, A. A.; Barros, E. B. P. **A Química dos Alimentos: Produtos Fermentados e Corantes**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2010. Disponível em: https://edit.sbq.org.br/anexos/quimica_alimentos.pdf Acesso em: 28/05/2025.

Cartaya O.; Inés R. **FLAVONOIDES: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y APLICACIONES**. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas Cuba, 2001. Disponível em: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/699>. Acesso em: 08/04/2025.

Câmara, A. M. **CORANTES AZO: CARACTERÍSTICAS GERAIS, APLICAÇÕES E TOXICIDADE**. NATAL-RN, 2017. Disponível em: https://scholar.google.com.br/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=KnXipzEAAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation_for_view=KnXipzEAAAAJ:axFR9aDTf0C. Acesso em: 10/01/2025.

Cuchinski S. A.; Caetano J.; Dragunski C. D. **EXTRAÇÃO DO CORANTE DA BETERRABA (BETA VULGARIS) PARA UTILIZAÇÃO COMO INDICADOR ÁCIDO-BASE**. UNIOESTE - PR, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eq/a/kSTb7kgsBdwcrx5YgPNj6Cg/>. Acesso em: 04/09/2025.

Gomes, B. B; Jesus, L. k.; Schmiele, M.; Rigolon, T. C. B. **Efeitos das antocianinas na saúde: uma revisão sistemática**. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27069>. Acesso em: 20/05/2025.

Gonçalves, B. S. G. **Pigmentos Naturais de Origem Vegetal: Betalaínas**. UNIVERSIDADE DO ALGARVE, 2018. Disponível em: <https://search.proquest.com/openview/002c5c7cc98f3342e90a4a6b40285e18/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>. Acesso em: 16/02/2025.

Machado, F. K. **CORANTES ALIMENTARES NATURAIS: Extração, foto e termo estabilidade**. Lisboa, 2014. Disponível em:

<https://search.proquest.com/openview/d784adcbf61bc881b0c177407d5ab0db/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>. Acesso em: 14/05/2025.

Debora Ayame Higuchi 3 Maria Raquel Manhani 4 Alana Melo dos Santos

Oliveira L. P. T.; Hipólito A. G.; Higuchi A. D.; Manhani R. M.; Santos M. A. **O POTENCIAL DOS PIGMENTOS BETALAÍNAS EXTRAÍDOS DA BETERRABA (BETAVULGARIS L) NA APLICAÇÃO EM COSMÉTICOS**. Sinergia, São Paulo., 2021. Disponível em: <https://ojs.ifsp.edu.br/sinergia/article/download/1306/1081>. Acesso em: 04/09/2025.

PRADO, C. C. S. **CORANTES ALIMENTÍCIOS: CORANTES NATURAIS X CORANTES SINTÉTICOS**. Volta Redonda, RJ 2022. Disponível em: https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/28150/Monografia_Camila%20-%20Corrigido%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 28/05/2025.

Prado, M. A.; Godoy, H. T. **CORANTES ARTIFICIAIS EM ALIMENTOS**. Campinas – SP, 2003. Disponível em: https://www.academia.edu/download/69115378/CORANTES_ARTIFICIAIS_EM_ALIMENTOS20210906-9860-yv1l7y.pdf. Acesso em: 23/05/2025.

Santos, N. S.; Silva, F. L. A. T.; Neta, M. T. S. L. **CORANTES NATURAIS: IMPORTÂNCIA E FONTES DE OBTENÇÃO**. REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i3.1165>. Acesso em: 10/03/2025.

Silva, J. N. R. **PIGMENTOS NATURAIS DE ORIGEM VEGETAL: CLOROFILA, ANTOCIANINAS E BETALAÍNAS ALTERAÇÕES E BENEFÍCIOS**. JOÃO PESSOA – PB, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/24271/1/JNRS09042020.pdf>. Acesso em: 19/03/2025.

Silva, N. C. **CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DO FLAVONOIDE C16H14O3**. Anápolis – GO, 2013. Disponível em: <http://www.bdt.d.ueg.br/handle/tede/256>. Acesso em: 14/04/2025.

Xavier, A. O. **CAROTENOIDES EM LEITE E PRODUTOS LÁCTEOS ADICIONADOS DE CORANTE LUTEÍNA: MÉTODOS ANALÍTICOS, ESTABILIDADE E BIOACESSIBILIDADE IN VITRO.** Campinas, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=462063>]. Acesso em: 13/04/2025.

Zononi, M. V. B.; Yamanaka, H. **Corantes caracterização química, toxicologia, métodos de detecção e tratamento.** Cultura acadêmica UNESP, 2016. Disponível em: <https://wordpress.ft.unicamp.br/wp-content/uploads/sites/33/2017/10/Corantes.pdf>. Acesso em: 28/05/2025.