



Instituto Federal de Brasília  
*Campus Gama*  
Curso superior de Tecnologia em Alimentos

ESTHER CAMARGO DE ARAUJO

APLICAÇÃO DE CORANTES NATURAIS EM BEBIDAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Brasília

2024

ESTHER CAMARGO DE ARAUJO

APLICAÇÃO DE CORANTES NATURAIS EM BEBIDAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Trabalho apresentado ao curso de Tecnologia em Alimentos do Campus Gama do Instituto Federal de Brasília como requisito parcial para a obtenção de título de Tecnólogo em Alimentos

Orientador(a): Adriana de Oliveira Santos Alfani

Brasília

2024

de Araujo, Esther Camargo.

Aplicação de corantes naturais em bebidas: Uma revisão sistemática /  
Esther Camargo de Araujo ; orientação Adriana de Oliveira Santos Alfani. —  
Gama, DF: 2024.

87 f. : il. color. ; 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) — Instituto  
Federal de Brasília, Campus Gama, Gama, DF, 2024.

Orientador(a): Adriana de Oliveira Santos Alfani.

1. Corantes naturais. 2. Bebidas. 3. Viabilidade. 4. Natural colorants. 5.  
Beverages. I. Alfani, Adriana de Oliveira Santos, orient. II. Instituto Federal  
de Brasília. III. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília

PARECER 9/2024 - CDOC/CGEN/DREP/DGGA/RIFB/IFBRASILIA de 16 de setembro de 2024

ESTHER CAMARGO DE ARAÚJO

**APLICAÇÃO DE CORANTES NATURAIS EM BEBIDAS: REVISÃO SISTEMÁTICA**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Tecnologia em Alimentos do *Campus* Gama do Instituto Federal de Brasília como requisito parcial para obtenção de título de Tecnóloga em Alimentos.

Aprovado em 16 de setembro de 2024

BANCA EXAMINADORA

*(Assinado eletronicamente)*

Profª. Dra. Adriana de Oliveira Santos Alfani (Orientadora)

IFB – Campus Gama

*(Assinado eletronicamente)*

Profª. Dra. Mariana Schievano Danelon

IFB - Campus Gama

*(Assinado eletronicamente)*

Msc. Mirtza Fúlvia Maggioli

IFB - Campus Gama

Documento assinado eletronicamente por:

- **Adriana de Oliveira Santos Alfani, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 16/09/2024 15:50:55.
- **Mirtza Fulvia Maggioli, TECNICO DE LABORATORIO AREA**, em 16/09/2024 15:58:47.
- **Mariana Schievano Danelon, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 16/09/2024 15:59:26.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/09/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 561800

Código de Autenticação: 62437fdd28



Campus Gama  
Lote 01, DF 480, None, Setor de Múltiplas  
Atividades, GAMA / DF, CEP 72.429-005  
None

Dedico este trabalho às mulheres da minha vida: Ingrid, Josepha e Joseane.

## **AGRADECIMENTOS**

Em meio a tantas incertezas e durante todo o tempo em que me senti perdida, prevaleceu a certeza de que nunca estive sozinha, e isso, bem como minha fé em Deus e em mim, me fizeram continuar mesmo nos piores dias.

Portanto, agradeço a quem me orientou maravilhosamente ao longo desses anos: Adriana, Débora, Mariana e Mirtza; Aos meus amigos que me deram muito mais do que eu esperei: Giuliane, Mayra, Gabrielly, Gustavo, Vitória, Luana, Thiago, Carol e Loise; e à minha família que nunca me apressou ou se incomodou com os meus “mais seis meses”, em especial meus pais, Ingrid e Ademario, minha avó Josepha e meus tios Adalto e Joseane. Palavras jamais serão suficientes para expressar minha gratidão.

Que este seja apenas o começo.

Quando a ansiedade já me dominava no íntimo, o teu consolo trouxe alívio à minha alma.

— **SL 94:19**

## Resumo

A crescente preocupação com os impactos dos corantes artificiais na saúde humana tem impulsionado estudos sobre o uso de corantes naturais em alimentos e bebidas. Este trabalho avalia a aplicação de corantes naturais, como curcumina, carotenóides, betalaínas, antocianinas, ficocianinas e genipina, em bebidas não alcoólicas, além dos métodos de estabilização desses compostos disponíveis na literatura. O estudo foi realizado através de uma revisão sistemática, que consistiu na busca de palavras chave como “natural colorants AND beverages” em três bases de dados: Scielo, Science Direct e Web of Science, utilizando como critérios de inclusão que os artigos descrevessem a aplicação de algum corante natural em alguma bebida ou algum método de estabilização dos corantes naturais. A pesquisa resultou em 14 artigos, dos quais 9 apresentaram técnicas de estabilização como encapsulamento, campo elétrico pulsado (PEF), adição de biopolímeros, adsorção e copigmentação e 5 apresentaram aplicação de corantes naturais em bebidas. A pesquisa identificou que a instabilidade dos corantes naturais, atribuída às suas propriedades intrínsecas, é um desafio crítico por sua sensibilidade a fatores como temperatura, luz, oxigênio, pH e cátions metálicos, que comprometem a eficiência de sua aplicação em alimentos e bebidas. Os métodos de estabilização demonstraram resultados promissores em ensaios de laboratório, mas sua viabilidade para aplicação industrial em larga escala ainda é limitada. Diante da revisão, foi evidenciado a necessidade de aprimorar os métodos de estabilização de corantes naturais, a fim de permitir sua adoção em escala industrial e sua aplicação em bebidas.

**Palavras-chave:** corantes naturais, bebidas, viabilidade

## **Abstract**

The growing concern about the impacts of artificial colorants on human health has driven studies on the use of natural colorants in food and beverages. This work evaluates the application of natural colorants, such as curcumin, carotenoids, betalains, anthocyanins, phycocyanins, and genipin, in non-alcoholic beverages, as well as the stabilization methods for these compounds available in the literature. The study was conducted through a systematic review, which involved searching for keywords such as “natural colorants AND beverages” in three databases: Scielo, Science Direct, and Web of Science, using inclusion criteria that required the articles to describe the application of a natural colorant in a beverage or a method for stabilizing natural colorants. The research resulted in 14 articles, of which 9 presented stabilization techniques such as encapsulation, pulsed electric field (PEF), addition of biopolymers, adsorption, and copigmentation, and 5 presented the application of natural colorants in beverages. The research identified that the instability of natural colorants, attributed to their intrinsic properties, is a critical challenge due to their sensitivity to factors such as temperature, light, oxygen, pH, and metallic cations, which compromise the efficiency of their application in food and beverages. The stabilization methods showed promising results in laboratory tests, but their viability for large-scale industrial application is still limited. In light of the review, the need to improve methods for stabilizing natural colorants was highlighted, in order to allow for their adoption on an industrial scale and application in beverages.

**Keywords:** natural colorants, beverages, viability

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Figuras

Imagem 1 — Fluxograma de aplicação dos critérios de inclusão.....	34
Imagem 2 — Fotografia retirada do trabalho de Matos et al. (2024) demonstrando a variação de tonalidade de extratos de antocianinas de <i>Clitória Ternatea L.</i> ao longo de 49 dias.....	45
Imagem 3 — Fotografia retirada do trabalho de Guo et al. (2021) demonstrando a variação de tonalidade de extratos de betalainas aplicadas a solução tipo bebida esportiva ao longo de 45 dias.....	46

### Gráficos

Gráfico 1 — Quantificação de estudos de cada pigmento.....	41
Gráfico 2 — Relação de quantidade de citações de cada fator limitante.....	42
Gráfico 3 — Quantificação de estudos de cada técnica.....	49

### Quadros

Quadro 1 — Classificação dos aditivos e suas funções segundo a Instrução Normativa nº 211/2023.....	15
Quadro 2 — Efeitos adversos para a saúde humana de aditivos de diferentes classes, segundo diversos estudos.....	17
Quadro 3 — Corantes artificiais, sua IDA e os efeitos associados.....	20
Quadro 4 — Comparação de tonalidades entre os corantes artificiais e naturais.....	22
Quadro 5 — Limites máximos permitidos por legislação para corantes artificiais em bebidas não alcoólicas gaseificadas e não gaseificadas.....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Artigos que apresentam aplicação de corantes naturais em bebidas/soluções.....	36
Tabela 2 — Artigos que apresentaram estudo de técnicas de estabilização dos corantes naturais.....	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IDA	Ingestão Diária Aceitável
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
INS	International Numbering System
Mg	Miligrama
Kg	Kilograma
PC	Peso corporal
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
IN	Instrução Normativa
PEF	Campo Elétrico Pulsado

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
2.1 Aditivos alimentares: definições, classificação e efeitos à saúde.....	15
2.2 Corantes.....	18
2.3 Pigmentos utilizados como corantes naturais.....	22
2.3.1 Betalaínas.....	23
2.3.2 Genipina.....	24
2.3.3 Carotenóides.....	25
2.3.4 Antocianinas.....	26
2.3.5 Curcumina.....	27
2.3.6 Ficocianina.....	28
2.4 Bebidas.....	29
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>33</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>35</b>
4.1 Fatores limitantes para aplicação dos corantes naturais.....	41
4.1.1 Temperatura.....	42
4.1.2 pH.....	43
4.1.3 Exposição à luz.....	45
4.1.4 Oxigênio.....	46
4.1.5 Presença de metais.....	47
4.1.6 Baixa solubilidade.....	48
4.2 Técnicas para estabilização dos corantes naturais.....	49
4.2.1 Encapsulamento.....	50
4.2.1.1 Pulverização.....	50
4.2.1.2 Liofilização.....	51
4.2.1.3 Liofilização por pulverização.....	52
4.2.1.4 Emulsificação.....	52
4.2.1.5 Emulsões de Pickering.....	53
4.2.1.6 Gelificação.....	53
4.2.1.7 Complexação por polieletrólitos.....	55
4.2.1.8 Coacervação complexa.....	55
4.2.1.9 Microencapsulação.....	56
4.2.1.10 Nanoprecipitação.....	57
4.2.2 Copigmentação.....	58
4.2.3 Adição de biopolímeros.....	59
4.2.4 Adsorção.....	61
4.2.5 Campo elétrico pulsado.....	62
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os aditivos alimentares desempenham um papel essencial na indústria alimentícia, contribuindo para a conservação, aparência, sabor e textura dos produtos. A legislação vigente, que conta com a Resolução nº 778 e a IN nº 211 de 2023 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), os classifica de acordo com sua função tecnológica, impõe concentração máxima permitida nos alimentos ou insumos utilizados e determina a Ingestão Diária Aceitável, que consiste na quantidade máxima a ser acrescentada sem oferecer riscos à saúde humana (Brasil, 2023; Brasil, 2023).

Entre os aditivos alimentares, os corantes artificiais são amplamente utilizados em diversas bebidas não alcoólicas, incluindo refrigerantes, refrescos, xaropes, além de bebidas esportivas (isotônicos) e lácteas (Brasil, 2007).

A principal função tecnológica desses corantes é conferir, intensificar ou restaurar a cor dos produtos alimentícios. Essa aplicação visa atrair o consumidor, uma vez que a cor é uma das características mais influentes na percepção do produto (Brasil, 2023; Prato e Nascimento, 2019). A relação entre cor e sabor é particularmente significativa, pois as cores não apenas embelezam os produtos, mas também sugerem expectativas de sabor. Por exemplo, é comum associar o amarelo a sabores ácidos, o verde ao amargor e o rosa à doçura (Langone e Battistoni, 2021).

Contudo, apesar de cumprir com suas funções tecnológicas e possuir alta estabilidade, baixo custo e alto poder de pigmentação, o uso de corantes artificiais tem gerado preocupações crescentes sobre possíveis impactos negativos na saúde. Pesquisas recentes apontam que o consumo desses aditivos pode estar associado a uma série de reações adversas, que variam de sintomas menores, como náuseas e vômitos, a condições mais graves, como urticária crônica e inflamações nos vasos sanguíneos (Bentes, 2010; Souza et al., 2019; Sámano et al., 2020). Essas preocupações têm impulsionado a busca por alternativas mais seguras.

A substituição de corantes artificiais por naturais é uma questão de crescente interesse, porém, enfrenta desafios significativos. Os corantes naturais, apesar de serem frequentemente considerados como menos prejudiciais, apresentam dificuldades tecnológicas de estabilidade e fixação em comparação com seus equivalentes artificiais. Variáveis como pH, temperatura e

exposição à luz afetam a eficácia dos corantes naturais, o que torna a sua aplicação mais complexa (Bentes, 2010). Portanto, a transição para corantes naturais envolve enfrentar desafios técnicos e de estabilidade.

Neste contexto, os objetivos deste trabalho são conduzir uma revisão sistemática para investigar os fatores que dificultam a utilização de corantes naturais em bebidas não alcoólicas, lácteas e isotônicas, além de identificar os métodos de estabilização existentes que podem viabilizar essa aplicação.

Para alcançar esse objetivo, os seguintes passos serão seguidos:

1. Realizar uma revisão bibliográfica sobre a necessidade de substituição dos corantes artificiais por naturais.
2. Investigar as origens, métodos de extração, tonalidades e benefícios para a saúde dos corantes naturais: curcumina, carotenóides, betalaínas, antocianinas, spirulina e genipina.
3. Realizar revisão sistemática a partir de trabalhos em que foram realizadas aplicações dos corantes naturais em bebidas e trabalhos em que se estudou e/ou aplicou métodos de estabilização dos pigmentos, compilar e tabular os dados encontrados.
4. Discutir os resultados obtidos com base na literatura.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Aditivos alimentares: definições, classificação e efeitos à saúde

A ciência e a tecnologia de alimentos atuam fortemente no processamento e na conservação de produtos de origem vegetal ou animal, objetivando melhorias em sua aparência, textura, sabor, valor nutritivo e aumento de vida de prateleira. Essas melhorias podem ser obtidas a partir do uso de tecnologias ao longo do processamento e pelo uso de aditivos (Campbell-Platt, 2015).

Os aditivos alimentares são definidos por legislação como ingredientes intencionalmente adicionados, sem propósito de nutrição e com objetivo de modificar as características físicas, química, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenamento, transporte ou manipulação de um alimento. A Instrução Normativa nº 211/2023 da ANVISA, que dispõe do regulamento técnico de aditivos alimentares os classifica por categorias, apresentando suas definições e funções, informações dispostas no quadro 1 (Brasil, 2023).

**Quadro 1** - Classificação dos aditivos e suas funções segundo a Instrução Normativa nº 211/2023

<b>Aditivos</b>	<b>Funções</b>
Acidulante	Aumenta a acidez ou confere um sabor ácido aos alimentos
Agente de massa	Proporciona o aumento de volume e/ou da massa dos alimentos, sem contribuir significativamente para o valor energético do alimento
Antiespumante	Previne ou reduz a formação de espuma.
Antiumectante	Reduz as características higroscópicas dos alimentos e diminui a tendência de adesão, umas às outras, das partículas individuais.
Antioxidante	Retarda o aparecimento de alteração oxidativa no alimento
Corante	Confere, intensifica ou restaura a cor de um alimento.
Conservante	Impede ou retarda a alteração dos alimentos provocada por microrganismos ou enzimas.
Edulcorante	Substância diferente dos açúcares que confere sabor doce ao alimento

Espessantes	Aumenta a viscosidade de um alimento
Geleificante	Confere textura através da formação de um gel
Estabilizante	Torna possível a manutenção de uma dispersão uniforme de duas ou mais substâncias imiscíveis em um alimento
Aromatizante	Substância ou mistura de substâncias com propriedades aromáticas e/ou sápidas, capazes de conferir ou reforçar o aroma e/ou sabor dos alimentos.
Umectante	Protege os alimentos da perda de umidade em ambiente de baixa umidade relativa ou que facilita a dissolução de uma substância seca em meio aquoso
Regulador de acidez	Altera ou controla a acidez ou alcalinidade dos alimentos
Emulsificante	Torna possível a formação ou manutenção de uma mistura uniforme de duas ou mais fases imiscíveis no alimento
Melhorador de farinha	Substância que, agregada à farinha, melhora sua qualidade tecnológica para os fins a que se destina
Realçador de sabor	Ressalta ou realça o sabor/aroma de um alimento
Fermento químico	Substância ou mistura de substâncias que liberam gás e, desta maneira, aumentam o volume da massa.
Glaceante	Substância que, quando aplicada na superfície externa de um alimento, confere uma aparência brilhante ou um revestimento protetor.
Agente de firmeza	Torna ou mantém os tecidos de frutas ou hortaliças firmes ou crocantes, ou interage com agentes geleificantes para produzir ou fortalecer um gel.
Sequestrantes	Forma complexos químicos com íons metálicos.
Estabilizante de cor	Estabiliza, mantém ou intensifica a cor de um alimento.
Espumante	Possibilita a formação ou a manutenção de uma dispersão uniforme de uma fase gasosa em um alimento líquido ou sólido.

Fonte: Adaptado de Brasil, (2023)

A legislação também define que para serem aplicados nos alimentos, os aditivos devem atender aos princípios fundamentais: serem aprovados em avaliação toxicológica; não interferir sensível e desfavoravelmente no valor nutritivo do alimento; não serem utilizados para encobrir falhas de processamento/manipulação ou adulteração de matéria-prima ou do

produto acabado; não induzir o consumidor ao erro; ser autorizado por legislação específica; ter seu uso limitado à menor quantidade possível para alcançar o efeito desejado, para que sua ingestão não supere os valores de Ingestão Diária Aceitável (IDA) (Brasil, 2023).

Apesar das vantagens tecnológicas de sua aplicação e do controle realizado pelo órgão de regulação, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o consumo de aditivos alimentares é constantemente atrelado a diversos problemas de saúde. Souza e colaboradores (2019) desenvolveram em seu trabalho uma revisão a respeito do impacto dos aditivos alimentares na saúde humana. Sámano et al. (2020) indicaram que os principais aditivos alimentares associados às reações de hipersensibilidade são antioxidantes, corantes e conservantes. Alves e Queiroz (2023) apresentaram dados sobre os antioxidantes e os edulcorantes, e realizaram um recorte a respeito dos corantes, citando principalmente a tartrazina (quadro 2).

Quadro 2 - Efeitos adversos para a saúde humana de aditivos de diferentes classes, segundo diversos estudos.

<b>Aditivos</b>	<b>Classe</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Fonte</b>
Ácido benzóico	Conservante	Asma	Souza et al., 2019
Sulfitos	Antioxidantes	Hipotensão, náusea, irritação gástrica, hiperatividade, diarreia, ataques asmáticos, urticária e anafilaxia	Souza et al., 2019
Nitritos e nitratos	Conservantes/ intensificadores de cor	Aumento da pressão arterial, ação vasodilatadora, cefaléia, desconforto gastrointestinal, toxicidade em doses elevadas, doenças no aparelho circulatório, tumores de esôfago, estômago, reto, mama, ovário e cólon	Souza et al., 2019
Aspartame	Adoçante	Dermatite de contato	Sámano et al., 2020

Glutamato monossódico	Intensificador de sabor	Síndrome do restaurante chinês (Sintomas: palpitações, sudorese, náusea, vômito, dor de cabeça, dor abdominal, ardência no pescoço, braços e tronco, tensão em músculos faciais, dor de cabeça e lacrimejamento) e asma brônquica	Sámano et al., 2020; Alves e Queiroz, 2023
Lecitina	Emulsificante	Dermatite atópica, asma ocupacional, alergia alimentar a ovo e soja e urticária crônica	Sámano et al., 2020; Alves e Queiroz, 2023
Tartrazina, amaranto, vermelho ponceau, eritrosina	Corantes	Asma, rinite e hipersensibilidade que pode desencadear urticária e angioedema	Alves e Queiroz, 2023

Fonte: Elaborado pelo autor

## 2.2 CORANTES

Os corantes são substâncias que conferem, intensificam ou restauram a cor de alimentos e bebidas. Classificados pelo Sistema Brasileiro de Categorização de Alimentos desenvolvido pela ANVISA, podem ser divididos em três grandes grupos, que são os caramelos, produzidos a partir do processo de caramelização do açúcar; inorgânicos, que possuem origem mineral; e orgânicos, que são subdivididos em naturais, sintéticos, artificiais e sintéticos idênticos aos naturais, e se diferenciam por sua origem, sendo que os naturais são obtidos de fontes naturais e os demais produzidos sinteticamente. Os corantes artificiais, em geral, não possuem equivalentes naturais, enquanto os sintéticos e sintéticos idênticos aos naturais são derivados de compostos orgânicos, podendo ou não ter semelhança com os naturais (Brasil, 2023; Ferreira et al., 2022).

A aplicação de corantes pela indústria alimentícia visa atender às necessidades e preferências dos consumidores, que avaliam a aparência do alimento em seu primeiro contato (Fennema, 2017). A literatura indica que, enquanto o sabor pode desestimular o consumidor a repetir a compra de um alimento ou bebida, a aparência pode impedir sua aquisição na primeira experiência (Souza, Oliveira e Souza, 2023).

Em estudo realizado por Langone e Battistoni (2021) foi realizada uma análise sensorial com quatro amostras do mesmo café servidas em copos de diferentes colorações. Os resultados mostraram que os provadores associaram as cores dos copos a sabores distintos: o amarelo foi relacionado ao ácido, o verde ao amargo e o rosa à doçura. Surpreendentemente, ao final dos testes, os provadores não acreditavam que as amostras de café eram, de fato, as mesmas, o que ressalta a influência da cor na percepção do sabor e na experiência do consumidor.

É comum na indústria de alimentos que a cor dos alimentos seja comprometida durante seu processamento, ou que os ingredientes utilizados não proporcionem a coloração desejada. Nesses casos, a adição de corantes torna-se necessária para garantir a atratividade visual do produto (Prato e Nascimento, 2019), e atualmente, os corantes artificiais são amplamente utilizados na indústria alimentícia. Isso se deve principalmente a sua alta estabilidade a fatores como luz, pH, oxigênio e temperatura, ao seu baixo custo e ao seu alto poder de pigmentação (Bentes, 2010).

A legislação vigente estabelece critérios para o uso desses corantes, listando os permitidos para consumo humano, com especificações sobre as concentrações máximas e as condições de uso. Além disso, a RDC da Anvisa nº 778/2023 determina que todos os corantes utilizados em alimentos devem passar por avaliação toxicológica para garantir sua segurança. A rotulagem adequada dos produtos alimentícios também é obrigatória, devendo informar claramente o tipo de corante utilizado, conforme as diretrizes estabelecidas pelo órgão regulamentador (Brasil, 2023).

No quadro 3 é possível observar alguns dos principais corantes artificiais utilizados pela indústria, seu índice de ingestão diária (IDA) e os principais sintomas adversos atrelados a eles.

Quadro 3- Corantes artificiais, IDA e os efeitos adversos associados ao seu consumo

Corante/INS	IDA (MG/KG PC*)	Aplicações na indústria	Sintomas/Doenças
Tartrazina (102)	7,5	Laticínios, licores, fermentados, produtos de cereais, iogurtes e refrigerantes.	Predisposição a reações alérgicas, dermatite atópica, urticária crônica, redução da imunidade, hiperatividade, aumento da quantidade de eosinófilos no sangue, inibição da síntese de tromboxano, urticária, rinite, asma, bronquite e angioedema.
Amarelo crepúsculo (110)	2,5	Cereais, balas, caramelos, coberturas, xaropes, laticínios, gomas de mascar e refrigerantes.	Reações alérgicas graves, urticária crônica, inibição da síntese de tromboxanos, complicações nos vasos sanguíneos, manchas na pele e problemas gástricos.
Vermelho 40 (129)	7	Alimentos à base de cereais, balas, laticínios, recheios, sobremesas, xaropes para refrescos, refrigerantes e geléias.	Alterações alérgicas na pele, problemas respiratórios e hiperatividade.
Escarlate/Ponceau 4R (124)	4	Frutas em caldas, laticínios, xaropes de bebidas, balas, cereais, refrescos e refrigerantes.	Adenomas hepáticos, urticária crônica, vasculite, anafilaxia.
Azul brilhante (133)	5	Laticínios, balas, cereais, gelatinas, licores e refrescos.	Eczema, asma e hiperatividade em crianças, e deve ser evitado por pessoas que possuem alergia às purinas.
Eritrosina (127)	0,1	Gelatinas em pó, laticínios, refrescos e geléias.	Aumento do hormônio tireoidiano na corrente sanguínea se consumido em altas quantidades, o que pode desencadear hipotireoidismo e demais complicações; fotossensibilidade; rinite alérgica; urticária crônica.
Indigotina (132)	5	Gomas de mascar, iogurte, balas e refrescos artificiais em pó.	Náuseas, vômitos, hipertensão, alergias e problemas respiratórios.
Amaranto (123)	0,5	Preparados líquidos, xaropes, laticínios, geléias e balas.	Atividade carcinogênica em estudos experimentais. Proibido nos Estados Unidos e Japão.
Azul Patente V (131)	15	Bebidas isotônicas, gelatinas, balas e chicletes.	Não encontrado na literatura.

Verde rápido (143)	10	Bebidas à base de chá verde, balas e chicletes.	Não encontrado na literatura.
Azorrubina (122)	4	Alimentos com sabor artificial “frutas vermelhas”	Não encontrado na literatura.

\*Mg: Microgramas; Kg: Quilogramas; PC: Peso corpóreo

Fonte: Adaptado de: Souza et al., 2019; Sámano et al., 2020; Prado e Godoy, 2007; Veloso, 2012; Ostroski, Bariccatti e Lindino, 2005

Nere-Numa et al. (2020) apontam que a relação entre os corantes artificiais e os problemas de saúde gerou uma grande procura por corantes naturais, que têm por vantagens suas propriedades bioativas, como a genipina, cujos efeitos benéficos incluem atividade anti oxidante e anti-inflamatória. Gamage, Goh e Choo (2024) citaram atividade antioxidante em antocianinas, Brito et al. (2021) citaram ação antioxidante, antiinflamatória, anti-obesidade de clorofilas e efeitos associados à diminuição da incidência de doenças crônico-degenerativas por antocianinas.

Filipini et al. (2022) também citam o poder antioxidante dos corantes naturais, cuja importância se dá por seu papel na neutralização dos radicais livres, moléculas instáveis que se formam naturalmente e reagem com DNA, RNA, proteínas e outras substâncias oxidáveis, podendo promover danos que contribuem para o envelhecimento das células e para a ocorrência de doenças degenerativas como câncer e artrite.

Apesar de apresentar benefícios para a saúde e estar disponíveis em diversas espécies vegetais fontes de antocianinas, betalaínas e carotenóides (Nere-Numa et al., 2020), os corantes naturais apresentam fatores limitantes para sua utilização, como a dificuldade do processo de extração em grande escala, que costuma ser trabalhoso, demorado, difícil de padronizar e de alto custo; o baixo rendimento; o baixo poder de tingimento; a possibilidade de interferência nos sabores, aromas e pH dos alimentos e bebidas; além de sua instabilidade a fatores como luz, pH, exposição ao oxigênio e temperatura (Brito et al., 2021; Ferreira et al., 2022).

A Resolução Da Anvisa nº 44 de 1977 dispõe dos corantes naturais tolerados para aplicação em alimentos e bebidas. Desta lista, os corantes estudados neste trabalho, por sua semelhança com os tons de corantes artificiais conforme pode ser observado no quadro 4, serão: Curcumina, carotenóides, betalaínas e antocianinas (Brasil, 1977).

Além destes, também cita-se a Spirulina, que é referida na Instrução Normativa da Anvisa IN nº 28, de 26 de julho de 2018 como constituinte de suplemento alimentar, mas possui em sua composição carotenóides e clorofilas (Brasil, 2018; Ferreira, 2020; Borba e Camargo, 2018). Julgou-se importante citar, ainda, a genipina, que, embora ainda não tenha regulamentação, vem sendo estudada como fonte de pigmento azul. A inclusão dessas duas últimas fontes de corantes naturais se justifica pela escassez de tonalidades azuis entre os pigmentos já reconhecidos na legislação (Renhe et al., 2009).

Quadro 4 - Comparação de tonalidades entre os corantes artificiais e naturais

Artificiais	Tonalidade	Naturais
Ponceau 4R; Azorrubina; Amaranto; Eritrosina; Vermelho 40.		Antocianina; Betalaínas.
Tartrazina; Amarelo crepúsculo; Amarelo de Quinoleína.		Curcumina; Carotenoides.
Indigotina; Azul brilhante; Azul patente.		Spirulina; Genipina.

Fonte: Autora

### 2.3 PIGMENTOS UTILIZADOS COMO CORANTES NATURAIS

Os corantes naturais podem ser derivados de fontes vegetais e de cianobactérias. Nos vegetais, atuam como metabólitos primários e secundários. Os metabólitos primários, que são os carboidratos, proteínas, ácidos nucleicos e orgânicos, participam dos processos biológicos como crescimento, desenvolvimento e reprodução, e sintetizam os metabólitos secundários, que não se relacionam diretamente com os processos biológicos básicos das plantas, mas desempenham funções como proteção contra insetos, adaptação a condições ambientais adversas como temperatura, luz e pH e atração de polinizadores (Escher, 2019; Vizzotto et al., 2010).

Os grupos de pigmentos dos metabólitos secundários desempenham papéis vitais nas plantas, tanto na fotoproteção quanto na atração de polinizadores. Os carotenóides, por exemplo, são pigmentos essenciais do grupo de tetraterpenos que dissipam a luz na forma de calor, protegendo as plantas, ao mesmo tempo em que atraem polinizadores (Meyer et al., 2013). A coloração das pétalas das flores, por sua vez, pode ser atribuída à presença de antocianinas, antoxantinas ou betalaínas, que se acumulam nos vacúolos. Além disso, carotenos e xantofilas são encontrados nos cromoplastos ou cloroplastos, localizados no citoplasma. As células que contêm esses pigmentos, geralmente estão situadas na epiderme das plantas (Lopes-Filho et al., 2013).

Bem como nos vegetais, a cianobactéria conhecida spirulina ou alga verde-azulada possui em sua composição pigmentos-proteína chamados de ficobiliproteínas que possuem funções vitais em seu funcionamento, atuando na captação de luz para realização da fotossíntese (Santos, 2023).

### 2.3.1 Betalaínas

As betalaínas são pigmentos que fazem parte do grupo de compostos nitrogenados, substâncias que atuam na defesa química anti-herbivoria das plantas. Uma das funções mais importantes das betalaínas é a neutralização do estresse oxidativo. Em situações de estresse, como exposição à luz intensa, poluentes ou pragas, as plantas podem gerar um excesso de radicais livres. As betalaínas ajudam a mitigar esse problema equilibrando a ação dos oxidantes a partir do fortalecimento de sistemas de defesa antioxidante da planta (Esatbeyoglu, 2024). Para a saúde humana, as betalaínas oferecem como benefício sua ação antioxidante (Volp, Renhe e Stringueta, 2009).

Estes compostos são armazenados nos vacúolos das células de um número limitado de espécies vegetais da ordem Caryophyllales como beterraba vermelha (*Beta vulgaris*), pera espinhosa (*Opuntia ficus-indica*) ou fruta do cacto, pitaya (*Hylocereus spp*), quinoa (*Chenopodium quinoa*) e acelga suíça (*Beta vulgaris subsp. cicla*), assim como em plantas ornamentais como quatro horas (*Mirabilis jalapa*), crista de galo (*Celosia argentea*), rosa musgo (*Rosa spp.*) e amaranto (*Amaranthus spp.*) (Rodrigues, 2021). As betalaínas se dividem em betacianinas de tonalidades vermelha e roxa, conhecidas como betanina e

betacianina; e betaxantinas, que conferem cor amarela e se dividem em vulgaxantina e indicaxantina. Diferenciam-se por sua fonte e composição química (Quintana, 2021).

Os pigmentos provenientes das betalainas têm como características alta solubilidade em água e estabilidade relativa em ampla faixa de valores de pH (Gonçalves, 2018). Sua extração para a aplicação em alimentos é comumente realizada por solventes, com água ou etanol/metanol em concentrações de 20 a 50% v/v sendo as opções mais utilizadas. Os solventes alcoólicos são preferidos devido à sua maior capacidade de extração (Schiozer e Barata, 2013).

### 2.3.2 Genipina

O jenipapo (*Genipa americana L.*), fruto do jenipapeiro, no estado de maturação verde, fornece um pigmento azul semelhante ao corante sintético índigo carmim, com estabilidade que se mantém em uma faixa de pH ácido (Bentes, 2014; Matos et al., 2024). Este pigmento é parte dos terpenos, grupo mais numeroso de metabólitos secundários.

A ocorrência deste pigmento se dá pela presença de iridóides em sua composição. Dentre os iridóides totais do jenipapo, o principal é o geniposídeo, que compõe cerca de 70% do fruto. Ao longo de seu amadurecimento, o geniposídeo passa por hidrólise, causada pela enzima  $\beta$ -glucosidase, também presente no fruto. Quando este composto é "quebrado", resulta na genipina, que corresponde a até 3% do conteúdo total do jenipapo e que reage com aminas primárias do fruto, especialmente quando submetido a cozimento ou demais processos de extração, gerando o corante azul (Bellé, 2017).

Apesar de a genipina ser composto majoritário no endocarpo do jenipapo maduro (38%), a ocorrência de pigmentação azul só se dá no fruto verde, pois ao longo de seu amadurecimento há redução de mais de 90% do teor de iridóides (Bentes, 2014).

Hackenhaar (2021) indicou em seu trabalho que a genipina possui propriedades anti-inflamatórias, antifúngicas, hepatoprotetoras e antioxidantes, que trazem benefícios para a saúde humana. Atualmente este composto não é amplamente comercializado, no entanto é possível encontrar na literatura diversos trabalhos cujo objetivo foi a extração do pigmento azul do jenipapo verde.

Renhe et al. (2009) realizaram a extração a partir de solução aquosa de etanol a 50% e solução aquosa de etanol a 95%. Em outro trabalho, foi utilizado como solvente a água destilada com pH 7 (Andrade et al., 2017). Andrade et al. (2016) obtiveram o corante por oxidação induzida a partir da secagem. Silva et al., (2020), por sua vez, com uma metodologia mais simplificada extraíram o pigmento a partir do cozimento da polpa batida em liquidificador com água, este método, no entanto, apresentou menor controle das condições de extração em comparação com os demais.

### 2.3.3 Carotenóides

Também do grupo de terpenos, os carotenóides são conhecidos por seus benefícios à saúde humana. Bergmann (2022) cita como fonte de pró-vitamina A, como o  $\beta$ -caroteno, e com função de proteção da pele contra a radiação ultravioleta (UV), que é indutora do estresse foto-oxidativo.

Estes compostos possuem em sua estrutura ligações duplas conjugadas chamadas de cromóforos. Os cromóforos são grupos de átomos em uma molécula que são responsáveis pela interação com a luz visível que possibilita que os carotenóides absorvam as cores, e conseqüentemente sejam corantes naturais. Nas plantas atuam como pigmento acessório, tanto na captação da luz quanto na proteção das células vegetais durante a fotossíntese. Sua presença se dá nos cloroplastos dos tecidos verdes, podendo ser mascarada pela presença das clorofilas (Schiozer e Barata, 2013; Streit et al., 2005).

Os carotenos e as xantofilas são os dois grandes grupos de classificação dos carotenóides. A Resolução nº 44 de 1977 estabelece que para aplicação em alimentos, os corantes permitidos do grupo de carotenos são: alfa, beta e gama-caroteno; bixina e norbixina; capsantina e capsorubina; e licopeno; já os corantes do grupo de xantofilas são: flavoxantina e luteína; criptoxantina, rubixantina, violaxantina, rodoxantina e cantaxantina (Brasil 1997).

A variação de tons geralmente é de laranja, amarelo e vermelho, e suas fontes mais comuns são frutas e vegetais, como cenoura, tomate, laranja, manga, milho, abóbora e mamão (Rodrigues, 2021).

A extração dos corantes dos carotenóides em sua maioria se dá a partir da aplicação de solventes, sendo o processo realizado de forma rápida, visando restringir degradações

oxidativas e enzimáticas (Schiozer e Barata, 2013). Zeraik e Yariwake (2008) utilizaram a técnica de maceração com éter de petróleo como solvente para extrair betacaroteno de cenouras, obtendo resultado satisfatório. Nellis, Correia e Spoto (2017) realizaram a extração de licopeno e betacaroteno em mini tomates desidratados (*Sweet Grape*) utilizando as combinações: acetona/éter de petróleo, acetona/clorofórmio e acetona/hexano. Obtiveram bons resultados utilizando a acetona como extrator inicial seguido do solvente hexano.

### **2.3.4 Antocianinas**

As antocianinas são flavonóides, compostos conhecidos por suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias em seres humanos e componentes precursores essenciais dos compostos fenólicos, que são produzidos pelas plantas através da sintetização de aminoácidos destinados tanto aos seus metabólitos primários quanto aos secundários (Meyer et al., 2013).

São responsáveis por uma rica diversidade de pigmentos em plantas, que não apenas conferem cores vibrantes, mas também atraem polinizadores e dispersores de sementes. Seus pigmentos variam amplamente, abrangendo tons que vão do azul ao violeta e roxo, até tons de magenta, vermelho e laranja (Rezende et al., 2016; Teixeira, Stringheta e Oliveira, 2008).

A disponibilidade desses pigmentos se dá em frutas como uva, mirtilo, cereja e morango, vegetais como cebolas roxa, beterraba, batatas doce, milho roxo, repolho roxo e rabanetes e nas flores hibisco vermelho, flor rosa, alecrim azul, violeta (Rodrigues, 2021; Gomes et al., 2022). Diferentes tipos de antocianinas derivam de três pigmentos principais: pelargonidina e cianidina, responsáveis pelos tons de vermelho e delphinidina com tons de violeta e azul (Março, Poppi e Scarminio, 2008).

As antocianinas se destacam por sua atividade antioxidante (Carvalho et al., 2014) e oferecem diversos benefícios à saúde. Elas podem ajudar a prevenir problemas como aterosclerose, doença isquêmica e disfunção endotelial, além de doenças neurodegenerativas como Alzheimer e Huntington. Também são benéficas em condições relacionadas à diabetes mellitus, como a cardiomiopatia diabética, e em casos de doenças cancerígenas e pulmonares (Gomes et al., 2022).

Sua extração, bem como dos outros pigmentos, geralmente é alcoólica, Valduga et al. (2008), por exemplo, utilizaram o etanol como solvente, extraíndo 300mg de antocianinas a cada 100g de bagaço de uva da cultivar "Isabel" (*Vitis labrusca*) a uma temperatura de 35° C.

Em seguida, o corante seco foi por atomização, e encapsulado utilizando proporções iguais de maltodextrina e goma arábica.

### **2.3.5 Curcumina**

A curcumina é um polifenol, subgrupo dos compostos fenólicos, presente na cúrcuma (*Curcuma longa L.*), conhecida por turmeric ou açafrão-da-índia. A planta trata-se de um rizoma, caules subterrâneos que crescem horizontalmente e armazenam nutrientes, permitindo que a planta sobreviva em condições adversas (Codevilla et al., 2015; Pereira, 2019).

As funções da curcumina estão diretamente relacionadas à defesa da planta, atuando predominantemente na inibição do crescimento de fungos. Isso se deve à sua capacidade de romper as membranas das células fúngicas, inibindo tanto a atividade de crescimento quanto a germinação dos esporos. Além disso, a curcumina oferece proteção à planta por meio de sua habilidade de absorção dos raios UV (Almeida, 2017; Qi et al., 2024).

Em seres humanos, o consumo da curcumina está associado à ação antioxidante, digestiva, anti-inflamatória, anti parasitária e cicatrizante, inibição de gases intestinais, regulação do colesterol, estimulação do sistema imunológico, e proteção contra diversos tipos de câncer por ser potente inibidor de mutagênese e carcinogênese induzidas (Ferreira et al., 2022; Volp, Renhe e Stringueta, 2009).

O pigmento proveniente da curcumina possui coloração que vai desde o amarelo-brilhante até o laranja-escuro. Além da coloração, a curcumina também confere sabor, o que pode limitar sua aplicação (Pontes, 2003).

A respeito de sua extração, três técnicas foram testadas por Paulucci (2006): Soxhlet, utilizando etanol a 70% e 96%, maceração dinâmica, agitando o material vegetal no solvente etanol 70% e 96% e cozimento. Obteve-se como resultado um maior rendimento de curcuminóides na técnica de Soxhlet.

### **2.3.6 Ficocianina**

A spirulina faz parte do grupo das microalgas, sendo mais especificamente uma cianobactéria, também conhecida como alga verde-azulada. É majoritariamente composta por proteínas, com cerca de 74%, e parte de suas substâncias são os compostos pigmento-proteína chamados de ficobiliproteínas (Santos, 2023).

Esses compostos são caracterizados pela sua hidrossolubilidade, pela ligação com grupos cromóforos e pela capacidade de fluorescência. As ficobiliproteínas atuam como "pigmentos acessórios", colaborando na captação de luz durante a fotossíntese. Elas ampliam o espectro de luz absorvida, aumentando, assim, a eficiência energética do processo fotossintético. Essa colaboração é essencial, pois a clorofila, também presente nesses organismos, absorve energia apenas em uma faixa limitada do espectro luminoso (Ores, 2014).

As ficobiliproteínas possuem três principais grupos: as aloficocianinas, que possuem coloração azul esverdeada, as ficoeritrinas, que possuem coloração vermelho rosada e as ficocianinas, com coloração azul escuro. A predominância de cada um desses pigmentos é diferente em cada espécie. As algas vermelhas apresentam maior quantidade de ficoeritrina, as cianobactérias apresentam maior quantidade de ficocianinas e as aloficocianinas estão em menor quantidade em ambas as espécies (Cottas, 2019).

Parte da composição da spirulina é constituída dos pigmentos: clorofila, carotenóides, ficocianina e ficoeritrina (Athiyappan, Routray e Paramasivan 2024). A ficocianina está em maior quantidade, com cerca de 17,2%, enquanto a clorofila corresponde a cerca de 1,2% (Ferreira, 2020). Os carotenóides são compostos em 80% de  $\beta$ -caroteno (Borba e Camargo 2018). A composição da spirulina proporciona propriedades funcionais e nutracêuticas, que de acordo com o trabalho de Oliveira et al. (2013) vão desde a diminuição da deficiência crônica de vitamina A por conta da presença de  $\beta$ -caroteno, a melhorias de pacientes com anemia, além de apresentar efeitos antioxidantes, prebióticos e antidiabetogênicos.

A spirulina é cultivada em reservatórios de água, e o processo de extração do corante azul se inicia na coleta das microalgas, seguida da ruptura de suas paredes celulares, que pode ser feita a partir do seu congelamento e descongelamento; com o uso de moinho de bolas; ou a partir da homogeneização por maceração, por exemplo. Os métodos produzem a biomassa de spirulina, e dela, a ficocianina pode ser extraída utilizando solventes, geralmente o tampão fosfato salino com pH 7, mas também a água destilada e o etanol. Por fim, é comum que se realize a secagem para obter o corante em pó. O corante de spirulina - ficocianina - possui boa solubilidade em água, alta estabilidade na faixa de pH 5-7, coloração azulada e fluorescência (Teixeira, 2022; Meireles, 2018)

## 2.4 BEBIDAS

Parte das bebidas não alcoólicas leva em sua composição corantes artificiais. Além delas, as bebidas lácteas e esportivas - também conhecidas como isotônicos - também são produtos alvo da aplicação desses aditivos. Esta aplicação comum, no entanto, não é facilmente realizada pelos corantes naturais, visto que fatores como pH, embalagem e processamento podem interferir na estabilidade dos pigmentos.

Os refrigerantes, que possuem pH ácido, que varia entre 2,7 e 3,5 (Brasil, 2009; Souto et al., 2011) e não possuem em seu processamento aplicação de altas temperaturas após a adição dos corantes (Bet, 2019). As embalagens mais comuns utilizadas em refrigerantes são alumínio, vidro e PET (Polietileno Tereftalato), as duas últimas tendo como característica a transparência de seu material, que permite interações do conteúdo com fatores externos como a luz e a PET permitindo trocas gasosas ao longo do tempo de armazenamento (Alves, 2014).

Dias (2022) descreve que os corantes estão entre os aditivos mais utilizados principalmente nos refrigerantes de sabor laranja e uva, nos quais são realizadas misturas de diferentes tons para atingir a cor desejada. Celestino (2010) complementa indicando que os corantes mais utilizados neste tipo de bebida são “tartrazina (amarelo), amarelo crepúsculo (alaranjado), vermelho 40, azul brilhante FCF, amaranto, bordeaux S (vermelho) e caramelo I, sendo as concentrações máximas, respectivamente, de 0,01; 0,01; 0,01; 0,01; 0,005; 0,005 g/100mL e sem teor máximo estabelecido”.

Os refrescos possuem um processamento relativamente simples: as as matérias primas utilizadas são pulverizadas e recebidas prontas para as etapas de pesagem e mistura dos ingredientes, seguidas do acondicionamento em silos e envase, o produto não passa por tratamento térmico, visto que o refresco em pó obtido possui percentual de umidade baixíssimo e não apresenta riscos significativos de contaminação microbiológica. Sua embalagem convencional não permite interação com luz ambiente ou entrada de oxigênio (Lima et al, 2023; Santana, 2020).

Como característica final do produto, pode-se citar seu baixo pH, cujos valores encontrados por Catão, Silva e Oliveira (2013) variam entre 1,81 e 2,16, a depender dos sabores analisados. O pH ácido pode ser justificado pela adição de conservantes e flavorizantes como ácido cítrico, tartárico, málico e fosfórico (Hanan e Marreiro, 2009). Rodrigues (2021) afirma que os refrescos são uma das categorias de alimentos e bebidas que

mais contribuem para o consumo de corantes artificiais, principalmente os Vermelho Allura, Azul Brilhante e Amaranato.

No processamento de xaropes de cupuaçu realizado por Marinho, Ishikawa e Andrade (2009), a polpa in natura das frutas foi adicionada em calda simples de sacarose, pasteurizada por 10 minutos a 80°C, e acondicionada em garrafas plásticas. Obtiveram valores de pH de 3,41 e 2,51 para os xaropes de cupuaçu e camu camu respectivamente, os valores se aproximaram do pH das frutas: 3,90 e 2,88. Não foram adicionados corantes naturais ou artificiais à formulação. Não se encontrou na literatura o processamento industrial de xaropes.

Monteiro et al. (2013) e Takahashi, Yabiku e Masiglia (1988) indicam em seus trabalhos a presença de corantes artificiais na lista de ingredientes de xaropes de groselha. Na ficha técnica do xarope de groselha da marca Minalto (Viniquer), estão dispostos o valor 4,6 para o pH e a presença dos corantes Carmoisina E 122 e Caramelo Sulfito E-150d. A embalagem utilizada é transparente e tende a ser permeável.

A RDC da Anvisa nº 5 de 2007 regulamenta os limites máximos do uso de aditivos para bebidas não alcoólicas, os valores ficam entre 0,001 e 0,1, a depender do tipo de corante, conforme pode ser observado no quadro 5 (Brasil 2007).

Quadro 5- Limites máximos permitidos por legislação para corantes artificiais em bebidas não alcoólicas gaseificadas e não gaseificadas.

Função/Nome	Limite máximo (g/100ml)
Tartrazina	0,01
Amarelo crepúsculo FCF	0,01
Azorrubina	0,005
Ponceau 4R	0,005
Eritrosina	0,001
Vermelho 40	0,01
Azul patente V	0,005
Indigotina	0,01
Azul Brilhante FCF	0,01
Verde rápido FCF	0,005

Amarelo de Quinoleína	0,01
Amaranto/Bordeaux S	0,005

Fonte: Adaptado de Brasil (2007)

No processamento das bebidas lácteas disponibilizado pelo Sebrae (2008) observa-se que a adição dos aromatizantes e corantes no preparo ocorre após a etapa de pasteurização, o que impede a degradação destes compostos. Hanan e Marreiro (2009), Gerhardt et al. (2023) e Santos e Rusciolelli (2023) encontraram valores próximos de pH para bebidas lácteas, entre 3,9 e 4,7.

Os tipos de embalagens mais comuns para envase de produtos lácteos incluem: plástico rígido (soprada, injetada e termoformada), embalagem de plástico flexível monocamada, embalagem de plástico flexível multicamada e embalagem cartonada, algumas delas permitindo interação com luz e oxigênio. (Instituto avançado do plástico, 2024)

Quanto à utilização de corantes artificiais em bebidas lácteas, os autorizados são: Amarelo crepúsculo FCF, Azorrubina, Ponceau 4R, Vermelho 40, Azul patente V, Indigotina, Azul Brillhante FCF, Verde rápido FCF. O limite máximo permitido é igual para todos: 0,005 g/100ml (Brasil 2005). Em um levantamento da presença de aditivos em iogurtes e bebidas lácteas fabricados por uma empresa de grande porte no Brasil através da leitura dos rótulos dos produtos, Silva (2022) encontrou o valor de 77,8% (de 18 rótulos lidos) de bebidas lácteas com corantes artificiais em sua composição.

Os suplementos hidroeletrólitos para atletas comumente conhecidos como “isotônicos” ou “bebidas esportivas”, têm como característica seu pH ácido, em valores por volta de 3,4. Seu processamento conta com a etapa de tratamento térmico após a mistura dos ingredientes, o que faz com que os corantes sejam submetidos a altas temperaturas (85 °C). Seu envase é realizado em embalagem plástica que possibilita a interação do conteúdo com a luz ambiente. Atualmente utiliza-se corantes artificiais para alcançar os tons desejados (Petrus e Faria, 2005; Xavier, 2013).

Piasini et al. (2014) avaliaram em seu trabalho três marcas diferentes de isotônico sabor laranja. Todas utilizavam como corante a tartrazina, os valores estavam dentro do limite máximo permitido. Rodrigues (2015) encontrou valores de 57,7% do limite para tartrazina em isotônicos sabor frutas cítricas e 49,4% do corante em isotônicos sabor laranja. Além disso, encontrou valor significativo de formulações que utilizavam dois tipos de corantes (5 de 20

isotônicos analisados) e apontaram a frequência de 95% no uso de corantes artificiais em isotônicos.

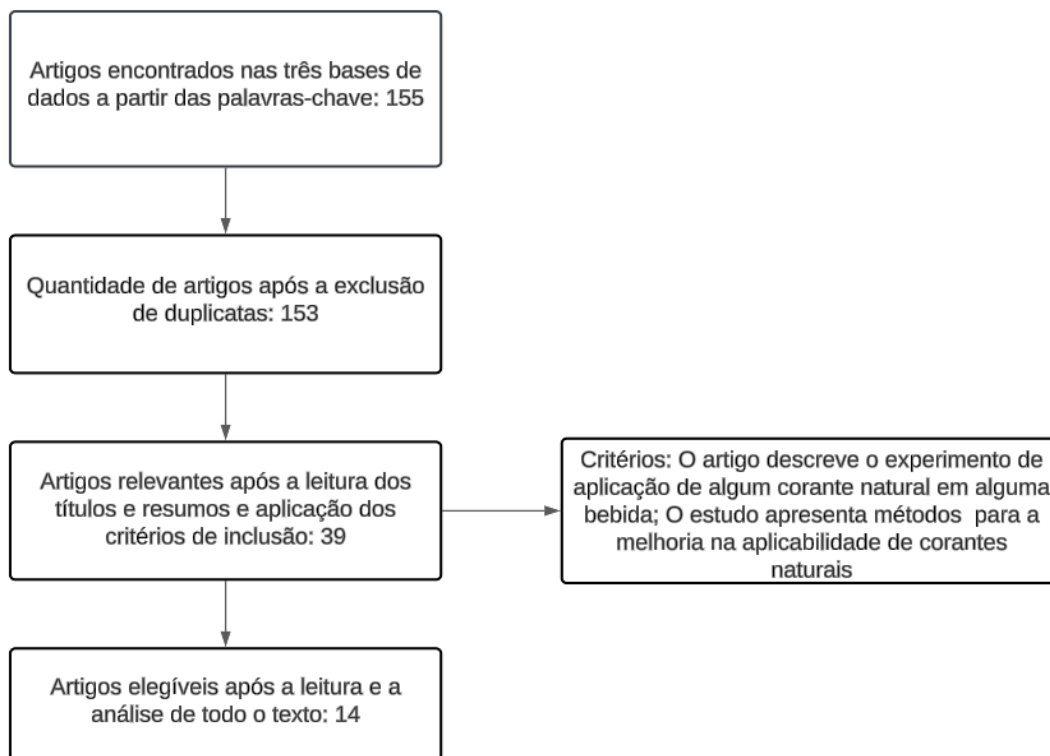
### 3 METODOLOGIA

Para a realização da revisão sistemática, foram utilizadas três bases de dados: Scielo, Science Direct e Web of Science, utilizando as palavras chave “corantes naturais” “natural colorants” “corantes naturais em bebidas” “Natural dyes in beverages” “corantes naturais e refrigerantes” “Natural dyes and soft drinks” “corantes naturais isotônicos” “natural colorants isotonic” “antocianinas em bebidas” “natural colorants” AND beverages”. Foi aplicado o filtro de faixa de tempo em 10 anos (2014 - 2024) em todas as pesquisas, com o objetivo de selecionar artigos mais recentes. Apenas os trabalhos que continham acesso liberado foram utilizados como fonte. A utilização das palavras-chave “natural colorants” AND beverages” foi o que resultou em maior retorno de artigos.

Todos os 155 artigos encontrados na pesquisa foram transportados para a ferramenta/software “Start”, um aplicativo que compila os trabalhos, seus títulos, resumos e informações gerais, além de facilitar a extração dos dados. A primeira seleção foi a de descarte de duplicatas, seguida da leitura dos títulos e resumos dos 153 artigos restantes aplicando os critérios de inclusão: “o artigo descreve o experimento de aplicação de algum corante natural em alguma bebida” ou “o artigo descreve o estudo ou a aplicação de métodos de estabilização em corantes naturais”.

A segunda seleção, com os 39 artigos restantes, contou com a leitura integral dos trabalhos, etapa na qual foram selecionados 14 artigos. Posteriormente foi realizada a extração dos dados relevantes para esta pesquisa a partir do uso de tabelas em planilhas no Microsoft Office Excel®.

Imagem 1 - Fluxograma de aplicação dos critérios de inclusão



Fonte: Autora

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Dentre os 14 artigos selecionados, 5 apresentaram a aplicação de corantes naturais em bebidas e 9 apresentaram técnicas de estabilização dos corantes naturais. Foram elaboradas duas tabelas com o intuito de organizar e comparar os resultados. A Tabela 1 reúne informações sobre os estudos que aplicaram corantes em bebidas ou soluções, incluindo: objetivo, metodologia, pigmento estudado, tipo de extração, a bebida/solução em que o corante foi utilizado e os resultados obtidos. A Tabela 2 compila dados relacionados a estudos e técnicas de estabilização que visam melhorar a aplicabilidade de corantes naturais. Ela inclui informações sobre: objetivo, metodologia, pigmento mencionado, limitações na aplicação dos corantes naturais, técnicas estudadas e resultados obtidos.

Tabela 1 - Artigos que apresentam aplicação de corantes naturais em bebidas/soluções - Parte 1

Citação	Objetivos	Metodologia	Pigmento/Tipo de extração	Bebida/Solução	Resultados
Gamage, Goh e Choo, 2024	Determinar a estabilidade das antocianinas de goji preto em iogurte e leite fermentado e compará-las com o corante natural comercial, batata-doce roxa.	O leite fermentado foi preparado e os extratos de antocianinas de goji preto foram adicionados antes da pasteurização e inoculação. Durante o armazenamento a 4 °C, foram realizadas análises a cada 6 dias durante 30 dias para determinar o conteúdo total de antocianinas, a atividade antioxidante (DPPH), o poder redutor, o pH, a acidez titulável, a sinérese, a cor e a contagem de células viáveis. Adicionalmente, foi conduzida uma avaliação sensorial da cor.	Antocianinas - Extração aquosa	Bebida láctea	Durante o armazenamento, o leite fermentado com goji berry apresentou redução no conteúdo de antocianinas, com melhor estabilidade na concentração de 2 g/100 mL. O pH variou de 4,5 a 3,6. A mudança de cor ( $\Delta E$ ) foi maior com corante de batata-doce roxa comparado às antocianinas de goji berry negro. A copigmentação das antocianinas aciladas do goji berry conferiu maior estabilidade à cor. A contagem de células viáveis em todos os leites fermentados com goji berry negro superou 7 log CFU/g, atendendo ao padrão mínimo para produtos lácteos.
Dallabona et al., 2020	Combinar e encapsular extratos de casca de jabuticaba e própolis de abelha Tubuna em alginato para criar um aditivo natural que funcione como corante e fonte de antioxidantes e estudar a eficácia da encapsulação na proteção das antocianinas e compostos fenólicos, garantindo sua estabilidade e liberação controlada.	Os extratos de jabuticaba e própolis foram combinados na proporção 2:1. Foram determinados o conteúdo total de fenólicos (TPC), o perfil de compostos voláteis e a concentração total de antocianinas monoméricas. A mistura foi então encapsulada por gelificação ionotrópica usando uma solução de alginato. As esferas resultantes foram caracterizadas, e foram realizadas avaliações da eficiência de encapsulação (EE) e estudos de liberação dos compostos.	Antocianinas - Extração alcoólica	Solução de citrato de sódio (pH neutro)	O extrato de jabuticaba apresentou uma alta concentração de antocianinas monoméricas, uma importante fonte de pigmento que pode ser útil para a indústria de bebidas. A combinação dos extratos de jabuticaba e própolis mostrou um efeito sinérgico, potencializando o conteúdo fenólico e a atividade antioxidante. A eficiência de encapsulação foi alta, com 89,6% para antocianinas e 98,1% para compostos fenólicos, demonstrando que o alginato é eficaz para manter esses compostos. No entanto, a estabilidade das antocianinas foi reduzida em pH neutro e alcalino, mudando de vermelho para marrom em solução de citrato de sódio.
Guo et al., 2021	Encontrar um substituto natural para o FD&C Red 40 que seja estável em soluções aquosas em uma faixa de pH de 2,5 a 3,5.	Adição de biopolímeros. Foi testada a adição e a sinergia de diferentes polissacarídeos (alginato, goma de tara, LMP e goma xantana) e antioxidantes (ácido ascórbico, EDTA, ácido gálico e catequina) em diferentes quantidades e concentrações em uma solução com pH ácido (pH 3,2) simulando uma bebida esportiva. As amostras foram expostas à luz UV por 36 e 72 horas, e as absorvâncias das misturas foram avaliadas a 529 nm em um leitor de microplacas.	Betacianinas - Extração aquosa	Bebida esportiva simulada: citrato de sódio di-hidratado, ácido cítrico mono-hidratado e dextrose em água destilada.	A combinação de 200 ppm de ácido ascórbico (AA), 10 ppm de Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) e 0,25% (p/p) de low methoxyl pectin (LMP) foram eficientes para estabilização da betalaina em bebida ácida, visto que aos 45 dias de teste a cor ainda se manteve.

Tabela 1- Artigos que apresentam aplicação de corantes naturais em bebidas/soluções - Parte 2

Benchikh, Filali e Rebai, 2020	Desenvolver e otimizar um protocolo para a extração de ficocianinas da <i>Arthrospira platensis</i> (espirulina) e avaliar a incorporação do extrato em bebidas não alcoólicas.	As ficocianinas foram extraídas de forma otimizada por Metodologia de Superfície de Resposta (RSM), ajustando pH, razão amostra-solvente e tempo de extração. O conteúdo total de ficocianinas e a atividade antioxidante (DPPH) foram avaliados. A ficocianina extraída foi adicionada a uma bebida mineral sem corantes (Ifri®), e a bebida foi analisada quanto ao conteúdo de ficocianinas, atividade antioxidante e características sensoriais.	Ficocianinas - Extração aquosa	Bebida mineral natural sem corantes	O modelo RSM ajudou a identificar as condições ótimas de extração: pH 7,64, razão amostra/solvente 3,46 mg/ml e tempo de extração 44,61 minutos. Nessas condições, o TPC e a AA foram de 37,42 g/100 g e 41,15 g AAE/100 g, respectivamente, mostrando a influência significativa das condições de extração. Uma das três amostras testadas demonstrou melhor estabilidade da cor azul e maior teor de polifenóis e atividade antioxidante, indicando que essas características contribuem para a estabilidade da cor do corante de ficocianinas
Strieder et al., 2022	Avaliar o impacto dos tratamentos de termossonicação nos fitoquímicos, capacidade antioxidante, estabilidade dos ácidos graxos, compostos orgânicos voláteis e atributos de cor de uma bebida vegetal inovadora. A bebida à base de amêndoas foi enriquecida com óleo de coco, xilooligosacarídeos e corante natural azul produzido a partir da reticulação entre proteínas de amêndoas e genipina.	A bebida foi elaborada com 82,95% de extrato de amêndoa e 7% de corante azul, além de ingredientes adicionais. A mistura foi processada em um processador mecânico e, em seguida, submetida a termossonicação a 50 °C, variando entre diferentes potências acústicas (4,6, 8,5 e 14,5 W) e tempos de aplicação (5, 10 e 15 minutos). Foram analisados o conteúdo total de fenólicos e flavonoides, a atividade antioxidante, além do conteúdo de ácidos graxos, o índice de peróxidos, compostos orgânicos voláteis e a estabilidade da cor.	Genipina - Não citada no artigo	Bebida vegetal à base de amêndoas	Os tratamentos por termossonicação preservaram a atividade antioxidante e melhoraram a cor azul da bebida funcional à base de amêndoas, apesar das alterações na composição dos compostos bioativos e lipídicos. A potência e o tempo de retenção influenciaram a temperatura, o pH, a estabilidade lipídica e a presença de compostos voláteis, mas os resultados gerais indicam que a termossonicação é eficaz para melhorar a cor e manter a atividade antioxidante da bebida.

Fonte: Autora

Tabela 2 - Artigos que apresentaram estudo de técnicas de estabilização dos corantes naturais - Parte 1

Referências	Objetivos	Metodologia	Pigmento citado	Limitações citadas	Técnicas estudadas	Resultados
<b>Bocker e Silva, 2022</b>	Revisar a extração assistida por PEF de pigmentos e corantes naturais de matrizes vegetais, destacando seu potencial e limitações.	Revisão bibliográfica	Ficocianina - Spirulina	As técnicas convencionais de extração de corantes (Soxhlet, hidrodestilação, refluxo térmico e fervura) utilizam temperaturas médias e altas, o que degrada compostos termossensíveis e reduz o rendimento da extração.	Campo Elétrico Pulsado (PEF)	Apesar das limitações a respeito da temperatura, da aplicação em alimentos sólidos/líquidos heterogêneos e do alto custo inicial, o uso de PEF (Pulsed Electric Field) é viável para o processamento de alimentos líquidos homogêneos (extração de pigmentos), desde que seja um processo controlado. Além de promover um retorno sobre o investimento inicial em curto prazo, visto que aumenta o rendimento na extração, e utiliza pouca energia em seu
<b>Yuan et al., 2022</b>	Resumir fatores que causam instabilidade das ficocianinas e discutir as diferentes estratégias desenvolvidas para melhorar sua estabilidade	Revisão bibliográfica	Ficocianina - Spirulina	Baixa estabilidade por: temperatura > 47 °C; exposição a luz; baixo pH e ligação com cátions de metais pesados	Adição de biopolímeros; Encapsulamento por formação de micelas e microencapsulação	Dentre todas as técnicas citadas, a de encapsulação por eletropulverização obteve melhor resultado, no entanto, houve baixo rendimento, o que encarece e dificulta sua aplicação. A formação de micelas de surfactante de dodecil sulfato de sódio (SDS) é inadequada para aplicação em alimentos; A microencapsulação apresentou resultados satisfatórios.
<b>Yang et al., 2024</b>	Avaliar o impacto do tratamento de ultrassom nas propriedades de superfície da proteína de levedura, na dinâmica de ligação entre betalaina, quito-oligosacarídeo e proteína de levedura e avaliar a estabilidade da betanina.	Trabalho prático	Betanina (betalainas)	Instabilidade da betanina quando exposta ao calor, luz e íons metálicos, o que causa baixa biodisponibilidade e meia-vida curta.	Formação do sistema de três camadas (proteína-sacarídeo-betanina) e tratamento de ultrassom nesse sistema.	O sistema multicamadas e o tratamento de ultrassom melhoraram a resistência da betanina aos efeitos negativos da luz, presença de íons metálicos e variações de temperatura, em comparação com a betanina não tratada. Porém, mesmo após passar pelos dois tratamentos, quando exposta a temperaturas mais elevadas, como 80°C, a betanina desnaturou e perdeu toda a sua cor.

Tabela 2 - Artigos que apresentaram estudo de técnicas de estabilização dos corantes naturais - Parte 2

<b>Estrada, Fernández e Cervantes , 2022</b>	Reunir e apresentar as descobertas mais recentes e relevantes sobre as betalainas, com foco na compreensão de suas propriedades químicas e nos fatores que influenciam sua estabilidade.	Revisão bibliográfica	Betalainas	Baixa estabilidade, afetada pelos fatores: temperatura, pH, oxigênio, luz e presença de metais. O aumento da temperatura causa degradação das betalainas, com processos como hidrólise e descarboxilação modificando sua estrutura e cor.	Encapsulamento a partir das técnicas de secagem por pulverização, liofilização, emulsificação e gelificação iônica.	Combinações de polímeros para encapsulamento melhoram a retenção e proteção das betalainas durante o armazenamento.
<b>Rocha et al., 2023</b>	Trazer investigações recentes, bem como as vantagens, limitações e efeitos do uso de técnicas de complexação e encapsulamento sobre pigmentos naturais	Revisão bibliográfica	Betalainas, carotenóides e antocianinas	Baixa estabilidade por: altas temperaturas, luz, presença de oxigênio e faixas extremas de pH.	Encapsulamento após secagem por pulverização, liofilização ou emulsificação.	Cada pigmento reagiu de uma forma às técnicas. Os carotenóides apresentaram melhores resultados com as emulsões de Pickering, que demonstraram boa estabilidade térmica e oxidativa; as betalainas tiveram bons resultados com a secagem por pulverização e com a liofilização. Já com as antocianinas o destaque foi a secagem por pulverização.
<b>Sendri et al., 2023</b>	Avaliar o efeito da temperatura (80-160°C), oxigênio, luz solar e armazenamento nos atributos de cor, prazo de validade e conteúdo de antocianinas em antocianinas de repolho roxo; Usar a combinação de maltodextrina e pectina derivada de resíduos de repolho roxo como agente encapsulante para estabilizar as antocianinas; Comparar a estabilidade de antocianinas encapsuladas e não encapsuladas sob diferentes condições de temperatura, oxigênio, luz solar e armazenamento.	Trabalho prático	Antocianinas	Instabilidade quando aplicadas em alimentos/bebidas que passam por processo térmico; Sensibilidade a fatores ambientais como oxigênio, luz e altas temperaturas (Acima de 60 °C) que as leva a degradação e mudança de cor	Formação de microcapsulas de antocianina utilizando combinações de materiais encapsulantes	A combinação de maltodextrina (MD) e goma arábica (GA) se mostrou mais eficaz em retardar a degradação das antocianinas; as microcápsulas se mostraram resistência a temperaturas até 120 °C (temperatura na qual as antocianinas não encapsuladas foram carbonizadas).

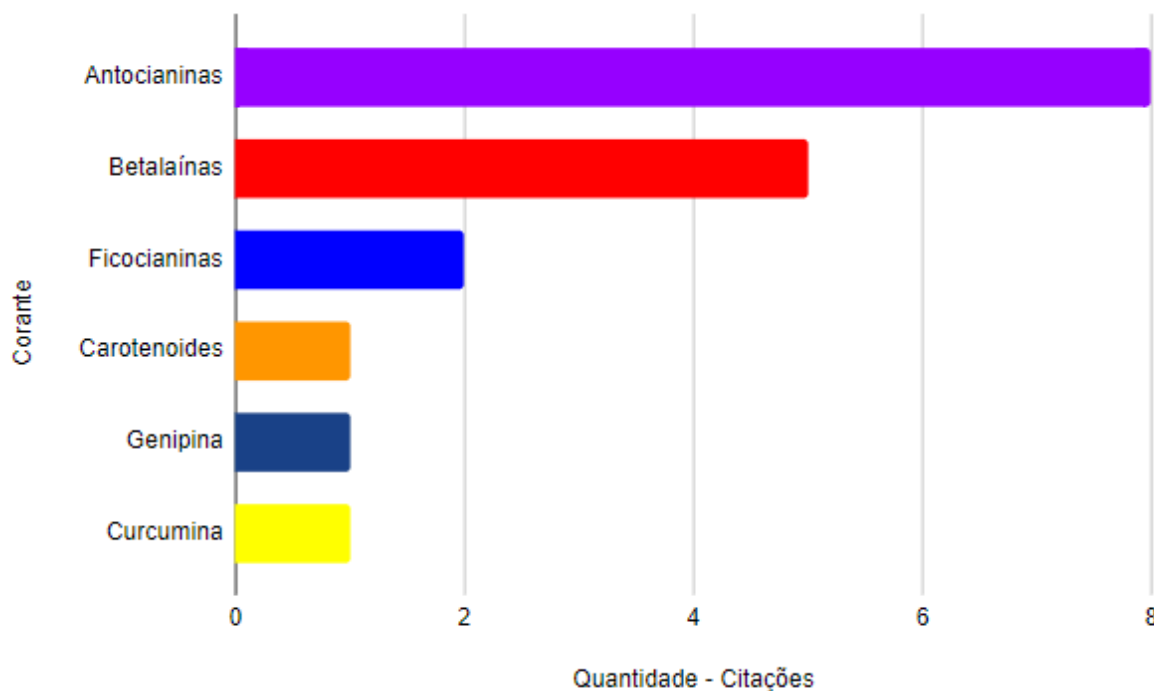
Tabela 2 - Artigos que apresentaram estudo de técnicas de estabilização dos corantes naturais - Parte 3

<b>Ren e Giusti, 2021</b>	Explorar o efeito da concentração de Whey protein (WP) e da temperatura de pré-aquecimento na estabilidade da cor das antocianinas na presença de Ácido ascórbico (AA)	Trabalho prático	Antocianinas	Estabilidade química limitada, o que pode levar à perda de cor e atividade biológica	Adição de biopolímeros - Whey Protein	A adição de WP aumentou a intensidade da cor das antocianinas de maneira dependente da concentração. Durante o estudo de armazenamento de 5 dias a 25 °C no escuro, a inclusão de WP reduziu significativamente a degradação da cor das antocianinas. Além disso, a estabilidade da cor das antocianinas melhorou com o aumento das concentrações de WP. A WP nativa proporcionou uma proteção ligeiramente superior (mas não significativamente) contra a degradação da cor das antocianinas induzida pelo ácido ascórbico, em comparação com a WP submetida a tratamento térmico.
<b>Gençdağ et al., 2022</b>	Fornecer um quadro abrangente de estratégias promissoras para a estabilização de antocianinas	Revisão bibliográfica	Antocianinas	Baixa estabilidade química e térmica	Técnicas de copigmentação usando proteínas e polissacarídeos; encapsulamento, com as técnicas de: pulverização, liofilização, emulsificação, gelificação e complexação de polieletrólitos.	As condições do processo (pH e tratamento térmico) impõem limitações para aplicação das técnicas de copigmentação e encapsulamento. A complexação de polieletrólitos se destacou por permitir a liberação controlada da antocianina e por não utilizar solventes químicos.
<b>Koop et al., 2022</b>	Discutir a classificação tradicional de compostos bioativos e indicar as últimas tendências científicas em suas técnicas de estabilização.	Revisão bibliográfica	Antocianinas, betalainas, curcumina e carotenoides	Curcumina e carotenoides possuem baixa solubilidade em água; Antocianinas, carotenoides e betalainas degradam facilmente devido a fatores ambientais, como pH, oxigênio, temperatura e luz, durante o processamento e armazenamento.	Encapsulamento: Secagem por pulverização, liofilização, liofilização por pulverização, gelificação iônica, coacervação complexa, nanoprecipitação; Adsorção	Nenhum dos métodos de encapsulação demonstrou viabilidade de aplicação em escala industrial; A adsorção necessita de padronização no processo. A coacervação complexa é frequentemente usada para encapsular compostos lipofílicos, como carotenoides, e também pode ser usada para encapsular compostos hidrofóbicos, como a curcumina. Pode mascarar sabores e odores desagradáveis de alguns compostos, além disso, é um método simples e de baixo custo.

Fonte: Autora

As antocianinas e as betalaínas foram as mais citadas pelos autores. Dos 14 artigos selecionados, as antocianinas foram citadas em 8 e as betalaínas em 6 (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Quantificação de estudos de cada pigmento



Fonte: Autora

#### 4.1 FATORES LIMITANTES PARA APLICAÇÃO DOS CORANTES NATURAIS

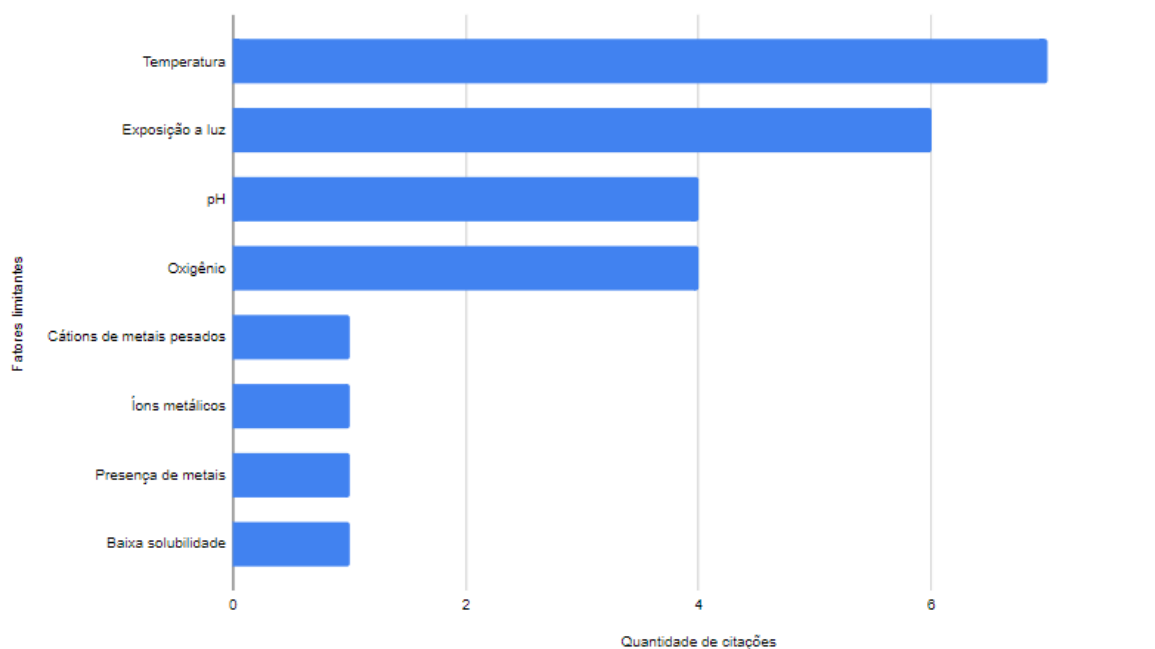
Os fatores limitantes para a aplicação de corantes naturais podem ser observados na coluna “limitações citadas” da tabela 2. A maior parte dos autores citou temperatura, exposição à luz, pH e oxigênio, conforme pode ser observado no gráfico 2.

Em contraste com as limitações mencionadas, um estudo que aplicou corantes naturais em bebidas mostrou uma maior estabilidade do pigmento genipina. Strieder et al. (2022) investigaram o impacto da termossonificação — uma técnica que combina temperaturas entre 30 e 70 °C com ultrassom para extrair compostos bioativos — sobre fitoquímicos, capacidade antioxidante, estabilidade de ácidos graxos, compostos orgânicos voláteis e atributos de cor em uma bebida à base de amêndoas com adição de genipina.

Para quantificar a tonalidade azul, foi utilizado um colorímetro Hunter Lab (CR-400, Konica Minolta), com medições feitas à temperatura ambiente. As amostras submetidas à termossonificação por 5 minutos apresentaram uma cor mais clara, com aumento da luminosidade e uma tonalidade azul menos intensa. Em contrapartida, a amostra que passou pelo processo a 14,5 W por 15 minutos exibiu a cor mais intensa e azul, além de uma tonalidade ligeiramente avermelhada. Adicionalmente, maiores potências acústicas e tempos mais longos de termossonificação resultaram em menores índices de escurecimento, indicando uma formação reduzida de compostos marrons e uma melhor intensidade da cor azul na bebida (Strieder et al., 2022).

Essa estabilidade da cor pode ser atribuída às características únicas dos corantes azuis derivados da genipina, que demonstram resistência durante tratamentos térmicos, exposição à luz e variações de pH (Bentes, 2014).

Gráfico 2 - Relação de quantidade de citações de cada fator limitante



Fonte: Autora

#### 4.1.1 Temperatura

O aquecimento das antocianinas pode resultar em oxidação, que é uma das principais causas de sua degradação. Quando expostas a altas temperaturas, as antocianinas podem sofrer reações oxidativas, levando à formação de subprodutos indesejados e à perda de suas propriedades coloridas e funcionais. Além da oxidação, o aquecimento pode quebrar ligações covalentes, agravando ainda mais a degradação. Essas reações indesejáveis podem ocorrer quando as antocianinas são submetidas a temperaturas a partir de 60 °C (Sendri et al., 2023; Takikawa, 2014).

Outra degradação de pigmentos causada por temperaturas elevadas é a que ocorre quando a ligação da betanina (subgrupo das betalainas) com a glicose é quebrada, resultando em mudança de cor, chamada de deslocamento batocrômico. Além disso, alguns tratamentos térmicos de altas temperaturas podem desencadear a hidrólise, que quebra ligações das betalainas separando as betaninas em dois compostos: cido betalâmico (que é amarelo) e ciclodopa-5-O-glicosídeo (incolor). Essa quebra reduz a intensidade da cor e pode levar a uma coloração amarelada ou amarronzada (Souza, 2019). Yang et al. (2024) buscaram estabilizar betalainas a partir do sistema de multicamadas e do tratamento de ultrassom, mas mesmo após os processos, ao ser submetida a temperatura de 80 °C as betaninas desnaturaram e perderam a cor.

As ficocianinas também são instáveis em altas temperaturas, e têm como temperatura crítica 47 °C, podendo começar a se desnaturar em temperaturas mais baixas. Os motivos para a desnaturação são a isomerização e a oxidação (Yuan et al., 2022).

Os carotenóides, em temperaturas acima de 40 °C também passam pela isomerização, que transforma a forma "trans" do pigmento - esta forma proporciona uma estrutura mais linear e estável, permitindo que os carotenóides se organizem melhor em cristais e se mantenham mais estáveis em condições normais - em "cis", diminuindo sua estabilidade. Além disso, caso se apliquem temperaturas ainda mais altas, pode haver formação de produtos de oxidação chamados espóxidos, causando perda de cor e das propriedades funcionais (Bentes, 2014).

A instabilidade dos corantes naturais em altas temperaturas inviabiliza sua aplicação em isotônicos, que passam por processo térmico após adição de corantes, mas não é fator

determinante para a aplicação em refrigerantes, refrescos e bebidas lácteas (Sebrae 2008; Xavier, 2013; Lima et al, 2023; Bet, 2019).

#### 4.1.2 pH

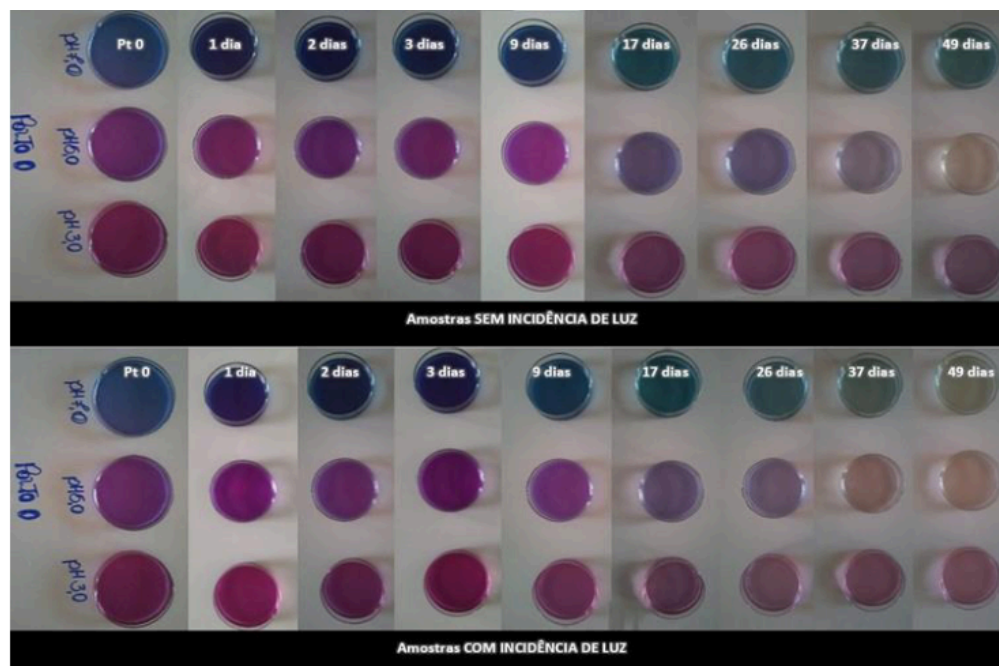
O pH interfere diretamente na coloração dos pigmentos. Koop et al. (2022) afirma que antocianinas mudam sua cor e estrutura de acordo com o pH predominante devido à sua estrutura molecular iônica. Esses pigmentos possuem grupos funcionais, como hidroxilas (-OH) e carbonilas (C=O), que podem interagir com íons de hidrogênio (H<sup>+</sup>). Em um meio ácido (baixo pH), esses grupos podem se protonar, ou seja, eles ganham um próton, alterando a carga e a estrutura da molécula. Quando as antocianinas se protonam em um ambiente ácido, isso pode mudar a forma como a molécula interage com a luz, resultando em uma cor diferente: Em pH 1 vermelhas e roxas, em pH 2 a 4, azul, em pH 5 a 6, incolor, e em pH maior que 7 podem ser degradadas.

Matos et al. (2024) realizaram a extração de antocianinas da flor *Clitória ternatea L.* e encontraram resultados diferentes dos tons citados anteriormente: em pH 7 cor azul, em pH 3, tons de rosa e em pH 5, violeta (imagem 2). No entanto, todas as amostras análogas exibiram um comportamento semelhante ao longo do período de avaliação, enquanto as amostras com pH mais próximo da neutralidade mostraram mudanças mais significativas nas tonalidades, o que indica e confirma sua maior susceptibilidade a alterações químicas.

As betalaínas são mais estáveis em pH entre 3 a 7. Isso significa que, em ambientes muito ácidos (pH abaixo de 3), a estabilidade pode ser comprometida e o pigmento pode ser desnaturado. As betaxantinas (pigmentos amarelos), grupo específico de betalaínas, no entanto, podem ser estáveis em pH neutro, indicando que pigmentos da mesma classe podem apresentar comportamentos diferentes em relação à estabilidade em função do pH (Guo et al., 2021). Schiozer e Barata (2013) afirmam que se tratando de tempo de meia vida, a estabilidade das betalaínas é maior entre pH 5 e 6 na presença de oxigênio e entre pH 4 e 5 na ausência de oxigênio.

A estabilidade da maioria dos pigmentos naturais se dá em pH ácido, que é a faixa observada nas bebidas analisadas, variando de 1,8 a 4,6. Embora o pH ácido possa apresentar desafios para a aplicação de corantes naturais, ele não impede completamente seu uso em bebidas.

Imagem 2 - Fotografia retirada do trabalho de Matos et al. (2024) demonstrando a variação de tonalidade de extratos de antocianinas de *Clitória Ternatea L.* ao longo de 49 dias



Fonte: Matos et al. (2024)

#### 4.1.3 Exposição à luz

A degradação por exposição à luz ocorre quando a mesma (especialmente nas faixas UV e visível) atinge os pigmentos, excitando os elétrons do cromóforo, elevando-os a um estado energético superior. Essa excitação aumenta a reatividade da molécula, tornando-a mais propensa a reações que podem levar à degradação. Além disso, a luz pode diminuir a energia de ativação necessária para que reações químicas que levam à degradação dos pigmentos ocorram mais facilmente. A estabilidade das betalainas diminui a partir da faixa de 2200 a 4400 lux (Souza, 2019).

A interferência de luz na estabilidade de betalainas foi avaliada no trabalho de Guo et al. (2021), no qual foi testada a adição e a sinergia de diferentes polissacarídeos e antioxidantes em diferentes proporções em uma solução que simulava uma bebida esportiva. Em um dos testes realizados, as soluções foram expostas à luz UV por 72h com medição de

cor a cada 36h. Todas as amostras apresentaram redução em suas tonalidades, principalmente a amostra controle (Bt-ext), a qual teve impacto drástico nos pigmentos, passando da tonalidade vermelha para a laranja a partir do 20º dia (Imagem 3). A combinação de fatores também pode acelerar a degradação dos pigmentos. Souza (2019) cita a degradação por oxigênio combinada com a incidência de luz.

Imagem 3 - Fotografia retirada do trabalho de Guo et al. (2021) demonstrando a variação de tonalidade de extratos de betalaínas aplicadas à solução tipo bebida esportiva ao longo de 45 dias.



Fonte: Guo et al., 2021

#### 4.1.4 Oxigênio

A degradação por oxigênio pode acontecer de forma direta, a partir da oxidação do pigmento em contato com o oxigênio, ou de forma indireta, em que enzimas oxidativas como a polifenoloxidase (PPO) podem catalisar reações que levam à degradação das antocianinas. Importante ressaltar que a manipulação das antocianinas pelo oxigênio pode ocorrer em qualquer valor de pH, o que significa que a degradação dessas moléculas não é restrita a condições ácidas ou básicas, tornando-as vulneráveis em uma ampla faixa de condições (Stringheta e Freitas, 2021).

Sendri et al. (2023) observaram que a presença de oxigênio acelerou a perda de antocianinas já encapsuladas, resultando em uma retenção de apenas 58,90%. Isso indica que quase metade das antocianinas foi eliminada ao longo do tempo, evidenciando a fragilidade desses pigmentos em condições oxidativas.

#### 4.1.5 Presença de metais

Os cátions de metais pesados, íons metálicos e a presença de metais, foram citados respectivamente por Yuan et al. (2022), Yang et al. (2024) e Estrada, Fernández e Cervantes (2022) por serem fatores limitantes para aplicação de ficocianinas e betalainas.

Castro e Jonsson (2001) definem os íons metálicos como átomos de metais que perderam um ou mais elétrons, adquirindo carga positiva (cátions). Esses íons incluem elementos como sódio ( $\text{Na}^+$ ) e ferro ( $\text{Fe}^{2+}$  ou  $\text{Fe}^{3+}$ ). Podem ser tanto essenciais para a saúde, como o ferro, quanto tóxicos, como o mercúrio, sendo sua toxicidade dependente do metal e da concentração. Os cátions de metais pesados constituem um subgrupo dos íons metálicos, referindo-se a elementos metálicos com peso atômico superior a 40, conhecidos por sua toxicidade em concentrações elevadas. Exemplos incluem cromo (Cr), cobre (Cu), chumbo (Pb) e cádmio (Cd). A "presença de metais" pode englobar tanto metais tóxicos quanto essenciais, conforme mencionado anteriormente.

Segundo o Decreto nº 6.871 de 2009, a água utilizada na fabricação de bebidas deve ser potável. No entanto, a água conta com a presença de metais pesados, cujos limites máximos para metais como chumbo, cádmio, mercúrio, cromo e elementos como sódio, potássio ( $\text{K}^+$ ), cálcio e ferro são regulamentados pela Portaria nº 888 de 4 de Maio de 2021, a fim de garantir a segurança para o consumo humano.

Quando corantes naturais são expostos a esses metais, sua estabilidade pode ser comprometida, resultando em degradação e alteração de cor. Isso ocorre porque os metais pesados podem atuar como catalisadores em reações químicas que afetam a estrutura dos pigmentos, levando à perda de suas propriedades colorantes (Wang et al. 2024). Portanto, a água utilizada na fabricação de bebidas pode causar instabilidade dos corantes naturais, afetando não apenas a aparência, mas também a qualidade do produto final.

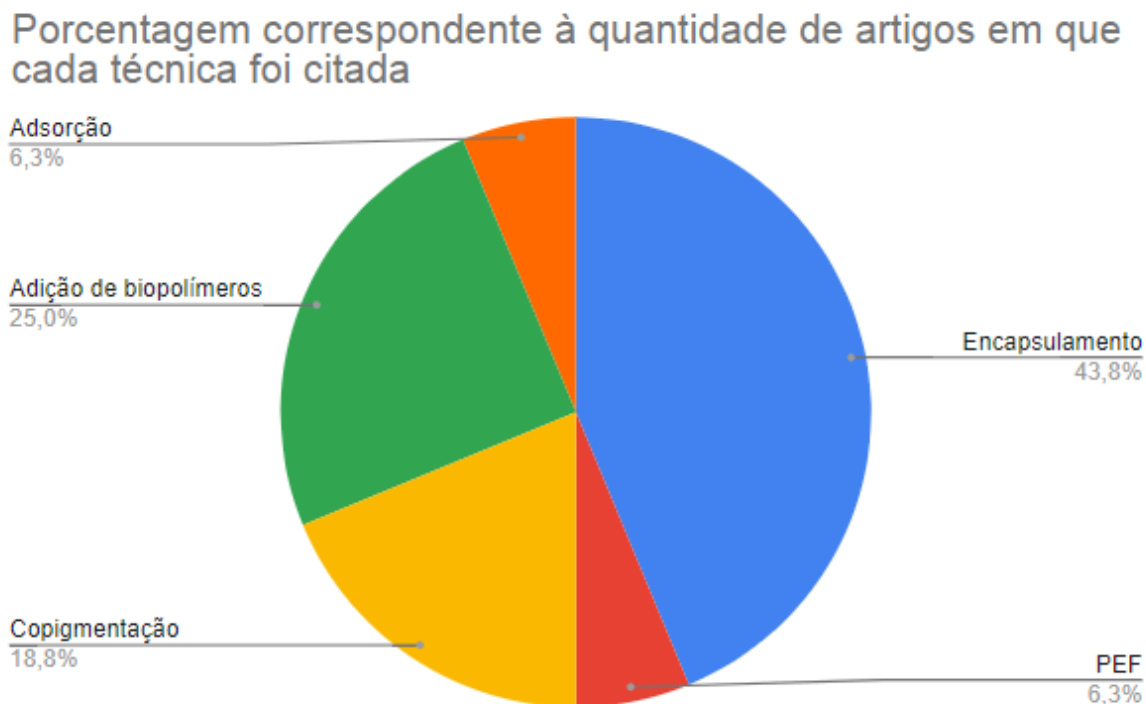
#### **4.1.6 Baixa solubilidade**

Por fim, a baixa solubilidade dos carotenóides e das curcuminas se dá por sua natureza lipofílica, a qual proporciona afinidade significativa dos pigmentos por lipídeos e solventes orgânicos e dificulta sua solubilidade em ambientes aquosos, o que pode dificultar sua aplicação em bebidas, por exemplo (Koop et al., 2022).

## **4.2 TÉCNICAS PARA ESTABILIZAÇÃO DOS CORANTES NATURAIS**

É possível observar no gráfico 3, que dentre as técnicas de estabilização de corantes estudadas nos artigos selecionados, o encapsulamento foi a mais explorada. No entanto, as técnicas de Campo elétrico pulsado (PEF), copigmentação, adsorção e adição de biopolímeros também apresentaram resultados relevantes.

Gráfico 3 - Quantificação de estudos de cada técnica



Fonte: Autora

#### 4.2.1 Encapsulamento

O encapsulamento é uma técnica que visa proteger e controlar a liberação de compostos bioativos, formando cápsulas ou microcápsulas ao redor desses compostos. Seu objetivo é proporcionar estabilidade aos pigmentos, protegendo-os de fatores degradantes como luz, temperatura e pH (Rocha et al., 2023). Diversas técnicas de encapsulamento foram citadas pelos autores nos artigos selecionados, entre elas pulverização, liofilização, liofilização por pulverização, emulsificação, gelificação, complexação de polieletrólitos, coacervação complexa, nanoprecipitação e micro e nanoencapsulamento.

#### 4.2.1.1 Pulverização

A pulverização, também chamada de *spray dryer*, consiste na transformação de um fluido em um pó seco por meio de um fluxo de gás. É uma técnica vantajosa por apresentar baixo custo e um processo rápido e contínuo, características importantes para produção industrial. Seu processo consiste na dispersão do pigmento em um material de parede solúvel e capaz de formar gel (pectinas, gomas e amidos), formando uma mistura líquida que alimenta um bico atomizador. O aparelho converte a solução em pequenas gotículas, que são injetadas em uma câmara de secagem onde um fluxo de ar quente as atinge, evaporando rapidamente o solvente, secando as gotículas e resultando em um pó seco que contém o ingrediente ativo encapsulado (Barroso, 2020).

Conforme citado na tabela 1, a pulverização apresentou bons resultados para a estabilidade de antocianinas, em que houve aumento significativo na estabilidade à luz pela exposição à luz natural por 12 dias e estabilidade ao calor por 80 °C por 1 e 2 h. (Rocha et al., 2023). No entanto, a etapa de evaporação na qual as temperaturas vão de 140 a 180 °C pode causar degradação de alguns compostos, visto que a maioria dos pigmentos citados pelos autores, conforme pode-se observar na tabela 1, têm baixa estabilidade a diferentes temperaturas (Koop et al., 2022).

Estrada, Fernández e Cervantes (2022) identificaram a instabilidade estrutural das cápsulas e das propriedades do pó obtido por secagem por pulverização como a principal limitação de uso desses corantes naturais. Essa instabilidade é atribuída à alta higroscopicidade dos pós, que aumenta a exposição dos compostos a ambientes com alta umidade e ao oxigênio, comprometendo sua estabilidade. Novos materiais de parede ou combinações desses materiais são potenciais soluções para conferir maior estabilidade desses corantes.

#### 4.2.1.2 Liofilização

As temperaturas abaixo de 0 °C e ausência de oxigênio, características principais do processo de liofilização permitem que a sensibilidade dos pigmentos à temperatura e a oxidação não sejam limitantes (Koop et al., 2022).

Na liofilização, o pigmento é misturado com um material de parede, que pode ser uma goma, maltodextrina, pectina ou outro agente encapsulante. A mistura líquida contendo o pigmento e o material de parede é congelada. O sólido congelado é colocado em uma câmara

de liofilização, onde a pressão é reduzida e a temperatura é ajustada para permitir que haja a sublimação da água presente na mistura: mudança de estado sólido para gasoso. Durante a sublimação, o material de parede forma uma rede que envolve e protege o pigmento. Por fim, uma segunda fase de secagem é realizada para remover qualquer umidade residual, garantindo que o pó final esteja completamente seco. Após o processo de liofilização, o pigmento está encapsulado dentro de uma matriz sólida formada pelo material de parede. Isso ajuda a proteger o pigmento da degradação, oxidação e outras formas de deterioração, aumentando a sua estabilidade e vida útil (Gençdağ et al., 2022).

São encontrados na literatura, resultados satisfatórios da aplicação da técnica. Rocha et al. (2023) citam aumento da estabilidade das betalaínas em 56% e 22% em pH 3,0 e 5,0, respectivamente, mas aponta que o alto custo e o longo processo inviabilizam sua aplicação nas indústrias. Outro fator que limita sua aplicação é que a etapa de sublimação do gelo causa alta permeabilidade das partículas, que podem ser mais frágeis, se fragmentando de maneira não uniforme no processo de moagem para conversão em pó (Gençdağ et al., 2022).

#### *4.2.1.3 Liofilização por pulverização*

A liofilização por pulverização, conforme descrito por Koop et al. (2022), é uma técnica que se destaca por permitir a encapsulação de partículas menores em comparação com a liofilização convencional, sem a necessidade de aplicar temperaturas extremamente baixas. Este método combina a pulverização com um fluxo de ar quente para evaporar rapidamente a água das gotículas, resultando em partículas secas e finas. Essa abordagem reduz a necessidade de congelamento profundo e sublimação do gelo, que são características da liofilização tradicional, tornando o processo mais eficiente em termos de tempo. Um dos principais benefícios da liofilização por pulverização é sua capacidade de gerar partículas menores e mais uniformes, o que pode ser vantajoso em aplicações que exigem uma textura fina e boa solubilidade. No entanto, apesar dessas vantagens, a eficiência de encapsulação dessa técnica pode ser inferior à da liofilização convencional. A menor eficiência de encapsulação ocorre porque a liofilização por pulverização pode não criar uma matriz tão robusta ao redor dos ingredientes ativos, o que pode impactar a proteção e a estabilidade do material encapsulado.

#### 4.2.1.4 Emulsificação

A emulsificação é uma técnica eficiente e prática que assegura que o corante se distribua uniformemente, seja facilmente aplicável e mantenha sua estabilidade no produto final. Seu processo consiste na formação de uma mistura homogênea de dois líquidos imiscíveis a partir da aplicação de emulsificantes, que podem ser surfactantes ou polímeros, e submete essa mistura a um processo de intensa homogeneização, utilizando equipamentos como homogeneizadores de alta pressão ou ultrassônicos (Rocha et al., 2023).

Este processo reduz o tamanho das gotículas e as dispersa uniformemente na fase contínua. O objetivo é criar gotículas microscópicas, com diâmetros que podem variar de micrômetros a nanômetros, que encapsulam o composto bioativo. Após a homogeneização, a emulsão é estabilizada, resultando em uma suspensão de gotículas do composto bioativo encapsulado na fase contínua. Esta técnica é particularmente eficaz para encapsular pigmentos, os protegendo de degradação e melhorando sua solubilidade em água. A emulsificação também oferece versatilidade, podendo ser adaptada para diferentes tipos de emulsões, como água em óleo (A/O) e óleo em água (O/A), dependendo da natureza dos compostos bioativos e das necessidades do produto final. (Gençdağ et al., 2022).

Apesar de contar com vantagens como sua facilidade de aplicação e seu baixo custo, as emulsões são termodinamicamente instáveis, o que significa que, com o tempo, as fases tendem a se separar, resultando em um estado de equilíbrio onde as fases distintas se tornam mais evidentes. Essa característica torna inviável a aplicação de corantes estabilizados por emulsões em alimentos e bebidas com vida de prateleira longa (Goodarzi e Zendehboudi, 2019).

#### 4.2.1.5 Emulsões de Pickering

Uma categoria de emulsificação citada por Rocha et al. (2023) foram as emulsões de Pickering. Elas se diferenciam das emulsificações convencionais por usarem partículas sólidas, como biopolímeros naturais, como estabilizadores, em vez de emulsificantes tradicionais. Isso melhora a estabilidade física, oxidativa e digestiva da emulsão. As partículas sólidas se posicionam na interface entre as fases líquidas. Essas partículas formam um "escudo" que evita que as gotículas se juntem, proporcionando estabilidade física à emulsão.

Elas podem alcançar uma alta eficiência de encapsulamento, superior a 95%, e manter uma boa estabilidade durante o armazenamento, como demonstrado com carotenóides e

antocianinas. No entanto, assim como na emulsificação convencional, as emulsões de Pickering apresentam baixa estabilidade termodinâmica. Isso pode limitar sua aplicação em produtos de longo prazo. Apesar disso, elas apresentam uma superioridade em estabilidade cinética — a capacidade de um sistema em permanecer homogêneo e não se separar em fases distintas a curto prazo — em comparação com emulsões convencionais (Rocha et al., 2023).

#### 4.2.1.6 *Gelificação*

A gelificação é um processo que transforma uma solução de biopolímero, como alginato ou pectina, em um gel através da adição de íons, como cálcio ou citrato. Esse processo ocorre quando a solução é extrudada ou atomizada em uma solução contendo estes íons, resultando na formação de hidrogéis que são insolúveis em água (Gençdağ et al., 2022). A técnica de gelificação permite a criação de estruturas de gel que podem encapsular e proteger compostos bioativos, como pigmentos.

No processo, o pigmento é inicialmente misturado com o biopolímero e outros ingredientes na solução. Após essa preparação, a mistura contendo o pigmento e o biopolímero é extrudada ou atomizada. Durante a extrusão, a mistura é forçada a passar por um molde ou bico, formando a estrutura desejada, como fios ou gotículas. Em seguida, a estrutura extrudada é mergulhada em uma solução de íons, como cálcio, que provoca a gelificação. O biopolímero forma uma rede de gel ao redor do pigmento, encapsulando-o e protegendo-o da degradação (Gençdağ et al., 2022).

Diversas variações da técnica de gelificação estão documentadas na literatura. Por exemplo, o uso de alginato de sódio para gelificação foi destacado por Estrada, Fernández e Cervantes (2022) e por Dallabona et al. (2020), que relataram alta eficiência na encapsulação de substâncias. No entanto, apesar dessas vantagens, a aplicação da gelificação em escala industrial enfrenta um desafio significativo: a falta de estudos que comprovem a estabilidade dos compostos encapsulados em diferentes condições de armazenamento e aplicação (Koop et al., 2022). Essa lacuna de informações limita a implementação ampla da técnica, especialmente em contextos industriais onde a estabilidade do produto final é crucial.

A gelificação iônica, variação da técnica de gelificação, é uma técnica que utiliza a combinação de um polieletrólito, como o alginato, com um íon multivalente, como o cloreto de cálcio, para formar hidrogéis sem a necessidade de altas temperaturas ou solventes. Essa

abordagem é eficaz na encapsulação de compostos hidrofóbicos, como o extrato de própolis, oferecendo alta eficiência de encapsulamento. Contudo, a técnica apresenta desafios ao lidar com compostos hidrofílicos, devido à dificuldade em separar o núcleo da casca e à possibilidade de perdas durante o processo de reticulação e armazenamento. Além disso, não existem estudos suficientes na literatura que demonstrem o comportamento e a estabilidade dos compostos encapsulados por gelificação iônica ao longo do tempo (Koop et al., 2022; Estrada, Fernández e Cervantes, 2022).

#### *4.2.1.7 Complexação por polieletrólitos*

A complexação por polieletrólitos é um tipo de automontagem, onde moléculas se organizam espontaneamente em estruturas ordenadas, guiadas por interações intermoleculares como forças de Van der Waals, ligações de hidrogênio e interações eletrostáticas. Polieletrólitos são grandes moléculas carregadas que se unem a outras moléculas para formar complexos. Eles se dividem em policátions (carga positiva) e poliânions (carga negativa). Ao combinar esses dois tipos, em uma interação eletrostática, forma-se o Complexo de Polieletrólitos (PEC), criando uma rede tridimensional semelhante a um hidrogel, que encapsula compostos como os pigmentos naturais (Ishihara et al., 2019; Gençdağ et al., 2022).

Liang, Zhang e Jing (2019) realizaram a formação de nanopartículas auto-montadas a partir de quitosana e sulfato de condroitina, biopolímeros cujas cargas são, respectivamente, positiva e negativa, o que caracteriza o processo como uma complexação de polieletrólitos. O objetivo foi encapsular antocianinas e melhorar sua atividade biológica. Embora as nanopartículas tenham demonstrado alta eficiência de carregamento, de 86,32%, a eficiência de encapsulamento foi de apenas 13,68%. Este resultado indica uma limitação na estabilização da antocianina ou na manutenção da encapsulação durante o processo.

Além disso, a complexação de polieletrólitos para a estabilização de corantes naturais enfrenta a limitação da sensibilidade dos PECs ao pH. O valor do pH influencia significativamente a interação eletrostática entre os polieletrólitos, o que pode afetar a estabilidade e a eficácia da copigmentação dos PECs. Portanto, otimizar os parâmetros do processo, especialmente o pH, é crucial para garantir a estabilidade e o desempenho dos PECs. (Gençdağ et al., 2022).

#### *4.2.1.8 Coacervação complexa*

A coacervação complexa também se baseia na atração eletrostática entre polímeros com cargas opostas, mas o processo e os resultados são distintos. Nessa técnica, a interação entre proteínas e polissacarídeos provoca a separação de fases, formando um coacervado — uma gotícula ou agregado que se separa da fase líquida contínua. O coacervado, que é enriquecido com o composto a ser encapsulado, pode ser posteriormente solidificado, utilizando as técnicas de gelificação e secagem, por exemplo, para criar microesferas ou nanopartículas que encapsulam o material bioativo. Esta técnica é particularmente eficaz para encapsular compostos lipofílicos, como carotenóides, proporcionando proteção contra condições adversas e melhorando a solubilidade dos compostos, no entanto, possui limitações devido à sensibilidade dos coacervados ao pH (Koop et al., 2022; Silva et al., 2015).

#### *4.2.1.9 Microencapsulação*

No contexto de encapsulamento, as cápsulas são classificadas com base em seu diâmetro da seguinte forma: macrocápsulas (com diâmetro superior a 5000  $\mu\text{m}$ ), microcápsulas (com diâmetro entre 0,2 e 5000  $\mu\text{m}$ ) e nanocápsulas (com diâmetro inferior a 0,2  $\mu\text{m}$ ). Apesar das diferenças de tamanho, o objetivo comum dessas técnicas é encapsular compostos bioativos em materiais de parede, formando uma barreira protetora ao redor dos ativos (Souza, 2023).

Sendri et al. (2023) obtiveram resultados promissores na microencapsulação de antocianinas usando liofilização. Eles empregaram várias combinações de materiais encapsulantes, incluindo Maltodextrina (MD), goma arábica (GA), goma xantana (XG), e pectina (PC), bem como suas misturas, como maltodextrina/pectina (MPC), maltodextrina/goma arábica (MGA) e maltodextrina/goma xantana (MXG) em uma proporção de 1:2. As microcápsulas foram avaliadas quanto à estabilidade térmica e resistência à exposição a oxigênio e luz solar. A combinação MPC demonstrou a melhor retenção das antocianinas a diversas temperaturas. A exposição ao oxigênio e à luz solar reduziu a retenção de antocianinas, com perdas mais significativas sob oxigênio (58,90%) e maior degradação observada em antocianinas não encapsuladas. Em termos de cor, a claridade aumentou com a

temperatura, resultando em cores mais claras. Enquanto as antocianinas não encapsuladas se degradaram a partir de 120°C, as encapsuladas mantiveram a cor violeta-magenta até 160°C.

Os autores destacam a importância da padronização dos parâmetros do processo, como tempo e temperatura, para garantir a eficácia da encapsulação. O estudo também concluiu que o tipo de material utilizado na microencapsulação pode influenciar significativamente a estabilidade dos pigmentos encapsulados, sugerindo que a escolha do material encapsulante é crucial para o sucesso da técnica (Sendri et al., 2023).

Uma das técnicas emergentes de destaque é a microencapsulação por eletropulverização, que utiliza um campo elétrico para criar pequenas gotículas de uma solução polimérica. O processo conta com a preparação de uma solução que contém o polímero desejado e o composto ativo a ser encapsulado, como a ficocianina. Quando esta solução é exposta a um campo elétrico, a força do campo provoca a atomização da solução, quebrando-a em gotículas muito pequenas. Estas gotículas são então solidificadas, por secagem, formando partículas encapsulantes (Yuan et al., 2022).

O principal benefício desta técnica é sua eficácia na proteção de compostos sensíveis. O campo elétrico cria gotículas muito finas, que resultam em uma distribuição mais uniforme do polímero e do composto ativo, formando uma barreira eficaz. Isso é particularmente útil para compostos como a ficocianina, que são sensíveis a condições extremas, como luz intensa, variações de temperatura e pH. Ao encapsular esses compostos, a técnica ajuda a preservar sua integridade e atividade, protegendo-os da degradação que poderia ocorrer nas condições adversas (Schmatz., 2020).

#### *4.2.1.10 Nanoprecipitação*

O nanoencapsulamento é uma técnica que utiliza partículas com diâmetro inferior a 0,2 µm (200 nm), classificadas como nanométricas. O pequeno tamanho dessas partículas (abaixo de 200 nm) facilita a sua distribuição, melhorando a biodisponibilidade do ativo encapsulado. Uma das técnicas de nanoencapsulamento é a nanoprecipitação (Sacramento e Tavares, 2024).

O método de nanoprecipitação se baseia na formação de uma suspensão coloidal por meio da precipitação de uma fase orgânica em uma fase aquosa, através de agitação. A fase

orgânica é composta por um polímero, uma substância ativa, e um solvente orgânico semi-polar (como acetona), e a fase aquosa contém um surfactante para evitar a aglomeração das nanopartículas. A mistura das fases ocorre sob agitação magnética moderada, resultando na difusão da fase orgânica sobre a fase aquosa e a formação de uma suspensão coloidal de nanopartículas. A difusão do solvente reduz a tensão interfacial, formando micelas pequenas. Por fim, realiza-se a evaporação do solvente orgânico em temperatura amena, usando técnicas como rotaevaporação (evaporação rotativa), ou, em alguns casos, por ultracentrifugação ou liofilização. Esses métodos ajudam a concentrar e estabilizar as nanopartículas (Koop et al., 2022; Sacramento e Tavares, 2024)

Assunção (2016) destacou várias vantagens da nanoprecipitação, incluindo a simplicidade do método, que facilita sua reprodutibilidade, o baixo consumo de energia e a alta eficiência de encapsulamento. No entanto, a técnica também apresenta uma limitação de sua aplicação, causada pela necessidade de uma quantidade significativa de solvente para dissolver tanto o polímero quanto o composto ativo na fase orgânica. Contudo, o uso de solventes pode representar desafios ambientais e de segurança, e a remoção eficiente do solvente após a precipitação é crucial para garantir nanopartículas de alta pureza e eficácia.]

#### **4.2.2 Copigmentação**

A copigmentação é um processo em que moléculas interagem para melhorar a cor e a estabilidade dos pigmentos. Essa interação ocorre por meio de ligações de hidrogênio, que se formam quando um átomo de hidrogênio, ligado a um átomo eletronegativo, como oxigênio ou nitrogênio, se aproxima de outro átomo eletronegativo. Essas ligações são fundamentais para estabilizar as moléculas e permitir uma interação eficaz entre elas.

Além disso, há interações eletrostáticas, que ocorrem entre moléculas com cargas opostas. Essa atração entre as cargas ajuda a unir os compostos, preservando a estrutura e a funcionalidade dos pigmentos. Também podem ocorrer interações hidrofóbicas, que favorecem a associação entre as moléculas e protegem as antocianinas de reações de degradação, como a hidratação. Durante a hidratação as antocianinas estão dispostas em solução aquosa, sua estrutura está exposta, e moléculas de água se inserem na estrutura do pigmento, o que pode causar a ruptura de ligações químicas, como as ligações duplas e os

anéis aromáticos. Esse rompimento pode levar à alteração ou perda da estrutura cromófora do pigmento, a parte da molécula responsável pela cor, resultando na descoloração ou na formação de produtos de degradação que não têm a mesma intensidade de cor (Gençdağ et al., 2022).

Exemplos de sucesso da copigmentação intermolecular, onde uma molécula distinta é adicionada ou coexiste com o pigmento, incluem o uso de C-glicosil flavon, um tipo de flavonoide que possui uma ou mais unidades de glicosídeo, açúcar, que formou ligações de hidrogênio com as antocianinas e aumentou em até 50% a meia-vida de bebidas ricas em cianidina; e o uso da goma xantana, um polissacarídeo com muitos grupos hidroxila, aplicado na estabilização de antocianinas do arroz preto em bebidas modelo também através das interações moleculares (Gençdağ et al., 2022; Falcão et al., 2003).

No trabalho de Gamage, Goh e Choo (2024), sobre a aplicação de antocianinas do fruto goji preto em iogurte e leite fermentado, foi observada uma maior estabilidade de cor em comparação com a amostra controle feita com corante natural de batata-doce roxa. Essa maior estabilidade se deve à presença de antocianinas aciladas no goji preto, que apresentam copigmentação intramolecular. Isso significa que a própria molécula de pigmento contém grupos funcionais que interagem entre si, aumentando a estabilidade.

As antocianinas aciladas têm grupos acila, como ácido acético ou ácido cumárico, ligados à sua estrutura química. Essa alteração torna as antocianinas mais resistentes à água, e essa hidrofobicidade faz com que busquem se unir a outros compostos aromáticos. Essas ligações formam estruturas estáveis que aumentam a resistência das antocianinas e as protegem de degradações, como a hidratação, que pode causar a perda de cor (Falcão et al., 2003).

A estabilidade proporcionada pela copigmentação resulta em um aumento da intensidade da cor, conhecido como efeito hipercrômico, que ocorre quando as interações entre as moléculas intensificam a absorção de luz, tornando a cor mais vibrante. Além disso, há um efeito batocrômico, que se refere ao deslocamento da absorção de luz para maiores comprimentos de onda, resultando em cores que podem parecer mais próximas de tons quentes, como vermelho ou laranja (Gençdağ et al., 2022).

#### **4.2.3 Adição de biopolímeros**

A adição de biopolímeros, como polissacarídeos e proteínas, aos corantes naturais tem se mostrado uma estratégia eficaz para melhorar a estabilidade desses corantes. Embora compartilhem o objetivo de aumentar a durabilidade dos corantes, a adição de biopolímeros e a copigmentação empregam princípios distintos. A copigmentação baseia-se na interação entre moléculas para estabilizar o corante, enquanto a adição de biopolímeros foca na proteção e estabilidade do pigmento através da formação de uma rede física ou química que minimiza a degradação (Gençdağ et al., 2022; Guo et al., 2021).

Yuan et al. (2022) investigaram a eficácia da adição de polissacarídeos aniônicos na estabilização das ficocianinas. Em seus experimentos, a introdução de carragenina, um polissacarídeo, mostrou um aumento significativo na estabilidade da cor azul. Esse efeito estabilizador pode ser atribuído à capacidade da carragenina de formar complexos com as ficocianinas através de interações eletrostáticas e ligações de hidrogênio. A carragenina, com suas cargas negativas, interage com as cargas positivas na superfície das ficocianinas, ajudando a criar uma rede estável que reduz a tendência de degradação do pigmento. Esse complexo protege as ficocianinas contra alterações indesejadas mesmo sob condições adversas, como tratamento térmico a 90 °C e pH ácido (2,5 e 3,0). Destaca-se que a temperatura crítica para a estabilidade das ficocianinas é de 47 °C, portanto, a capacidade da carragenina de manter a estabilidade a 90 °C é notável.

Além disso, o uso de glicose e sacarose também contribuiu para a estabilidade das ficocianinas. Esses açúcares ajudam a proteger o pigmento por meio da formação de complexos de hidratação, onde as moléculas de glicose e sacarose se ligam às ficocianinas, criando um ambiente protetor que minimiza a degradação térmica. No experimento, a adição de glicose e sacarose aumentou a meia-vida das ficocianinas em aproximadamente 20 minutos, mesmo após aquecimento a 60 °C por 15 minutos (Yuan et al., 2022).

Ren Giusti (2021) descreveu que a adição do suplemento *Whey protein*, composto de proteínas do soro de leite, proporcionou o aumento da absorbância das antocianinas e sua proteção contra a degradação pelo ácido ascórbico. A degradação de cor foi reduzida em cerca de 50% na solução onde foram adicionados 10 mg/mL de *whey protein*.

O estudo de Guo et al. (2021) buscou estabilizar betacianinas em bebida esportiva, isotônico, simulada a partir da adição de biopolímeros. Os polissacarídeos testados incluíram alginato, goma de tara, low methoxyl pectin (LMP) e goma xantana. Esses polissacarídeos são usados para espessar e estabilizar líquidos. Já os antioxidantes avaliados foram ácido

ascórbico (vitamina C), EDTA, um quelante de íons metálicos, ácido gálico e catequina, que ajudam a prevenir a oxidação e a degradação de corantes.

As amostras com essas combinações foram expostas à luz UV por 36 e 72 horas para simular condições que aceleram a degradação dos corantes. As absorbâncias das soluções foram então medidas a 529 nm, que é o comprimento de onda onde a cor da betalaína, um corante natural, é mais visível. Os resultados mostraram que a combinação de 200 ppm de ácido ascórbico, 10 ppm de EDTA e 0,25% de low methoxyl pectin foi eficaz na estabilização da betalaína em bebidas ácidas. Após 45 dias, a cor da betalaína se manteve estável, indicando que essa mistura pode ser uma alternativa promissora ao FD&C Red 40 em bebidas esportivas (Guo et al., 2021).

Yang et al. (2024) investigaram o uso de proteínas e polissacarídeos em um sistema multicamadas para melhorar a estabilidade da betanina, um corante natural. O quitooligossacarídeo, um polissacarídeo derivado da quitosana, foi escolhido devido às suas propriedades de baixa toxicidade e sua capacidade de se conjugar eficientemente com proteínas. O quitooligossacarídeo é conhecido por suas características biocompatíveis e por formar complexos estáveis com diversas biomoléculas, o que o torna ideal para aplicações em sistemas de estabilização de corantes.

Neste estudo, o quitooligossacarídeo atuou como uma ponte entre a proteína de levedura e a betanina, formando um complexo proteína-sacarídeo que foi submetido a tratamento com ultrassom. O tratamento com ultrassom causou mudanças estruturais na proteína de levedura, como desdobramento e alterações na distribuição hidrofóbica dos aminoácidos. Essas modificações estruturais facilitaram a ligação da proteína com o quitooligossacarídeo, o que, por sua vez, melhorou a interação entre a proteína de levedura e a betanina. Como resultado, a taxa de carga de betanina aumentou significativamente em cerca de 22,56% quando o ultrassom foi aplicado a uma potência de 200W por 15 minutos.

No entanto, potências mais altas, como 400-600W, resultaram em uma diminuição da taxa de carga de betanina, embora ainda superior à observada no grupo que não foi submetido ao tratamento. Essa diminuição pode ser atribuída a possíveis efeitos adversos do ultrassom em potências mais elevadas, que podem levar a uma degradação excessiva ou alterações adicionais na estrutura do complexo proteína-sacarídeo. Além da potência e do tempo ideais de aplicação do ultrassom, a proporção de 3:1 (quitooligossacarídeo/proteína) foi identificada

como a mais eficaz para proporcionar maior estabilidade da betanina, protegendo-a da luz, íons metálicos e variações de temperatura (Yang et al., 2024).

#### **4.2.4 Adsorção**

A técnica de adsorção descrita por Koop et al. (2022) utiliza materiais adsorventes, como carvão ativado, sílica gel ou resinas, para adsorver os pigmentos em sua superfície. O objetivo é separar, purificar e concentrar os pigmentos de maneira seletiva, além de protegê-los da degradação. Embora a adsorção tenha potencial para estabilizar os pigmentos, ela enfrenta limitações significativas devido à falta de padronização.

Um dos principais desafios da adsorção é a variabilidade dos materiais adsorventes. Diferentes tipos de adsorventes podem ter propriedades distintas, como área superficial, porosidade e capacidade de adsorção, e essa variabilidade entre lotes pode impactar a eficiência do processo. Além disso, o sucesso da adsorção depende de condições operacionais específicas, incluindo pH, temperatura e concentrações do pigmento e do adsorvente. Mudanças sutis nesses parâmetros podem afetar a capacidade do adsorvente de capturar e estabilizar o pigmento, tornando o processo difícil de padronizar. Outra limitação é a dificuldade de controlar e reproduzir as condições operacionais como tempo de contato entre o pigmento e o adsorvente ou a taxa de fluxo da solução através do adsorvente (Koop et al., 2022).

#### **4.2.5 Campo elétrico pulsado**

A técnica campo elétrico pulsado (PEF), usa temperaturas mais brandas do que os tratamentos térmicos convencionais, utilizando de 30° C a 40 °C. Em matrizes vegetais, o PEF desestabiliza sua membrana celular, tornando as células mais permeáveis, facilitando o contato entre o solvente de extração e os componentes intracelulares. No entanto, apesar das vantagens citadas na tabela 1, o uso desse método é limitado por requerer um controle térmico rigoroso, ser mais adequado em processamento de alimentos líquidos homogêneos e necessitar de alto investimento inicial variando de 75.000 € - 400.000 € para sua implementação (Bocker e Silva, 2022).

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho destacou a crescente demanda por substituição de corantes artificiais por naturais, em resposta às preocupações com a saúde dos consumidores, já que os corantes artificiais estão associados a diversos problemas de saúde. Contudo, a adoção de corantes naturais em bebidas não alcoólicas, lácteas e isotônicos enfrenta desafios significativos devido à instabilidade dos pigmentos naturais investigados, como curcumina, carotenóides, betalaínas, antocianinas, spirulina e genipina.

Os principais fatores que contribuem para essa instabilidade incluem sensibilidade a altas temperaturas, exposição à luz e ao oxigênio, baixa estabilidade em diferentes faixas de pH e reatividade com cátions metálicos e outros íons. Além disso, a baixa solubilidade desses corantes também dificulta sua aplicação.

Apesar da variedade de tonalidades que os corantes naturais podem proporcionar, o que poderia representar uma vantagem significativa para a indústria de bebidas, atualmente dominada por corantes artificiais, a revisão sistemática revelou que apenas cinco estudos focaram na aplicação desses corantes em bebidas e soluções.

A análise dos métodos de estabilização, como encapsulamento, Campo Elétrico Pulsado (PEF), adição de biopolímeros e copigmentação, mostrou que, embora algumas técnicas, como a microencapsulação por eletropulverização, tenham mostrado resultados promissores em ambiente de laboratório, sua aplicação em larga escala na indústria ainda não é viável. Portanto, é evidente a necessidade de melhorias nos processos de estabilização de pigmentos naturais, para possibilitar sua adoção ampla e eficaz na indústria de bebidas, contribuindo para a substituição sustentável dos corantes artificiais.

## 1 REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, Diogo Filipe Loureiro dos Santos. **Estudo das vias metabólicas das plantas na síntese de pigmentos naturais**. 2017. Dissertação (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Fernando Pessoa, Porto, 12 jul. 2017. Disponível em: <https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/6104>. Acesso em: 7 mai. 2024
2. ALVES, Pablo da Silva. **Análise dos fatores de influência na escolha da embalagem para refrigerante**. Cadernos UniFOA, Volta Redonda, v. 9, n. 24, p. 9–14, 2014. DOI: 10.47385/cadunifoa.v9.n24.112. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/112>. Acesso em: 8 set. 2024.
3. ALVES, Ana.; QUEIROZ, Evandro de Souza. **Aditivos alimentares: funções, aplicações e riscos para a saúde humana**. Engineering Sciences, v. 11, n. 1, p. 36-43, 2023. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2023.001.0005>. Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/engineeringsciences/article/view/8232>. Acesso em: 6 mai. 2024.
4. ANDRADE, Elisangela Lima. **Obtenção de corante azul em pó de jenipapo: análise experimental dos processos de oxidação induzida e leito de jorro**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais) - Universidade Federal do Pará, [s. l.], 2016. Disponível em: [https://www.proderna.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/teses/2016/TESE\\_Vers%C3%A3o\\_Final\\_Elisangela%20\(2\).pdf](https://www.proderna.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/teses/2016/TESE_Vers%C3%A3o_Final_Elisangela%20(2).pdf). Acesso em: 21 mar. 2024.
5. ANDRADE, Elisângela; NASCIMENTO, Rafael; COSTA, Cristiane Maria Leal; FARIA, Lênio. **Otimização experimental do processo de obtenção do corante azul de jenipapo em leito de jorro**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS, XXXVIII, 2017, [s. l.]. Anais... [s. l.], p. 1-11, dez. 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/322642354\\_OTIMIZACAO\\_EXPERIMENTAL\\_DO\\_PROCESSO\\_DE\\_OBTENCAO\\_DO\\_CORANTE\\_AZUL\\_DE\\_JENIPAPO\\_EM\\_LEITO\\_DE\\_JORRO](https://www.researchgate.net/publication/322642354_OTIMIZACAO_EXPERIMENTAL_DO_PROCESSO_DE_OBTENCAO_DO_CORANTE_AZUL_DE_JENIPAPO_EM_LEITO_DE_JORRO). Acesso em: 21 mar. 2024.
6. ASSUNÇÃO, Larissa Santos. **Desenvolvimento e caracterização de nanopartículas poliméricas ricas em  $\beta$ -caroteno obtidas pela técnica de deslocamento de solvente**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016. Disponível em: [http://www.pgalimentos.far.ufba.br/sites/pgalimentos.far.ufba.br/files/larissa\\_santos\\_assuncao.pdf](http://www.pgalimentos.far.ufba.br/sites/pgalimentos.far.ufba.br/files/larissa_santos_assuncao.pdf). Aceso em 05 set. 2024

7. ATHIYAPPAN, Kerthika Devi; ROUTRAY, Winny; PARAMASIVAN, Balasubramaniano. **Phycocyanin from Spirulina: A comprehensive review on cultivation, extraction, purification, and its application in food and allied industries.** *Food and Humanity*, [s. l.], v. 2, 1 mai. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100235>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949824424000107>. Acesso em: 22 abr. 2024.
8. BARROSO, Tiago Linhares Cruz Taboso. **Tecnologia de encapsulamento na área de alimentos: uma revisão.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/61589>. Acesso em: 08 jul. 2024.
9. BECKER-ALGERI, Tânia Aparecida.; SCAGLIONI, Priscila Tessmer.; DRUNKLER, Deyse Alessandra.; FURLON, Eliana Badiale. **Separação e quantificação de riboflavina em leite desnatado UAT por UHPLC-FL.** *Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos*, v. 3, n. 1, p. 1-XX, 2017. Disponível em: <https://revistas.udesc.br/index.php/revistacsbea/article/view/8968>. Acesso em: 11 jul. 2024
10. BELLÉ, Anelise Stein. **Extração de genipina a partir do jenipapo (Genipa americana Linnaeus) para imobilização de enzimas.** 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/172109/001056635.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 abr. 2024.
11. BERGMANN, Amanda; EYMAEL, Diana DE Araujo; GOMES, Natália Rosa.; FRASSON, Sabrina Feksa; SILVA, Cátia Silveira DA. **Benefícios do consumo de carotenoides a partir de frutas nativas do Brasil: uma revisão de literatura.** *RBONE - Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento*, v. 15, n. 97, p. 1158-1168, 8 jul. 2022. Disponível em: <https://www.rbone.com.br/index.php/rbone/article/view/1456>. Acesso em 09 jul. 2024
12. BENCHIKH, Yassine; FILALI, Aicha; REBAI, Sarra. **Modeling and optimizing the phycocyanins extraction from *Arthrospira platensis* (Spirulina) algae and preliminary supplementation assays in soft beverage as natural colorants and antioxidants.** *Food Processing and Preservation*, [s. l.], 2020. DOI:

- <10.1111/jfpp.15170>. Disponível em:  
<https://www-webofscience-com.ez110.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000600026000001>. Acesso em: 15 abr. 2024.
13. BENTES, Ádria de Sousa. **Avaliação do potencial de obtenção de pigmento azul a partir de frutos de jenipapo (*Genipa americana* L.) verdes**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Pará, [S. l.], 2010. Disponível em:  
<https://ppgcta.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2010/%C3%81dria%20Bentes.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2024..
14. BENTES, Ádria de Sousa. **Compostos bioativos de jenipapo, laranja e manga: composição e desenvolvimento de métodos de extração**. 2014. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014. Disponível em:  
<https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/932446>. Acesso em: 21 abr. 2024.
15. BET, Roberto Monteiro. **Refrigerante à base de polpa de umbu (*Spondias tuberosa*)**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2019. Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andréa Oliveira Nunes. Disponível em:  
[https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/37168/1/RefrigeranteaBasedeUmbu\\_Bet\\_2019.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/37168/1/RefrigeranteaBasedeUmbu_Bet_2019.pdf). Acesso em: 07 set. 2024
16. BOCKER, Ramom; SILVA, Eric Keven. **Pulsed electric field assisted extraction of natural food pigments and colorings from plant matrices**. Food Chemistry: X, [s. l.], v. 15, 30 out. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100398>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590157522001961>. Acesso em: 17 jul 2024.
17. BORBA, Vivian Ipaves de Almeida; CAMARGO, Livia Seno Ferreira. **Cianobactéria *Arthrospira (Spirulina) platensis*: biotecnologia e aplicações**. Revista Acadêmica Oswaldo Cruz, [s. l.], jul.-set. 2018. Disponível em:  
[https://oswaldocruz.br/revista\\_academica/edicoes/Edicao\\_19/index.html](https://oswaldocruz.br/revista_academica/edicoes/Edicao_19/index.html). Acesso em: 17 abr. 2024.
18. BORGES, Larissa Pacheco; AMORIM, Víctor Alves. **Metabólitos secundários das plantas**. Revista Agrotecnologia, Ipameri, v. 11, n. 1, p. 54-67, 2020. Universidade

- Estadual de Goiás. Disponível em: <https://core.ac.uk/outputs/288224916/?source=oai>. Acesso em: 06 set. 2024
19. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 5, de 15 de janeiro de 2007**. Aprova o Regulamento Técnico sobre “Atribuição de Aditivos e seus Limites Máximos para a Categoria de Alimentos 16.2: Bebidas Não Alcoólicas, Subcategoria 16.2.2: Bebidas Não Alcoólicas Gaseificadas e Não Gaseificadas”, que consta como Anexo da presente Resolução. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2007/rdc0005\\_15\\_01\\_2007.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2007/rdc0005_15_01_2007.html). Acesso em: 05 set. 2024.
20. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 18, de 27 de abril de 2010**. Dispõe sobre alimentos para atletas. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 28 abr. 2010. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/res0018\\_27\\_04\\_2010.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/res0018_27_04_2010.html). Acesso em: 15 abr 2024.
21. BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa - IN nº 28, de 26 de julho de 2018**. Estabelece as listas de constituintes, limites de uso, alegações e rotulagem complementar dos suplementos alimentares. Publicada no Diário Oficial da União, n. 144, de 27 jul. 2018. Disponível em: [https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3898888/IN\\_28\\_2018\\_COMP.pdf/db9c7460-ae66-4f78-8576-dfd019bc9fa1](https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3898888/IN_28_2018_COMP.pdf/db9c7460-ae66-4f78-8576-dfd019bc9fa1). Acesso em: 20 abr. 2024
22. BRASIL. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. O registro, a padronização, a classificação, a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de bebidas. [s. l.], 4 jun. 2009. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm). Acesso em: 15 abr. 2024.
23. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 778, de 1 de março de 2023. Dispõe sobre a regulamentação de corantes em alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1 mar. 2023. Seção 1, p. 45. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-778-de-1-de-marco-de-2023-468499613>. Acesso em: 21 set. 2024.
24. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 211, de 1 de março de 2023. Estabelece normas sobre a produção e comercialização de produtos de origem animal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1 mar. 2023.

- Seção 1, p. 50. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-211-de-1-de-marco-de-2023-468509746>. Acesso em: 21 set. 2024.
25. BRASIL. **Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021**. Estabelece procedimentos e requisitos para a gestão da qualidade da água para consumo humano e seu controle. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 maio de 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-888-de-4-de-maio-de-2021-316804508>. Acesso em: 8 set. 2024.
26. BRASIL. **Resolução nº 44, de 25 de novembro de 1977**. Condições gerais de elaboração, classificação, apresentação, designação, composição e fatores essenciais de qualidade dos corantes empregados na produção de alimentos e bebidas. [S. l.], 25 nov. 1977. Disponível em: [https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnpa/1977/res0044\\_00\\_00\\_1977.html](https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnpa/1977/res0044_00_00_1977.html). Acesso em: 15 abr. 2024.
27. BRITO, Amanda Kelly de Barros; CARDOSO, Keilla Gisele Mendonça; SOARES, Stephanie Dias; CHISTÉ, Renan Campos. **Corantes artificiais permitidos no Brasil: principais características e efeitos toxicológicos**. In: Ciência e Tecnologia de Alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas. 1. ed. Volume 2. Guarujá, SP: Editora Científica Digital, 2021. Cap. 30. DOI: 10.37885/210805854. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/books/978-65-89826-94-1.pdf>. Acesso em: 05 set. 2024
28. CAMPBELL-PLATT, Geoffrey. **Food Science and Technology**. [S. l.]: Manole LTDA, 2015.
29. CAPELAS, Regina; TAVARES, Nelson; FLORES, Cristina. **Contribuição de alimentos derivados dos cereais para a ingestão de vitamina B1 e B2 na dieta portuguesa, em adultos**. Repositório Científico do Instituto Nacional de Saúde, Departamento de Alimentação e Nutrição, out. 2018. Disponível em: <https://repositorio.insa.pt/handle/10400.18/5713>. Acesso em: 06 jul. 2024
30. CARVALHO, Alessandro; SANTOS, Monica Maria Pereira Marques; SOARES, Ana Karine de Oliveira; DE FARIAS, Luciana Melo; FERREIRA, Adriana Kelly Almeida; CARVALHO R., Moisés Lopes. **Potencial antioxidante de antocianinas em fontes alimentares: revisão sistemática**. Interdisciplinar, v. 7, n. 3, p. 149-156, jul. ago. set. 2014. Disponível em:

- [https://uninovafapi.emnuvens.com.br/revinter/article/view/467/pdf\\_143](https://uninovafapi.emnuvens.com.br/revinter/article/view/467/pdf_143). Acesso em: 06 de jul. 2024
31. CATÃO, Maria Helena Chaves de Vasconcelos; SILVA, Ayonara Dayane Leal da; OLIVEIRA, Ricardo Miguel de. Propriedades físico-químicas de preparados sólidos para refrescos e sucos industrializados. RFO UPF, v. 18, n. 1, p. 1-10, jan./abr. 2013. Disponível em: [http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-40122013000100003](http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-40122013000100003). Acesso em: 06 set. 2024
32. CELESTINO, Sonia Maria Costa. **Produção de refrigerantes de frutas**. Documentos, n. 279. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, jan. 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/881933/1/doc279.pdf>. Acesso em: 5 set. 2024
33. CHASSAGNEZ, A. Luis M.; CORRÊA, Nádia C. F.; MEIRELES, M. Angela A. **Extração de oleoresina de cúrcuma (Curcuma longa L) com CO2 supercrítico**. Food Science and Technology, v. 17, n. 4, p. 1-8, dez. 1997. DOI: 10.1590/S0101-20611997000400011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/qzjGzfWQpcNkw7hZKFKKCgk/?lang=pt&format=html#>. Acesso em: 05 set. 2024.
34. CODEVILLA, Cristiane Franco et al. **Incorporação da curcumina em sistemas nanoestruturados: revisão**. Ciência e Natura, [s. l.], v. 37, p. 152-163, dez. 2015. DOI: <10.5902/2179-460X19744>. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4675/467547645017.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2024.
35. COTTAS, Arthur Godoy. **Avaliação do processo de produção de ficobiliproteínas de cianobactérias e purificação por sistemas aquosos bifásicos**. 2019. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. DOI <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.47>. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/27280>. Acesso em: 05 set. 2024
36. CRIZEL, Rosane Lopes. **Prospecção de pigmentos produzidos por coconilhas Ceroplastes spp. para aplicação em alimentos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017. Orientador: Prof. Fábio Clasen Chaves; Coorientador: Prof. Moises João Zotti. Disponível em:

- [https://dctaufpel.com.br/ppgcta/manager/uploads/thesis/dissertacao\\_crizel,\\_rosane\\_lopes-ilovepdf-compressed.pdf](https://dctaufpel.com.br/ppgcta/manager/uploads/thesis/dissertacao_crizel,_rosane_lopes-ilovepdf-compressed.pdf). Acesso em: 05 set. 2024
37. CUNHA, Helena Filipa Carvalho; NETO, Maria; PEREIRA, Mariana; PINTO, Susana; FERNANDES, António; PEREIRA, Ana Maria Geraldês Rodrigues. **Hábitos alimentares em jovens diabéticos**. Acta Portuguesa de Nutrição, v. 5, n. 2, p. 67-68, 2016. ISSN 2183-5985. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/13474>. Acesso em: 06 jul. 2024
38. DALLABONA, Ithiara Dalponte et al. **Development of alginate beads with encapsulated jabuticaba peel and propolis extracts to achieve a new natural colorant antioxidant additive**. International Journal of Biological Macromolecules, [s. l.], v. 163, p. 1421-1432, 15 nov. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.256>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813020340204>. Acesso em: 20 jun. 2024.
39. DENG, Ruitang; CHOW, Te-Jin. **Hypolipidemic, antioxidant, and antiinflammatory activities of microalgae Spirulina**. Cardiovascular Therapeutics, [s. l.], 5 jul. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-5922.2010.00200.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1755-5922.2010.00200.x>. Acesso em: 20 jun. 2024.
40. SOUZA, Betina Aguiar; PIAS, Kathielly Kaiper Silveira; BRAZ, Naiane Gomes; BEZERRA, Aline Sobreira. **Aditivos alimentares: aspectos tecnológicos e impactos na saúde humana**. Revista Contexto & Saúde, [S. l.], v. 19, n. 36, p. 5–13, 2019. DOI: 10.21527/2176-7114. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoesaude/article/view/7736>. Acesso em: 24 abr. 2024.
41. SOUZA, Lorrane Ribeiro de. **Microencapsulação de extratos naturais pigmentados, extraídos de cascas de frutos amazônicos para aplicação em alimentos**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Disponível em: <http://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/5315>. Acesso em: 10 set. 2024.
42. DIAS, Camila Zimmer. **Aditivos utilizados em refrigerantes comercializados em redes de supermercado de Porto Alegre (RS)**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Instituto de Ciência e Tecnologia de

- Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/247609/001147772.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 05 set. 2024
43. DIAS, Cintia Oliveira; BARROSO, Bruna Viana; SILVEIRA, Amanda Germano; LOPES, Mônica Maria de Almeida; MIRANDA, Maria Raquel Alcântara de; OLIVEIRA, Luciana de Siqueira. **Extração assistida por ultrassom de betalaínas da casca de pitáia vermelha (*Hylocereus undatus*)**. Encontros Universitários da UFC, v. 1, n. 1, 2016. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/eu/article/view/17922>. Acesso em: 06 set. 2024
44. EL BEITUNE, Patrícia; JIMÉNEZ, Mirela Foresti; SALCEDO, Mila de Moura Behar Pontremoli; AYUB, Antonio Celso Koehler; CAVALLI, Ricardo de Carvalho; DUARTE, Geraldo. **Nutrição durante a gravidez**. FEMINA, São Paulo, v. 48, n. 4, p. 245-256, 2020. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/05/1096087/femina-2019-484-245-256.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2024
45. ESATBEYOGLU, Tuba et al. **Eliminação de radicais livres e atividade antioxidante da betanina: Estudos de espectroscopia de ressonância de spin eletrônico e estudos em células cultivadas**. Toxicologia Química e Alimentar, v. 73, p. 119-126, nov. 2014. : <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.08.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278691514003792>. Acesso em: 06 set. 2024.
46. ESCHER, Graziela Bragueto. **Flores de *Centaurea cyanus* L. e *Clitoria ternatea* L.: caracterização química, estabilidade das antocianinas e propriedades funcionais in vitro**. 2019. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2019. Disponível em: <https://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/3575>. Acesso em: 15 abr. 2024.
47. ESTRADA, S. J. Calva- et al. **Betalains and their applications in food: the current state of processing, stability and future opportunities in the industry**. Food Chemistry: Molecular Sciences, [s. l.], v. 4, 30 jul. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2022.100089>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266656622200017X>. Acesso em: 26 jun. 2024.

48. FALCÃO, Leila D. et al. **Copigmentação intra e intermolecular de antocianinas: uma revisão.** Biblioteca Digital de Periódicos da Universidade Federal do Paraná, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 351-366, jul./dez. 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/cep.v21i2.1170>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/1170>. Acesso em: 26 jun. 2024.
49. FELIPE, Lorena O.; BICAS, Juliano L. **O mercado de bioaditivos para a indústria de alimentos.** Revista Processos Químicos: Artigo Convidado 2, [s. l.], p. 25-38, jan.-jun. 2016. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/6204/9cdd96b742bc0739937375f8f2a194ad21f9.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2024.
50. FENNEMA, Owen R. **Química de Alimentos.** 5. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2017.
51. FERREIRA, Adrielli Roque; SILVA, Cristina Rodrigues; FRANCA, Maria Rafaela Oliveira; BORGES, Antonia de Maria. Extração, **Obtenção e Avaliação do Pigmento da Beterraba (Beta vulgaris suculenta).** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação - PRPI, 2019. Disponível em: [https://prpi.ifce.edu.br/nl/\\_lib/file/doc6157-Trabalho/](https://prpi.ifce.edu.br/nl/_lib/file/doc6157-Trabalho/). Acesso em: 06 set. 2024
52. FERREIRA, Mariana Martins. **Spirulina: uma revisão.** 2020. TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, [s. l.], 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/29490>. Acesso em: 20 mar. 2024.
53. FERREIRA, Patricia G.; LIMA, Carolina G. S.; FOREZI, Luana da S. M.; SILVA, Fernando de C.; FERREIRA, Vitor F. **Aqui tem Química: Parte II: A Química dos Corantes Naturais e Sintéticos nos Supermercados.** Revista Virtual de Química, v. 14, n. 2, p. 267-283, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.202200135.20220012>. Disponível em: <https://rvq-sub.s bq.org.br/index.php/rvq/article/view/4204/938>. Acesso em: 05 set. 2024
54. FIB. **Corantes.** Food Ingredients Brasil, [s. l.], ed. 39, 1 jan. 2016. Disponível em: <https://revista-fi.com/edicoes/39/dossie-especial-corantes>. Acesso em: 22 mar. 2024.
55. FILIPINI, Laís Kammily; PIOVEZAN QUICHINI, Laisa; WONS, Maria Clara Brunetto; BARBIERI, Milena; DA COSTA DA SILVA, Polyana. **Corantes naturais:**

- usos, benefícios e métodos de extração.** 2022. Trabalho Integrador (Técnico em Alimentos) - Instituto Federal de Santa Catarina, Xanxerê, 2022. Disponível em: [https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/2664/La%c3%ads\\_Kammily\\_Filipini%20-%20PI.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/2664/La%c3%ads_Kammily_Filipini%20-%20PI.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 05 set. 2024
56. FUZETTI, Caroline Gregoli. **Secagem por spray drying do corante natural azul de flores comestíveis da ervilha borboleta (*Clitoria ternatea* L.) com diferentes agentes carreadores.** 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), [s. l.], 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/191828>. Acesso em: 25 mai. 2024.
57. GAMAGE, Gayan Chandrajith Vidana; GOH, Joo Kheng; CHOO, Wee Sim. **Application of anthocyanins from black goji berry in fermented dairy model food systems: an alternate natural purple color.** LWT, [s. l.], v. 198, 15 abr. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115975>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643824002548>. Acesso em: 5 jul. 2024.
58. GARCÍA, Adolfo Ávalos; CARRIL, Elena Pérez-Urria. **Metabolismo secundário de plantas.** Reduca (Biología), [S. l.], v. 2, n. 3, 2009. Disponível em: <http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/798>. Acesso em: 7 jun. 2024.
59. GERHARDT, Ângela; MONTEIRO, Bruna Wissmann; GENNARI, Adriano; LEHN, Daniel Neutzling; SOUZA, Claucia Fernanda Volken de. **Características físico-químicas e sensoriais de bebidas lácteas fermentadas utilizando soro de ricota e colágeno hidrolisado.** Rev. Inst. Latic. “Cândido Tostes”, Jan/Fev, 2013 n. 390, v. 68, p. 41-50, 2013. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/7>. Acesso em: 08 set. 2024.
60. GENÇDAĞ, Esra et al. **Copigmentation and stabilization of anthocyanins using organic molecules and encapsulation techniques.** Current Plant Biology, [s. l.], v. 29, jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2022.100238>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214662822000044>. Acesso em: 13 jul. 2024.
61. LANGONE, Maria Giulia Stefanello; BATTISTONI, Daiane. **A influência da cor na percepção do sabor pelo comensal.** Salão do Conhecimento, [S. l.], v. 7, n. 7, 2021. Disponível em:

- <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaoconhecimento/article/view/20750>. Acesso em: 21 set. 2024.
62. GOMES, Beatriz Borges; JESUS, Larissa Karla de; SCHMIELE, Marcio; RIGOLON, Thaís Caroline Buttow. **Efeitos das antocianinas na saúde: uma revisão sistemática**. Research, Society and Development, v. 11, n. 4, e6411427069, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i4.270691>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27069/23674> . Acesso em 09 jul. 2024
63. GONÇALVES, Bárbara Sofia Gomes. **Pigmentos Naturais de Origem Vegetal: Betalainas**. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Farmacêuticas, Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências e Tecnologias, 2018. Orientadora: Professora Doutora Maria da Graça Costa Miguel. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/216339715.pdf>. Acesso em: 06 set. 2024
64. GOODARZI, Fatemeh; ZENDEHBOUDI, Sohrab. **Uma revisão abrangente sobre emulsões e estabilidade de emulsões nas indústrias química e energética**. O Jornal Canadense de Engenharia Química, [S. l.], 18 nov. 2018. DOI: 10.1002/cjce.23336. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cjce.23336>. Acesso em: 5 set. 2024.
65. GUO, Qi et al. **Synergistic effects of ascorbic acid, low methoxy pectin, and EDTA on stabilizing the natural red colors in acidified beverages**. Current Research in Food Science, [s. l.], v. 4, p. 873-881, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crf.2021.11.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665927121000940>. Acesso em: 11 jul. 2024.
66. HACKENHAAR, Camila Regina. **Desenvolvimento de uma matriz de alginato e gelatina entrecruzada com genipina para imobilização de  $\beta$ -galactosidase**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/230845/001131738.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 set. 2024
67. HAMERSKI, Lidilhone; REZENDE, Michelle Jakeline Cunha; SILVA, Bárbara Vasconcellos da. **Usando as cores da natureza para atender aos desejos do consumidor: substâncias naturais como corantes na indústria alimentícia**. Revista

- Virtual de Química (Produtos Naturais), [s. l.], v. 5, ed. 3, 21 abr. 2013. DOI: <10.5935/1984-6835.20130035>. Disponível em: <https://rvq-sub.s bq.org.br/index.php/rvq/article/view/469>. Acesso em: 13 mar. 2024.
68. HANAN, Simone Assayag; MARREIRO, Raquel de Oliveira. **Avaliação do pH de refrigerantes, sucos e bebidas lácteas fabricados na cidade de Manaus, Amazonas, Brasil**. Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada, v. 9, n. 3, p. 347-353, set./dez. 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/637/63712843015.pdf>. Acesso em: 05 set. 2024
69. INSTITUTO AVANÇADO DO PLÁSTICO. **Especialista Produtos Lácteos**. Disponível em: <https://www.planetaplastico.com.br/especialista-produtos-lacteos>. Acesso em: 07 set. 2024
70. ISHIHARA, Masayuki et al. **Complexos polieletrólíticos de polímeros naturais e suas aplicações biomédicas**. Polímeros, v. 11, n. 4, p. 672, 2019. <https://doi.org/10.3390/polym11040672> Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/11/4/672>. Acesso em: 6 set. 2024.
71. KATO, Camila Gabriel; TONHI, Carolina Dário; CLEMENTE, Edmar. **Antocianinas de uvas (Vitis vinífera L.) produzidas em sistema convencional**. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, v. 6, n. 2, p. 1-10, 2012. DOI: 10.3895/S1981-36862012000200007. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/view/979> . Acesso em: 05 mai. 2024
72. KOOP, Betina Luiza et al. **Flavonoids, anthocyanins, betalains, curcumin, and carotenoids: sources, classification and enhanced stabilization by encapsulation and adsorption**. Food Research International, [s. l.], v. 153, mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110929>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996921008292>. Acesso em: 13 jul. 2024.
73. LEITE, Luciana de Oliveira Reis. **Termodinâmica de partição do corante natural carmim de cochonilha em diferentes sistemas aquosos bifásicos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2010. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/8031c18c-110a-4d4e-98a7-7f4b5e57fda9/content>. Acesso em: 05 set. 2024.

74. LOPES-FILHO, José Hernandes; EL OTTRA, Juliana; GAGLIARDI, Karina Bertechine; RODRIGUES, Keyla; GAMA, Thália do Socorro Serra. **Os estudos da flor**. In: Botânica no Inverno. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, 2013. p. 13-21. Disponível em: <https://botanicanoinverno.ib.usp.br/material-did%C3%A1tico>. Acesso em: 06 set 2024
75. LIANG, Tisong; ZHANG, Zhentao; JING, Pu. **Antocianinas de arroz preto incorporadas em nanopartículas automontadas de quitosana/sulfato de condroitina aumentam a apoptose em células HCT-116**. Química dos Alimentos, v. 301, p. 125280, 15 dez. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125280>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814619313901> Acesso em: 06 set. 2024.
76. LIMA, Helena Maria Reinaldo; LIMA, Luciana Reinaldo; GALVÃO, Fábio Freitas de Sousa Passos. **Consumo infantil de bebidas lácteas: sólidos solúveis totais (Brix) e pH**. Odontologia Clínico-Científica (Online), Recife, v. 10, n. 3, jul./set. 2011. ISSN 1677-3888. Disponível em: [http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1677-38882011000300009](http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-38882011000300009). Acesso em: 06 jul. 2024
77. LIMA, Mirelle Dayanne Freire de; RAULINO, João Higo dos Santos; SILVA, Elis Libânio da; LUCENA, Izabelly Larissa. **Ciência e tecnologia de alimentos: o avanço da ciência no Brasil**. Vol. 3. 2023. ISBN 978-65-5360-291-5. Editora Científica Digital. Disponível em: <[www.editoracientifica.com.br](http://www.editoracientifica.com.br)>. Acesso em: 05 set. 2025
78. LIMA, Urgel de Almeida. Coleção Biotecnologia Industrial: Volume 3 - **Processos Fermentativos e Enzimáticos**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2019. Acesso em: 05 set. 2024
79. LOPES, Toni Jefferson et al. **Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade**. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 13, ed. 3, p. 291-297, jul.-set. 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/1375/1359>. Acesso em: 15 jul. 2024.
80. MANRICH, A. et al. **Determinação da composição química da Spirulina platensis**. In: WORKSHOP DA REDE DE NANOTECNOLOGIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO, 8, 2014, Juiz de Fora. Anais... São Carlos: Embrapa

- Instrumentação; Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2014. p. 116-120. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1004397/determinacao-da-composicao-quimica-da-spirulina-platensis> Acesso em: 6 mai. 2024.
81. MARÇO, Paulo Henrique; POPPI, Ronei Jesus; SCARMINIO, Ieda Spacino. **Procedimentos analíticos para identificação de antocianinas presentes em extratos naturais.** Química Nova, [s. l.], v. 31, n. 5, p. 1191-1197, 12 set. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000500051>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/PXt7HhKcLRN7GMSSRt4dyKP/?lang=pt>. Acesso em: 6 mai. 2024.
82. MARINHO, Robson Ribeiro; ISHIKAWA, Noemia Kazue; ANDRADE, Jerusa Sousa. **Caracterização físico-química e microbiológica de xaropes de cupuaçu e camu camu.** In: XVIII Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA, 2009, Manaus. Anais... Manaus: INPA, 2009. Disponível em: [https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/4540/1/pibic\\_inpa.pdf](https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/4540/1/pibic_inpa.pdf). Acesso em: 06 set. 2024
83. MARTINS, Alessandra Dalló. **Microencapsulação e estudo de liberação do corante natural carmim de cochonilha.** 2006. Relatório apresentado ao Curso de Graduação em Química da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, para a obtenção da aprovação na disciplina QMC5510 – Estágio Supervisionado sob orientação da Prof<sup>a</sup>. Dra. Tereza Cristina Rozone de Souza. Florianópolis – SC. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/105203>. Acesso em: 05 set. 2024
84. MATOS, Mariana Mourão. **Uso de imagens digitais e dispositivos de papel para determinação fluorimétrica de vitamina B2 em suplementos.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química Tecnológica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em: [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/30079/1/2021\\_MarianaMouraoMatos\\_tcc.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/30079/1/2021_MarianaMouraoMatos_tcc.pdf). Acesso em: 15 jul. 2024
85. MATOS, G. B. et al. **Corante natural azul da flor comestível clitória (*Clitoria ternatea*): extração, caracterização e estabilidade.** Observatório de la Economia Latinoamericana, [S. l.], v. 22, n. 2, p. e3454, 2024. DOI: <10.55905/oelv22n2-202>. Disponível em:

<https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/3454>.

Acesso em: 15 mar. 2024.

86. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, MAPA. **Instrução Normativa nº 16, de 23 de agosto de 2005**. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bebida Láctea, em anexo. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2005. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/inspleite/files/2016/03/Instru%C3%A7%C3%A3o-normativa-n%C2%B0-16-de-23-de-agosto-de-2005.pdf>. Acesso em: 05 set. 2024
87. MEIRELES, Heitor Dikson Rodrigues. **Otimização da extração de ficocianina de *Spirulina platensis***. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Farmácia) - Universidade Federal de Sergipe, [s. l.], 2018. Disponível em: [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/8787/2/HEITOR\\_DIKSON\\_RODRIGUES\\_MEIRELES.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/8787/2/HEITOR_DIKSON_RODRIGUES_MEIRELES.pdf). Acesso em: 15 jun. 2024.
88. MEYER, Janaína Morimoto et al. **Metabolismo secundário**. In: USP, Lolo. Botânica no inverno 2013. [S. l.: s. n.], 2013. cap. 1, p. 34-42. Disponível em: <https://botanicainverno.ib.usp.br/material-did%C3%A1tico>. Acesso em: 18 mai. 2024.
89. MINALTO. **Xarope de Groselha**. [S.l.]: Minalto, [s.d.]. Disponível em: <https://irp.cdn-website.com/31b5b07f/files/uploaded/XAROPE%20DE%20GROSELHA%20MINALTO%20-%20FICHA%20TECNICA.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2024
90. MONTEIRO, Marco Aurélio Alvarenga; VAZ, Ednilson Luiz Silva; SAMPAIO, Matheus de Moura; CODARO, Eduardo Norberto; ACCIARI, Heloisa Andréa. **Determinação de sacarose no xarope artificial de groselha por medidas de viscosidade: uma abordagem interdisciplinar**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 30, n. 3, p. 566-578, dez. 2013. DOI: 10.5007/2175-7941.2013v30n3p566. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2013v30n3p566/25603>. Acesso em: 06 set. 2024
91. MOTA, F. G. et al. **Flor de Clitoria ternatea: desidratação e caracterização**. Observatório de la Economía Latinoamericana, [s. l.], v. 8, p. 9740-9757, 2023. DOI: <10.55905/oelv21n8-102>. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/1026>. Acesso em: 20 abr. 2024.

92. NELLIS, Stéfani Cristina; CORREIA, Angela de Fátima Kanesaki; SPOTO, Marta Helena Fillet. **Extração e quantificação de carotenoides em minitomate desidratado (Sweet Grape) através da aplicação de diferentes solventes.** Brazilian Journal of Food Technology, v. 20, 2017. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15616>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/khDYw88BzmHx4vQ9n7BWSSc/?lang=pt#ModalTutor>. Acesso em: 06 jul. 2024
93. NERE-NUMA, Iramaia Angélica; PESSOA, Marina Gabriel; ARRUDA, Henrique Silvano; PEREIRA, Gustavo Araújo; PAULINO, Bruno Nicolau; ANGOLINI, Célio Fernando Figueiredo; RUIZ, Ana Lúcia Tasca Gois; PASTORE, Gláucia Maria. **Extrato do fruto de jenipapo (Genipa americana L.) como fonte de iridóides antioxidantes e antiproliferativos.** Pesquisa Alimentar Internacional, [S. l.], v. 134, p. 1-10, ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109252>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996920302775>. Acesso em: 20 mar. 2024.
94. OLIVEIRA, Cristiane Alves de; CAMPOS, Aline Aparecida de Oliveira; RIBEIRO, Sônia Machado Rocha; OLIVEIRA, Wemerson de Castro; NASCIMENTO, Antônio Galvão do. **Potencial nutricional, funcional e terapêutico da cianobactéria spirulina.** RASBRAN - Revista da Associação Brasileira de Nutrição, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 52-59, jan.-jun. 2013. Disponível em: <https://rasbran.emnuvens.com.br/rasbran/article/view/7/9>. Acesso em: 06 set. 2024.
95. ORES, Joana da Costa. **Produção e extração da enzima Anidrase Carbônica de ficobiliproteínas a partir de microalgas.** 2014. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande, [s. l.], 2014. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/FURG\\_799f4907370fce261bb93f017faed8ba](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/FURG_799f4907370fce261bb93f017faed8ba). Acesso em: 20 mar. 2024.
96. OSTROSKI, Indianara; BARICCATTI, Reinaldo Aparecido; LINDINO, Cleber Antonio. **Estabilidade dos corantes Tartrazina e Amarelo Crepúsculo em refrigerantes.** Acta Scientiarum. Technology, v. 27, n. 2, p. 101-106, jul.-dez. 2005. Universidade Estadual de Maringá. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226514005>. Acesso em: 05 set. 2024
97. PAULUCCI, Viviane maira Paulino. **Estudo de processos de extração de rizomas de *Curcuma longa* L: curcuminóides e atividade antioxidante.** 2006. Dissertação

- (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001547857>. Acesso em: 06 set. 2024.
98. PEDRO, Alessandra Cristina; GRANATO, Daniel; ROSSO, Neiva Deliberali. **Extraction of anthocyanins and polyphenols from black rice (*Oryza sativa* L.) by modeling and assessing their reversibility and stability.** Food Chemistry, [s. l.], v. 191, p. 12-20, 15 jan. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.045>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814615002150>. Acesso em: 15 jul. . 2024.
99. PEREIRA, Rita de Cassia Alves. **Açafrão (*Curcuma longa* L.)**. In: Culturas. EPAMIG, 2019. Cap. 5. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1118555/acafrao-curcuma-longa-l>. Acesso em: 06 set. 2024.
100. Petrus, Rodrigo Rodrigues; Faria, José de Assis Fonseca. **Processamento e avaliação de estabilidade de bebida isotônica em garrafa plástica.** Food Science and Technology, v. 25, n. 3, p. 1-10, set. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/XKYKtY9TVpR675yW3rFrG5w/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 6 set. 2024.
101. PIASINI, Aline; STULP, Simone; DAL BOSCO, Simone Morelo; ADAMI, Fernanda Scherer. **Análise da concentração de tartrazina em alimentos consumidos por crianças e adolescentes.** Revisão Uningá , [S. l.] , v. 1, 2014. Disponível em: <https://revista.uninga.br/uningareviews/article/view/1530>. Acesso em: 7 set. 2024.
102. PONTES, Leonardo Vieira. **Avaliação sensorial e instrumental de cor de misturas em pó para refresco, bebida isotônica e gelatina utilizando corantes naturais.** 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9081>. Acesso em: 15 mai. 2024.
103. PRADO, Marcelo Alexandre; GODOY, Helena Teixeira. **Teores de corantes artificiais em alimentos determinados por cromatografia líquida de alta eficiência.** Química Nova, v. 30, n. 2, p. 268-273, 2007. Disponível em: <http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2007/vol30n2/index.htm>. Acesso em: 17 jun. 2024.

104. PRATO, Tiago Sartorelli; NASCIMENTO, Mariana Góes do. **Influência da cor e do odor na discriminação do sabor de um produto.** In: INOVAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. 2019. p. 179-186. Atena. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/inovacao-em-ciencia-e-tecnologia-de-alimentos>. Acesso em: 05 set. 2023.
105. QI, Chenchen; ZHANG, Haijing; CHEN, Wei; LIU, Weizhong. **Curcumina: uma abordagem inovadora para o controle pós-colheita da podridão negra induzida por *Alternaria alternata* em tomates cereja.** *Biologia Fúngica*, v. 128, n. 2, p. 1691-1697, abr. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2024.02.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878614624000205>. Acesso em: 06 set. 2024.
106. QUINTANA, I.Q. Arlet Calva. **Estabilidad de betalainas (betacianinas y betaxantinas) encapsuladas en emulsiones obtenidas con surfactantes naturales y métodos de alta energía.** 2021. Tese (Mestrado em Ciências em Ciência e Tecnologia de Alimentos) — Universidade Autónoma de Chihuahua, Faculdade de Ciências Químicas, Chihuahua, Chih., México, 2021. Disponível em: <http://repositorio.uach.mx/376/1/TESIS%20MAESTRIA.%20Arlet%20Calva%20Quintana..pdf>. Acesso em: 05 set. 2024
107. REN, Shuai; GIUSTI, M. Monica. **The effect of whey protein concentration and preheating temperature on the color and stability of purple corn, grape and black carrot anthocyanins in the presence of ascorbic acid.** *Food Research International*, [s. l.], 23 mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110350>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996921005304>. Acesso em: 16 jul. 2024.
108. RENHE, Isis Rodrigues Toledo; STRINGHETA, Paulo César; SILVA, Fabyano Fonseca; OLIVEIRA, Taila Veloso. **Obtenção de corante natural azul extraído de frutos de jenipapo.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, [s. l.], v. 44, n. 6, p. 645-650, 2 jun. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000600015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/sVFRqgSKprtw3n4mB94fMbR/?lang=pt>. Acesso em: 2 ago. 2024.
109. REZENDE, Fernanda Mendes de; ROSADO, Daniele; MOREIRA, Fernanda Anselmo; CARVALHO, Wilton Ricardo Sala de. **Vias de síntese de metabólitos secundários em plantas.** In: *Botânica no Inverno*. São Paulo: Universidade de São

- Paulo, Instituto de Biociências, 2016. Disponível em: <https://botanicoinverno.ib.usp.br/material-did%C3%A1tico>. Acesso em: 06 set. 2024
110. ROCHA, L. et al. **Complexation of anthocyanins, betalains and carotenoids with biopolymers: an approach to complexation techniques and evaluation of binding parameters**. Food Research International, [s. l.], v. 163, jan. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112277>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996922013357>. Acesso em: 3 ago. 2024.
111. RODRIGUES, Patrícia da Silva. **Estudo do uso de corantes artificiais em alimentos e estimativa de ingestão de tartrazina pela população brasileira**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/119766/000970602.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 set. 2024
112. RODRIGUES, Patrícia da Silva. **Estudo da ingestão de sete corantes artificiais pela população brasileira**. 2021. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/233291/001135250.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 set. 2024
113. Rodrigues, Thalita Cavalcante. **Uso de corantes vegetais na indústria de alimentos como alternativa aos corantes artificiais: uma revisão**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Fortaleza, 2021. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/62133/3/2021\\_tcc\\_tcrodrigues.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/62133/3/2021_tcc_tcrodrigues.pdf). Acesso em: 05 set. 2024
114. SACRAMENTO, M. da S.; TAVARES, M. I. B. **Nanoencapsulation of flavonoid bioactives using the nanoprecipitation technique - Review**. Seven Editora, [S. l.], 2024. Disponível em: <https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/view/3564>. Acesso em: 05 sep. 2024.
115. SÁMANO, Guillermo Velázquez; CHAGOYA, Rodrigo Collado; PANTOJA, Rubén Alejandro Cruz; MEDINA, Andrea Aída Velasco; GUEVARA, Juan Rosales.

- Reacciones de hipersensibilidad a aditivos alimentarios.** Revista Alergia México, Ciudad de México, v. 66, n. 3, p. 329-339, 12 fev. 2020. DOI: <https://doi.org/10.29262/ram.v66i3.613>. Disponível em: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-91902019000300329&script=sci\\_arctext#B19](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-91902019000300329&script=sci_arctext#B19). Acesso em: 7 ago. 2024.
116. SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. **Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica.** Revista Brasileira de Fisioterapia, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 83-89, jan. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfis/a/79nG9Vvk3syHhnSgY7VsB6jG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 jun. 2024.
117. SANTANA, Maria Eduarda Alves. **Avaliação do controle da qualidade em uma indústria de refresco em pó do grupo 3 Corações – Mossoró/RN.** 2020. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Química) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/a3729497-e8ca-41c9-8539-fbbeac5ecb57/content>. Acesso em: 05 set. 2024.
118. SANTOS, Alisson Caló dos; RUSCIOLELLI, Luciano Bertollo. **Desenvolvimento de bebida láctea fermentada com adição de mel de cacau concentrado.** 2023. Disponível em: <https://www.ifbaiano.edu.br/unidades/urucuca/files/2023/04/TCC-ALISSON.pdf>. Acesso em: 06 set. 2024.
119. SANTOS, Rubielle Silva dos. **Extração por ultrassom de ficobiliproteínas de Spirulina platensis utilizando líquidos iônicos de colina.** 2023. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/7367>. Acesso em: 06 set. 2024.
120. SCHIOZER, A. L.; BARATA, L. E. S. **Estabilidade de corantes e pigmentos de origem vegetal.** Revista Fitos, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 6-24, 2013. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/19149>. Acesso em: 29 jul. 2024.
121. SILVA, Thaiane Marques da; RODRIGUES, Luiza Zancan; NUNES, Graciele Lorenzoni; CODEVILLA, Cristiane Franco; BONA DA SILVA, Cristiane; MENEZES, Cristiano Ragagnin. **Encapsulação de compostos bioativos por coacervação complexa.** Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37, ed. especial, p. 56–64,

- dez. 2015. DOI: 10.5902/2179-460X19715. Recebido: 30 set. 2015; aceito: 13 out. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/ciencianatura/article/view/19715>. Acesso em: 05 set. 2024.
122. SILVA, Flávia Luiza Araújo Tavares et al. **Potencial de biscoito amanteigado enriquecido com corante de jenipapo**. Brazilian Journal of Development, [s. l.], v. 6, n. 10, p. 74387-74395, 2 out. 2020. DOI: <10.34117/bjdv6n10-023>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/17640/14319>. Acesso em: 20 mai 2024.
123. SILVA, Halisson Baron da. **Aditivos presentes em iogurtes e bebidas lácteas produzidos por uma empresa de grande porte e suas relações com demais ingredientes**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Alimentos) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/247551/001147876.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 set. 2024
124. SOUTO, Y. S. M. et al. **Análises físico-químicas de refrigerantes de cola e guaraná tradicionais e tipo zero**. Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, [s. l.], v. 1, n. 1, 2011. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/CVADS/article/view/908>. Acesso em: 5 ago. 2024.
125. SOUZA, Ana Carolina Santos de et al. **Riboflavina: uma vitamina multifuncional**. Química Nova, [s. l.], 23 set. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000500028>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/Tf3ZrH4DsxM8FmRt7NR3cgt/?format=html#>. Acesso em: 20 mai. 2024.
126. SOUZA, Carlos Ruan Vieira de. **Extração assistida por ultrassom e encapsulamento de corante da casca de beterraba com potencial para aplicação em iogurte**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1144695/1/TS-2022.005.pdf>. Acesso em: 06 set. 2024
127. SOUZA, Yasmin de; OLIVEIRA, Elis Regina Barreto de; SOUZA, Clayton Ap de. A psicologia das cores na gastronomia: o impacto das cores nos pratos e alimentos.

- In: Coletânea de Artigos do Colégio Adventista de Bragança Paulista. Volume I. Bragança Paulista: Atena Editora, 2023. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/post/a-psicologia-das-cores-na-gastronomia-o-impacto-das-cores-nos-pratos-e-alimentos>. Acesso em: 21 set. 2024.
128. SEBRAE. **Bebidas lácteas**. Solicitação: fluxograma de produção de bebida láctea. Resumo da resposta: informações sobre fluxograma de produção de bebidas lácteas. Instituição responsável: UNB/CDT - Centro de Desenvolvimento Tecnológico. Data da resposta: 25/06/2008. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sbrt/bebidas-lacteas,775aca9d4ce82810VgnVCM100000d701210aRCRD>. Acesso em: 06 jul. 2024
129. SENDRI, A. et al. **Insight into the influence of oxygen, sunlight and temperature on the stability and color attributes of red cabbage anthocyanins and in vitro gastrointestinal behaviour**. Food Chemistry Advances, [s. l.], v. 3, dez. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100359>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772753X23001818>. Acesso em: 3 ago. 2024.
130. SCHMATZ, Daiane Angélica; MASTRANTONIO, Duna Joanol da Silveira; COSTA, Jorge Alberto Vieira; MORAIS, Michele Greque de. **Encapsulamento de ficocianina por eletropulverização: uma abordagem promissora para a proteção de compostos sensíveis**. Processamento de Alimentos e Bioprodutos, v. 119, p. 206-215, jan. 2020. DOI: 10.1016/j.fbp.2019.07.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960308519301762>. Acesso em: 06 set. 2024
131. STREIT, Nivia Maria; CANTERLE, Liana Pedrolo; CANTO, Marta Weber do; HECKTHEUER, Luísa Helena Hycheki. **As clorofilas**. Ciência Rural, v. 35, n. 3, p. 1-10, jun. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000300043>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/dWwJymDzZRFwHhchRTpvtbqK/#> Acesso em: 06 set. 2024
132. STRIEDER, Monique Martins et al. **Impact of thermosonication processing on the phytochemicals, fatty acid composition and volatile organic compounds of almond-based beverage**. LWT, [s. l.], v. 154, 15 jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112579>. Disponível em:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643821017321>. Acesso em: 2 ago. 2024.
133. STRINGHETA, Paulo Cesar; FREITAS, Pedro Augusto Vieira de. **Corantes naturais: da diversidade da natureza às aplicações e benefícios**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, LaCbio, 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/353960878\\_Corantes\\_Naturais\\_da\\_diversidade\\_da\\_natureza\\_as\\_aplicacoes\\_e\\_beneficios](https://www.researchgate.net/publication/353960878_Corantes_Naturais_da_diversidade_da_natureza_as_aplicacoes_e_beneficios). Acesso em: 05 set. 2024
134. TAKAHASHI, Mickiko Y.; YABIKU, Helena Y.; MARSIGLIA, Deise A.P. **Determinação quantitativa de corantes artificiais em alimentos**. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 48, n. 1/2, p. 7-15, 1988. Disponível em: [http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/80/rial\\_48\\_1-2\\_1988/c637.pdf](http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/80/rial_48_1-2_1988/c637.pdf). Acesso em: 05 set. 2024
135. TAKIKAWA, Amanda Yoshie. **Cinética de degradação térmica de antocianinas e seu impacto na cor e na capacidade antioxidante in vitro em frutas vermelhas**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6779/2/CM\\_COEAL\\_2013\\_2\\_01.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6779/2/CM_COEAL_2013_2_01.pdf). Acesso em: 05 set. 2024
136. TEIXEIRA, Ingrid Rocha. **Extração assistida por ultrassom e purificação de ficocianinas da Arthrospira (Spirulina) platensis**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/248597>. Acesso em: 20 mai. 2024.
137. TEIXEIRA, Luciana Nascimento; STRINGHETA, Paulo César; OLIVEIRA, Fabiano Alves de. **Comparação de métodos para quantificação de antocianinas**. Revista Ceres, v. 55, p. 297-304, jul - ago. 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226703009.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2024
138. VALDUGA, Eunice; LIMA, Leandra; DO PRADO, Roberta; PADILHA, Francine Ferreira; TREICHEL, Helen. **Extração, secagem por atomização e microencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva "Isabel" (Vitis labrusca)**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 32, n. 5, p. 1-10, out. 2008. DOI: 10.1590/S1413-70542008000500032. Disponível em:

- <https://www.scielo.br/j/cagro/a/hJNnXS7MLgT5mpJtwN9KKkG/?lang=pt#> . Acesso em: 05 mai. 2024
139. VELOSO, Luana de Andrade. **Corantes e pigmentos: dossiê técnico**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, Instituto de Tecnologia do Paraná, 29 fev. 2012. Disponível em: <https://respostatecnica.org.br/busca/corantes-e-pigmentos/5708/dossie>. Acesso em: 17 mar. 2024.
140. VIZZOTTO, Márcia; KROLOW, Ana Cristina; WEBER, Gisele Eva Bruch. **Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. Documento 316. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/886074/1/documento316.pdf>. Acesso em: 05 set. 2024
141. VOLP, Ana Carolina Pinheiro; RENHE, Isis Rodrigues Toledo; STRINGUETA, Paulo César. **Pigmentos naturais bioativos**. Alimentos e Nutrição, Araraquara, v. 20, n. 1, p. 157-166, jan./mar. 2009. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Stringheta/publication/49600140\\_Pigmentos\\_naturais\\_bioativos/links/53ed2bdc0cf23733e80808bb/Pigmentos-naturais-bioativos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Stringheta/publication/49600140_Pigmentos_naturais_bioativos/links/53ed2bdc0cf23733e80808bb/Pigmentos-naturais-bioativos.pdf). Acesso em: 07 jul. 2024
142. XAVIER, Heloisa Helena Guimarães Fernandes. **Desenvolvimento e aceitação dos isotônicos à base de suco dos frutos de guavira (*Campomanesia adamantium* O. Berg) e de jenipapo (*Genipa americana*, L)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2013. Disponível em: <https://posgraduacao.ufms.br/portal/trabalho-arquivos/download/818>. Acesso em: 06 set. 2024
143. WANG, Wenxin; YANG, Peiqing; GAO, Fuqing; WANG, Yongtao; XU, Zhenzhen; LIAO, Xiaojun. **Produção de corantes azuis naturais sem metais por meio de interações antocianina-proteína**. Revista de Pesquisa Avançada, 24 fev. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2024.02.018>. Acesso em: 08 set. 2024.
144. WEI, S. et al. **Isolation and characterization of an *Ashbya gossypii* mutant for impro-ved riboflavin production**. Brazilian Journal of Microbiology, v. 43, n. 2, 2012.

145. YANG, L. et al. **Ultrasound assisted fabrication of the yeast protein-chitooligosaccharide-betanin composite for stabilization of betanin.** *Ultrasonics Sonochemistry*, [s. l.], v. 104, mar. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.106823>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417724000713>. Acesso em: 29 jul. 2024.
146. YOUAN, Biao et al. **A review of recent strategies to improve the physical stability of phycocyanin.** *Current Research in Food Science*, [s. l.], v. 5, p. 2329-2337, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.11.019>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665927122002222>. Acesso em: 29 jul. 2024.
147. ZERAIK, Maria Luiza; YARIWAKE, Janete Harumi. **Extração de  $\beta$ -caroteno de cenouras: uma proposta para disciplinas experimentais de química.** *Química Nova*, v. 31, n. 5, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000500058>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/RXnW44W6BfQtKcQFdY9vmXN/#>. Acesso em: 05 jul. 2024