

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

GABRIELA AVELLO CREPALDI

EXTRAÇÃO DE BETALAÍNA A PARTIR DO RESÍDUO DA BETERRABA (*Beta vulgaris* L.) PARA POTENCIAL APLICAÇÃO EM BALA DE GELATINA

Bagé

2023

GABRIELA AVELLO CREPALDI

EXTRAÇÃO DE BETALAÍNA A PARTIR DO RESÍDUO DA BETERRABA (*Beta vulgaris* L.) PARA POTENCIAL APLICAÇÃO EM BALA DE GELATINA

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Andressa Carolina Jacques

Coorientador: Prof^ª. Dr^ª. Miriane Lucas Azevedo

**Bagé
2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

C917e CREPALDI, GABRIELA AVELLO

EXTRAÇÃO DE BETALAÍNA A PARTIR DO RESÍDUO DA BETERRABA
(Beta vulgaris L.) PARA POTENCIAL APLICAÇÃO EM BALAS DE
GELATINA / GABRIELA AVELLO CREPALDI.

53 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 2023.

"Orientação: ANDRESSA CAROLINA JACQUES".

1. RESÍDUOS. 2. CORANTES NATURAIS . 3. EXTRAÇÃO. 4.
APROVEITAMENTO. 5. BALAS. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

GABRIELA AVELLO CREPALDI

EXTRAÇÃO DE BETALAÍNA A PARTIR DO RESÍDUO DA BETERRABA (*Beta vulgaris L.*) PARA POTENCIAL APLICAÇÃO EM BALA DE GELATINA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 13 de dezembro de 2023.

Banca examinadora:

Profa. Dra. Andressa Carolina Jacques
Orientador
UNIPAMPA

Profa. Dra. Miriane Lucas Azevedo
Co-orientador
UNIPAMPA

Profa. Dra. Catarina Motta de Moura
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **MIRIANE LUCAS AZEVEDO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/12/2023, às 14:32, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CATARINA MOTTA DE MOURA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/12/2023, às 16:43, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ANDRESSA CAROLINA JACQUES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/12/2023, às 18:18, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1334107** e o código CRC **8B12F3FF**.

Referência: Processo nº 23100.025666/2023-42 SEI nº 1334107

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha família, por todo o suporte que recebi durante esses anos de graduação. Pai e mãe, o apoio e amor que recebi de vocês foi fundamental para que essa etapa fosse concluída com êxito. Sem vocês, nada disso seria possível.

Agradeço ao Nickolas, que além de namorado, foi amigo, companheiro, e, por muitas vezes, avaliador dos meus trabalhos durante os ensaios, me ajudando a melhorar cada vez mais. Obrigada, meu amor, por torcer por mim, me incentivar e vibrar com as minhas vitórias.

Agradeço à minha orientadora, Prof^ª. Dr^ª. Andressa Jacques, por ter me acolhido como orientada desde 2018 durante essa jornada de iniciação científica, me auxiliando e contribuindo com a minha formação acadêmica durante todas as fases desse processo árduo. Além disso, sempre nos incentivou a sermos pessoas melhores, justas, e pensar no próximo. Sempre com uma palavra amiga e disposta a ajudar, independente da situação. Minha eterna gratidão!

Agradeço à minha coorientadora, Prof^ª. Dr^ª Miriane Azevedo, por todo conhecimento teórico e de vida, histórias e risadas compartilhadas desde o início da graduação. Com certeza, ter sua companhia tornou a jornada mais leve.

Agradeço à Prof^ª. Dr^ª. Catarina Moura por abrir as portas de seu laboratório 2104, fazendo com que eu me sentisse acolhida todos os dias. Obrigada por ser, além de ótima professora, uma grande amiga e alguém que sei que posso contar quando precisar.

Agradeço à técnica Candice, por me auxiliar em todas as análises durante o TCC e nos projetos de pesquisa, ser sempre prestativa e contribuir significativamente com o andamento dos trabalhos, com seus questionamentos e ideias.

Agradeço às minhas colegas Caroliny Quines, Júlia Trojahn e Ana Klein, Pamela Sampaio e Fernanda Gubert, pela parceria nas aulas e laboratório, união, sinceridade e resiliência. Minha jornada acadêmica foi mais leve e divertida ao compartilhar todas as alegrias e angústias com vocês. Passar por tudo isso ao lado de vocês e sempre ouvir uma palavra de conforto ou receber um abraço, foi algo muito importante e especial. Muito obrigada por me ensinarem tanto, todos os dias!

Agradeço à minha dupla de faculdade, Maria Lauren, por ter sido meu braço direito e esquerdo ao longo desses anos, parceira em todos os trabalhos, choros, risadas, desespero, altos e baixos. Amiga, compartilhar todos os momentos contigo, ter sempre tua companhia, com certeza, foi lindo. Obrigada por me ensinar tantas coisas e tudo o que passamos juntas eu nunca vou esquecer. Nós, do início ao fim juntas!

Por fim, agradeço à UNIPAMPA – Câmpus Bagé e ao curso de Engenharia de Alimentos por terem me dado a oportunidade de realizar meu sonho.

RESUMO

O desperdício de alimentos é um problema global, com mais de 1,3 bilhão de toneladas de alimentos sendo desperdiçados mundialmente a cada ano. Uma alternativa promissora para reduzir esses números é a utilização dos resíduos alimentares na elaboração de novos produtos. A beterraba (*Beta vulgaris* L.) possui elevado valor nutritivo e capacidade antioxidante, auxiliando no equilíbrio do corpo humano e na prevenção de doenças, sendo esses efeitos benéficos relacionados à presença de betalaína, corante natural presente na hortalíça, responsável por sua coloração vermelho-escuro. Durante o processamento desta cultura, são gerados resíduos que incluem folhas e cascas, podendo as cascas, serem utilizadas para extração de corantes naturais, substituindo os sintéticos em formulações diversas. Dentre as opções para aplicação deste corante natural, destacam-se as balas de gelatina, que são produtos elaborados com gomas naturais e açúcares, onde a substituição de corantes sintéticos por corantes naturais é uma alternativa para melhorar as características nutricionais desse produto amplamente consumido. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é realizar a extração do corante natural betalaína a partir da casca da beterraba e aplicá-lo em balas de gelatina. Para isso, foram realizados testes com dois solventes extratores, sendo eles: água e etanol. Os extratos foram analisados quanto ao seu teor de betalaína e atividade antioxidante. O extrato aquoso, que obteve as melhores condições de extração foi liofilizado e aplicado em balas de gelatina. As balas foram analisadas quanto à sua estabilidade (pH, umidade, cor, betalaína e atividade antioxidante) no período de 45 dias. Quanto aos resultados obtidos, constatou-se que a casca da beterraba possui maiores concentrações de betalaínas e antioxidantes em comparação à beterraba *in natura*, sendo eles 69,07 mg/100g de batacianinas, 40,29 mg/100g de betaxantinas e 56,75 mmol Eq. Trolox/g amostra, o que valida a sua utilização. Ademais, as balas de gelatina exibiram um teor de umidade médio de 86% e um pH aproximado de 4,4, alinhando-se às informações disponíveis na literatura. As balas com corantes mostraram uma maior atividade antioxidante e níveis mais elevados de betalaínas em comparação àquelas sem corantes adicionados. Além disso, as balas coloridas apresentaram uma luminosidade reduzida e uma coloração vermelha nos primeiros dias, conforme era esperado. Entretanto, ao decorrer dos dias, se mostraram instável, tendendo sua coloração ao laranja, fator sensorial indesejável, portanto, deve-se considerar o uso de conservantes para aumentar a estabilidade do corante. Com isso, utilizar cascas de beterraba para extração de corantes naturais em substituição aos corantes artificiais na indústria de alimentos, sendo também uma fonte de compostos com atividade antioxidante é uma alternativa eficiente para o aproveitamento de resíduos agroindustriais, auxiliando na diminuição do impacto ambiental negativo causado pelo descarte inadequado desses.

Palavras-chave: aproveitamento; cascas; pigmentos naturais.

ABSTRACT

Food waste is a global problem, with more than 1.3 billion tons of food being wasted worldwide each year. A promising alternative to reducing these numbers is the use of food waste in the creation of new products. Beetroot (*Beta vulgaris* L.) has high nutritional value and antioxidant capacity, helping to balance the human body and prevent diseases, with these beneficial effects related to the presence of betalain, a natural colorant present in the vegetable, responsible for its dark red color. Minimally processed beets generate approximately 65% of waste, including leaves and peels, and gelatin candies are a product made with natural gums and sugars, where the replacement of synthetic colorants with natural colorants is an alternative to improve the nutritional characteristics of this widely consumed product. In this context, the objective of this work is to extract the natural colorant betalain from beetroot skin and apply it to gelatin candies. For this, tests were carried out with two extracting solvents, namely: water and ethanol. The extracts were analyzed for their betalain content and antioxidant activity. The aqueous extract, which obtained the best extraction conditions, was lyophilized, and applied to gelatin candies. The candies were analyzed for their stability (pH, humidity, color, betalain and antioxidant activity) over a period of 45 days. Regarding the results obtained, it was found that beetroot skin has higher concentrations of betalains and antioxidants compared to fresh beetroot, with 69.07 mg/100g of batocyanins, 40.29 mg/100g of betaxanthins and 56.75 mmol Trolox Eq./g sample, which validates its use. Furthermore, the gelatin candies exhibited an average moisture content of 86% and an approximate pH of 4.4, in line with information available in the literature. Candy with dyes showed greater antioxidant activity and higher levels of betalains compared to those without added dyes.

. However, as the days went by, they proved to be unstable, with their color tending to orange, an undesirable sensory factor. Therefore, the use of preservatives should be considered to increase the stability of the cutter. Therefore, using beet peels to extract natural colorant to replace artificial colorants in the food industry, as well as being a source of compounds with antioxidant activity, is an efficient alternative for the use of agro-industrial waste, helping to reduce the negative environmental impact caused due to the inadequate disposal of this waste.

Keywords: use; peels; natural pigments

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Betanina (subgrupo da betacianina)	24
Figura 2 - Vulgoxantina I (subgrupo da betaxantinas	24
Figura 3 - Fluxograma do estudo preliminar	29
Figura 4 - Ilustração do método de extração do corante	31
Figura 5 - A) Extrato aquoso; B) Extrato aquoso liofilizado	38
Figura 6 - A) Extrato aquoso; B) Extrato aquoso liofilizado; C) Bala de gelatina com extrato liofilizado	40
Figura 7 - Embalagens utilizadas para armazenar as balas na análise de estabilidade durante 45 dias	40
Figura 8 - Balas com corante durante a análise de estabilidade, sendo A) Dia 0; B) Dia 15; C) Dia 30; D) Dia 45.....	42
Figura 9 - Balas sem corante durante a análise de estabilidade, sendo A) Dia 0; B) Dia 15; C) Dia 30; D) Dia 45.....	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Possibilidades de aplicações dos corantes naturais em alimentos	26
Quadro 2 - Ingredientes para formulação da bala de gelatina.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de elementos contida em 100 g de hortaliça.....	20
Tabela 2 – Betalaínas da casca e beterraba in natura	35
Tabela 3 - Atividade Antioxidante da casca e beterraba in natura	36
Tabela 4 - Betalaínas dos extratos obtidos	36
Tabela 5 - Atividade Antioxidante dos extratos obtidos.....	37
Tabela 6 - Resultados do extrato aquoso liofilizado	39
Tabela 7 - Umidade das balas com e sem adição de corante no período de 45 dias	41
Tabela 8 - pH das balas no período de 45 dias	41
Tabela 9 - Análise de cor das balas com adição de corante no período de 45 dias	42
Tabela 10 - Análise de cor das balas sem adição de corante no período de 45 dias	43
Tabela 11 - Betalaínas das balas com e sem adição de corante no período de 45 dias	44
Tabela 12 - Atividade Antioxidante das balas com e sem adição de corante no período de 45 dias	45

LISTA DE ABREVIATURAS

aW – Atividade de água

DPPH - 2,2-difenil-1-picrilhidrazila

EDTA - ácido etilenodiamino tetra-acético

pH - potencial hidrogeniônico

LISTA DE SIGLAS

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Resíduos agroindustriais	17
2.2	Beterraba (<i>Beta vulgaris</i> L.).....	19
2.3	Corantes alimentícios	21
2.3.1	Betalainas	23
2.4	Aplicação de corantes naturais em alimentos	25
2.5	Balas.....	27
3	METODOLOGIA.....	29
3.1	Matéria-prima.....	29
3.2	Estudo preliminar sobre a extração do corante.....	29
3.2.1	Atividade Antioxidante.....	30
3.2.2	Betalainas	30
3.3	Extração do corante.....	31
3.3.1	Avaliação dos extratos obtidos.....	32
3.3.2	Liofilização	32
3.3.2.1	Avaliação do extrato liofilizado	32
3.4	Aplicação do corante em balas de gelatina.....	32
3.4.1	Estabilidade da bala de gelatina.....	33
3.4.1.1	pH.....	33
3.4.1.2	Umidade.....	34
3.4.1.3	Cor.....	34
3.5	Análise estatística.....	34
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	35
4.1	Estudo preliminar sobre a extração do corante.....	35
4.2	Liofilização	38
4.3	Aplicação do corante em balas de gelatina.....	39
4.3.1	Estabilidade da bala de gelatina.....	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

O desperdício de alimentos é um problema enfrentado e muito debatido nos últimos anos, onde as autoridades e pesquisadores tentam encontrar soluções para reduzir os mais de 1,3 bilhões de toneladas de alimentos que são desperdiçados ao redor do mundo todos os anos. As causas variam entre falta de planejamento, compras excessivas e perdas no processamento e colheita, especialmente em produtos perecíveis como frutas e hortaliças (FAO *et al.*, 2019; MARTINS; FARIAS, 2002). No entanto, esses resíduos podem ser utilizados na elaboração de novos produtos como uma fonte de compostos bioativos com potencial antioxidante, e podem ser destinados à extração de pigmentos naturais, reduzindo assim o impacto ambiental causado pelo descarte inadequado (CHEOK *et al.*, 2018).

Uma das principais hortaliças consumidas no Brasil é a beterraba (*Beta vulgaris* L.), conhecida também como beterraba vermelha ou de mesa, a qual possui raízes e folhas que são destinadas ao consumo *in natura*, sendo seu beneficiamento relacionado à extração de corantes para fins alimentícios, como produtos infantis, produtos naturais, sopas desidratadas, iogurtes e “catchups” (TIVELLI *et al.*, 2011). Esta hortaliça possui inúmeras propriedades nutricionais, destacando-se os elevados teores de potássio, magnésio e baixo teor de sódio, contribuindo para o melhor funcionamento do corpo humano (SZÉKELY; MÁTÉ, 2022).

De acordo com Tivelli *et al.* (2011) e Volp; Renhe; Stringheta, (2009), a beterraba (*Beta vulgaris* L.) também possui elevada capacidade antioxidante, contribuindo para prevenção de algumas doenças como cânceres e doenças cardiovasculares, sendo esses efeitos benéficos ao organismo humano relacionados à presença de betalaína, corante natural presente na hortaliça.

Segundo a legislação brasileira, corantes podem ser definidos como aditivos alimentares que conferem, intensificam ou restauram a cor de um alimento (BRASIL, 1997). Os corantes são divididos em três classes: os sintéticos, os naturais e o corante caramelo. Os corantes sintéticos são os mais utilizados em alimentos, por possuírem maior estabilidade e menor custo. Entretanto, alguns problemas podem ser causados ao organismo humano em função do seu consumo prolongado, como alergias, problemas respiratórios, gástricos e hiperatividade em crianças. Esses fatores, corroboram com a procura acentuada por alimentos coloridos naturalmente, os quais não possuem evidências de risco à saúde, conferem tons suaves e deixam o produto com aspecto natural (CONSTANT; STRINGHETA; SANDI, 2002).

Corante natural pode ser definido como um produto obtido da síntese em um sistema biológico a qual é acumulado e excretado de células vivas. São orgânicos e oriundos de fontes comestíveis (HENDRY; HOUGHTON, 1996). Dentre os corantes de fontes naturais, destaca-

se a betalaína, pigmento vegetal encontrado em quantidades significativas na beterraba, originando a coloração vermelho-escuro da hortaliça (BANGAR *et al.*, 2022).

Embora o uso de betalaína a nível industrial apresente desafios por se tratar de um corante natural altamente influenciado pela presença de luz, oxigênio, mudança de pH, atividade de água e mudança de temperatura (SCHIOZER; BARATA, 2007), um estudo conduzido por Nabi *et al.* (2023) mostra que além da betalaína possuir propriedades antioxidantes, anticancerígenas e antimicrobianas, este corante pode ser aplicado na formulação de alimentos como goma de mascar, bala de goma, cookies, iogurte, macarrão e salsicha, na forma de extrato líquido ou em pó, seco através de liofilização, spray drying e secagem convencional. A aplicação de corante natural em bala de goma, que é um produto elaborado a partir de gomas naturais, açúcares e enriquecido com óleos essenciais ou extratos vegetais, visa agregar valor a esse produto e melhorar a qualidade nutricional (BRASIL, 1978; VICENTE *et al.*, 2013). Além disto, um dos pontos abordados dentro dos princípios fundamentais da Química Verde é o uso de solventes alternativos e desenvolvimento de processos seguros e eficientes, sem danos ao meio ambiente (TSUKUI; REZENDE, 2014). Com isso, faz-se necessário mais estudos sobre métodos sustentáveis de extração de compostos bioativos para aplicação na indústria de alimentos, visto que a população tem buscado por opções mais saudáveis e ecológicas, sem riscos à saúde e ao meio ambiente (JUSTINO *et al.*, 2022).

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo geral realizar a extração do corante natural betalaína a partir da casca da beterraba (*Beta vulgaris* L.) e aplicá-lo em balas de gelatina.

Os objetivos específicos são:

- Extrair corante natural betalaína da casca da beterraba utilizando água ou etanol como solvente extrator;
- Quantificar a atividade antioxidante e o teor de betalaínas dos diferentes extratos obtidos, bem como da casca de beterraba e beterraba *in natura*;
- Liofilizar o extrato obtido a partir da escolha do melhor solvente extrator (água ou etanol);
- Aplicar o extrato liofilizado em balas de gelatina isentas de açúcar adicionado, avaliando a estabilidade, quanto aos parâmetros de: pH, umidade, cor, betalaína e atividade antioxidante, no período de 45 dias.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção tem o objetivo de apresentar um panorama sobre a geração de resíduos agroindustriais, com enfoque na produção, consumo e benefícios presentes na beterraba, bem como o seu aproveitamento de forma integral. Além disso, apresenta informações sobre balas, corantes alimentícios naturais e sintéticos, histórico, legislação e formas de extração e aplicações industriais da betalaína, corante natural presente no resíduo da beterraba.

2.1 Resíduos agroindustriais

A agroindústria abrange um conjunto de atividades que englobam a transformação de matérias-primas provenientes da agricultura, pecuária, aquicultura e silvicultura, a fim de prolongar sua disponibilidade e valor. Essas atividades podem variar em seu grau de transformação, dependendo dos objetivos das empresas agroindustriais. Cada uma dessas matérias-primas possui um segmento específico na agroindústria, que se adapta de acordo com o insumo ou produto final fornecido ao consumidor, portanto, a agroindústria pode ser resumidamente definida como o processo de transformação industrial dos produtos do setor agrícola (EMBRAPA, 2020).

O crescimento do setor agrícola é uma alternativa para combater a pobreza, e alimentar a crescente população mundial, que chegará a 9,7 bilhões de pessoas até 2050 (BANCO MUNDIAL, 2020). No entanto, é importante destacar que a produção agrícola em grande escala também gera uma quantidade significativa de resíduos. Estes resíduos agroindustriais, gerados especialmente no processamento de alimentos, fibras, couro, madeira, produção de açúcar e álcool, possuem constituintes que apresentam uma composição química variada, além de estarem em diferentes estados físicos de matéria (ALENCAR *et al.*, 2020; EMBRAPA, 2020).

Os resíduos podem ser divididos em duas principais classes: orgânicos e inorgânicos. Os resíduos orgânicos são aqueles originados nos setores agrícola e pecuário, incluindo os restos de culturas (como café, cacau, banana, soja, milho, entre outros), os dejetos provenientes da criação de animais e os efluentes e resíduos gerados nas agroindústrias, como abatedouros, laticínios e graxarias. Já os resíduos sólidos inorgânicos englobam as embalagens utilizadas nos segmentos de agrotóxicos, fertilizantes e insumos farmacêuticos veterinários, além dos resíduos sólidos domésticos provenientes das áreas rurais (RODRIGUES *et al.*, 2013).

Conforme estabelecido pela Resolução n° 001, de 23 de janeiro de 1986, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), impacto ambiental pode ser definido como toda modificação das características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas (BRASIL, 1986). Diante disso, diferentes técnicas podem ser utilizadas para minimizar este impacto negativo que o descarte inadequado pode causar ao meio ambiente e na saúde pública, fazendo com que esse problema seja transformado em uma grande oportunidade de desenvolvimento de subprodutos, bem como agregação de valor perdido, e utilização sustentável desses resíduos (COSTA FILHO, 2017).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), estima-se que mundialmente cerca de um terço dos alimentos produzidos anualmente para consumo humano seja perdido ou desperdiçado durante seu processamento ou como perdas ao longo da cadeia produtiva, totalizando aproximadamente 1,3 bilhões de toneladas de alimentos (FAO *et al.*, 2019). No Brasil, são desperdiçados 26 milhões de toneladas de alimentos ao ano, sendo que esta quantidade poderia alimentar mais de 35 milhões de pessoas no país (EMBRAPA, 2007).

De acordo com Dias (2003), metade do total de alimentos desperdiçados ocorre pelo manuseio e transporte inadequado, 30% ocorrem nas centrais de abastecimento, 10% ocorrem durante a colheita e os outros 10% ficam divididos entre supermercados e consumidores. Outros fatores que contribuem para o desperdício são excesso de chuva, seca, falta de planejamento do consumidor e a não utilização integral dos vegetais, especialmente em produtos perecíveis como frutas e hortaliças (DAMIANI *et al.*, 2011; MARTINS; FARIAS, 2002). Considerando uma perda média de 35% na safra de hortaliças, estima-se que no ano de 2002, 5,5 milhões de toneladas foram destinadas ao lixo, sendo que este montante, se houvesse uma maior preocupação durante sua colheita, transporte, armazenagem e compra consciente, poderia ser aproveitado de forma integral, alimentando 53 milhões de pessoas no Brasil (DIAS, 2003).

De acordo com Pereira *et al.* (2003) e Storck *et al.* (2013), utilizar partes alternativas de frutas e hortaliças que usualmente não são consumidas como, talo de couve, de brócolis, de couve-flor, casca de abóbora, de banana, de laranja, de limão, de cenoura e de beterraba para elaboração de novos produtos, como farinhas de fontes não convencionais para produção de pães, massas e biscoitos, e extração de corantes naturais, é uma solução acessível para dar destinação correta, agregar valor nutricional a esses alimentos, também sendo uma fonte atrativa de compostos bioativos com potencial antioxidante (CHEOK *et al.*, 2018).

Dentre os produtos de origem vegetal que geram resíduos, destaca-se a beterraba, que pode passar por um processo mínimo de preparação antes de ser comercializada, como, por

exemplo, no processamento de mini beterrabas, onde a hortaliça é deixada com uma forma arredondada e é reduzido seu tamanho, resultando em cerca de 65% de resíduos, como a casca, que muitas vezes são subaproveitados. Esses resíduos apresentam um teor significativo de betalainas, corante natural presente na hortaliça, fazendo com que sua utilização a nível industrial seja alvo de pesquisas nos últimos anos (PEREIRA *et al.*, 2022).

2.2 Beterraba (*Beta vulgaris* L.)

A beterraba é uma dicotiledônia pertencente à família das *Quenopodiáceas* e com nome científico de *Beta vulgaris*. É uma raiz tuberosa com formato globular, coloração púrpura e sabor adocicado, que está entre as principais hortaliças cultivadas no Brasil, tendo sua origem nas regiões norte-africanas e europeias de clima temperado (FILGUEIRA, 2003; RESENDE; CORDEIRO, 2007).

Segundo Székely; Máté (2022) e Tivelli *et al.* (2011), a beterraba possui diversos biotipos, onde os principais de importância econômica são a beterraba açucareira, forrageira e hortícola. Altos teores de sacarose são encontrados na beterraba açucareira, sendo esta destinada especialmente para extração de açúcar visando a produção de álcool combustível, através do processo de fermentação em países da Europa, América do Norte e Ásia, onde seus subprodutos como melaço e polpa são empregados para alimentação animal ou como fertilizantes orgânicos. A beterraba forrageira é amplamente utilizada para alimentação animal, pois suas raízes e folhas são ricas em nutrientes. Já no Brasil, o biótipo mais cultivado é a beterraba hortícola, mais conhecida como beterraba vermelha ou de mesa, onde suas folhas e raízes são também destinadas à alimentação humana.

A produção mundial de beterrabas açucareiras no ano de 2005 foi de 240,9 milhões de toneladas, totalizando 5,5 milhões de hectares cultivados. No Brasil, a área plantada com beterraba é estimada em aproximadamente 10.000 hectares, onde a produtividade média varia entre 20 e 35 toneladas por hectare, sendo a cultivar *Early Wonder* a mais tradicional no país (RESENDE; CORDEIRO, 2007). No entanto, em comparação com outras hortaliças usualmente cultivadas, como batata, tomate, cebola, pimentão, repolho e cenoura, a beterraba possui uma escala comercial reduzida, embora nos últimos dez anos tem havido uma crescente na demanda tanto para consumo *in natura* quanto para beneficiamento nas indústrias de conservas e alimentos infantis, devido a possibilidade de extração de corantes para aplicação em alimentos como sopas desidratadas, produtos naturais, iogurtes e “catchups” (TIVELLI *et al.*, 2011).

Conforme destacado por Filgueira (2003), o clima ideal para o cultivo e desenvolvimento de beterraba é durante o outono/inverno, sendo que dentre os principais

estados produtores da hortaliça está São Paulo, detendo 23,76% da produção, em seguida Minas Gerais com 21,43% e Rio Grande do Sul com 13,86% de produtividade.

A beterraba é reconhecida como um alimento funcional e dentre as inúmeras propriedades nutricionais que esta hortaliça possui, destaca-se a elevada quantidade de vitaminas, como vitamina C, tiamina, vitamina B6, vitamina A, vitamina K e vitamina E, presença de minerais como cálcio, ferro, magnésio, potássio, selênio e zinco, compostos fenólicos, carotenoides, ácido ascórbico, betalaínas e possuindo baixo teor de sódio, fatores esses que contribuem com o equilíbrio do corpo humano, auxiliando-o no seu bom funcionamento (FU *et al.*, 2020; SZÉKELY; MÀTÉ, 2022).

A Tabela 1 mostra a relação de nutrientes presentes em 100 g da parte comestível da hortaliça.

Tabela 1 - Quantidade de elementos contida em 100 g de hortaliça

Componente	Parte aérea	Raiz
Água (%)	90,9	87,3
Valor energético (cal)	24	43
Proteínas (g)	2,2	1,6
Lipídeos (g)	0,3	0,1
Carboidratos totais (g)	4,6	9,9
Fibras (g)	1,3	0,8
Cinzas (g)	2	1,1
Cálcio (mg)	119	16
Fósforo (mg)	40	33
Ferro (mg)	3,3	0,7
Sódio (mg)	130	60
Potássio (mg)	570	335
Vitamina A (U.I)	6100	20
Tiamina (mg)	0,1	0,03
Riboflavina (mg)	0,22	0,05
Niacina (mg)	0,4	0,4
Ácido ascórbico (mg)	30	10

Fonte: Tivelli *et al.* (2011)

Esta hortaliça também possui alta capacidade antioxidante, portanto incluir regularmente a beterraba vermelha na dieta pode oferecer proteção e prevenção contra certas doenças relacionadas ao estresse oxidativo em seres humanos, como alguns tipos de câncer, sendo esses efeitos benéficos ao organismo humano relacionados à presença de betalaína, corante natural presente na beterraba (TIVELLI *et al.*, 2011; VOLP; RENHE; STRINGHETA, 2009).

2.3 Corantes alimentícios

A cor é um atributo sensorial crucial para os alimentos, uma vez que os órgãos sensoriais humanos captam cerca de 87% dos estímulos por meio da visão. Muitas vezes, a cor desempenha um papel importante no sucesso de um produto no mercado, pois os consumidores frequentemente utilizam a cor como indicador de várias qualidades do alimento, como sabor, segurança, valor nutricional e outros aspectos, fazendo com que a aceitação de um alimento pelo consumidor esteja diretamente ligada à sua cor. Essa característica sensorial, embora subjetiva, é fundamental para a formação da percepção global resultante de outras características, como aroma, sabor e textura dos alimentos, dessa forma, a aparência do alimento pode estimular ou inibir o apetite (SIGURDSON; TANG; GIUSTI, 2017).

As cores são adicionadas aos alimentos principalmente para restaurar sua aparência original, que pode ser afetada durante as etapas de processamento, armazenamento, embalagem ou distribuição, além disso, a adição de cor aos alimentos ajuda a torná-los visualmente mais atraentes, auxiliando na identificação do aroma normalmente associado a determinados produtos. Também, as são utilizadas para conferir cor a alimentos desprovidos dela e para realçar as cores já presentes nos alimentos (CONSTANT; STRINGHETA; SANDI, 2002).

Acredita-se que a prática de colorir alimentos tenha surgido por volta de 1500 a.C. Registros do Egito antigo descrevem a coloração de substâncias, enquanto os romanos, em 400 a.C., mencionaram a coloração do vinho. Ao longo da história, corantes têm sido utilizados com diversos propósitos, como padronizar as cores de ingredientes crus, conferir identidades visuais a alimentos incolores e compensar perdas durante o processamento ou armazenamento. No passado, os corantes alimentares eram obtidos principalmente de fontes naturais, como páprica, açafrão e várias flores (SIGURDSON; TANG; GIUSTI, 2017).

No ano de 1856, o pesquisador William Henry Perkin fez uma descoberta significativa ao extrair o primeiro corante sintético, chamado de corante de malva devido sua coloração remeter à coloração da flor malva, com coloração púrpura. Esse fato marcou o início da síntese de corantes e deu origem aos chamados corantes artificiais ou corantes sintéticos. Esses corantes passaram a ser amplamente utilizados na indústria alimentícia, representando um avanço significativo na produção de corantes (MASCARNEHAS, 1998).

De acordo com a Portaria nº 540 de 27 de Outubro de 1997 que aprova o Regulamento Técnico sobre as definições, classificação e emprego de aditivos alimentares, tem-se que aditivo alimentar é um ingrediente intencionalmente adicionado aos alimentos, não com a finalidade de nutrir, mas sim com o propósito de alterar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais do alimento, ao longo de sua cadeia produtiva, como processamento,

embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação. No âmbito desta legislação, é especificado que o corante é um tipo de aditivo alimentar que tem a finalidade de conferir, intensificar ou restaurar a cor de um alimento. (BRASIL, 1997).

Os corantes são divididos em três classes: Corante sintético, aquele obtido através de síntese orgânica mediante o emprego de processo tecnológico adequado, sendo permitido para uso em alimentos o Amarelo crepúsculo, Laranja GGN, Amarelo ácido ou amarelo sólido, Tartrazina, azul brilhante FCF, Azul de idantreno RS ou Azul de alizarina, Indigotina, Bodeaux S ou amaranto, Eritrosina, Escarlate GN, Vermelho sólido, Ponceau 4 R e Vermelho 40. Também há a classe de Corantes naturais, onde são obtidos a partir de vegetal, ou eventualmente, de animal, cujo princípio corante tenha sido isolado com o emprego de processo tecnológico adequado, sendo os permitidos Curcumina, Riboflavina, Cochonilha, Urzela, Clorofila, Caramelo, Carvão medicinal, Carotenóides (alfa, beta, e gama-caroteno, bixina, norbixina, capsantina, capsorubina, licopeno), Xantofilas (flavoxantina, luteína, criptoxantina, rubixantina, violaxantina, rodoxantina, cantaxantina), Vermelho de beterraba (betanina), Antocianinas (pelargonidina, cianidina, peonidina, delfinidina, petunidina, malvidina). E por fim, o Corante Caramelo, sendo definido um corante natural obtido através do aquecimento de açúcares à temperatura superior ao ponto de fusão (BRASIL, 1977).

Dentre os corantes permitidos para uso na indústria de alimentos, a classe de corantes mais utilizada são os sintéticos, por possuírem maior estabilidade e menor custo. No entanto, o consumo prolongado de corantes sintéticos pode causar problemas ao organismo humano, como alergias, distúrbios respiratórios, problemas gástricos e hiperatividade em crianças. Esses fatores têm contribuído para uma crescente demanda por alimentos coloridos de forma natural, pois estes não apresentam evidências de risco à saúde. Além disso, os corantes naturais conferem tons suaves aos alimentos e proporcionam uma aparência mais natural ao produto. Essa busca por corantes naturais reflete uma preocupação cada vez maior com a segurança e a qualidade dos alimentos consumidos (CONSTANT; STRINGHETA; SANDI, 2002).

Os corantes naturais, que são os produtos obtidos através da síntese em um sistema biológico, sendo acumulado e excretado por células vivas, possuindo origem orgânica e oriundo de fontes comestíveis, como por exemplo a betalaína, pigmento encontrado na beterraba, apresentam alta instabilidade frente à ação da luz, altas temperatura, variação de pH e oxigênio. Esses fatores influenciam diretamente na aplicação deste pigmento em alimentos, sendo seu uso mais indicado para produtos que recebem processamento térmico limitado, como misturas em pó e na maioria dos produtos lácteos e congelados (HENDRY; HOUGHTON, 1996).

Em conjunto com os fatores que afetam a estabilidade do pigmento, industrialmente, obter uma tonalidade vermelha vibrante em alimentos a partir de corantes naturais é um desafio, sendo a tonalidade mais difícil de se alcançar, seguida por verde e azul nos setores de carnes, laticínios e panificação (MANCHA *et al.*, 2019).

Além disto, a utilização de solventes alternativos e o desenvolvimento de processos seguros e eficientes faz parte da abordagem da Química Verde, reduzindo os danos ambientais causados pelo descarte de solventes, pois alguns componentes requerem maior cuidado na hora de serem descartados. Seguindo essa premissa, é necessário realizar mais pesquisas sobre métodos sustentáveis de extração de compostos bioativos para aplicações na indústria de alimentos, pois atualmente a população está cada vez mais em busca de opções saudáveis e ecologicamente responsáveis, sem comprometer a saúde humana e o meio ambiente (JUSTINO *et al.*, 2022; TSUKUI; REZENDE, 2014).

Nos métodos químicos, usualmente faz-se a extração utilizando água como solvente extrator, por se tratar de um pigmento hidrossolúvel, entretanto, outros autores também utilizam álcool 70% para extrair. Também há estudos que mostram a possibilidade de empregar métodos físicos como técnicas de ultrassom e micro-ondas. Essas técnicas físicas auxiliam na ruptura das células vegetais, facilitando a liberação dos pigmentos. Diante do exposto, a escolha do solvente e do método de extração depende das características do pigmento e da matriz vegetal, bem como das propriedades desejadas para a aplicação final dos pigmentos extraídos (NILSON, 1970; OLIVEIRA *et al.*, 2021; PAZINATTO *et al.*, 2022; VITTI *et al.*, 2003).

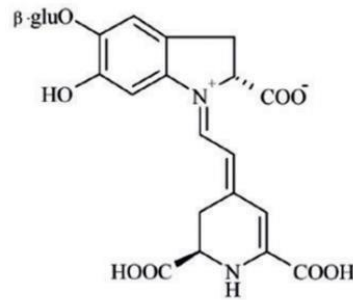
Neste sentido, a aplicação de corantes naturais em alimentos, como por exemplo a betalaína, pigmento natural extraído da beterraba, é uma alternativa saudável e sustentável de reduzir o uso dos corantes sintéticos nos alimentos.

2.3.1 Betalaínas

As betalaínas são pigmentos nitrogenados hidrossolúveis, derivados do ácido betalâmico e encontrados em grandes quantidades na beterraba, conferindo a coloração vermelho-escuro da hortalíça (AZEREDO, 2006; KUJALA *et al.*, 2002).

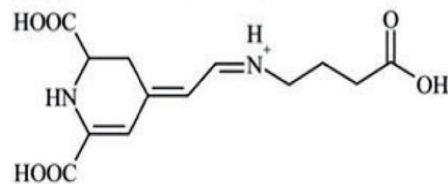
As betalaínas são compostas por dois principais grupos estruturais, sendo as betacianinas que dão coloração do vermelho ao violeta e seu subgrupo principal a betanina, com máxima absorção no comprimento de onda de 538 nm (Figura 1) e as betaxantinas que possuem coloração amarelo alaranjada, sendo seu principal subgrupo a vulgoxantina I, possuindo máxima absorção no comprimento de onda de 480 nm (Figura 2) (BANGAR *et al.*, 2022; FU *et al.*, 2020; MANCHA *et al.*, 2019).

Figura 1- Betanina (subgrupo da betacianina)



Fonte: Schiozer; Barata (2007)

Figura 2 - Vulgoxantina I (subgrupo da betaxantinas)



Fonte: Schiozer; Barata (2007)

A estrutura do cromóforo betalaínico pode ser descrita como um sistema 1,7-diazaheptametina protonado. As betaxantinas e as betacianinas se distinguem pela substituição na porção dihidropiridina por grupos R específicos. As betaxantinas, de cor amarela, são caracterizadas por terem grupo R que não se estendem a conjugação do sistema 1,7-diazaheptametina. No entanto, quando a conjugação é estendida e R compreende um anel aromático substituído (como a ciclodopa), o cromóforo torna-se vermelho e é caracterizado como uma betacianina (HENDRY; HOUGHTON, 1996).

As betacianinas representam cerca de 70 a 90% do total de betalaínas e estudos relatam a existência de aproximadamente 90 betalaínas distintas, incluindo 60 betacianinas e 33 betaxantinas, sendo que a combinação de betaxantina e betacianinas resulta em uma variedade de corantes, que vão desde tons de amarelo até roxo-azulado, podendo este pigmento ser encontrado também em frutas e flores (BANGAR *et al.*, 2022).

Há a possibilidade de empregar esse corante na formulação de alimentos, como goma de mascar, bala de goma, cookies, iogurte macarrão e salsicha, na forma de extrato líquido ou em pó, seco através de liofilização, spray drying e secagem convencional (NABI *et al.*, 2023).

No entanto, sua aplicação industrial apresenta alguns desafios por se tratar de um corante natural altamente influenciado pela presença de luz, oxigênio, mudança de pH, atividade de água e mudança de temperatura (SCHIOZER; BARATA, 2007).

A temperatura é o principal fator que influencia a estabilidade das betalaínas durante o processamento e armazenamento de alimentos. Durante os processos térmicos, as betalaínas podem sofrer degradação por meio de isomerização, desglicosilação, hidrólise, desidrogenação e descarboxilação. O escurecimento que ocorre resulta em uma redução gradual da cor, passando do vermelho característico desses pigmentos para tons de marrom claro. Estudos demonstraram que as betalaínas apresentam maior estabilidade em baixas temperaturas, sendo 4°C a temperatura que permite a manutenção da estabilidade dos compostos betalâmicos, em comparação com temperaturas mais elevadas (MANCHA *et al.*, 2019).

Com relação ao pH, a faixa ideal para as betalaínas é entre 3,0 e 6,0. Acima ou abaixo desses valores as betalaínas degradam mais facilmente, resultando também na perda de cor, consequência esta que ocorre também pela presença de luz e oxigênio. As betalaínas apresentam maior estabilidade quando a atividade de água (A_w) é menor que 0,63, pois caso contrário, afeta a estabilidade dos compostos betalâmicos, visto que a água favorece a quebra da ligação aldimina do composto, diante disto, métodos são aplicados visando reduzir o teor de água, como liofilização e secagem por pulverização, entre outros, resultando em uma maior estabilidade do pigmento (MANCHA *et al.*, 2019).

2.4 Aplicação de corantes naturais em alimentos

A aplicação de corantes naturais em alimentos tem se mostrado uma tendência crescente na indústria alimentícia. Esses corantes são obtidos a partir de fontes naturais, como frutas, vegetais, especiarias e até mesmo micro-organismos, proporcionando uma cor vibrante aos alimentos sem a necessidade de corantes artificiais (ROSSI *et al.*, 2021).

Uma das principais vantagens da utilização de corantes naturais é a sua aceitação pelos consumidores, que estão cada vez mais preocupados com a origem e a qualidade dos alimentos que consomem. Os corantes naturais são considerados mais saudáveis e seguros, pois não contêm aditivos químicos sintéticos que possam causar reações adversas (CONSTANT; STRINGHETA; SANDI, 2002).

Além disso, os corantes naturais podem agregar benefícios nutricionais aos alimentos. Por exemplo, a beterraba, que é uma fonte natural de corante vermelho betalaína, que também possui propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (AZEREDO, 2006). Da mesma forma, a curcumina, extraída da cúrcuma, é um corante amarelo natural que possui propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes (ALMEIDA, 2017).

A aplicação de corantes naturais em alimentos pode ser feita em uma ampla variedade de produtos, desde bebidas e laticínios, como iogurtes, até produtos de panificação como massas e cookies, também podendo ser aplicado em salsichas, goma de mascar, balas, gelatinas e produtos de confeitaria (NABI *et al.*, 2023).

Entretanto, recomenda-se o uso em produtos com tratamento térmico limitado, pois a utilização de corantes naturais apresenta desafios, como a estabilidade da cor, a qual é altamente influenciada por elevadas temperaturas, presença de oxigênio e pH, a padronização e o controle de qualidade. Além disso, a disponibilidade e a sazonalidade das matérias-primas utilizadas na extração dos corantes podem afetar a produção em grande escala (SCHIOZER; BARATA, 2007).

A literatura cita algumas possíveis aplicações dos corantes naturais em alimentos, conforme mostra o Quadro 1, com enfoque em diferentes metodologias de extração a fim de não degradar os pigmentos.

Quadro 1 - Possibilidades de aplicações dos corantes naturais em alimentos

(Continua)

Autor/Ano	Corante Natural	Aplicações
Monteiro (2016)	Antocianinas do Bagaço de Uva	Kefir
Rebouças (2019)	Betalaínas da casca da Pitaia	Sorvete
Sousa (2019)	Betalaínas da Casca da Beterraba	Iogurte
Lauria (2021)	Betalaínas da Casca da Beterraba	Gelatina
Rosa (2018)	Betalaínas da Beterraba	Merengue Francês e Pão de ló

(Conclusão)

Lazzari (2014)	Curcumina	Balas duras
Almeida (2017)	Curcumina	Iogurte
Mesquita <i>et al.</i> (2019)	Luteína obtida da biomassa de Microalga <i>Muriellopsis</i> sp.	Maionese
Fabri; Teramoto (2015)	Urucum	Produtos lácteos, doces, sorvetes, massas e bebidas

Fonte: Autora (2023)

Neste contexto, faz-se necessário estudos mais aprofundados sobre métodos de extração de pigmentos naturais que sejam sustentáveis e ao mesmo tempo eficientes. Além disso, é necessário explorar mais a aplicação desses corantes naturais em alimentos em relação a sua estabilidade frente ao processamento térmico, presença de luz, oxigênio e mudanças de pH.

2.5 Balas

Bala é um produto comestível feito de açúcar ou outros ingredientes, que pode ter recheio, cobertura e diversos formatos e consistências (BRASIL, 2022). As balas e caramelos são elaborados a partir de uma pasta de açúcar fundido, apresentando diversos formatos e uma consistência dura ou semidura, podendo ou não conter outras substâncias. Essas preparações podem ser classificadas como balas duras, balas mastigáveis, caramelos e balas de goma, variando em seus métodos de produção devido às diferenças em suas texturas (JACQUES; CHIM, 2021).

De acordo com a legislação brasileira, bala de goma é um produto feito com gomas naturais, açúcares e enriquecido com óleos essenciais ou extratos vegetais (BRASIL, 1978). Esse tipo de bala é uma grande classe de confeitos com baixa cocção e com elevado teor de umidade, onde sua textura característica é concedida pelo agente gelificante escolhido, onde os mais comumente utilizados são goma arábica, ágar, gelatina, pectina e amidos especiais. Dentre estes, no Brasil a gelatina se destaca pois apresenta uma textura elástica com boa

aceitabilidade pelos consumidores, boa claridade ou ausência de turbidez e a cor clara e brilhante (AZEVEDO *et al.*, 2013; GARCIA; PENTEADO, 2005; WALLY *et al.*, 2006).

Uma pesquisa realizada no ano de 2021 pela ABICAB (Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e derivados) mostrou que no Brasil foram produzidas 242 mil toneladas de balas e gomas, totalizando um aumento de 12,9% em relação ao ano de 2020. Também, os dados mostraram que a exportação das balas aumentou em 28,3% em 2021.

Um estudo realizado por Machado (2020) demonstrou a possibilidade de elaborar balas de gelatina com colágeno hidrolisado e microcápsulas de maracujá (*Passiflora edulis*) com o objetivo de preservação dos compostos bioativos do suco de maracujá. Já Melo *et al.* (2020) estudou sobre a elaboração de uma bala de gelatina, sabor morango enriquecida com extrato antociânico do hibisco, verificando o efeito da substituição da polpa de morango pelo extrato. Enquanto Garcia; Penteado (2005) verificaram a estabilidade das vitaminas A, C e E, e balas de gelatina.

As crianças ainda são o público-alvo no mercado de balas, embora o consumo excessivo deste produto esteja relacionado com o aparecimento de caries e diabetes. Com isso, muitos estudos também buscam a substituição eficaz do açúcar refinado, por ingredientes alternativos com potencial adoçante (VICENTE *et al.*, 2014). Dentre os potenciais substitutos do açúcar refinado, está a stevia, planta natural que possui poder adoçante cerca de 300 vezes mais que a sacarose, possuindo propriedades benéficas ao organismo humano como ação antioxidante, antibacteriana e atuando na melhoria da secreção da insulina (MILHOMENS, 2016).

Tais informações mostram que o setor de balas e confeitos está em ascensão, e com isso, há novas oportunidades de desenvolver novas formulações para agregar valor a este produto, melhorando sua qualidade nutricional ao diminuir teor de açúcar, incorporar frutas, aromas, vitaminas, compostos bioativos e corantes naturais, por exemplo.

3 METODOLOGIA

Nesta seção, está descrita a metodologia utilizada para a extração do corante a partir do resíduo da beterraba, o método para determinação de umidade, pH, análise de cor, quantificação do teor de betalaínas e atividade antioxidante da casca e do extrato obtido, bem como sua aplicação em balas de gelatina,

3.1 Matéria-prima

Foram utilizadas beterrabas *in natura* (*Beta vulgaris* L.) adquiridas em um supermercado local no município de Bagé/RS, e encaminhadas até o Laboratório de Engenharia de Alimentos situado na Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, campus Bagé. As beterrabas foram imediatamente descascadas e as cascas foram sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio à 100 ppm, por 15 min. Os reagentes utilizados para as análises descritas abaixo possuem padrão analítico. Os ingredientes para formulação das balas, exceto o corante, foram obtidos em comércio local na cidade de Bagé. As demais etapas estão descritas a seguir.

3.2 Estudo preliminar sobre a extração do corante

A Figura 3 ilustra a forma que o estudo preliminar foi organizado a fim de escolher o solvente extrator mais eficiente nas condições estabelecidas.

Figura 3 - Fluxograma do estudo preliminar

(Continua)

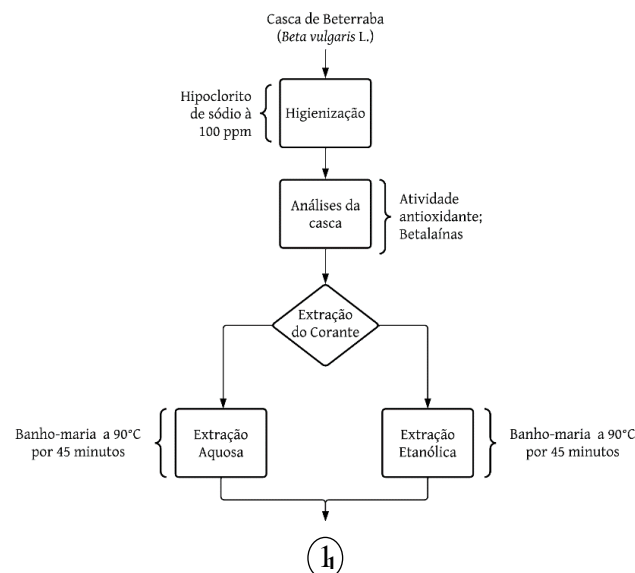
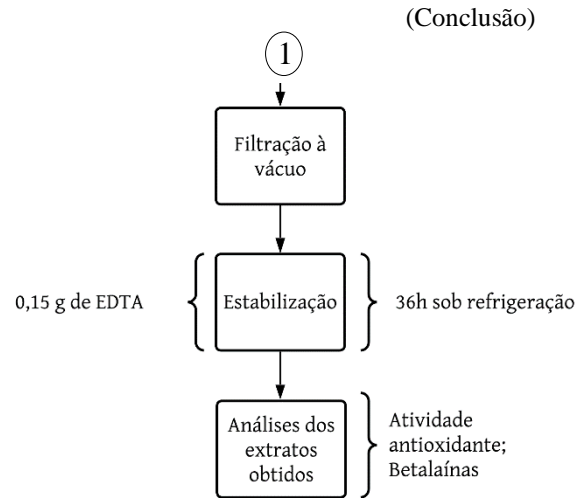


Figura 3 - Fluxograma do estudo preliminar



Fonte: Autora (2023)

3.2.1 Atividade Antioxidante

A atividade antioxidante foi determinada utilizando o método proposto por Brand Williams, Cuvelier e Berser (1995), através da capacidade de sequestro do radical estável DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila).

Inicialmente, foi utilizado 2,5 g de amostra com 10 mL de metanol, deixando reagir sob refrigeração (3 a 4°C) por 24 h, seguido de centrifugação por 15 min. Após, foi utilizado 0,2 mL da solução contendo as amostras e 7,8 mL de solução DPPH, deixando em repouso por mais 1 h. Por fim, a leitura foi realizada no espectrofotômetro no comprimento de onda de 517 nm.

O cálculo foi realizado através de uma curva padrão de Trolox, quantificados através da Equação 1 e os resultados são expressos em μM equivalente de Trolox, por g da amostra.

$$y = 0,0006x - 0,0475 \quad (1)$$

3.2.2 Betalaínas

A quantificação de betalaínas presentes nas amostras foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Nilson (1970), onde 0,1 g de amostra foi transferido para um tubo de ensaio e diluído com 9,9 mL do seu respectivo solvente extrator.

As leituras foram realizadas em espectrofotômetro previamente calibrado nos comprimentos de onda de 480 nm, que possibilita quantificar as betaxantinas; 536 nm, que quantifica as betacianinas e 600 nm que contabiliza os possíveis interferentes.

O resultado foi expresso em mg/100g de acordo com a Equação 2.

$$\beta\text{xantinas ou } \beta\text{cianinas} = \frac{A \times MM \times FD \times 10^2}{\epsilon \times l} \quad (2)$$

Onde:

A → é a absorvância do extrato a 480 nm ou 536 nm descontado da absorvância de interferentes a 600 nm;

MM → é a massa molar (339 g/mol para a vulgoxantina I e 550 g/mol para a betanina);

FD → representa o fator de diluição (100);

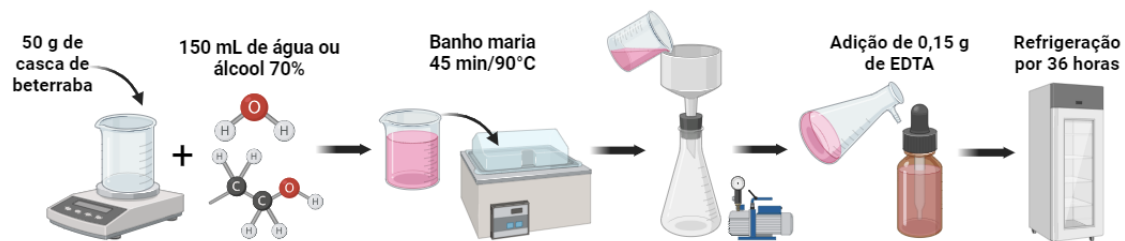
ϵ → é a absorvância molar (48000 L.mol⁻¹ cm⁻¹ para a vulgoxantina I e 60000 L/mol⁻¹ cm⁻¹ para a betanina, ambos em solvente aquoso);

l → é o comprimento do caminho óptico (1 cm) e 10² é um fator de correção para que as unidades do produto sejam (mg/100g).

3.3 Extração do corante

A metodologia de extração do corante natural da casca da beterraba (*Beta vulgaris* L.) seguiu de acordo com o descrito por Ferreira *et al.* (2019) com adaptações, onde os solventes extratores utilizados para os testes preliminares foram água destilada e álcool 70%, como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Ilustração do método de extração do corante



Fonte: Autora (2023)

Inicialmente, foram pesados 50 g de casca de beterraba e adicionado 150 mL do solvente extrator. As amostras foram ao banho maria a 90°C por 45 min para reduzir a solução até a metade do seu volume inicial, indicando que o processo de extração foi finalizado,

conforme descrito pelo autor do método. Após realizar as extrações, a solução permaneceu em repouso para esfriar até temperatura ambiente (aproximadamente 20°C) e foi filtrada a vácuo para retirar possíveis interferentes nas amostras.

Por fim, foi adicionado 1,15 g de EDTA em cada amostra como agente quelante e os extratos obtidos permaneceram armazenados em frasco cor âmbar, sob refrigeração, por 36 h para posterior análises. As análises foram realizadas em triplicatas.

3.3.1 Avaliação dos extratos obtidos

As análises de atividade antioxidante e betalaínas dos extratos obtidos foram realizadas conforme descrito nos itens 3.2.1 e 3.2.2, respectivamente.

Após a seleção do extrato com as melhores condições, ou seja, aquele extrato que apresentou maior teor de betalaínas e antioxidante, o processo de secagem por liofilização foi empregado.

3.3.2 Liofilização

A liofilização foi empregada por se tratar de um método de secagem que utiliza baixas temperaturas durante seu processo, preservando as características do corante.

O extrato previamente congelado em ultra freezer a -80°C por 48 h foi seco em liofilizador por 48 h, atingindo aproximadamente -48°C, e sendo submetido a uma pressão de 0,1 mm de Hg.

3.3.2.1 Avaliação do extrato liofilizado

Após a liofilização, foram realizadas as análises de atividade antioxidante, betalaínas (conforme descrito nos itens 3.2.1 e 3.2.2, respectivamente).

3.4 Aplicação do corante em balas de gelatina

O método de preparo das balas de gelatina com adição de corante natural da casca da beterraba seguiu metodologia de Silva (2023) com adaptações. Inicialmente, foram adicionados 24 g de gelatina incolor em 100 mL de água e a mistura foi levada ao fogo até atingir 70°C. Após, a mistura foi resfriada até 50°C e então foi adicionado o restante dos

ingredientes, como mostra o Quadro 2, sendo eles ácido cítrico, stevia, aroma de frutas vermelhas, sorbato de potássio e o corante da casca da beterraba, conforme obtido no item 3.3.

Quadro 2 - Ingredientes para formulação da bala de gelatina

Ingredientes	Quantidades
Água	100 mL
Gelatina Incolor	24 g
Ácido Cítrico	1 g
Stevia	0,3 g
Aromatizante	1,5 g
Sorbato de potássio	0,12 g
Corante da casca da beterraba	0,2 g

Fonte: Autora (2023)

Após a mistura de todos os ingredientes, as balas foram moldadas utilizando formas de silicone e permanecendo sob refrigeração por 30 minutos até que ocorresse a gelificação da bala. As amostras controle foram elaboradas conforme Quadro 2, porém sem a adição do corante da casca de beterraba, para fins de comparação neste trabalho.

3.4.1 Estabilidade da bala de gelatina

As balas de gelatina foram analisadas quanto ao seu pH, umidade, cor, betalaínas e atividade antioxidante (conforme descrito nos itens 3.4.1.1, 3.4.1.2, 3.4.1.3, 3.2.1 e 3.2.2, respectivamente) durante 45 dias, com intervalo de 15 dias.

As amostras foram armazenadas em embalagem adequada para alimentos durante esse processo.

3.4.1.1 pH

O pH das balas foi determinado de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (2008) a partir da leitura direta após uma diluição de 1g de amostra para 10 mL de água, estando o equipamento previamente calibrado com soluções tampão de pH 7 e pH 4.

3.4.1.2 Umidade

A determinação de umidade seguiu metodologia oficial descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), onde as balas foram secas em estufa a 105°C até o peso constante, utilizando cadinhos de porcelana e o resultado foi expresso em % de umidade, através da Equação 3.

$$U(\%) = \frac{N}{P} * 100 \quad (3)$$

Onde:

N = amostra seca (g)

P = amostra inicial (g)

3.4.1.3 Cor

Para a análise de cor, foi utilizado o aplicativo para Android ColorGrab (BO *et al.*, 2019; MBAMBO *et al.*, 2019) que identifica os parâmetros de cor através do sistema CIELAB.

Os parâmetros colorimétricos obtidos foram o L*, que corresponde a luminosidade; a* que corresponde a coordenada do eixo vermelho/verde e b* representando a coordenada do eixo azul/amarelo.

A Equação 4 mostra o parâmetro C que correspondente a saturação (croma) e a Equação 5 mostra o h*, representando o ângulo da tonalidade (HUE) segundo o sistema CIELAB.

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (4)$$

$$h^* = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (5)$$

3.5 Análise estatística

Os resultados obtidos foram expressos em médias e desvio padrão referentes às determinações realizadas em triplicata. Foi realizada a análise de variância (ANOVA), teste t-Student e teste Tukey (p<0,05) para comparação das médias.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Estudo preliminar sobre a extração do corante

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos após a quantificação de betalaínas presentes na casca e na beterraba *in natura*, sendo os resultados expressos em mg/100g de base seca.

Tabela 2 – Betalaínas da casca e beterraba *in natura*

Amostra	Betacianinas (mg/100g b.s*)	Betaxantinas (mg/100g b.s*)
Casca de beterraba	69,07 ^{aA} ±2,81	40,29 ^{aB} ±0,79
Beterraba <i>in natura</i>	60,47 ^{bA} ±1,73	45,46 ^{bB} ±0,8

Fonte: Autora (2023)

Médias±Desvio padrão acompanhados de letras minúsculas diferentes na coluna e letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças estatísticas para teste de t-Student ao nível de 5% (p<0,05).

*Valores em base seca

Bovi *et al.* (2019) quantificou o teor de betacianinas da beterraba *in natura* submetida à liofilização e encontrou valores de 31,42 mg/100g, sendo que este resultado é inferior ao do presente estudo. Ferreira *et al.* (2017) encontrou 88,08 mg/100g de beterraba *in natura*, considerando metodologia que quantifica apenas a porção de betacianinas.

No presente estudo, a casca de beterraba apresentou valores maiores de betacianinas, grupo das betalaínas que tende sua coloração ao vermelho, quando comparado com a beterraba *in natura*. O mesmo ocorreu para as betaxantinas, grupo das betalaínas que possui coloração amarelada.

Diante disso, o presente estudo se mostra de acordo com as informações presentes na literatura, onde as betaxantinas se encontram em menor proporção na hortaliça. Também, as concentrações dos dois grupos de betalaínas foram maiores na casca da beterraba, quando comparado com a beterraba *in natura*, o que torna a utilização desse resíduo uma fonte atrativa para extração de pigmentos.

A Tabela 3 mostra os valores encontrados para atividade antioxidante da casca de beterraba e beterraba *in natura*.

Tabela 3 - Atividade Antioxidante da casca e beterraba *in natura*

Amostra	Atividade antioxidante (mmol Eq. Trolox/g amostra b.s*)
Casca de beterraba	56,75 ^a ±4,02
Beterraba <i>in natura</i>	21,57 ^b ±7,92

Fonte: Autora (2023)

Médias±Desvio padrão acompanhados de letras minúsculas diferentes na coluna representam diferenças estatísticas para teste de t-Student ao nível de 5% (p<0,05)

*Valores em base seca

De acordo com Ferreira (2018), a concentração de antioxidantes na hortalíça é diretamente proporcional ao teor de betalaínas, por este pigmento ser considerado um potente antioxidante natural e conforme observado na Tabela 2, os maiores teores de betalaína também foram observados na casca da beterraba, corroborando com os resultados da Tabela 3 e de acordo com os dados obtidos nas Tabelas 2 e 3, comprova-se que a casca tem potencial para extração de corante natural.

A partir dos resultados da Tabela 3 acima, foi estudado a extração do corante da casca de beterraba com diferentes solventes extratores.

A Tabela 4 abaixo mostra os teores de Betacianina (mg/100g) e Betaxantina (mg/100g) dos extratos obtidos com água destilada e álcool 70%.

Tabela 4 - Betalaínas dos extratos obtidos

Amostra	Betacianinas (mg/100g)	Betaxantinas (mg/100g)
Extrato Aquoso	46,80 ^{aA} ±2,89	54,56 ^{aB} ±3,06
Extrato Alcoólico	33,05 ^{bA} ±2,76	31,36 ^{bA} ±2,66

Fonte: Autora (2023)

Médias±Desvio padrão acompanhados de letras minúsculas diferentes na coluna e letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças estatísticas para teste de t-student ao nível de 5% (p<0,05).

Os resultados apresentaram diferenças estatísticas ao comparar o tipo de solvente utilizado, sendo que o extrato aquoso, apresentou valores mais altos tanto para as betacianinas quanto para as betaxantinas

Oliveira *et al.* (2020) avaliou o potencial dos pigmentos betalaínas extraídos do bulbo da beterraba, empregando uma abordagem metodológica semelhante que utilizou álcool e água como solventes extratores, tanto em condições de temperatura ambiente quanto submetidos a aquecimento. Os resultados obtidos pelo autor revelaram concentrações de 18,3 mg/100g de betacianina e 13,7 mg/100g de betaxantina para a extração com água destilada. No caso da

extração alcoólica, foram registrados valores de 14,2 mg/100g para betacianina e 15,2 mg/100g para betaxantina. A análise das extrações sem aquecimento indicou concentrações aproximadamente duas vezes menores em comparação com os extratos obtidos sob aquecimento, justificando assim a aplicação de calor durante o processo de extração.

Quando compara-se os dados encontrados pelo autor citado e os do presente estudo, verifica-se que foram inferiores, e quando compara-se a Nilson (1973) que afirma que os teores de betacianinas e betaxantinas podem variar em função da cultivar, clima, solo, região, os dados já são semelhantes, visto que este autor encontrou variações de 45 até 210 mg/100g para betacianinas e de 20 a 100 mg/100g para as betaxantinas, sendo que no processamento e higienização também pode haver perdas consideráveis de concentração do pigmento. Vitti *et al.* (2003) utilizando a mesma metodologia citada no presente estudo, encontrou valores de 55 mg/100g para betacianinas e betaxantina 35 mg/100g da beterraba minimamente processada.

Conforme delineado por Nilson (1970), o criador do método de extração, as betalaínas demonstram maior solubilidade em água do que em álcool. Essa característica justifica a preferência pelo solvente extrator à base de água, revelando-se como a opção mais eficaz para a extração das betalaínas da casca da beterraba. Além disso, o solvente aquoso não apenas demonstra ser ambientalmente amigável, mas também é considerado seguro para a aplicação em produtos alimentícios, não causando danos ao meio ambiente. Portanto, os valores encontrados para os dois métodos de extração de betalaínas da casca de beterraba mostraram-se de acordo com os resultados encontrados na literatura e corroboram com os estudos sobre aproveitamento de resíduos para elaboração de novos produtos, em específico corantes naturais de fontes vegetais.

A Tabela 5 mostra os resultados da atividade antioxidante dos diferentes extratos obtidos.

Tabela 5 - Atividade Antioxidante dos extratos obtidos

Amostra	Atividade antioxidante (mmol Eq. Trolox/g amostra)	Atividade antioxidante (% de inibição)
Extrato Aquoso	18,44 ^a ±0,85	69,15 ^a ±3,21
Extrato Alcoólico	14,82 ^b ±0,39	56,32 ^b ±1,50

Fonte: Autora (2023)

Médias±Desvio padrão acompanhados de letras minúsculas diferentes na coluna representam diferenças estatísticas para teste de t-Student ao nível de 5% (p<0,05)

Estes dados estão de acordo com os encontrados na Tabela 3, demonstrando que a capacidade antioxidante é maior nas cascas, possivelmente pela maior presença das betalaínas nas cascas.

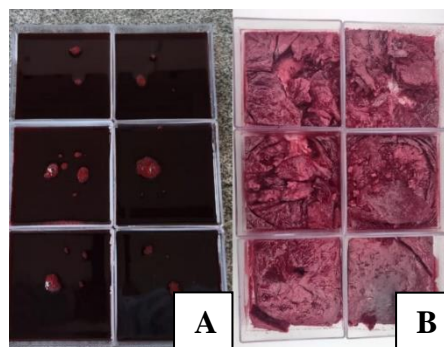
Dados encontrados na literatura para atividade antioxidante do extrato alcoólico da beterraba *in natura* mostraram um valor de 63,85% de inibição, já em outras pesquisas que utilizaram tanto álcool como água como solvente extrator apresentaram atividade antioxidante entre 50,19% a 83,56% (MELO, 2019; PAZINATTO *et al.*, 2020).

A atividade antioxidante do extrato da casca de beterraba obtido utilizando água como solvente mostrou-se favorável frente aos resultados da extração alcoólica, confirmando os estudos que indicam que a beterraba possui alto teor antioxidante, atuando na prevenção de algumas doenças como cânceres e doenças cardiovasculares devido a presença do pigmento betalaína. (TIVELLI *et al.*, 2011; VOLP, 2009). Destaca-se a relação de que os maiores percentuais de inibição encontrados foram com a extração aquosa, a mesma extração que encontrou teores mais elevados de betaxantinas e betacianinas, sugerindo de onde vem seu potencial antioxidante mais elevado.

4.2 Liofilização

Por apresentar resultados superiores com relação a extração de betalaínas e atividade antioxidante, conforme resultados apresentados nas Tabelas 4 e 5, a água foi escolhida com solvente extrator e o extrato aquoso obtido foi seco através da técnica de liofilização, onde o resultado final da secagem está ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - A) Extrato aquoso; B) Extrato liofilizado



Fonte: Autora (2023)

A técnica de liofilização foi empregada no presente estudo pois envolve a remoção da água do material por sublimação, destacando-se notavelmente dentre as operações de

conservação. Ao operar em temperaturas baixas, essa abordagem previne a deterioração e decomposição de substâncias sensíveis à temperatura, incluindo os pigmentos do presente estudo (PASSAGLIA, 2019).

A Tabela 6 mostra os valores de umidade, betalaínas e atividade antioxidante do extrato aquoso liofilizado.

Tabela 6 - Resultados do extrato aquoso liofilizado

Análise	Extrato aquoso liofilizado
Umidade (%)	9,11±0,69
Atividade antioxidante (mmol Eq. Trolox/100g amostra b.s*)	1772,04±69,91
Betacianinas (mg/100g b.s*)	185,57 ^A ±14,89
Betaxantinas (mg/100g b.s*)	169,69 ^A ±11,77

Fonte: Autora (2023)

O teste t-Student foi aplicado para comparação de betacianinas e betaxantinas sendo que Médias±Desvio padrão acompanhados de letras maiúsculas iguais na coluna não representam diferenças estatísticas para teste t-Student ao nível de 5% ($p < 0,05$)

*Valores em base seca

No estudo realizado por Passaglia (2019) sobre a liofilização dos extratos com compostos fenólicos da torta de girassol, mostrou que a umidade final dos extratos variou de 6,9 a 7,4% de umidade. Portanto, os valores encontrados na literatura estão coerentes com os obtidos no presente estudo. Com relação as betalaínas, os valores obtidos na liofilização do extrato aquoso de casca de beterraba mostraram-se superiores frente aos valores do extrato aquoso líquido, pois os compostos ficaram mais concentrados.

4.3 Aplicação do corante em balas de gelatina

Após o emprego da liofilização no extrato aquoso de cascas de beterraba, foi obtido um corante em pó, conforme Figura 6, letra b. Este corante foi aplicado na formulação de bala de gelatina, isentas de açúcar com aroma de frutas vermelhas, conforme descrito no item 3.4.

A Figura 6 abaixo mostra as três principais etapas para obtenção do corante, sendo elas: extração aquosa do corante, liofilização do corante e aplicação do corante em balas de gelatina.

Figura 6 - A) Extrato aquoso; B) Extrato liofilizado; C) Bala de gelatina com extrato liofilizado



Fonte: Autora (2023)

As balas com corante e balas com formulação padrão (sem corante), foram porcionadas de modo a facilitar todas as análises a cada 15 dias. A Figura 7 abaixo mostra as balas embaladas para o armazenamento durante o período de 45 dias, enquanto a etapa descrita no item 4.3.1 era realizada. As embalagens foram armazenadas em temperatura ambiente, em prateleiras, simulando as condições de venda.

Figura 7 - Embalagens utilizadas para armazenar as balas na análise de estabilidade durante 45 dias



Fonte: Autora (2023)

4.3.1 Estabilidade da bala de gelatina

A cada 15 dias, durante um total de 45 dias foram realizadas análises de umidade, pH, cor, betalaínas e atividade antioxidantes das balas com e sem corante, para analisar sua estabilidade frente a essas variáveis.

A Tabela 7 mostra a umidade da bala com corante e a bala sem corante durante 45 dias.

Tabela 7 - Umidade das balas com e sem adição de corante no período de 45 dias

	Umidade (%)	Umidade (%)
	<i>Bala sem corante</i>	<i>Bala com corante</i>
Dia 0	85,52 ^{aA} ±0,12	87,28 ^{aB} ±0,05
Dia 15	85,25 ^{abA} ±0,02	86,57 ^{abB} ±0,77
Dia 30	84,80 ^{bA} ±0,29	86,62 ^{bB} ±0,21
Dia 45	85,65 ^{aA} ±0,21	84,96 ^{cB} ±0,58

Fonte: Autora (2023)

Médias±Desvio padrão acompanhados de letras minúsculas iguais na coluna não representam diferenças estatísticas para teste de Tukey ao nível de 5% ($p < 0,05$) e Médias±Desvio padrão acompanhados de letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças estatísticas para teste t-Student ao nível de 5% ($p < 0,05$)

Com relação a formulação controle, ou seja, sem adição de corante, a umidade permaneceu sem diferenças estatísticas entre as médias nos dias 0, 15 e 45, no entanto, no 30° ela se manteve igual apenas com relação ao 15°. Enquanto na formulação de bala com adição do corante, a umidade diminuiu significativamente a partir do 15° dia. Quando se comparou a umidade entre as balas com corante e a controle, dentro dos mesmos dias, todas obtiveram diferenças estatísticas. Garcia; Penteado (2005) citam que a umidade das balas de gelatinas pode ser superior a 20%, estando os resultados do presente estudo de acordo com a literatura. Este parâmetro pode sofrer influência do clima no dia da realização da análise, visto que ao longo dos 45 dias o clima sofreu diversas variações e também pode ter relação com o tipo de embalagem utilizada, sendo mais suscetível a permeabilidade ao vapor d'água.

A Tabela 8 abaixo mostra o potencial hidrogeniônico das balas em 45 dias.

Tabela 8 - pH das balas no período de 45 dias

	pH	pH
	Bala controle	Bala com corante
Dia 0	4,49	4,36
Dia 15	4,43	4,35
Dia 30	4,46	4,35
Dia 45	4,46	4,30

Fonte: Autora (2023)

O pH é um dos fatores que afeta as betalaínas quanto à sua estabilidade. De acordo com Schiozer e Barata (2007) a melhor faixa de pH para que soluções avermelhadas que contenham betacianinas sejam estáveis é entre pH 5 e 6 na presença de oxigênio e pH 4 e 5 na ausência de oxigênio. Essas faixas de pH são de extrema importância quando se trata de conservação de pigmentos pois quando se tem um extrato de pH abaixo de 3, a cor pode mudar de forma mais acelerada para o violeta, e se o pH for acima de 7 as soluções podem apresentar coloração azulada, sendo indesejadas visto que as betacianinas em sua forma estável devem apresentar coloração vermelho púrpura. É possível observar que os valores de pH das balas com e sem corante se mantiveram constantes e na faixa adequada para a conservação do pigmento, em torno de 4,3-4,4, podendo ser devido a adição do ácido cítrico em todas as formulações.

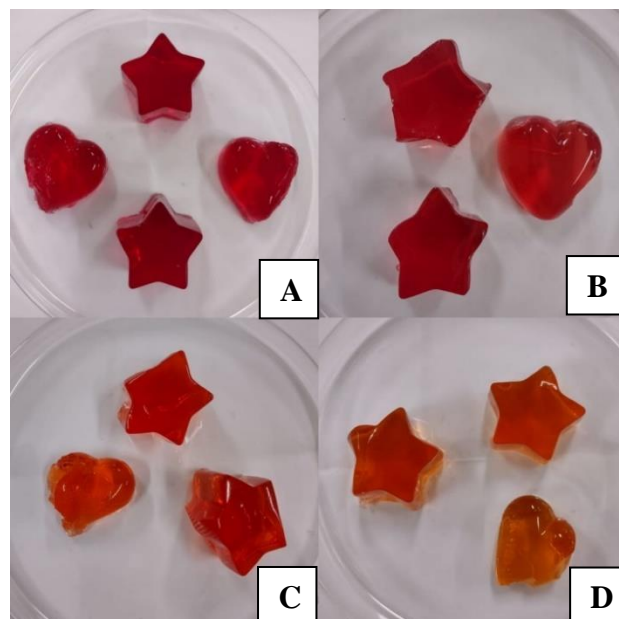
A Tabela 9 mostra os valores encontrados para cada variável através do aplicativo ColorGrab, enquanto a Figura 8 ilustra a variação de cor das balas com corante durante as análises.

Tabela 9 - Análise de cor das balas com adição de corante no período de 45 dias

Amostra	Dia	L	a*	b*	h*	C
Bala com corante	0	23,5	45,9	29	32	54,3
	15	26,5	48,6	32,8	34	58,6
	30	31,5	55	45,4	40	71,3
	45	36,8	49,1	47,6	44	68,4

Fonte: Autora (2023)

Figura 8 - Balas com corante durante a análise de estabilidade, sendo A) Dia 0; B) Dia 15; C) Dia 30; D) Dia 45.



Fonte: Autora (2023)

Com relação a análise de cor, as coordenadas L^* , a^* , b^* do sistema CIELAB significam a uniformidade da cor no espaço tridimensional, onde o valor L^* significa a luminosidade, ou seja, se o produto é claro ou escuro, sendo 0 correspondente a cor preta e 100 correspondente a cor branca. Os valores de a^* significam a escala do verde ao vermelho, onde $-a^*$ corresponde a verde e $+a^*$ corresponde a vermelho, já o parâmetro b^* é utilizado para definir a escala que tende do azul ao amarelo, sendo $-b^*$ azul e $+b^*$ amarelo. O ângulo Hue (h^*), ou ângulo de tonalidade, é o ângulo formado entre os parâmetros a^* e b^* e pode variar de 0 a 360°, sendo que 0° corresponde à cor vermelha, 90° ao amarelo, 180° ao verde e 270° ao azul. Se o ângulo estiver entre 0° e 90°, quanto mais próximo ao 0° mais vermelho, e quanto mais próximo ao 90° mais amarelo. E o croma, indicando a saturação da cor (SOUSA, 2019).

É possível observar através dos parâmetros obtidos que a luminosidade da bala com corante vai aumentando ao longo dos dias, ou seja, vai tendendo ao branco, indicativo de que está perdendo sua tonalidade original. O parâmetro a^* indica que a coloração da bala tende ao vermelho e como o b^* é positivo, significa que há mais pontos de amarelo ao passar do tempo. O ângulo de tonalidade h^* vai aumentando ao longo dos dias, ficando mais próximo do 90°, indicativo de que a cor está tendendo para o amarelo.

Pode-se notar, através das Figuras 8 (A, B, C, D) e dos parâmetros obtidos, que o corante não se manteve estável no período de 45 dias, mesmo com a adição do ácido na sua formulação sugerindo que poderia ser adicionado um outro conservante que atuasse diretamente na preservação da cor do produto, porém o mesmo não foi feito neste estudo pois o objetivo seria a utilização de ingredientes em sua grande maioria, naturais. A adição do sorbato de potássio foi feita em uma quantidade mínima.

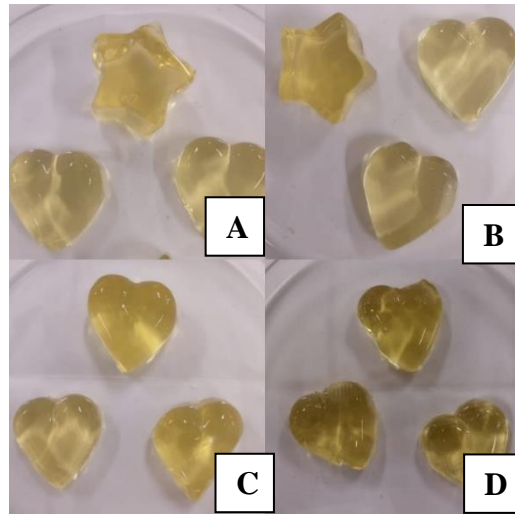
A Tabela 10 mostra os valores encontrados para cada variável na análise de cor através do aplicativo ColorGrab, e a Figura 9 ilustra a variação de cor das balas sem adição de corante durante as análises.

Tabela 10 - Análise de cor das balas sem adição de corante no período de 45 dias

Amostra	Dia	L	a^*	b^*	h^*	C
Bala controle	0	76,1	-0,2	28	90	28
	15	76,1	-0,4	30,6	91	30,6
	30	78,6	-1,6	45,8	92	45,9
	45	66,3	-1,3	37,6	92	37,6

Fonte: Autora (2023)

Figura 9 - Balas sem corante durante a análise de estabilidade, sendo A) Dia 0; B) Dia 15; C) Dia 30; D) Dia 45.



Fonte: Autora (2023)

As balas sem corante apresentaram uma luminosidade decrescente ao longo dos dias, ou seja, foram ficando mais escuras. O parâmetro a^* negativo refere-se à coloração esverdeada que vai aumentando ao decorrer das análises e b^* corresponde a tons de amarelo que também vão aumentando. O ângulo h^* obtido reforça que as balas possuem coloração amarelada. Com isso, nota-se que as balas sem adição de corante possuem coloração amarelada, porém, ao decorrer dos dias, vão se tornando escuras, o que não é desejável, pois como não há adição de corante, espera-se que elas tenham luminosidade alta, ou seja, seja de cor clara.

Os resultados da análise de betalaínas das balas está descrito na Tabela 11, sendo que não foram encontrados valores de betalaínas para as balas de formulação padrão, ou seja, as balas sem adição de corante.

Tabela 11 - Betalaínas das balas com adição de corante no período de 45 dias

	Betacianinas (mg/100g b.s*)	Betaxantinas (mg/100g b.s*)
	<i>Bala com corante</i>	<i>Bala com corante</i>
Dia 0	7,37 ^{aA} ±1,27	20,21 ^{aB} ±0,85
Dia 15	5,29 ^{bA} ±0,24	8,67 ^{bB} ±0,60
Dia 30	0	9,24 ^b ±2,13
Dia 45	0	5,21 ^c ±1,87

Fonte: Autora (2023)

Médias±Desvio padrão acompanhados de letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas diferentes na linha não representam diferenças estatísticas para teste de Tukey ao nível de 5% ($p < 0,05$) e Médias±Desvio padrão acompanhados de letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças estatísticas para teste de t-student ao nível de 5% ($p < 0,05$)

*Valores em base seca

Os teores de betacianinas quantificados foram de $7,37 \pm 1,27$ mg/100g no dia 0 e $5,29 \pm 0,24$ mg/100g no dia 15. Nos últimos dias de teste este valor foi reduzido a 0, indicando que a coloração que tende ao vermelho não foi mais identificada. Com relação às betaxantinas, os valores foram superiores, porém foram decrescendo ao longo dos dias. A presença das betaxantinas em maior quantidade do que as betacianinas indica que a bala obteve coloração tendendo mais ao amarelo, característica sensorial essa que não é desejável por se tratar de uma bala com aroma de frutas vermelhas e com corante vermelho a partir da beterraba.

A Tabela 12 mostra a atividade antioxidante presente nas balas com e sem adição de corante em 45 dias de teste

Tabela 12 - Atividade Antioxidante das balas com e sem adição de corante no período de 45 dias

	Atividade antioxidante (mmol Eq. Trolox/g amostra b.s*)	Atividade antioxidante (mmol Eq. Trolox/g amostra b.s*)
	<i>Bala controle</i>	<i>Bala com corante</i>
Dia 0	$1,70^{aA} \pm 0,09$	$5,10^{aB} \pm 0,40$
Dia 15	$0,92^{bA} \pm 0,48$	$3,23^{bB} \pm 0,32$
Dia 30	$1,76^{aA} \pm 0,22$	$4,48^{aB} \pm 0,34$
Dia 45	$1,11^{bA} \pm 0,09$	$3,10^{bB} \pm 0,61$

Fonte: Autora (2023)

Médias \pm Desvio padrão acompanhados de letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas diferentes na linha não representam diferenças estatísticas para teste de Tukey ao nível de 5% ($p < 0,05$) e Médias \pm Desvio padrão acompanhados de letras maiúsculas diferentes na linha representam diferenças estatísticas para teste t-Student ao nível de 5% ($p < 0,05$). *Valores em base seca

Para formulação controle, a atividade antioxidante não apresentou diferenças estatística entre os 0 e 30, e entre 15 e 45, respectivamente. Para bala com adição de corante a atividade antioxidante também permaneceu sem diferença entre os 0 e 30, e 15 e 45, respectivamente.

Um resultado que destaca-se, é o conteúdo antioxidante quando compara-se as balas controle com as adicionadas do corante, visto que durante os 45 dias do estudo, o potencial antioxidante das balas com corante, foram superiores ao controle.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do exposto, conclui-se que a casca da beterraba possui maiores concentrações de betalaínas quando comparado com a beterraba *in natura*, sendo uma fonte atrativa para extração de corante para aplicação em alimentos, especialmente em balas de gelatina. Também, o método de extração utilizando água como solvente extrator mostrou-se mais eficiente.

A umidade e pH das balas durante a análise de estabilidade no período máximo de 45 dias mostraram-se de acordo com o descrito na literatura, não obtendo alterações e a análise de cor apresentou pequenas variações ao decorrer dos dias, sendo este parâmetro considerado o fator mais instável. Também, as balas com adição de corante apresentaram uma maior atividade antioxidante e betalaínas, quando comparado com as balas sem adição de corante.

Com isso, a utilização de cascas de beterraba para extração de corantes naturais para aplicação em balas de gelatina se mostra uma alternativa eficiente para o aproveitamento de resíduos oriundos do setor agroindustrial, auxiliando na diminuição do impacto ambiental negativo causado pelo descarte inadequado desses resíduos. Também, é uma alternativa atrativa para substituição dos corantes artificiais na indústria de alimentos, sendo também uma fonte de compostos com atividade antioxidante que auxiliam no funcionamento do corpo humano no combate aos radicais livres e prevenção de doenças.

Conclui-se também que é necessário a adição de um conservante que atue diretamente na preservação da cor para que o produto tenha uma durabilidade maior, visto que houve variações dos parâmetros do sistema CIELAB obtidos através do aplicativo ColorGrab, onde foi notável, ao decorrer dos dias, a alteração pigmento, passando de vermelho intenso para vermelho alaranjado, sendo essa característica sensorial não desejável a nível comercial por se tratar de uma bala de gelatina com corante natural de casca de beterraba e com aroma de frutas vermelhas.

REFERÊNCIAS

- ABICAB. **Balas & Gomas**, 2021. Disponível em: <https://www.abicab.org.br/paginas/estatisticas/balas-gomas/> Acesso em: 30 out. 2023.
- ALENCAR, S. N. V. *et al.* Agro-industrial waste: a promising and sustainable alternative in the production of enzymes by microorganisms. In: **Congresso Internacional da Agroindústria**. Recife-PE, Brasil, 2020. Disponível em: <https://ciagro.institutoidv.org/ciagro/uploads/1753.pdf> Acesso em: 27 maio 2023.
- ALMEIDA, H. H. S. **Estudo de formulações hidrofílicas do corante natural curcumina para aplicação em iogurtes**. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Paraná, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10198/14402> Acesso em: 12 jun. 2023.
- AZEREDO, C. M. H. Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 44, n. 12, p. 2365–2376, 2006. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/579865/1/PA09018.pdf> Acesso em: 29 maio 2023.
- AZEVEDO, R. A. *et al.* Bala de fruta estruturada com colágeno e gelatina. VII **Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica**. Campinas, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.cnpma.embrapa.br/eventos/2018/ciic2018/resumo2013/RE13230.pdf> Acesso em: 30 nov. 2023.
- BANCO MUNDIAL. **Agriculture and food: home**. 2000. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/overview> Acesso em: 27 maio 2023.
- BANGAR, *et al.* Bioactive potential of beetroot (*Beta vulgaris*). **Food Research International**, v. 158, n. 111556, 13p, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35840248/> Acesso em: 13 abr. 2023.
- BO, P. *et al.* A smartphone-based colorimetry after dispersive liquid–liquid microextraction for rapid quantification of calcium in water and food samples. **Microchemical Journal**. v. 149, p. 1-6, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026265X19313177> Acesso em: 19 ago. 2023.
- BOVI, D. C. M. DE L. *et al.* Determinação dos teores de betalaína e composição centesimal de beterraba in natura e tipo chips. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 10 n. 2, p. 80-92, 2019. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa/article/view/9521> Acesso em: 3 dez. 2023.
- BRASIL. Anvisa - Vigilância sanitária de alimentos/ministério da saúde. **Resolução CNNPA nº 12 de 3 de março de 1978**. Brasília/DF, 1977 https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnnpa/1978/res0012_30_03_1978.html Acesso em: 30 nov. 2023.

BRASIL. Anvisa - Vigilância sanitária de alimentos/ministério da saúde. **Resolução nº 723, de 1º de julho de 2022**. Brasília/DF, 2022. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6662370/%281%29RDC_723_2022_COMP.pdf/9c8fe06a-73c9-469a-b19e-8f06c040da0c Acesso em: 28 nov. 2023.

BRASIL. Anvisa - Vigilância sanitária de alimentos/ministério da saúde. **Resolução CNNPA nº 44 de 25 de novembro de 1977**. Brasília/DF, 1977. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cnpa/1977/res0044_00_00_1977.html Acesso em: 30 maio 2023.

BRASIL. **Resolução nº 001, 23 de janeiro de 1986**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF. Acesso em: 29 maio 2023.

BRASIL. Secretaria de Vigilância Sanitária; Ministério da Saúde (SVS/MS). **Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: 1997. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1997/prt0540_27_10_1997.html Acesso em: 12 abr. 2023.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**. v. 28 n. 1 p. 25–30. 1995. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643895800085> Acesso em: 28 jun. 2023.

CHEOK, C. Y. *et al.* Current trends of tropical fruit waste use. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v. 58, n. 3, p. 335-361, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27246698/>. Acesso em: 26 abr. 2023.

CHIM, J. F.; JACQUES, A. C. Tecnologia de açúcares, balas e corantes. **Mérida Publishers**, v. 1, p. 1-63, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-5-0> Acesso em: 24 nov. 2023.

CONSTANT, P. B. L.; STRINGHETA, P. C.; SANDI, D. Corantes alimentícios. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 20, n. 2, p. 203-220, 2002. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/1248/1048> Acesso em: 12 abr. 2023.

COSTA FILHO, D. V. *et al.* Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. In: **II Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER**, 2017. Disponível em: <https://cointer-pdvagro.com.br/wp-content>. Acesso em: 27 maio 2023.

DAMIANI, C. *et al.* Aproveitamento de resíduos vegetais para produção de farofa temperada. **Revista Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 657-662, 2011. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/handle/ri/13849>. Acesso em: 28 maio 2023.

DIAS, C. M. Comida jogada fora. **Correio Braziliense**, 2003. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/roteiro pedagogico/publicacao/4904_Comida_jogada_fora1.pdf Acesso em: 27 maio 2023.

EMBRAPA. **Aproveitamento de resíduos agroindustriais: Uma abordagem sustentável.** 26p, 2020. Disponível em:

https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1126255/1/S-VAZ_Aproveitamento-de-resi769duos-agroindustriais.pdf Acesso em: 27 maio 2023.

EMBRAPA. **Redução de perdas e desperdício de alimentos.** 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao-de-futuro/sustentabilidade/sinal-e-tendencia/reducao-de-perdas-e-desperdicio-de-alimentos> Acesso em: 27 maio 2023.

FABRI, E. G.; TERAMOTO, J. R. S. Urucum: fonte de corantes naturais. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 140–140, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000100023> Acesso em: 12 jun. 2023.

FAO *et al.* **El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía**, 256 p. 2019. Disponível em: <https://www.fao.org/3/ca5162es/ca5162es.pdf> Acesso em: 11 abr. 2023.

FERREIRA, A. R. *et al.* **Extração, obtenção e avaliação do pigmento da beterraba (*Beta vulgaris* *suculenta*).** IFCE, Ceará, 1ª ed., p. 1-4, 2019. Disponível em: https://prpi.ifce.edu.br/nl/_lib/file/doc6157-Trabalho/EXTRA%C7%C3O%2C%20OBTEN%C7%C3O%20E%20AVALIA%C7%C3O%20DO%20PIGMENTO%20DA%20BETERRABA%20%28Beta%20vulgaris%20suculenta%29%20%281%29.pdf Acesso em: 12 jun. 2023.

FERREIRA, L. P. C. *et al.* Estudo de diferentes metodologias para quantificação de betalaína de beterraba. **3º Congresso Internacional de Atividade Física, Nutrição e Saúde**, vol. 1, n. 1, p. 14 – 19, 2017. Disponível em: <https://eventos.set.edu.br/CIAFIS/article/viewFile/6386/2708> Acesso em: 02 dez. 2023.

FERREIRA, L. P. C. **Microencapsulação de extrato de beterraba pelo processo de gelificação iônica.** Dissertação (Mestrado em Ciências da Nutrição) – Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2018. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/8857/2/LAIS_PRISCILA_CAVALCANTE_FERREIRA.pdf Acesso em: 2 dez. 2023.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 2ª ed., Revista Ampliada, UFV, Viçosa, p. 412, 2003. Disponível em: <https://worldcat.org/pt/title/709635494> Acesso em: 20 maio 2023.

FU, Y. *et al.* Red beetroot betalains: perspectives on xtraction, processing, and potential health benefits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 68, n. 42, p. 11595–11611, 2020. Disponível em: [10.1021/acs.jafc.0c04241](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c04241) Acesso em: 29 maio 2023.

GARCIA, T.; PENTEADO, M. V. C. Qualidade de balas de gelatina fortificadas com vitamina A, C e E. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 743 – 749, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400019> Acesso em: 2 dez. 2023.

HENDRY, G. A. F; HOUGHTON, J. D. **Natural food colorants**. 2ª. Ed. New York: Springer, 1996. 363p. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-2155-6> Acesso em: 14 abr. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. São Paulo. 4. ed. 2008. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 28 jun. 2023.

JUSTINO, H. F. M. *et al.* Use of unconventional technologies to extract bioactive compounds from fruit and vegetable by-products: review. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. 1-26, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/35488/30102/397424> Acesso em: 13 abr. 2023.

KUJALA, T. S. *et al.* Betalain and phenolic compositions of four beetroot (*Beta vulgaris*) cultivars. **European Food Research Technology**. v. 214, p. 505–510, 2002. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-001-0478-6#citeas> Acesso em: 29 maio 2023.

LAURIA, V. B. M. **Síntese de nanossistemas à base de biopigmentos extraídos de resíduos de matrizes vegetais e suas aplicações como corantes naturais**. Dissertação (Mestrado em Nanociência e Nanobiotecnologia) – Universidade de Brasília. Brasília, 2021. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/42694/1/2021_VictoriaBaggideMendon%C3%A7aLauria.pdf. Acesso em: 12 jun. 2023.

LAZZARI, M. **Aplicação de Curcumina Nanoencapsulada em Balas Duras: Características Sensoriais e Físico-Químicas**. Trabalho de Conclusão De Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014. Disponível em: Http://Repositorio.Utfpr.Edu.Br/Jspui/Bitstream/1/6634/2/Cm_Coal_2014_2_16.Pdf Acesso em: 12 jun. 2023.

MACHADO, C. T. **Bala de gelatina com colágeno hidrolisado e microcápsulas de maracujá (*Passiflora edulis*)**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2020. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/13906> Acesso em: 3 dez. 2023.

MANCHA, M. A. F. *et al.* Estructura y estabilidad de las betalaínas. **Interciencia**, v. 44, n. 6, p. 1-9, 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/339/33960068002/33960068002.pdf> Acesso em: 30 maio 2023.

MARTINS, C. R., FARIAS, R. M. Produção de alimentos x desperdício: Tipos, causas e como reduzir perdas na produção agrícola – Revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 9, n. 1, p. 20-32, 2002. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva> Acesso em: 10 abr. 2023.

MASCARENHAS, J. M. O. **Corantes em alimentos: perspectivas, uso e restrições**. 1998. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/8941/1/texto%20completo.pdf> Acesso em: 30 maio 2023.

MBAMBO, A.T. *et al.* Fabrication and application of a gold nanoparticle-based colorimetric device for the determination of NaCl in seawater and estuarine water. **Journal of Nanoparticle Research**. v. 21, n. 135, p.1-17, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11051-019-4579-1> Acesso em: 19 ago. 2023.

MELO, F. de O., *et al.* Development of strawberry flavor gelatine bullets enriched with hibisco extract (*Hibiscus Sabdarifa* L.). **Brazilian Journal of Development**, vol. 6, n, 7, p. 47561–47571, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-407> Acesso em: 3 dez. 2023.

MESQUITA, C. P. *et al.* Stability of Lutein Obtained from *Muriellopsis* sp biomass and used as a natural colorant and antioxidant in a mayonnaise-like dressing sauce. **Cyta-ournal of Food**. v. 17, n. 1, p. 517–526, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1609091> Acesso em: 12 jun. 2023.

MILHOMENS, M. C. **Uso da stévia pura em substituição ao açúcar em preparações doces**. Trabalho de conclusão de curso (Faculdade de Ciências da Saúde – Departamento de Nutrição) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/196889567.pdf> Acesso em: 3 dez. 2023.

MONTEIRO, P. L. Obtenção e avaliação da estabilidade de corante natural de antocianinas aplicado em kefir. In: **XXVIII Salão de iniciação científica da UFRGS**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/154945/Resumo_48304.pdf?sequence=1 Acesso em: 12 jun. 2023.

NABI, B. G. *et al.* Natural pigments: Anthocyanins, carotenoids, chlorophylls, and betalains as colorants in food products. **Food Bioscience**, v. 52, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429223000548> Acesso em: 15 abr. 2023.

NILSON, T. Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *rubra* L.). **Lantbrukshogskolans Annaler**, v. 36, p. 179-219, 1970. Disponível em: <https://eurekamag.com/research/014/685/014685715.php> Acesso em: 13 maio de 2023.

OLIVEIRA, P. L. T. *et al.* The potential of betalain pigments extracted from beet (*Beta vulgaris* L.) in cosmetic application. **Sinergia**, v. 22, n. 1, p. 11-16, 2021. Disponível em: <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/article/view/1306/1081> Acesso em: 30 maio 2023.

PASSAGLIA, N. F. **Microencapsulação por liofilização do extrato de compostos fenólicos da torta de girassol**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/200413/001101627.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 2 dez. 2023.

PAZINATTO, B. C. *et al.* Avaliação da atividade antioxidante e compostos bioativos presentes em extratos de beterraba: determinação de fenólicos de extratos de beterraba. **Cadernos da Escola de Saúde**, v. 21, n. 1, p. 1-13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.25192/issn.1984-7041.v21i16356> Acesso em: 30 maio 2023.

PEREIRA, G. I. S. *et al.* Avaliação química da folha de cenoura visando ao seu aproveitamento na alimentação humana. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 4, p. 852–857, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000400017> Acesso em: 29 maio 2023.

PEREIRA, T. R. C. *et al.* Propriedades funcionais e tecnológicas da beterraba: um levantamento bibliográfico. **The Journal of Engineering and Exact Sciences** v. 8 n. 9, p. 14901, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/14901> Acesso em: 29 maio 2023.

REBOUÇAS, C. R. S. **Aplicação de corante natural obtido de extrato em pó da casca de pitaia em sorvete**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - 35 Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/44962> Acesso em: 12 jun. 2023.

RESENDE, G. M.; CORDEIRO, G. G. Uso da Água Salina e Condicionador de Solo na Produtividade de Beterraba e Cenoura no Semiárido do Submédio São Francisco, **Comunicado Técnico**, v. 128, Embrapa Semiárido, 1ª ed., Formato digital, Petrolina-PE. 2007. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/153238> Acesso em: 30 maio 2023.

RODRIGUES, S. L. Saneamento Ambiental. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**. n. 68, p. 1-79, 2013. Disponível em: <https://vet.ufmg.br/ARQUIVOS/FCK/file/editora/caderno%20tecnico%2068%20saneamento%20ambiental.pdf> Acesso em: 28 maio 2023.

ROSA, J. **Viabilidade e utilização em confeitaria de corantes naturais obtidos a partir da variedade de uva black magic, da beterraba e do mirtilo**. Dissertação (Mestrado Profissional em Nutrição e Alimentos) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/7416> Acesso em: 12 jun. 2023.

ROSSI, P. H. S. *et al.* Utilização tecnológica de corantes naturais em alimentos: uma revisão. **Revista Científica Multidisciplinar**. v. 2, n. 11, p. 1-7, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i11.941> Acesso em: 12 jun. 2023.

SCHIOZER, A. L.; BARATA, L. E. S. Estabilidade de corantes e pigmentos de origem vegetal. **Revista Fitos**, v. 3, n. 2, p. 6–24, 2007. Disponível em: <https://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/71>. Acesso em: 16 abr. 2023.

SIGURDSON, G. T., TANG, P., GIUSTI, M. M. Natural Colorants: Food Colorants from Natural Sources. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 8, p. 261-280, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28125346/> Acesso em: 30 maio 2023.

SILVA, T. M. **Bala de gelatina probiótica adicionada de casca de ameixa sem adição de açúcar: caracterização e viabilidade do *Bacillus coagulans***. Trabalho de conclusão de curso (Curso superior em tecnologia de alimentos) – Instituto Federal sul-rio-grandense, Bagé, 2023.

SOUSA, C. R. V. **Extração assistida por ultrassom e encapsulamento de corante da casca e beterraba em potencial para aplicação em iogurte**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/49921/5/dis_2019_crvsousa.pdf Acesso em: 12 jun. 2023.

STORCK, C. R. *et al.* Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. **Ciência Rural**, v. 43, n. 3, p. 537–543, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000300027> Acesso em: 29 maio 2023.

SZÉKELY, D., MÁTÉ, M. Red Beetroot (*Beta Vulgaris* L.) Advances in Root Vegetables Research. **IntechOpen**. v. 1, p. 356, 2022. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/83567>. Acesso em: 10 abr. 2023.

TIVELLI, S. W. *et al.* Beterraba: do plantio à comercialização. **Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC**, Campinas: Instituto Agrônomo, p. 1-45, 2011. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/iacbt210.pdf> Acesso em: 11 abr. 2023.

TSUKUI, A.; REZENDE, C. M. Extração assistida por micro-ondas e química verde. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 6, p. 1-13, 2014. Disponível em: <https://rvq.sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/969> Acesso em: 11 abr. 2023.

VICENTE, J. *et al.* Formulação de balas enriquecidas com ferro, cálcio, beta-caroteno, licopeno e vitamina C. **Revista Acta Tecnológica**, v. 8, n. 2, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.35818/acta.v8i2.151> Acesso em: 2 dez 2023.

VITTI, M. C. D. *et al.* Comportamento da beterraba minimamente processada em diferentes espessuras de corte. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 623–626, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/V73MVQyk4yKWnNsJtsjhmKv/?lang=pt&format=pdf> Acesso em: 31 maio 2023.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; STRINGHETA, P. C. Pigmentos Naturais Bioativos. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 1, p. 157-166, 2009. Disponível em: <http://servbib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/959/786> Acesso em: 15 abr. 2023.

WALLY, A. P. *et al.* Balas de goma com diferentes agentes geleificantes. **XV Congresso de Iniciação Científica - UFPel**, Pelotas, 2006. Disponível em: https://www2.ufpel.edu.br/cic/2006/resumo_expandido/CA/CA_01100.pdf Acesso em: 30 nov. 2023.