

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CÂMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE
TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

FLAVIA LERMEN

BATATA-DOCE BIOFORTIFICADA: IMPACTOS DE PROCEDIMENTOS TÉRMICOS NA
COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E NA RETENÇÃO DE CAROTENOIDES
PRECURSORES DE VITAMINA A

São Miguel do Oeste – SC

2025

Instituto Federal de Santa Catarina – Campus São Miguel do Oeste
Coordenação do Curso de Tecnologia em Alimentos

Rua: 22 de abril, 2440 | Bairro São Luiz | São Miguel do Oeste /SC | CEP: 89900-000
Fone: (49) 3631-0407 | www.ifsc.edu.br | smo.ifsc.edu.br

FLAVIA LERMEN

BATATA-DOCE BIOFORTIFICADA: IMPACTOS DE PROCEDIMENTOS TÉRMICOS NA
COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E NA RETENÇÃO DE CAROTENOIDES
PRECURSORES DE VITAMINA A

Projeto do Trabalho de
Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Tecnologia em Alimentos do
Câmpus São Miguel do Oeste
do Instituto Federal de Santa
Catarina como requisito parcial
à obtenção do diploma de
Tecnólogo em Alimentos.

Orientadora: Prof^a Dra. Tuany
Camila Honaiser
Coorientadora: Prof^a Dra.
Stefany Grutzmann Arcari

São Miguel do Oeste – SC

2025

Instituto Federal de Santa Catarina – Campus São Miguel do Oeste
Coordenação do Curso de Tecnologia em Alimentos

Rua: 22 de abril, 2440 | Bairro São Luiz | São Miguel do Oeste /SC | CEP: 89900-000
Fone: (49) 3631-0407 | www.ifsc.edu.br | smo@ifsc.edu.br

FLAVIA LERMEN

BATATA-DOCE BIOFORTIFICADA: IMPACTOS DE PROCEDIMENTOS TÉRMICOS NA
COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E NA RETENÇÃO DE CAROTENOIDES
PRECURSORES DE VITAMINA A

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos,
pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado
na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

São Miguel do Oeste, 15 de julho de 2025.

Prof. Tuany Camila Honaiser, Dra
Orientadora
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Stefany Grutzmann Arcari, Dra.
Orientadora
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Aquidauana Miqueloto, Dra
Avaliadora
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Edna Regina Amante, Dra
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Instituto Federal de Santa Catarina – Campus São Miguel do Oeste
Coordenação do Curso de Tecnologia em Alimentos

Rua: 22 de abril, 2440 | Bairro São Luiz | São Miguel do Oeste /SC | CEP: 89900-000
Fone: (49) 3631-0407 | www.ifsc.edu.br | smo.ifsc.edu.br

RESUMO

A batata-doce, uma das principais culturas globais, destaca-se no Brasil pela facilidade de cultivo, valor nutricional e diversidade genética, sendo amplamente aceita na dieta. Programas de melhoramento genético, como a biofortificação, vêm sendo desenvolvidos para criar cultivares mais produtivas, nutritivas e com maior potencial de carotenoides precursores de vitamina A a fim de combater a fome oculta. Entretanto, tratamentos térmicos podem alterar seu valor nutricional. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o impacto de diferentes métodos de preparo térmico doméstico: cozimento em água, cozimento em vapor, assamento em forno elétrico convencional e fritadeira elétrica a ar (air fryer), sobre as características físico-químicas e na retenção de carotenoides em batatas-doce biofortificadas de polpa laranja, cultivares BRS Beauregard e CIP-BRS Nuti. Foram determinadas umidade, cinzas, proteínas, lipídios, fibras alimentares, açúcares redutores, carboidratos, teor e retenção de β -caroteno. Os resultados indicaram que o cozimento em água foi o método que melhor preservou as características nutricionais das duas cultivares, além de proporcionar a maior retenção de β -caroteno, confirmando que métodos térmicos mais brandos favorecem a conservação desses compostos bioativos. Para cultivar Beauregard, o cozimento resultou em amostras com 86,4% de umidade, 4,0% de cinzas, 11,0% de proteína, 0,7% de lipídios, 3,0% de açúcares redutores, 16,8% de fibra alimentar e 67,6% de carboidrato total. Já a mesma cultivar *in natura* apresentou 84,2%, 4,6%, 10,3%, 1,6%, 5,2%, 44,2% e 40,3% respectivamente. O assamento em forno e a ar resultou em amostras mais secas (77,8% e 62,6% de umidade, respectivamente). A air fryer resultou em maior concentração aparente de cinzas (5,6%), açúcar redutor (9,8%) e fibra solúvel (11,6), mas redução de proteínas (8,7%). Todos os tratamentos reduziram fibras e lipídios, porém aumentaram carboidratos totais. O teor de β -caroteno variou de 104,9 $\mu\text{g/g}$ (*in natura*) a 164 $\mu\text{g/g}$ (air fryer), indicando concentração por perda de umidade, com maior retenção no cozimento (136%). Para a cultivar CIP-BRS Nuti, o cozimento resultou em amostras com 82,4% de umidade, 4,1% de cinzas, 16,5% de proteína, 1,8% de lipídios, 4,3% de açúcares redutores, 20,4% de fibra alimentar e 57,3% de carboidrato total em comparação à batata-doce *in natura* (79,1%, 4,9%,

14,2%, 0,5%, 2,3%, 24,8% e 56,8% respectivamente). O assamento em forno e a ar resultou em amostras mais secas (70,9% e 57,0% de umidade, respectivamente). O maior teor de proteína foi observado no cozimento em água (16,5%). O teor lipídico aumentou em todos os tratamentos, exceto no forno. As fibras variaram de 19,9% (air fryer) a 31,3% (forno). Açúcares redutores aumentaram em todos os tratamentos, enquanto os carboidratos se mantiveram estáveis. O teor de β -caroteno variou de 159,1 $\mu\text{g/g}$ (*in natura*) a 396,8 $\mu\text{g/g}$ (air fryer), com maior retenção no cozimento (148,8%). Conclui-se que métodos mais intensos, como forno e air fryer, apresentaram maiores concentrações aparentes de alguns nutrientes, atribuídas à redução da umidade e não à real preservação. O cozimento em água destacou-se como o método mais eficiente para manter o valor nutricional e a retenção de carotenoides em ambas as cultivares.

Palavras-chave: Biofortificação; CIP-BRS Nuti; BRS Bearegard; *Ipomoea*; cozimento.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1 FOME OCULTA.....	12
3.2 BIOFORTIFICAÇÃO.....	13
3.3 BATATA DOCE.....	16
3.4 CAROTENOIDES.....	18
3.4.1 Suscetibilidade a fatores externos.....	21
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1 OBTENÇÃO E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS.....	25
4.2 TRATAMENTOS TÉRMICOS.....	25
4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	25
4.3.1 Determinação de umidade.....	25
4.3.2 Determinação de cinzas.....	26
4.3.3 Determinação de atividade de água.....	26
4.3.4 Determinação de lipídios.....	26
4.3.5 Determinação de proteínas.....	27
4.3.6 Determinação de açúcares redutores.....	27
4.3.7 Determinação de fibras alimentares.....	28
4.3.8 Determinação de acidez titulável total e pH.....	28
4.4 QUANTIFICAÇÃO DE CAROTENOIDES POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE).....	29
4.4.1 Extração de carotenoides.....	29

4.4.2 Quantificação de carotenoides.....	29
4.5 ESTATÍSTICA.....	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
5.1 EFEITO DE PROCEDIMENTOS TÉRMICOS NA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CULTIVAR BRS BEAUREGARD.....	31
5.2 EFEITO DE PROCEDIMENTOS TÉRMICOS NA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CULTIVAR CIP-BRS NUTI.....	39
5.3 EFEITO DE PROCEDIMENTOS TÉRMICOS NA CONCENTRAÇÃO E NA RETENÇÃO DE β -CAROTENO DA CULTIVAR BRS BEAUREGARD.....	46
5.4 EFEITO DE PROCEDIMENTOS TÉRMICOS NA CONCENTRAÇÃO E NA RETENÇÃO DE β -CAROTENO DA CULTIVAR CIP- BRS NUTI.....	48
6 CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

Cerca de 963 milhões de pessoas enfrentam a fome no mundo, e os problemas relacionados à insegurança alimentar impactam uma grande parte da população global. Estima-se que cerca de 2 bilhões de pessoas sofram de deficiência de nutrientes (vitaminas e minerais), condição chamada de fome oculta. Essa carência nutricional de um ou mais micronutrientes é considerada o problema nutricional mais prevalente no mundo, não apenas em países em desenvolvimento, mas também em nações industrializadas, afetando diretamente o bem-estar social (Vieira, 2022).

A deficiência de micronutriente mais significativa do ponto de vista da saúde pública é a de vitamina A, com uma estimativa de 250 milhões de crianças em idade pré - escolar e 19 milhões de mulheres grávidas afetadas (Reis *et al.*, 2021; Fagundes *et al.*, 2021). A hipovitaminose A compromete principalmente a saúde ocular, provocando xerofthalmia (ressecamento ocular), cegueira noturna, queratinização das células epiteliais, atraso no crescimento, enfraquecimento do sistema imunológico e, em casos graves, infertilidade (Costa *et al.*, 2023). Dados mostram que, anualmente, entre 250.000 e 500.000 crianças com deficiência de vitamina A ficam cegas, sendo que metade delas morrem dentro de 12 meses após a perda da visão (Reis *et al.*, 2021).

A vitamina A é um micronutriente lipossolúvel, encontrado em alimentos de origem animal na forma de retinol e em vegetais como carotenoides. Esses pigmentos naturais, amplamente distribuídos na natureza, são responsáveis pelas cores vermelha, laranja e amarela dos vegetais e apresentam diversos benefícios à saúde. Devido a presença de uma unidade terminal de β -ionona, os carotenoides podem ser convertidos em vitamina A pelo metabolismo humano, caracterizando-os como moléculas provitamina A (Junior *et al.*, 2024).

Nesse contexto, estratégias de suplementação, por meio da biofortificação de alimentos básicos vêm sendo utilizadas. No Brasil, a Rede BioFORT, coordenada pela Embrapa e com suporte do programa Harvestplus, têm trabalhado para obtenção de cultivares com maiores teores de ferro, zinco e vitamina A, através do melhoramento genético convencional, a exemplo de feijão-caupi, trigo e arroz com maiores teores de

ferro e zinco, e milho, mandioca e batata-doce com maiores teores de carotenoides precursores de vitamina A (BioFORT, 2024).

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é a sétima principal cultura alimentar cultivada no mundo (Hamda *et al.*, 2024). Destaca-se por ser uma cultura resistente e proeminente na garantia da segurança alimentar das famílias devido ao seu alto suprimento de energia, potencial de rendimento e valor de mercado (Laurie *et al.*, 2015). Com a biofortificação, foi possível implementar cultivares de polpa alaranjada, como a CIP-BRS Nuti, BRS Amélia e Beauregard (Castro e Becker, 2011; Mello *et al.*, 2021), com produção satisfatória e abundância de carotenoides, sendo o β -caroteno o principal precursor de vitamina A (Uenojo, Maróstica Junior e Pastore, 2007).

Embora a ingestão de alimentos fonte de carotenoides, quando aliada a hábitos de vida saudáveis, possa ser uma alternativa para promoção da saúde e prevenção de doenças na população, é necessário considerar a bioacessibilidade e as reações metabólicas envolvidas, ou seja, a extensão em que o composto ingerido é liberado de sua matriz alimentar e é disponibilizado para absorção no intestino. As ações funcionais desempenhadas pelos carotenoides no organismo estão diretamente relacionadas com a disponibilidade, a bioacessibilidade e a estabilidade dessas substâncias nos alimentos, que podem ser influenciadas por diferentes fatores, sejam durante o cultivo, o processamento, o armazenamento, o preparo e o consumo do alimento (Bemfeito *et al.*, 2020).

Os carotenoides, são compostos insaturados vulneráveis à oxidação, processo que inibe sua atividade como provitamina A e reduz sua disponibilidade (Nkhata *et al.*, 2020). A degradação desses compostos ocorre em fases iniciais do preparo dos alimentos, como no corte e descascamento, que expõem os carotenoides ao oxigênio e ativam enzimas oxidativas (Meléndez-Matínez, Esquivel e Rodriguez-Amaya, 2023). O processamento térmico também acelera a degradação do β -caroteno, incluindo sua isomerização de trans para cis, reduzindo assim sua eficácia como fonte de vitamina A, já que os isômeros cis apresentam menor atividade provitamínica (Kidmose *et al.*, 2007).

Além dos carotenoides, outros compostos como amido, açúcares solúveis, compostos voláteis e diversos metabólitos presentes na batata-doce de polpa

alaranjada também sofrem alterações com os tratamentos térmicos. Assim, a escolha de um método de preparo adequado é essencial para minimizar perdas nutricionais durante o processamento, garantindo um produto que contribua de forma eficaz para a redução da deficiência de vitamina A (Yao *et al.*, 2023).

Diante desse contexto, este estudo se propôs a avaliar os efeitos de procedimentos térmicos domésticos aplicados à batata-doce, bem como identificar aquele que promove menor degradação de carotenoides e nutrientes. De modo a incrementar a oferta de opções alimentícias que auxiliem na diminuição da deficiência de vitamina A.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de práticas de preparação doméstica nas características físico-químicas e retenção de carotenoides precursores de vitamina A de batatas-doces biofortificadas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar a caracterização físico-química de cultivares de batata-doce *in natura* e submetidas a diferentes tratamentos térmicos.
- Determinar o teor de betacaroteno de cultivares de batata-doce biofortificada *in natura*.
- Estimar a retenção de betacaroteno de batata-doce biofortificada após preparos térmicos domésticos, através do cozimento em água, em vapor, assamento em forno elétrico convencional e em fritadeira elétrica a ar (air fryer).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 FOME OCULTA

Os índices de insegurança alimentar reportados pela FAO (2024), demonstram que episódios como a pandemia covid-19, as crises econômicas decorrentes da guerra na Ucrânia e os eventos climáticos extremos contribuem com a dificuldade ao acesso a alimentos e conseqüentemente com o aumento da fome. No entanto, há uma preocupação ainda maior com a desnutrição de micronutrientes, sendo esta mais silenciosa e mais difícil de ser identificada, conhecida como fome oculta (Vieira, 2022).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 2 bilhões de pessoas em todo o mundo foram identificadas com deficiência de nutrientes (vitaminas e minerais), sendo os principais vitamina A, ferro, zinco, selênio e cálcio. Nos últimos anos, observa-se uma correlação inversa entre o aumento da obesidade e o consumo de alimentos ultraprocessados, em contraponto à redução do consumo de frutas e hortaliças, que são as principais fontes desses micronutrientes essenciais (Fagundes *et al.*, 2021).

A fome oculta é uma situação de risco à saúde humana que ocorre no mundo todo, principalmente em regiões e países menos desenvolvidos, sendo as mulheres e crianças os grupos mais vulneráveis. A população mais pobre é a que mais vem sendo afetada pela fome oculta, isto porque essa população se alimenta com maior frequência de alimentos com alta densidade energética, ricos em açúcares e gorduras, mas de baixo valor nutritivo (Souza *et al.*, 2020). Vieira (2022) sinaliza que esse fenômeno é intensificado pela alta nos preços dos alimentos não básicos, assim como, a falta de educação alimentar e os fatores culturais que também podem influenciar no consumo de alimentos mais nutritivos.

Do ponto de vista da saúde pública, a vitamina A é o micronutriente com grau de deficiência mais significativo, com uma estimativa de 250 milhões de crianças em idade pré-escolar e 19 milhões de mulheres grávidas afetadas (FAO, 2014). A ausência de vitamina A pode ocasionar grave deficiência visual, que leva à cegueira, aumento do

risco de doenças graves e morte por infecções comuns, além de intensificar o atraso no crescimento (Fagundes *et al.*, 2021).

Para tentar mitigar o problema da fome oculta, ações como distribuições de vitaminas, suplementação alimentar e fortificação industrial, são estratégias comuns a serem aplicadas. No entanto, esses processos não são totalmente eficientes, pois muitas vezes precisam de financiamento contínuo para sua permanência, e parte do público alvo não é devidamente atingido, sendo necessário a implantação de táticas complementares a esses programas (Vieira, 2022).

Considerando que a agricultura é fundamental para fornecer a maior parte dos nutrientes e compostos essenciais à sobrevivência humana, a solução para reduzir a fome oculta deve começar no campo, como resultado de seu foco em alavancar alimentos básicos que são consumidos em grandes quantidades por amplas parcelas da população. Nesse contexto, a biofortificação tem se mostrado uma alternativa promissora para integrar esse conjunto de estratégias (Nkhata *et al.*, 2020).

3.2 BIOFORTIFICAÇÃO

A biofortificação engloba um conjunto de estratégias que buscam abordagens mais sustentáveis, econômicas e eficazes para aprimorar as concentrações de minerais e vitaminas em culturas agrícolas, por meio do melhoramento genético clássico (Cipriano *et al.*, 2024). Para a efetividade dessa abordagem, o foco deve estar nas culturas básicas, que são consumidas em maior quantidade pelas populações de baixa renda. Essas culturas, muitas vezes, não contêm quantidades suficientes de micronutrientes para atender às necessidades diárias do organismo humano. Nesse contexto, a biofortificação tem ganhado destaque em estudos, à medida que a qualidade nutricional dessas culturas se torna um critério cada vez mais relevante (Vieira, 2022).

No Brasil, a biofortificação de alimentos é conduzida pela rede BioFORT, coordenada pela Embrapa. Contempla mais de 200 pesquisadores e 14 estados brasileiros, prioriza regiões com baixos Índices de Desenvolvimento Humano (IDH), tornando o país destaque no mundo no que se diz respeito a biofortificação, pois é o

único que trabalha com oito culturas simultaneamente: arroz, feijão, feijão-caupi e trigo (maiores teores de ferro e zinco); mandioca, milho, abóbora e batata-doce (maiores teores de vitamina A) (BioFORT, 2024).

A biofortificação de alimentos pode ser alcançada por meio de técnicas como a fertilização agrônômica – que consiste no fornecimento de elementos minerais carentes na dieta ao solo, podendo ser absorvido pelo sistema radicular das plantas e alocados nos órgãos de reserva (Silva, 2022) –, o melhoramento convencional (método mais empregado em batatas-doces) e a engenharia genética (Vieira, 2022).

A técnica de melhoramento genético convencional para cultivares biofortificadas consiste no cruzamento planejado de plantas com o objetivo de obter uma combinação ideal de genes. Dessa forma, é possível promover uma absorção equilibrada de nutrientes e aumentar a biodisponibilidade dessas substâncias. Nesse processo, são selecionados genótipos e variedades que possuem maior capacidade de metabolizar e armazenar esses nutrientes, resultando em produtos alimentares mais nutritivos e saudáveis para consumo humano (Cipriano *et al.*, 2024).

Segundo Vieira *et al.* (2023), a batata-doce é uma das seis principais hortaliças cultivadas no Brasil. Em 2019, alcançou uma produtividade aproximada de 805.512 mil toneladas em 57.486 hectares de área colhida, sendo o Rio Grande do Sul o maior produtor. Por ser uma cultura adaptável ao baixo nível tecnológico, a batata-doce está muito presente na dieta da população. Assim, essa planta se torna um bom meio de biofortificação devido sua alta acessibilidade e adaptação.

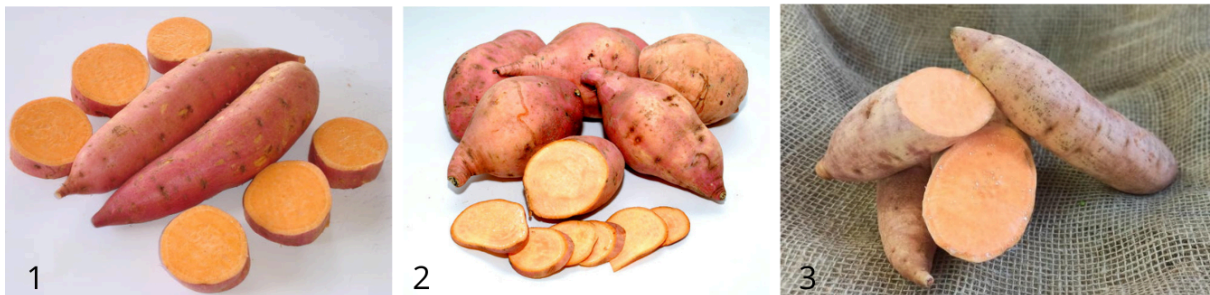
Estudos envolvendo a biofortificação da batata-doce iniciaram nos Estados Unidos em 1990, com Howarth Bouis, através do programa HarvestPlus (Silva *et al.*, 2022). Um dos relatos de maior sucesso da biofortificação é a batata-doce de polpa laranja, conhecida como cultivar Beauregard, que apresenta 10 vezes mais teores de pró-vitamina A, em média 115µg de β-caroteno/g de raiz fresca (Sousa *et al.*, 2018).

De acordo com Soccol *et al.* (2021), crianças da África do Sul obtiveram melhora na alimentação com a complementação nutricional de Vitamina A devido a ingestão da batata-doce de polpa alaranjada rica em β-caroteno. Essa cultivar foi altamente aceita pelos agricultores, fato que possibilitou o aumento da sua área cultivada em 59% em Moçambique e 44% na Uganda. A ingestão de vitamina A por parte da população

desses países dobrou, podendo o consumo dessa cultivar biofortificada eliminar cerca de 38 a 64% da carência por vitamina A na Uganda (Vieira, 2022).

Além da cultivar Beauregard, a Embrapa trabalha com mais duas variedades biofortificadas: 'BRS Amélia' e 'CIP-BRS Nuti' (Figura 1) (Souza, 2023). A mais recente das variedades biofortificadas e que tem ganhado destaque é a 'CIP-BRS Nuti'. Lançada em 2021 pela Embrapa em parceria com o Centro Internacional da Batata (CIP), é uma cultivar de hábito de crescimento semi-ereto, de casca e polpa alaranjada, com alto potencial produtivo (Embrapa, 2023).

Figura 1. Cultivares biofortificadas (1) Beauregard (2) BRS Amélia e (3) CIP-BRS Nuti.



Fonte: Embrapa 2010; 2011; 2021a.

O Centro Internacional de Batatas (CIP) engloba o maior número de exemplares da espécie. A diversidade de batatas com polpas amarelas, laranjas e vermelhas são historicamente produzidas nos países andinos, tendo em vista que a América Central é reconhecida como o centro primário de diversidade da batata-doce, devido à ampla variedade de cultivares nativas e espécies silvestres presentes na região (Mundai, 2022).

Além dos benefícios nutricionais, a batata-doce possui propriedades tecnológicas permitindo também ser utilizada na produção de panificados e na confeitaria, podendo ser empregada *in natura*, cozida ou transformada em farinhas para massas de pães, bolos e biscoitos (Sousa *et al.*, 2018). O processamento de produtos a partir de cultivos biofortificados pode constituir uma alternativa mais efetiva no combate à desnutrição das populações carentes do país, uma vez que aumentando o teor de pró vitamina A

desses produtos, é possível ampliar o alcance desses nutrientes na alimentação humana (Carvalho *et al.*, 2010).

3.3 BATATA DOCE

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é uma dicotiledônea e se destaca no cenário produtivo de tuberosas amiláceas pela sua facilidade de cultivo e baixas exigências para seu desenvolvimento, sendo cultivada majoritariamente em áreas tropicais e subtropicais (Basílio *et al.*, 2022). Apresenta bom desempenho em diferentes tipos de solo e é tolerante à escassez hídrica, além de preferir temperaturas em torno de 25 °C e boa disponibilidade de luz solar (Dias, 2025). É uma planta perene, com plantio anual, e dependendo das condições ambientais e das cultivares, o ciclo pode variar de 12 a 35 semanas, sendo que a maioria das cultivares atinge a produtividade máxima em 12 a 22 semanas após o plantio (Embrapa, 2021b).

Embora a batata-doce seja originária na América Central e Sul, possui destaque de produção e consumo em nível mundial (Ferreira, Lima e Sanchez, 2021). A produção mundial estimada em 2020 foi de 89 milhões de toneladas, sendo o continente asiático responsável por 62,6% da produção mundial, China o maior representante, com produção estimada de 49 milhões de toneladas e na sequência, o continente africano, totalizando produção estimada de 15 milhões de toneladas com alta produtividade em países como Malawi, Tanzânia e Nigéria (Basílio *et al.*, 2022).

No Brasil, o cultivo da batata-doce apresenta destaque de produção nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste. Os principais estados produtores são Rio Grande do Sul, São Paulo, Ceará, Paraná, Sergipe, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba e Alagoas. O Brasil ocupa o 16º lugar como produtor mundial, com produtividade média de 14,5 t/ha e é o maior país produtor na América Latina (Embrapa, 2021b).

A batata-doce apresenta relevância econômica e é uma hortaliça de ampla aceitação popular, podendo ser cultivada por grandes ou pequenos produtores em sistemas agrícolas com reduzida utilização de insumos, sendo consumida principalmente assada ou cozida e industrializada na forma de doce (Franco *et al.*, 2018).

O Brasil se destaca por apresentar uma alta diversidade genética de batata-doce, podendo encontrar raízes de várias formas, tamanhos e cores (Santos *et al.*, 2018). No entanto, programas de melhoramento desta cultura estão cada vez mais empenhados em gerar novos materiais genéticos para o produtor, uma vez que a seleção e a disponibilização de cultivares de batata-doce podem aumentar o potencial produtivo e a qualidade das raízes. Isso reflete não somente em uma cultivar mais resistente a pragas e doenças, mas sim, em raízes mais produtivas, saudáveis e com características nutricionais relevantes (Basílio *et al.*, 2022).

Além das características agrônômicas, a batata-doce apresenta características nutricionais favoráveis à alimentação. A composição nutricional da batata-doce está diretamente ligada às características locais, composição do solo e clima, além de variar dependendo do tipo de cultivar e coloração das raízes (Basílio *et al.*, 2022). Atualmente existem cerca de 32 cultivares listadas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, incluindo as cultivares biofortificadas (Embrapa, 2021b).

De forma geral, a batata-doce convencional constitui em sua composição *in natura* 76,2% de umidade, 28% de carboidratos (Wartha *et al.*, 2015), dos quais cerca de 30% são açúcares redutores e o restante amido. O açúcar que se encontra em maior proporção é a sacarose (entre 49 e 92% dos açúcares totais), seguida pela glicose (4-30%), frutose (3-14%) e, dependendo das cultivares, pequenas quantidades de maltose (0-7%). Possui apenas 0,14% de lipídios, não apresentando ácidos graxos saturados, poliinsaturados, monoinsaturados e colesterol. Ainda, apresenta 1,1% de proteínas, 0,4% de cinzas, um teor significativo de fibras de 2,7%, gerando um índice glicêmico baixo e alto nível de vitaminas, sendo as principais vitamina A, C, E, B1, B2, B6 e ácido fólico (Ferreira, Lima e Sanchez, 2021).

Além de vitaminas e minerais, dependendo da cultivar, a batata-doce pode apresentar altos níveis de compostos bioativos, como antocianinas e carotenoides, compostos estes que são reconhecidos pela sua atividade antioxidante e propriedades antimutagênicas (Santos *et al.*, 2018). Cultivares de batata-doce de polpa laranja apresentam naturalmente conteúdos mais elevados de carotenoides, principalmente de β -caroteno que é fonte de pró-vitamina A (Sousa *et al.*, 2018). Já as batatas-doces de

polpa roxa, contêm um elevado teor em antocianinas (Sánchez, Santos e Vasilenko, 2019).

De acordo com Silva *et al.* (2022) a concentração de β -caroteno em variedade de batata-doce de polpa branca é inferior a 10 μ g/g de raiz. Em cultivares de polpa alaranjadas pode chegar a um valor médio de 115 μ g/g por batata, que é 10 vezes maior do que em outras batatas-doces convencionais, por isso, são consideradas biofortificadas.

Em comparação, alimentos tradicionalmente reconhecidos como boas fontes de vitamina A apresentam teores variados de β -caroteno: cenouras possuem, em média, 82,70 μ g/g; abóbora *in natura*, 36,10 μ g/g; e folhas de salsa, 55,70 μ g/g (Bemfeito *et al.*, 2020). Esses dados evidenciam a eficácia da biofortificação como estratégia nutricional, especialmente ao considerar que determinadas cultivares de batata-doce biofortificadas superam significativamente essas concentrações.

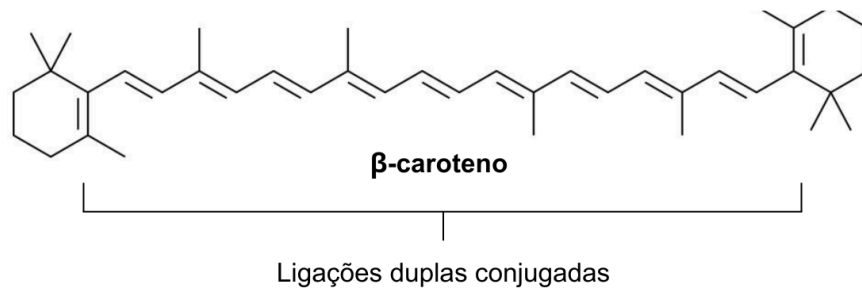
3.4 CAROTENOIDES

Os carotenoides são amplamente distribuídos na natureza, sendo responsáveis por conferir coloração amarela, laranja ou vermelha a uma vasta gama de vegetais, microrganismos e alguns animais. Atuam como antioxidantes biológicos e desempenham um papel crucial na saúde humana. Como os seres humanos não são capazes de sintetizar carotenoides, estes devem ser obtidos por meio da dieta, principalmente através do consumo de frutas, vegetais e, em alguns casos, de culturas biofortificadas (Uenojo, Junior e Pastore, 2007).

Os carotenoides são compostos por oito unidades repetitivas de isopreno, formando um tetraterpeno — uma cadeia de 40 átomos de carbono. Suas extremidades podem apresentar estruturas cíclicas ou lineares, e o arranjo molecular resulta em múltiplos isômeros *cis* e *trans*, sendo os isômeros *trans* os mais predominantes (Júnior, 2024). Esse sistema de ligações conjugadas forma o grupo cromóforo, responsável pela coloração dos alimentos (Figura 2). Para que ocorram bandas de absorção e a cor amarela se manifeste, são necessárias no mínimo sete ligações conjugadas. Quanto maior o número de ligações conjugadas, mais amplas são as bandas e maiores os

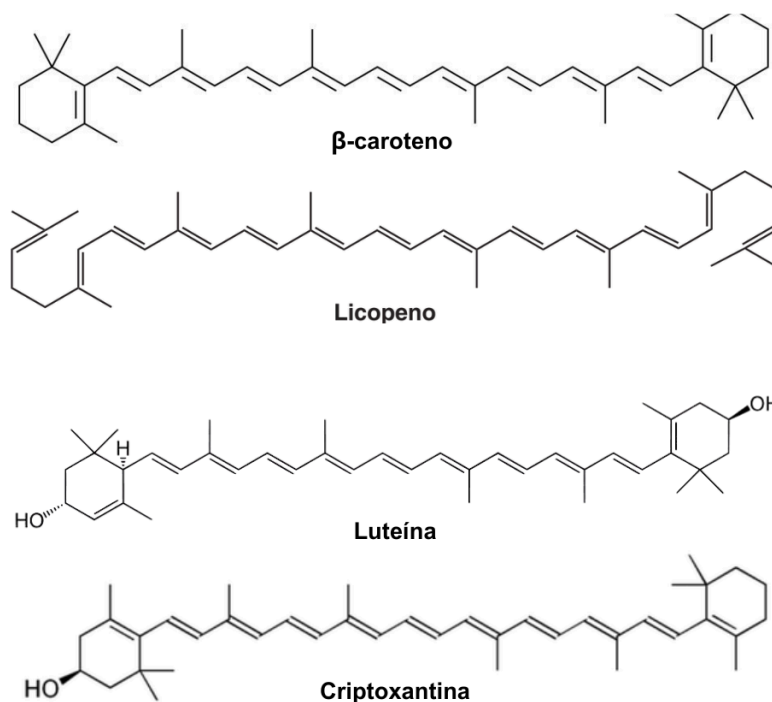
comprimentos de onda absorvidos, resultando em uma coloração mais avermelhada (Morais, 2006).

Figura 2. Representação das ligações duplas conjugadas, dando origem ao grupo cromóforo em β -caroteno.



Fonte: adaptado de Jesus (2021).

Devido à sua capacidade de formar diferentes arranjos moleculares, existem mais de 700 carotenoides encontrados na natureza. Os carotenoides são classificados de acordo com sua estrutura química como carotenos, quando constituídos por carbono e hidrogênio, como é o caso do β -caroteno e do licopeno, ou como xantofilas, quando além de carbono e hidrogênio, possuem oxigênio na sua composição, como a luteína e a criptoxantina (Figura 3). Quanto à sua estrutura, os carotenoides podem ser acíclicos (como o licopeno), monocíclicos (γ -caroteno) ou dicíclicos (α e β -caroteno). Nas plantas, apenas isômeros trans são encontrados, mas podem se converter em isômeros cis sob influência de luz ou outras condições (Júnior, 2024).

Figura 3. Estruturas químicas de carotenos e xantofilas.

Fonte: adaptado de Silva (2018).

Nutricionalmente os carotenoides podem ser categorizados como pró vitamínicos (com atividade provitamina A) ou inativos (atuando como antioxidantes e/ou corantes). A presença de pelo menos um resíduo de anel β -ionona é necessária para que o carotenoide atue efetivamente como provitamina A, como é o caso do α -caroteno, β -caroteno e β -criptoxantina. Dentre eles, apenas o β -caroteno possui dois anéis β -ionona em sua estrutura, sendo o mais abundante entre os carotenoides encontrados nos alimentos (Nkhata *et al.*, 2020). Considerando sua simetria molecular, a clivagem do β -caroteno ocorre na posição central da molécula, produzindo duas moléculas de vitamina A (retinol) pela enzima 15,15'-dioxigenase, a qual ocorre naturalmente no intestino e fígado humanos (Uenojo, Junior e Pastore, 2007).

Na batata-doce de polpa laranja, o β -caroteno é o carotenoide mais abundante, responsável não apenas pela pigmentação do alimento, mas também por atuar como uma importante fonte de provitamina A. Esses carotenoides são absorvidos e convertidos em vitamina A no organismo humano, desempenhando um papel essencial na manutenção da saúde (Kidmose *et al.*, 2007).

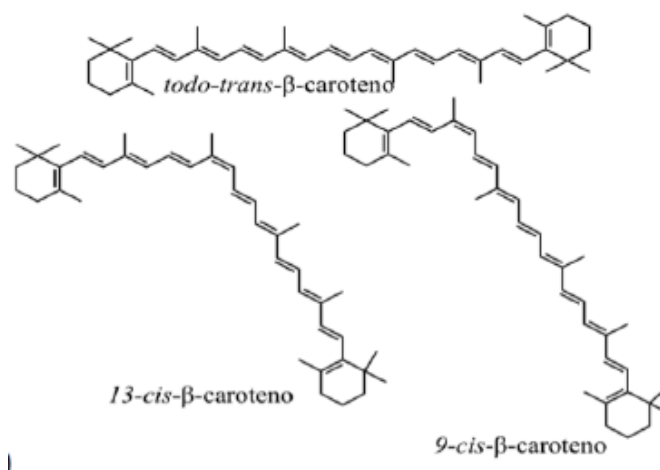
Sabe-se que a biofortificação de culturas de batata-doce com carotenoides provitamina A é uma estratégia promissora para aliviar a fome oculta e alavancar a biodisponibilidade de micronutrientes em alimentos básicos à população. Embora os estudos voltados para o melhoramento genético das culturas ao longo dos últimos anos tenha possibilitado raízes com bons rendimentos, melhor produtividade e mais resistência, ainda restam desafios quanto à manutenção dos carotenoides ao longo da sua vida útil, desde processamento, armazenamento e consumo (Nkhata *et al.*, 2020).

3.4.1 Suscetibilidade a fatores externos

Os carotenoides são compostos insaturados, suscetíveis à oxidação, o que pode resultar em derivados que inibem a atividade da provitamina A e reduzem sua biodisponibilidade (Nkhata *et al.*, 2020). A degradação desses compostos é frequentemente observada em estágios iniciais do preparo dos alimentos, como descascamento e corte, que expõem os carotenoides ao oxigênio e liberam enzimas que catalisam sua oxidação (Meléndez-Matínez, Esquivel e Rodriguez-Amaya, 2023).

A degradação de β -caroteno pode ser intensificada por diferentes processamentos térmicos que os alimentos são submetidos antes do consumo. Durante o aquecimento, o teor de vitamina A das raízes da batata-doce pode ser reduzido devido à degradação e/ou *trans*-*cis*-isomerização do β -caroteno. A isomerização do β -caroteno de *trans* para *cis* resulta em uma menor quantidade de provitamina A, pois os isômeros *cis* do β -caroteno geralmente têm uma atividade de vitamina A inferior em comparação ao *all-trans*- β -caroteno (Kidmose *et al.*, 2007). A Figura 4 ilustra as duas estruturas moleculares quanto à sua isomerização.

Figura 4. Estruturas moleculares do *all-trans*- β -caroteno, 9-*cis*- β -caroteno e 13-*cis*- β -caroteno.



Fonte: Jesus (2021).

A atividade biológica do β -caroteno da batata-doce alaranjada depende da sua biodisponibilidade, ou seja, da quantidade ingerida que está disponível para funções fisiológicas, como a conversão em vitamina A. A digestão inicial dos carotenoides é medida pela bioacessibilidade, que representa a porção do nutriente liberada da matriz alimentar e disponível para absorção. No entanto, nem todo carotenoide acessível é absorvido, pois isso depende de fatores como a dose ingerida e o nível de vitamina A do indivíduo (Dhuique-Mayer *et al.*, 2018).

Segundo Yao *et al.* (2023) amostras de batata-doce de polpa alaranjada cozidas no vapor e fervidas, não apresentaram alterações significativas no teor de carotenoides quando comparadas a amostras cruas. No entanto, as amostras assadas apresentaram uma redução significativa nos carotenoides totais, sendo o β -caroteno o principal deles. Outro estudo demonstrou que, embora haja uma redução de carotenoides pró-vitamina A e, conseqüentemente, menor teor de vitamina A em amostras de batata-doce cozidas ou fritas, a bioacessibilidade de β -caroteno em variedades biofortificadas ainda supera as variedades comerciais, podendo chegar a níveis superiores a 92% da necessidade média estimada (Berni *et al.*, 2015).

Embora os tratamentos térmicos como cozimento reduzam a disponibilidade, eles favorecem a bioacessibilidade, melhorando a absorção no organismo. Esse efeito

ocorre devido ao amolecimento dos tecidos, ao afinamento das paredes celulares e à ruptura da estrutura vegetal, facilitando a liberação do β -caroteno (Junior *et al.*, 2024). Segundo Yan *et al.* (2024) a liberação do *all-trans*- β -caroteno da matriz alimentar pode ser de 3,1 a 7,7 vezes maior. Além disso, o autor observa que a adição de óleo pode melhorar ainda mais a bioacessibilidade dos carotenoides, elevando sua bioacessibilidade em até 50–100% em batatas-doces fritas, comparado a outros métodos de cozimento.

A recomendação de ingestão mínima diária de vitamina A, em equivalentes de retinol, é determinada pelo Institute of Medicine (IOM), órgão responsável pela criação das *Dietary Reference Intake* (DRI), que representam valores de referência para ingestão de nutrientes a fim de prevenir o surgimento de deficiências. A Tabela 1 ilustra os valores mínimos de ingestão recomendados pelas DRI para a vitamina A em diferentes faixas etárias (Junior *et al.*, 2024).

Tabela 1. Recomendação de ingestão de vitamina A (em equivalentes de retinol) diária para cada faixa etária e quantidade de β -caroteno bioacessível estimado.

Estágio da vida (anos)	Vitamina A (μg RAE/d)	β -caroteno ($\mu\text{g}/\text{d}$)
1-3	300	3620
4-8	400	4820
9-13	600	7230
Homens > 14	900	10850
Mulheres > 14	700	8430
Gestantes > 14	770	9280
Lactantes > 14	1300	15660

Fonte: adaptado de Junior *et al.*, 2024.

De acordo com a Instrução Normativa 75 de 2020 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), $1\mu\text{g}$ de retinol equivale a $12\mu\text{g}$ de β -caroteno (Brasil, 2020). A partir desses valores é possível estimar a conversão de β -caroteno em equivalentes de retinol (atuando como provitamina A) no organismo. Para batata-doce

convencional e crua, há cerca de 75 $\mu\text{g/g}$ de β -caroteno e uma média de 45% de bioacessibilidade. Sendo necessário um consumo médio de 115 μg de β -caroteno por grama de batata-doce, para garantir o suprimento mínimo de vitamina A (Junior *et al.*, 2024).

Os tratamentos térmicos impactam não só a disponibilidade e bioacessibilidade, mas também alteram a composição química das batatas-doces. Esses processos podem provocar variações no teor de umidade, na concentração de sólidos solúveis totais e na cor, especialmente devido à degradação dos carotenoides. Em processos como o assamento, é comum uma perda mais significativa de carotenoides, resultando em uma coloração mais clara. Esse método também intensifica a degradação do amido, eleva a formação de açúcares solúveis e libera compostos voláteis, como furanos, aldeídos, cetonas e monoterpenos, incluindo aqueles derivados dos carotenoides. Como resultado, obtém-se uma batata-doce mais doce, aromática e saborosa em comparação com outros métodos de cocção (Yao *et al.*, 2023).

Dessa forma, a escolha da variedade e do método de preparo doméstico torna-se fundamental para maximizar a ingestão de vitamina A e reduzir perdas nutricionais através da alimentação básica (Kidmose *et al.*, 2007).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 OBTENÇÃO E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

Foram analisadas duas cultivares de batata-doce biofortificada, BRS Beauregard e CIP-BRS Nuti, fornecidas pela EMBRAPA Clima Temperado e cultivadas no município de Canoinhas/SC, (Latitude: -26.1778, Longitude: -50.3903; 26°10'40" Sul, 50°23'25" Oeste), safra de 2024. Após a colheita, as amostras foram encaminhadas ao Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus de São Miguel do Oeste, onde foram processadas e submetidas às análises. Inicialmente, as raízes foram higienizadas com água corrente e água hiperclorada, preparando-as para as etapas subsequentes do estudo.

4.2 TRATAMENTOS TÉRMICOS

Após higienização, as raízes foram descascadas, cortadas em rodela de aproximadamente 1 cm de espessura e preparadas conforme diferentes práticas domésticas até completa cocção do alimento: (1) cozimento em água, 31min (2) cozimento a vapor, 7min (3) assamento em forno elétrico convencional (200°C/36 min) (4) fritadeira elétrica a ar (200°C/14 min). Em seguida, as raízes ainda quentes foram moídas em moinho analítico, sem a água do cozimento, no caso da condição 1. As amostras foram armazenadas em freezer convencional a -20°C e as amostras destinadas para as análises de carotenoides foram armazenadas em ultra-freezer a -80°C.

4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

4.3.1 Determinação de umidade

A determinação da umidade foi realizada pelo método de secagem em estufa, conforme descrito por Adolf Lutz (2008). Inicialmente, os cadinhos foram secos em estufa a 105°C por 4 horas. Posteriormente, 5 g de cada amostra foram pesadas e

submetidas à secagem a 105°C por 6 horas. Após o resfriamento em dessecador, os cadinhos foram novamente pesados e o teor de umidade foi obtido pela diferença entre o peso inicial e o peso final das amostras.

4.3.2 Determinação de cinzas

A determinação das cinzas foi realizada após a etapa de secagem em estufa. Após a pesagem da amostra seca, os cadinhos foram colocados em mufla a 550°C por 4 horas para concluir o processo de carbonização. Em seguida, os cadinhos foram resfriados em dessecador, e seus pesos foram registrados.

O teor de cinzas foi obtido com base em amostra seca de acordo com a Equação 1.

$$\text{Cinzas (\%)} = \frac{\text{cinzas (g)} * 100}{\text{amostra seca (g)}} \quad (1)$$

4.3.3 Determinação de atividade de água

A determinação de atividade de água foi realizada em equipamento LabMaster-aw. O equipamento foi ligado 30min antes do início das análises e calibrado com as próprias amostras antes de cada medição.

4.3.4 Determinação de lipídios

O teor de lipídios foi determinado pelo método de Soxhlet, de acordo com Adolf Lutz (2008). Foi pesado 0,5g de amostra e a extração foi realizada utilizando éter de petróleo durante 8h. A massa de gordura extraída foi obtida pela diferença dos balões previamente tarados e secos em estufa a 105°C por 2 horas. O resultado foi expresso em base seca.

4.3.5 Determinação de proteínas

A determinação de proteínas foi realizada pelo método de Kjeldahl, de acordo com Adolf Lutz (2008). Para digestão da amostra foi pesado 0,2g de amostra e 1,5g de mistura catalítica. Para definir o teor de proteína, foi calculado a percentagem de nitrogênio total, seguida da percentagem de proteína bruta, conforme Equações 2 e 3, respectivamente.

$$NT = \frac{N * (Va - Vb) * 14 * 100}{P * 100} \quad (2)$$

Em que, NT = nitrogênio total; N = normalidade do ácido utilizado na titulação (HCl 0,1 mol/L); Va = volume de solução de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra (em mL); Vb = volume de solução de ácido clorídrico gasto na titulação do branco (em mL); P = massa da amostra (g).

$$PB = NT * F \quad (3)$$

Em que, PB = proteína bruta (%); NT = nitrogênio total; F = fator de conversão.

4.3.6 Determinação de açúcares redutores

A determinação do conteúdo de açúcares redutores foi realizada utilizando o método Lane-Eynon, descrito por Adolf Lutz (2008). Foram pesadas 10g de amostra, diluídas em 100mL de água destilada e filtradas com papel filtro. Para padronização da solução de Fehling foi utilizado solução padrão de glicose a 1% e submetida a mesma análise. O teor de açúcares redutores foi obtido por meio do cálculo do fator da glicose, seguido da porcentagem de açúcares totais, através das Equações 4 e 5.

$$fator\ da\ glicose = \frac{V * P}{100} \quad (4)$$

Em que, V = número de ml da solução de glicose gasto na titulação; P = massa (g) de glicose.

$$\text{Açúcares redutores em glicose} = \frac{100 * A * a}{P * V} \quad (5)$$

Em que, A = volume do balão em que a amostra foi diluída; a = fator da glicose; P = massa da amostra em gramas; V = volume de mL da solução da amostra gasto na titulação.

4.3.7 Determinação de fibras alimentares

A determinação dos teores de fibra alimentar total e insolúvel foi realizada conforme o método proposto por Adolfo Lutz (2008). As amostras foram previamente secas em estufa e, em seguida, submetidas a tratamento enzimático e filtrações para quantificação das frações de fibra. Os valores de fibra total e insolúvel foram calculados com base na Equação 6. O teor de fibra solúvel foi obtido por diferença entre a fibra total e a fibra insolúvel.

$$\text{Fibra alimentar total} = \frac{RT - P - C - BT * 100}{m} \quad (6)$$

Em que, RT = resíduo total da amostra; P = teor de proteína; C = cinzas da amostra; BT = resíduo total do branco; m = massa de amostra.

4.3.8 Determinação de acidez titulável total e pH

A determinação de acidez titulável foi obtida por reação de neutralização, segundo Adolf Lutz (2008). Foram pesadas 10g de amostra, adicionadas 100ml de água destilada. O pH foi medido através de phmetro de bancada. Em seguida, a

titulação foi realizada com solução de NaOH 0,1 mol/L. O teor de acidez total foi expressa em g/100g e foi obtido através da Equação 7.

$$Acidez\ total = \frac{n * M * f * Eq}{10 * p} \quad (7)$$

Em que, n = volume de NaOH 0,1 mol/L gasto na titulação; M = molaridade da solução de NaOH; f = fator de correção da solução de NaOH 0,1 mol/L; Eq = equivalente-grama ácido; p = massa (g) de amostra.

4.4 QUANTIFICAÇÃO DE CAROTENOIDES POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE)

4.4.1 Extração de carotenoides

A extração dos carotenoides foi realizada conforme Rodriguez-Amaya e Kimura (2004), com modificações: 2 g de amostra moída foram extraídos com 10 mL de acetona, macerados em almofariz e pistilo e filtração a vácuo através de papel filtro (4-12 µm de poro), novas macerações com acetona ocorreram até esgotamento da cor, em ambiente de baixa luminosidade e temperatura ambiente de 10°C. Os extratos filtrados foram combinados e particionados com 20 mL de éter de petróleo em funil de Buchner. A acetona foi removida com adição de 150 mL de água destilada. A fase de fundo do funil foi removida e descartada. O extrato etéreo foi coletado, adicionou-se sulfato de sódio anidro para remoção de água residual, transferiu-se o extrato a novo béquer, para evaporação do éter de petróleo em capela de exaustão. Os carotenoides foram ressuspensos em 2mL de metanol/MTBE (1:1) e armazenados a -80°C até o momento das análises.

4.4.2 Quantificação de carotenoides

A separação dos carotenoides foi realizada conforme Rosso e Mercadante (2007). Em uma coluna C30 (5 µm, 250 x 4,6 mm) em cromatógrafo líquido de alta eficiência (Agilent Technologies, St. Clara, CA, EUA) equipado com um sistema de bombas quaternário (G1311C), detector de arranjo de diodos – DAD (G1316A), amostrador automático (G7167A) e software Agilent Lab Advisor. Para análise dos carotenoides, um gradiente linear de MeOH e MTBE será aplicado de 95:5 (v/v) a 70:30 em 30 min, alcançando 50:50 em 20 min, mantendo nesta proporção por 15 min e retornando à condição inicial em 5 min. A taxa de fluxo foi de 0,9 mL/min e a temperatura da coluna foi mantida em 29 °C. Os espectros UV-Vis foram obtidos de 200 a 600 nm, com processamento a 450 nm, 347 nm e 400 nm. A identificação dos carotenoides foi realizada pela ordem de eluição em coluna C30, co-cromatografia com padrões analíticos, espectro UV-Vis e comparação com a literatura (Rosso e Mercadante, 2007; Rodrigues, Mercadante e Mariutti, 2013). A quantificação foi realizada por padronização externa.

A retenção dos carotenoides foi calculada conforme Kourouma *et al.* (2019), levando em consideração o conteúdo em base seca, equação 8:

$$\%R = \frac{(\text{conteúdo de carotenoides por g de preparado} \times \text{g de alimento preparado})}{(\text{conteúdo de carotenoides por g de alimento fresco} \times \text{g de alimento fresco})} \times 100 \quad (8)$$

4.5 ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 3 repetições por tratamento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias ($p \leq 0.05$) pelo programa estatístico XLStat, versão 2022.3.1 (Addinsoft, Nova York, EUA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 EFEITO DE PROCEDIMENTOS TÉRMICOS NA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CULTIVAR BRS BEAUREGARD

A umidade e a atividade de água são parâmetros essenciais na qualidade dos alimentos, refletindo diretamente no teor de sólidos e na perecibilidade do alimento (Camargo e Srebernick, 2021). A amostra de batata-doce, cultivar BRS Beauregard *in natura*, apresentou um teor de umidade de 84,22%, já as amostras em que foram aplicados tratamentos térmicos, diferiram significativamente da amostra *in natura* (Tabela 2). Sendo que os processos realizados em air fryer (62,67%) e forno (77,76%) promoveram as maiores reduções, respectivamente, atribuídas à evaporação da água durante o aquecimento (Silva *et al.*, 2002).

Tabela 2: Características físico-químicas da batata-doce biofortificada cultivar BRS Beauregard *in natura* e após tratamentos térmicos.

Análise	Tratamentos domésticos				
	<i>In natura</i>	Água	Vapor	Forno	Air fryer
Umidade (%)	84,22 ± 0,18 ^a	86,39 ± 0,35 ^b	81,49 ± 0,48 ^c	77,76 ± 0,31 ^d	62,67 ± 0,43 ^e
Atividade de água	0,94 ± 0 ^a	0,94 ± 0 ^a	0,93 ± 0 ^b	0,93 ± 0,02 ^b	0,92 ± 0,02 ^c
Acidez titulável total (g/100g)	0,16 ± 0,02 ^{ab}	0,09 ± 0,02 ^c	0,14 ± 0,02 ^b	0,19 ± 0,03 ^{ab}	0,2 ± 0,01 ^a
pH	6,0 ± 0 ^b	6,2 ± 0,06 ^a	6,2 ± 0 ^a	6,1 ± 0,06 ^a	5,5 ± 0,06 ^c

Os valores se referem à média e desvio-padrão de uma triplicata. Médias na mesma linha com letras diferentes diferem entre si no teste de Tukey ($p < 0,05$), e médias com letras iguais não diferem entre si no teste de Tukey ($p > 0,05$).

Esses resultados estão em conformidade com os dados apresentados por Aina *et al.* (2009) e Camargo e Srebernick (2021), que relataram teores de umidade entre 63,1% e 83,8% em cultivares de batata-doce provenientes do Caribe e uma média de 85,19% em cultivar Beauregard, respectivamente.

No entanto, os valores observados neste estudo são ligeiramente superiores aos

reportados por Lai *et al.* (2011), que, em um estudo comparativo entre diferentes cultivares de batatas-doces frescas e cozidas, observaram teores de umidade entre 64,6% e 73,1% nas amostras frescas e de 61,1% e 67,5% nas amostras cozidas. Indicando menor teor de matéria seca na cultivar analisada neste estudo.

De forma semelhante, Pessu *et al.* (2020) encontraram teor de 77,32% de umidade para uma cultivar biofortificada *in natura*, com elevações para até 83,32% após o cozimento. Esses dados reforçam que os teores de umidade variam de acordo com a cultivar e o método de preparo, refletindo diretamente nos diferentes níveis de matéria seca observados entre os genótipos de batata-doce.

A atividade de água variou de 0,94 *in natura* a 0,92 usando air fryer (Tabela 2). Não apresentando variações significativas após os tratamentos térmicos. Araújo *et al.* (2016), obtiveram 0,965 de atividade de água para batata-doce *in natura*, resultados semelhantes ao deste estudo. Isso implica que mesmo reduzindo a umidade, a batata-doce se mostra ser um alimento bastante perecível.

A batata-doce quando se encontra em um bom estado de maturação e conservação, não apresenta acidez elevada, o que mantém o pH próximo da neutralidade (Santos, 2015). Para a cultivar BRS Beauregard, os efeitos térmicos não promoveram diferenças significativas quanto à acidez (Tabela 2), sendo que o cozimento em água resultou em um leve decréscimo da mesma, possivelmente pela maior presença de água. Resultados similares foram encontrados por Santos (2015) para cultivares de polpa alaranjada Beauregard e BRS Amélia, apresentando uma acidez média de 0,22%.

O pH manteve-se estável entre a batata-doce *in natura* e as submetidas a diferentes tratamentos térmicos, variando entre 5,5 a 6,0 e apresentando diferenças significativas para a batata *in natura* e assada em air fryer (Tabela 2). Uchôa *et al.* (2015) relataram valores de pH semelhantes para batata-doce biofortificada e batata-doce comum frescas, variando entre 5-6 e entre 5-7, respectivamente. Camargo e Srebernich (2021) encontraram pH de 6,07 para cultivar Beauregard, enquanto Rodrigues (2014) observou um pH de 6,55 tanto para batata-doce *in natura* quanto após secagem, indicando que a temperatura também não influenciou na análise.

As variações no pH estão relacionadas ao consumo de ácidos orgânicos durante

o processo respiratório dos tubérculos na maturação. Contudo, valores muito ácidos podem indicar deterioração por crescimento microbiano e comprometimento da qualidade nutricional da batata-doce biofortificada (Camargo e Srebernich 2021). Um pH ácido interfere diretamente no processo de isomerização das ligações duplas conjugadas, estimulando a conversão *trans-cis*, o que pode resultar em despigmentação e na perda da função pró-vitáminica A desses compostos (Uchôa *et al.*, 2015). Dessa forma, os valores próximos à neutralidade observados nas amostras indicam uma faixa de pH adequada para batata-doce, destacando que os tratamentos térmicos aplicados não comprometeram a qualidade do alimento.

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados de composição centesimal para a cultivar BRS Bearegard *in natura* e tratada termicamente em base seca.

Tabela 3: Composição centesimal da batata-doce biofortificada cultivar BRS Bearegard *in natura* e após tratamentos térmicos.

Análise	Tratamentos				
	<i>In natura</i>	Água	Vapor	Forno	Air fryer
Cinzas	4,59 ± 0,29 ^{bc}	4,14 ± 0,32 ^c	5,21 ± 0,18 ^{ab}	5,33 ± 0,41 ^{ab}	5,61 ± 0,36 ^a
Proteínas	10,29 ± 1,40 ^a	11,01 ± 1,35 ^a	6,95 ± 0,20 ^b	11,09 ± 1,34 ^a	8,69 ± 1,37 ^{ab}
Lipídios	1,56 ± 0,12 ^a	0,76 ± 0,10 ^c	0,77 ± 0,02 ^c	1,01 ± 0,04 ^b	0,37 ± 0,01 ^d
Fibra alimentar total	44,16 ± 3,04 ^a	16,78 ± 0,43 ^d	29,39 ± 0,29 ^b	13,09 ± 1,83 ^d	22,14 ± 1,30 ^c
Fibra alimentar insolúvel	33,20 ± 0,99 ^a	10,01 ± 0,53 ^c	21,46 ± 1,37 ^b	6,20 ± 0,03 ^d	10,50 ± 0,44 ^c
Fibra alimentar solúvel	10,95 ± 2,05 ^{ab}	7,19 ± 0,84 ^b	7,93 ± 1,08 ^{ab}	6,89 ± 1,86 ^b	11,64 ± 1,74 ^a
Açúcares redutores	5,20 ± 0,04 ^b	2,97 ± 0,31 ^d	3,28 ± 0,20 ^d	4,84 ± 0,02 ^c	9,76 ± 0,13 ^a
Carboidratos totais	40,30 ± 4,21 ^c	67,55 ± 0,99 ^a	57,76 ± 0,15 ^b	69,15 ± 1,37 ^a	63,91 ± 1,65 ^{ab}

Os valores se referem à média e desvio-padrão de uma triplicata, exceto para açúcares redutores e carboidratos totais os quais foram obtidos por duplicata e por diferença, respectivamente. Médias na mesma linha com letras diferentes diferem entre si no teste de Tukey ($p < 0,05$), e médias com letras iguais não diferem entre si no teste de Tukey ($p > 0,05$).

O teor médio de cinzas encontrado na BRS Bearegard *in natura* foi de 4,59%. O

menor teor foi detectado no cozimento em água (4,14%), provavelmente pela perda de minerais por lixiviação durante o tratamento. Entretanto, os demais métodos de cocção apresentaram aumento no teor de cinzas analisado (Tabela 3).

Rodrigues (2014) observou valores médios de 0,62% para batata-doce de polpa alaranjada *in natura* e de 2,2% após secagem para obtenção de farinha, valores inferiores aos encontrados neste estudo. Já Camargo e Srebernich (2021) identificaram um teor médio de cinzas de 5,27% na cultivar Beauregard fresca. Santos (2015) obteve valores de 4,50% e 4,41% para as cultivares Beauregard e BRS Amélia, respectivamente, resultados mais próximos aos observados nas cultivares analisadas neste estudo.

O aumento do teor de cinzas em amostras tratadas termicamente pode ser atribuído à concentração desse componente na matriz do alimento, decorrente da redução da umidade (Silva *et al.*, 2022). Essa tendência também foi observada em estudos sobre secagem, como os de Rodrigues (2014), Nascimento *et al.* (2013) e Ahmed *et al.* (2010), voltados à obtenção de farinha, fécula e farinha de batata-doce, respectivamente.

O teor de cinzas na batata-doce pode variar conforme a cultivar, práticas agronômicas e o tipo de tratamento térmico empregado (Cecchi, 2003). As cultivares analisadas apresentaram um teor de cinzas significativo, refletindo a riqueza de minerais nas amostras (Favoretto, 2005).

Entre os tratamentos térmicos avaliados, apenas o cozimento a vapor resultou em uma diferença significativa no teor de proteínas da amostra. Os demais métodos aplicados não promoveram diferenças significativas nos níveis de proteína, indicando estabilidade desse nutriente frente a essas condições de processamento.

Souza (2019) obteve um teor de proteína de 2,61% em batata-doce biofortificada *in natura*. Camargo e Srebernich (2021) identificaram um teor de proteína de 5,61% na cultivar Beauregard e destacaram que a concentração proteica em tubérculos pode ser influenciada por fatores como a variedade da cultivar, localização, adubação e estágio de maturação.

Poucos estudos relatam teores de proteína tão elevados quanto os observados neste trabalho. Resultados similares foram encontrados por Abbasi *et al.* (2011), que

reportaram valores médios de 11,86% em diferentes cultivares de batata-doce no Paquistão. Dessa forma, entende-se que a genética das cultivares estudadas, aliada às características do solo e aos processos de cultivo em que foram submetidas, contribuíram positivamente no aumento desse nutriente no alimento.

Todos os resultados encontrados para o teor lipídico nas amostras tratadas termicamente apresentaram diferenças significativas em comparação com a amostra *in natura* (Tabela 3). O maior teor lipídico foi encontrado na batata *in natura* (1,56%), seguida do processamento em forno (1,01%), cozimento a vapor (0,77%), cozimento em água (0,76%) e, o menor teor foi encontrado no cozimento por airfryer (0,37%).

Camargo e Srebernich (2021) encontraram percentuais equivalentes para cultivar Beauregard, aproximadamente 1,04% de lipídios em base seca. Em análise de Rodrigues (2014), outros estudos alcançaram valores médios de 0,43% de lipídios em cultivares de polpa alaranjada, os quais são inferiores ao encontrado neste estudo.

O teor lipídico em cultivares de batata-doce biofortificadas pode estar relacionado à maior concentração de carotenoides em sua composição, uma vez que esses compostos são lipossolúveis — apresentando baixa solubilidade em água, mas alta afinidade por solventes orgânicos como éter e hexano, comumente utilizados na extração de lipídios. Conseqüentemente, sua maior concentração na batata-doce biofortificada contribui diretamente no aumento dos níveis de lipídios. Isso pode ser observado quando comparamos batatas-doces biofortificadas com batatas-doces comuns, de polpa branca, em que o teor lipídico pode variar de 0,5% a 1,09% e 0,3% a 0,9%, respectivamente. Essa variação do extrato etéreo tanto em batatas-doces comuns quanto em biofortificadas pode depender das características do solo e clima em que foram cultivadas, como também do solvente utilizado para a extração lipídica (Uchôa *et al.*, 2015).

Uma das características mais notáveis dos carotenoides é sua elevada insaturação, o que os torna instáveis em temperaturas elevadas, como as aplicadas nos tratamentos térmicos convencionais. Nessas condições, ocorre a isomerização *cis-trans* e a oxidação dos carotenoides, o que pode levar à perda de cor, redução da atividade biológica (Provesi, Dias e Amante, 2011) e à indução da oxidação lipídica na presença de oxigênio (Bemfeito *et al.*, 2020). Dessa forma, a redução nos teores lipídicos

observada nas amostras submetidas aos tratamentos térmicos pode estar associada à degradação dos carotenoides por oxidação durante os processos empregados.

Outro fator que contribui para a elevada qualidade nutricional da batata-doce é o seu alto teor de fibras alimentares. Associadas ao alto conteúdo de água presente no alimento, essas fibras promovem benefícios significativos à saúde gastrointestinal, auxiliando o bom funcionamento do intestino, facilitando a digestão e ajudando na prevenção de distúrbios do trato digestivo (Lopes, Silva e Tagliapietra, 2024). A composição de fibra alimentar da batata-doce inclui principalmente celulose, hemicelulose e pectina, além de pequenas quantidades de lignina (Takamine, Ma e Ogutu, 2019), o que contribui para que o alimento apresente baixo índice glicêmico (Sánchez, Santos e Vasilenko, 2019).

Para a cultivar BRS Beauregard, foram observados teores expressivos de fibra alimentar total, variando de 44,16% a 13,09% entre os diferentes ensaios (Tabela 3). Pazos *et al.* (2022) relataram, em estudos com a mesma cultivar, um teor de fibra alimentar de 7,0% em base úmida e aproximadamente 35,53% em base seca. Alencar Júnior (2020) encontrou 5,66% na cultivar de polpa alaranjada Jerimum (base úmida) e cerca de 21,16% em base seca. Já Allen *et al.* (2012) relataram 31% de fibra alimentar total para a cultivar Beauregard. Resultados próximos aos observados no presente estudo.

A análise dos dados evidencia que o teor de fibra alimentar total da batata-doce BRS Beauregard reduziu significativamente após todos os tratamentos térmicos, com destaque para o cozimento em forno (13,09%) e em água (16,78%), em comparação com a amostra *in natura* (44,16%). O cozimento no vapor (29,39%) apresentou menor perda, possivelmente por evitar o contato direto com a água, o que minimiza a solubilização e lixiviação das fibras solúveis e parte das insolúveis, como apontam Palermo, Pellegrini e Fogliano (2014).

A fibra insolúvel, majoritária na amostra *in natura* (33,20%), foi a mais afetada nos tratamentos térmicos, apresentando redução acentuada principalmente no forno (6,20%) e na água (10,01%). Isso pode ser explicado pela desestruturação das paredes celulares e pela degradação térmica da celulose e hemicelulose (Zhang *et al.*, 2023). Já os teores de fibra solúvel oscilaram menos entre os métodos, mantendo-se

relativamente estáveis em água (7,19%), vapor (7,93%) e forno (6,89%), com um leve aumento na air fryer (11,64%). Esse comportamento pode estar associado à conversão térmica de fibras insolúveis em solúveis, e também à possível concentração do composto por perda de umidade (Zhang *et al.*, 2023). Assim, os dados confirmam que o tipo de tratamento influencia diretamente a composição de fibras, sendo que métodos menos agressivos e com menor contato com água preservam melhor a fração fibrosa da batata-doce.

A determinação dos açúcares redutores resultou em uma variação de 2,97% no cozimento em água a 9,76% no cozimento em airfryer. Todos os tratamentos apresentaram diferenças significativas no teor de açúcares redutores em comparação a batata-doce *in natura*, sendo que apenas os tratamentos em água e vapor não apresentaram diferenças entre si (Tabela 3).

Esses valores são inferiores aos relatados por Rodrigues (2014), que obteve um teor de 8,98% na batata-doce de polpa alaranjada *in natura*, destacando a glicose como o principal açúcar redutor presente. Santos (2015) ressalta que os teores de açúcares redutores em batata-doce podem oscilar entre 4,8% e 7,8%, uma vez que esses compostos são formados a partir da conversão do amido durante o armazenamento e por isso, dependem de fatores como o grau de maturação dos tubérculos na colheita, as condições climáticas e nutricionais durante o cultivo e o armazenamento pós-colheita.

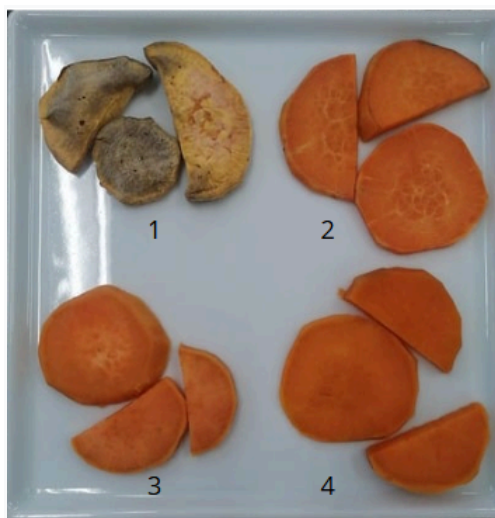
Para a cultivar BRS Beaugard, os teores de açúcares redutores reduziram para 2,97% e 3,28% nos processos de cozimento em água e vapor, respectivamente, possivelmente devido à perda por lixiviação (Yang *et al.*, 2016). No assamento em forno, a redução foi mais sutil (4,87%). Já em air fryer, houve um aumento significativo para 9,76%, sugerindo a quebra de amido durante o processamento, o que ampliou a disponibilidade de açúcares redutores na matriz (Jiang *et al.*, 2023). Esse aumento também pode ser atribuído a reações de caramelização, associadas à hidrólise da sacarose em glicose e frutose durante o aquecimento, contribuindo para as características sensoriais (Figura 5) (Woo *et al.*, 2015). Rodrigues (2014) observou esse comportamento ao analisar batata-doce de polpa alaranjada, cujo teor de amido caiu de 65,4% para 31,3% após secagem para obtenção de farinha, indicando degradação do

amido no processo.

O teor de carboidratos totais aumentou significativamente em todos os tratamentos térmicos em comparação com a amostra *in natura* (40,30%). Os maiores valores foram observados após cocção em forno (69,15%) e em água (67,55%), seguidos de air fryer (63,91%) e vapor (57,76%) (Tabela 3). Camargo e Srebernich (2021) relataram teor de 82,77% de carboidratos totais para a cultivar Beauregard, enquanto Rodrigues (2014) encontrou valores médios de 94,16% em cultivares de polpa alaranjada *in natura*. Vital e Messia (2020) complementam que o teor de carboidratos presente na batata-doce é composto majoritariamente por amido, podendo variar de 85% a 95%, a depender da cultivar e das condições de cultivo.

Durante os tratamentos térmicos, os carboidratos sofrem alterações importantes. O calor pode promover a ruptura das paredes celulares e a desorganização da matriz alimentar, facilitando o acesso e a extração de açúcares e amidos pelas enzimas ou métodos analíticos, contribuindo para a elevação aparente desse parâmetro (Allen *et al.*, 2012). Além disso, processos como a gelatinização do amido e a formação de açúcares simples, como glicose, sacarose e maltose, também são observados (Dincer *et al.*, 2011), o que pode intensificar essa elevação nos teores após o tratamento térmico.

Figura 5: Cultivar BRS Beauregard após diferentes tratamentos térmicos (1) air fryer; (2) Forno; (3) Vapor; (4) Água.



5.2 EFEITO DE PROCEDIMENTOS TÉRMICOS NA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA CULTIVAR CIP-BRS NUTI

Para a cultivar CIP-BRS Nuti *in natura*, o teor de umidade observado foi de 79,11%, aumentando ligeiramente para 82,41% após o cozimento em água, devido à absorção de parte da umidade do meio promovendo a gelatinização (Lai *et al.*, 2013). Em contrapartida, houve redução progressiva nos demais tratamentos: vapor (76,44%), forno (70,92%) e air fryer (57,04%) (Tabela 4). A diminuição da umidade está diretamente relacionada ao tipo de tratamento térmico empregado, sendo que métodos sem imersão em água promovem maior evaporação da água, resultando em amostras mais secas (Yang *et al.*, 2016). Esse efeito foi particularmente evidente no tratamento com air fryer, que apresentou a menor umidade entre todos os processos avaliados.

Tabela 4: Características físico-químicas da batata-doce biofortificada cultivar CIP-BRS Nuti *in natura* e após tratamentos térmicos.

Tratamento	CIP-BRS Nuti				
	<i>In natura</i>	Água	Vapor	Forno	Air fryer
Umidade	79,11 ± 0,31 ^a	82,41 ± 0,21 ^b	76,44 ± 0,56 ^c	70,92 ± 0,38 ^d	57,04 ± 0,74 ^e
Atividade de água	0,94 ± 0 ^b	0,95 ± 0,01 ^a	0,93 ± 0 ^{bc}	0,93 ± 0 ^c	0,92 ± 0 ^d
Acidez titulável total	0,15 ± 0 ^c	0,13 ± 0,01 ^c	0,14 ± 0,01 ^c	0,18 ± 0,01 ^b	0,33 ± 0,02 ^a
pH	5,9 ± 0 ^b	6,1 ± 0 ^a	6,1 ± 0 ^a	6,0 ± 0 ^{ab}	5,6 ± 0 ^c

Os valores se referem à média e desvio-padrão de uma triplicata. Médias na mesma linha com letras diferentes diferem entre si no teste de Tukey ($p < 0,05$), e médias com letras iguais não diferem entre si no teste de Tukey ($p > 0,05$).

Os resultados são próximos aos encontrados por Santos (2015) que obteve uma média 74,7% de umidade em batatas-doces de polpa alaranjada *in natura* e superiores aos encontrados por Rodrigues (2014) em que obteve uma média de 69,4%, destacando que as amostras analisadas possuem menor teor de matéria seca.

A determinação da umidade e da atividade de água são fundamentais para definir a estabilidade, a qualidade e a composição dos alimentos. A atividade de água

está relacionada à fração de água fracamente ligada, disponível no alimento para reações químicas e crescimento de microrganismos (Silva, 2010). Na cultivar CIP-BRS Nuti, esse parâmetro foi de 0,94 na amostra *in natura* e variou de 0,92 a 0,95 entre os diferentes tratamentos térmicos, sem apresentar variações significativas (Tabela 4). Isso indica que, mesmo com a redução do teor de umidade, a perecibilidade das amostras permanece elevada.

Araújo *et al.* (2015) encontraram resultado similar, com média de 0,96 para a atividade de água em batatas-doces frescas e 0,50 após a secagem para obtenção de farinha. Outro estudo com resultados próximos ao do presente trabalho foi realizado por Alencar Júnior (2020), que obteve 0,96 de atividade de água na cultivar de polpa alaranjada.

Os resultados de pH demonstraram que apenas o tratamento em forno apresentou valor semelhante ao da amostra *in natura*. Já os tratamentos em água, vapor e forno não diferiram significativamente entre si, enquanto o método por air fryer resultou no menor valor de pH entre as amostras analisadas. Apesar das variações observadas entre os métodos, os valores obtidos estão de acordo com a literatura, que relata pH médio em torno de 6,0 para cultivares de polpa alaranjada (Rodrigues, 2014; Santos, 2015; Camargo e Srebernich, 2021; Uchôa *et al.*, 2015).

Para a acidez, os tratamentos em água e a vapor não apresentaram diferenças significativas em comparação a amostra *in natura*. Entretanto, houve variação usando o cozimento em forno e na air fryer, a qual apresentou um aumento para 0,3% e o menor valor de pH entre as amostras analisadas (Tabela 4). Esse resultado sugere que a amostra pode ter passado por um processo de oxidação antes mesmo da análise, possivelmente devido ao tempo prolongado para realizar a análise ou pelas condições inadequadas de armazenamento.

As análises para composição centesimal foram realizadas em base seca e estão expressos na Tabela 5.

Tabela 5: Composição centesimal da batata-doce biofortificada cultivar CIP-BRS Nuti *in natura* e após tratamentos térmicos.

Análise	Tratamentos				
	<i>In natura</i>	Água	Vapor	Forno	Air fryer
Cinzas	4,87 ± 0,06 ^{ab}	4,00 ± 0,18 ^c	4,81 ± 0,10 ^b	5,21 ± 0,16 ^a	5,14 ± 0,17 ^{ab}
Proteínas	14,17 ± 2,41 ^a	16,52 ± 0,19 ^a	14,87 ± 1,5 ^a	8,51 ± 1,27 ^a	16,44 ± 6,13 ^a
Lipídios	0,50 ± 0,06 ^b	1,82 ± 0,30 ^a	1,61 ± 0,64 ^a	0,32 ± 0,01 ^b	2,00 ± 0,17 ^a
Fibra alimentar total	24,80 ± 0,94 ^b	20,36 ± 0,39 ^d	22,03 ± 0,23 ^c	31,26 ± 0,03 ^a	19,88 ± 0,36 ^d
Fibra alimentar insolúvel	20,67 ± 0,72 ^b	10,78 ± 0,03 ^d	13,10 ± 0,22 ^c	23,74 ± 0,75 ^a	11,84 ± 0,24 ^{dc}
Fibra alimentar solúvel	4,13 ± 0,22 ^d	9,58 ± 0,36 ^a	8,93 ± 0,44 ^{ab}	7,52 ± 0,77 ^c	8,03 ± 0,11 ^{b c}
Açúcares redutores	2,30 ± 0,18 ^c	4,31 ± 0,35 ^b	4,62 ± 0,34 ^b	4,15 ± 0,11 ^b	9,58 ± 0,35 ^a
Carboidratos totais	56,81 ± 3,12 ^a	57,26 ± 0,29 ^a	57,58 ± 1,77 ^a	54,03 ± 1,36 ^a	53,94 ± 6,58 ^a

Os valores se referem à média e desvio-padrão de uma triplicata, exceto para açúcares redutores e carboidratos totais os quais foram obtidos por duplicata e por diferença, respectivamente. Médias na mesma linha com letras diferentes diferem entre si no teste de Tukey ($p < 0,05$), e médias com letras iguais não diferem entre si no teste de Tukey ($p > 0,05$).

O teor de cinzas variou entre 4,00% e 5,21% nos diferentes tratamentos aplicados. O menor valor foi observado na batata-doce submetida ao cozimento em água, o que pode ser atribuído à lixiviação de minerais durante o processo (Lopes, Silva e Tagliapietra, 2024). Embora os tratamentos em forno e air fryer tenham apresentado um leve aumento no teor de cinzas - sugerindo uma concentração dos minerais em função da perda de umidade promovida pelos métodos térmicos mais intensos - esses tratamentos, juntamente com o cozimento a vapor, não apresentaram diferenças significativas do teor de cinzas em relação à amostra *in natura*.

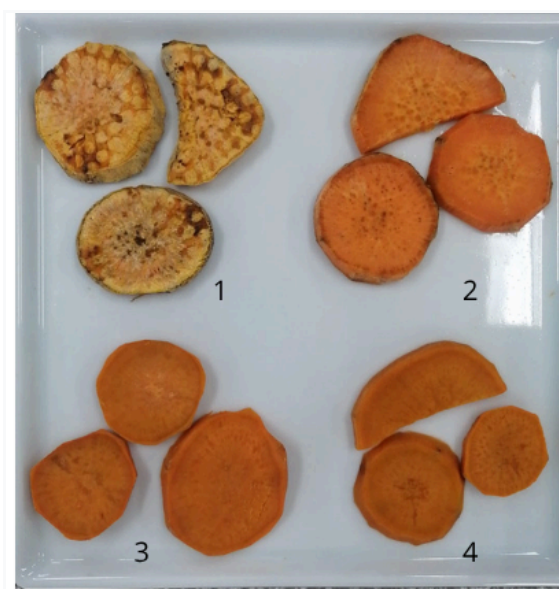
Os resultados obtidos estão de acordo com Santos (2015), que encontrou teores médios de cinzas de 4,5% em cultivares biofortificadas. Em estudos com variedades de batata-doce provenientes do Caribe e do Paquistão, Abbasi *et al.* (2011) e Aina *et al.* (2009) relataram variações no teor de cinzas entre 1,9% e 4,4%. Ambos os autores

observaram uma forte correlação entre o teor de cinzas e os teores minerais totais, o que indica que a cultivar analisada apresenta uma composição rica em micronutrientes. Além disso, reforça-se que o teor de cinzas pode variar em função das diferenças genéticas entre as cultivares e das condições de cultivo.

Para proteínas, os resultados variaram de 8,51% a 16,52%, não apresentando diferenças significativas entre si e indicando que o efeito dos tratamentos térmicos na composição de proteínas não foi alterado em relação à amostra *in natura* (Tabela 5).

Embora não tenham sido observadas diferenças significativas no teor de proteína entre a amostra *in natura* e as tratadas termicamente, esperava-se um aumento da concentração proteica nos tratamentos em forno e air fryer, devido à evaporação da água e consequente concentração dos compostos na matriz. No entanto, esse efeito pode não ter sido evidente, pois as temperaturas utilizadas também favorecem a reação de Maillard, que consome compostos nitrogenados, reduzindo proporcionalmente a concentração de proteína detectável e promovendo o escurecimento no alimento (Kuyu *et al.*, 2025) (Figura 6).

Figura 6: Cultivar CIP-BRS Nuti após diferentes tratamentos térmicos (1) air fryer; (2) Forno; (3) Vapor; (4) Água.



Os valores de proteína obtidos neste estudo foram superiores aos encontrados em outras pesquisas com batatas-doces biofortificadas e/ou de polpa alaranjada. Rodrigues (2014) relatou um teor médio de 1,13%, Camargo e Srebernich (2021) encontraram 5,61%, e Santos (2015), 1,46%. Diferentes variedades estudadas do Paquistão apresentaram uma média de 10,81% no teor de proteína, isso comprova que o solo, condições de cultivo e genética influenciam significativamente esse aspecto no alimento (Abbasi *et al.*, 2011).

As diferenças observadas nos teores proteicos da cultivar CIP-BRS Nuti, em comparação a outras variedades citadas na literatura, podem estar associadas à biofortificação agrônômica — técnica que consiste no fornecimento de nutrientes por meio da fertilização — como complemento ao melhoramento genético convencional, a fim de garantir a eficácia da biofortificação (Cipriano *et al.*, 2024).

Os fertilizantes utilizados no cultivo de batata-doce geralmente contêm potássio (K), fósforo (P), nitrogênio (N) e boro (B), elementos essenciais para o desenvolvimento das raízes e para a melhoria da qualidade nutricional do tubérculo. A aplicação de nitrogênio ao solo, especialmente em cultivares de batata-doce de polpa alaranjada, tem demonstrado efeitos significativos na acumulação de proteínas nas raízes, uma vez que esse micronutriente está diretamente envolvido nos processos de síntese e formação proteica. Vale destacar que as diferentes cultivares apresentam variações genéticas que resultam em características morfológicas distintas, as quais podem influenciar diretamente os processos fisiológicos relacionados à síntese, translocação e acúmulo de proteínas nas raízes (Tuco-Tuco, 2016).

Os resultados do teor lipídico da batata-doce CIP-BRS Nuti indicam que apenas o tratamento em forno apresentou valores semelhantes à amostra *in natura*. Os demais tratamentos térmicos diferiram significativamente em relação à amostra fresca, mas mantiveram-se similares entre si. Nesses tratamentos, observou-se um aumento no teor de lipídios, possivelmente associado à concentração dos compostos devido à perda de umidade (Tabela 5).

Em comparação com dados da literatura, Uchôa *et al.* (2015) relataram um teor médio de 1,09% em batata-doce biofortificada, enquanto Camargo e Srebernich (2021) encontraram 1,04% na cultivar Beauregard, e Souza (2019) obteve 0,96% para a

mesma cultivar *in natura* — resultados próximos aos observados neste estudo.

O teor lipídico da cultivar CIP-BRS Nuti, no entanto, mostrou-se superior ao relatado para batatas-doces de polpa creme, cujos valores médios variam entre 0,3% e 0,9%. Essa diferença reforça a eficácia da biofortificação já que o maior teor lipídico está relacionado à maior presença de carotenoides (Uchôa *et al.*, 2015).

Os tratamentos térmicos aplicados na cultivar parecem não influenciar na degradação ou oxidação desses compostos. Estudos anteriores destacam que métodos brandos como o cozimento em água e a vapor têm mostrado maior retenção efetiva de carotenoides em batatas-doces de polpa alaranjada, facilitando sua liberação da matriz alimentar (Korobi, 2010; Oliveira, 2011; Rodrigues-Amaya 1997). Esse comportamento foi especialmente observado nos tratamentos com cozimento em água e vapor aplicados à cultivar CIP-BRS Nuti. Já no tratamento por *air fryer*, o aumento aparente no teor lipídico deve-se, principalmente, à concentração do componente em função da perda de umidade, e não necessariamente a uma maior biodisponibilidade de carotenoides O que pode ser observado analisando a tabela 7, em que obteve-se a menor retenção desse composto entre todos os tratamentos.

O teor de fibra alimentar para esta cultivar variou entre 19,88% e 31,26% a depender do tratamento térmico aplicado (Tabela 5), valores que se aproximam dos relatados por Rosell *et al.* (2024), que encontraram 15,8% de fibra alimentar total, sendo 8,4% insolúvel e 7,4% solúvel em batata-doce de polpa roxa. De forma semelhante, Leite *et al.* (2022), ao analisarem 18 cultivares de diferentes colorações de polpa (branca, amarela, laranja e roxa) colhidas em Ituporanga, SC, observaram um valor médio de 36,67% de fibra alimentar total, evidenciando que fatores como variedade genética, tipo de solo e condições ambientais influenciam significativamente a composição nutricional da batata-doce (Kim *et al.*, 2017).

Após os tratamentos térmicos, foi observado um aumento da fibra solúvel em todos os tratamentos empregados. Em paralelo, houve redução de fibra alimentar insolúvel em todos os tratamentos térmicos empregados. Ozyurt e Ötles (2016) afirmam que altas temperaturas podem levar a quebra de polissacarídeos e liberação de oligossacarídeos, aumentando o teor de fibra solúvel no alimento.

Analisando o efeito do tratamento térmico em raízes e tubérculos, incluindo

batatas, Khanum *et al.* (2000) obtiveram um aumento de 8 a 13% da fibra alimentar solúvel e redução de 7 a 14% do teor de fibra alimentar insolúvel pelo método de cozimento em água. Segundo os autores, durante o processo de cocção, parte da fibra insolúvel pode ser convertida em carboidratos digestíveis, não sendo, portanto, recuperada como fibra alimentar total. Além disso, o calor pode transformar algumas fibras insolúveis em cadeias de menor peso molecular ou unidades de comprimento reduzido, que podem ou não ser precipitadas juntamente com a fração solúvel. Essas alterações podem estar associadas a hidrólise ou liberação da celulose presente na parede celular.

Os resultados obtidos sugerem que a temperatura possui influência na composição de fibras e que, de forma geral, batata-doces tratadas termicamente possuem mais fibras solúveis que insolúveis na composição, em comparação à batata-doce *in natura*.

Em relação aos açúcares redutores, todos os tratamentos térmicos resultaram em alterações nos teores de açúcares em comparação à amostra *in natura*. Entre os métodos avaliados, o cozimento em água (4,31%), a vapor (4,62%) e no forno (4,15%) não apresentaram diferenças significativas entre si. No entanto, o tratamento por air fryer destacou-se por promover a maior variação nos teores de açúcares redutores (9,58%) (Tabela 5).

Santos (2015) obteve uma variação de 0,79 a 1,30% de açúcar redutor em amostras *in natura* de batata-doce biofortificada. Marzullo (2021) obteve variação de 2,12 a 2,97% de açúcar redutor em batata-doce biofortificada com Selênio. Resultados próximos aos encontrados neste estudo para a cultivar *in natura*.

Os principais açúcares presentes na batata-doce crua são a glicose, a frutose e, predominantemente, a sacarose. Geralmente, a composição de açúcar e a morfologia do amido das batatas-doces sofrem alterações após o tratamento térmico, influenciando diretamente nas características sensoriais da batata-doce (Lai *et al.*, 2013). Lai *et al.* (2013) também observaram que o cozimento promove um aumento no teor total de açúcares, principalmente devido à formação de maltose, que pode representar mais de 50% do conteúdo total de açúcares da batata-doce após o aquecimento.

A degradação do amido em maltose durante o cozimento de batatas-doces de

polpa alaranjada também foi analisada por Sinian *et al.* (2025) e Yao *et al.* (2023). Dessa forma, infere-se que, na maioria dos tratamentos, não houve redução significativa do teor de açúcares por mecanismos como reações de Maillard ou lixiviação, mas sim uma transformação qualitativa, resultante da hidrólise térmica e enzimática do amido. Esse efeito foi perceptível em todos os tratamentos térmicos e principalmente observado no tratamento por air fryer.

Na cultivar CIP-BRS Nuti, os teores de carboidratos totais variaram entre 53,94% e 57,58% nos diferentes tratamentos térmicos, sem diferenças significativas em relação à amostra *in natura* (56,81%). O cozimento a vapor apresentou o maior teor (57,58%), seguido do cozimento em água (57,26%). Os menores valores foram observados nos tratamentos em forno (54,03%) e air fryer (53,94%), conforme Tabela 5.

Segundo Abewoy *et al.* (2024), o teor de carboidratos em batatas-doces de polpa alaranjada varia entre 80% e 90%, sendo que 60% a 70% da matéria seca é composta por amido, seguido por açúcares simples e polissacarídeos não amiláceos, como celulose, hemiceluloses e substâncias pécnicas, presentes na estrutura celular.

Souza (2019) encontrou 86% de carboidratos totais em batata-doce biofortificada *in natura*, enquanto Pessu *et al.* (2020) relataram 74,04% para a mesma variedade. Após o cozimento sem casca por 10 e 15 minutos, os teores passaram para 64,62% e 74,52%, respectivamente, indicando que tempo e temperatura influenciam significativamente as propriedades dos carboidratos na batata-doce.

5.3 EFEITO DE PROCEDIMENTOS TÉRMICOS NA CONCENTRAÇÃO E NA RETENÇÃO DE β -CAROTENO DA CULTIVAR BRS BEAUREGARD

O β -caroteno é responsável pela maior parte do conteúdo total de carotenoides em batata-doces biofortificadas cruas e processadas (Selokela, Laurie e Sivakumar, 2022). Os resultados do teor de β -caroteno e sua retenção nos diferentes tratamentos térmicos estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Concentração e retenção de β -caroteno da batata-doce biofortificada cultivar BRS Beauregard *in natura* e após tratamentos térmicos.

Tratamentos	Concentração de β -caroteno ($\mu\text{g/g}$)		% Retenção de β -caroteno
	Base seca	Base úmida	
<i>In natura</i>	664,83 \pm 58,53 ^b	104,88 \pm 9,24 ^b	-
Água	907,27 \pm 125,97 ^a	123,48 \pm 17,14 ^b	136,05 ^a
Vapor	704,78 \pm 0,47 ^b	130,75 \pm 0,09 ^b	106,66 ^b
Forno	466,51 \pm 59,72 ^c	103,46 \pm 13,28 ^b	70,002 ^c
Air fryer	438,12 \pm 40,79 ^c	163,99 \pm 15,27 ^a	66,712 ^c

Os valores se referem à média e desvio-padrão de uma triplicata. Médias na mesma linha com letras diferentes diferem entre si no teste de Tukey ($p < 0,05$), e médias com letras iguais não diferem entre si no teste de Tukey ($p > 0,05$).

Os resultados obtidos para a cultivar BRS Beauregard evidenciam o êxito da biofortificação apresentando uma concentração de 104,88 $\mu\text{g/g}$ de β -caroteno para a cultivar *in natura* (base úmida) em comparação a 4,46 $\mu\text{g/g}$ encontrados em cultivares de polpa branca (Tang, Cai e Xu, 2015). Mello *et al.* (2022) também observaram uma média de 121,19 $\mu\text{g/g}$ de β -caroteno na mesma cultivar, colhida em oito diferentes regiões do Brasil, o que reforça a influência de fatores como localização, tipo de solo e condições de cultivo sobre o teor de carotenoides.

Entre os tratamentos térmicos, somente a amostra submetida a air fryer (base úmida) apresentou diferenças significativas em relação à amostra *in natura*, sendo também, o método com maior teor de carotenóides (Tabela 6). Kourouma *et al.*, 2019, observaram resultados contrários ao analisar o efeito de tratamentos domésticos em batata-doce de polpa alaranjada, em que todos os tratamentos reduziram o percentual de β -caroteno de 152,03 $\mu\text{g/g}$ na batata-doce crua para 135,83 $\mu\text{g/g}$ cozida e variações de 97,57 a 113,43 $\mu\text{g/g}$ em microondas e vapor.

O aumento aparente nos teores de carotenoides observados após os tratamentos térmicos pode ser atribuído, em parte, à perda de água durante o cozimento, especialmente evidente no tratamento com air fryer, resultando em uma

concentração relativa dos compostos. Além disso, a aplicação de calor pode promover a ruptura da matriz celular da batata-doce, facilitando a liberação de carotenoides previamente ligados às estruturas celulares. Tais efeitos foram observados em todos os tratamentos térmicos avaliados (Fornezier *et al.*, 2025).

Entre os tratamentos térmicos a maior retenção de β -caroteno foi observada no cozimento em água e as menores retenções foram observadas no forno e air fryer, não apresentando diferenças estatísticas entre esses dois tratamentos. Fornezier *et al.* (2025), obtiveram resultados semelhantes ao analisar batatas-doces biofortificadas em diferentes tratamentos domésticos. O cozimento sob pressão resultou em 103,1% de retenção de β -caroteno, seguido do cozimento em água (98,2%), cozimento a vapor (68,1%), fritura (60,5%), forno elétrico (48,9%) e air fryer (30,2%). O autor justifica que o tempo e a temperatura utilizados no cozimento são relativamente mais baixos em comparação aos demais processos, além da natureza hidrofóbica do carotenoide e sua fácil extração devido ao amolecimento das paredes celulares que contribuem para uma melhor liberação da matriz e melhoram a retenção. E fica evidente a alta instabilidade dos carotenoides quando submetidos a altas temperaturas em longos períodos, causando degradação e possível isomerização desses compostos.

A Ingestão Diária Recomendada (IDR) corresponde à quantidade média de um nutriente que deve ser consumida diariamente para atender às necessidades da maioria dos indivíduos saudáveis. No contexto da batata-doce biofortificada, a IDR está relacionada à quantidade mínima de β -caroteno necessária para uma conversão eficaz em vitamina A no organismo (Selokela, Laurie e Sivakumar, 2022; Junior *et al.*, 2024). De acordo com Junior *et al.* (2024) (Tabela 1), a ingestão mínima recomendada de β -caroteno é de 3.620 $\mu\text{g}/\text{dia}$ para crianças menores de 13 anos e de 7.230 $\mu\text{g}/\text{dia}$ para adultos a partir de 14 anos. Considerando o teor de β -caroteno na cultivar BRS Beaugard, uma porção média de aproximadamente 30 g (base úmida) da batata-doce cozida seria suficiente para suprir as necessidades diárias de crianças, enquanto cerca de 60 g atenderia à demanda mínima em adultos.

5.4 EFEITO DE PROCEDIMENTOS TÉRMICOS NA CONCENTRAÇÃO E NA RETENÇÃO DE β -CAROTENO DA CULTIVAR CIP- BRS NUTI

Os resultados do teor de β -caroteno e sua retenção nos diferentes tratamentos térmicos para a cultivar CIP-BRS Nuti estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Concentração e retenção de β -caroteno da batata-doce biofortificada cultivar CIP-BRS Nuti *in natura* e após tratamentos térmicos.

Tratamentos	Concentração de β -caroteno ($\mu\text{g/g}$)		% Retenção de β -caroteno
	Base seca	Base úmida	
<i>In natura</i>	761,63 \pm 111,20 ^b	159,11 \pm 23,23 ^b	-
Água	1125,90 \pm 111,72 ^a	198,05 \pm 19,65 ^b	148,78 ^a
Vapor	784,26 \pm 163,24 ^b	184,77 \pm 38,46 ^b	102,58 ^b
Forno	769,73 \pm 104,96 ^b	223,84 \pm 30,52 ^b	101,16 ^b
Air fryer	923,60 \pm 88,73 ^{ab}	396,78 \pm 38,12 ^a	122,52 ^b

Os valores se referem à média e desvio-padrão de uma triplicata. Médias na mesma linha com letras diferentes diferem entre si no teste de Tukey ($p < 0,05$), e médias com letras iguais não diferem entre si no teste de Tukey ($p > 0,05$).

Para a batata-doce *in natura*, foi observado um teor de 159,11 $\mu\text{g/g}$ de β -caroteno (base úmida), valor superior ao obtido para a cultivar BRS Beauregard analisada neste estudo. De acordo com Mello *et al.* (2022), a cultivar CIP BRS Nuti apresentou variação de 112,80 a 217,80 $\mu\text{g/g}$, com média de 148,69 $\mu\text{g/g}$, quando cultivada em oito regiões diferentes. Esses dados reforçam que fatores genéticos, condições edafoclimáticas e práticas de cultivo podem influenciar significativamente o teor de carotenoides nas raízes de batata-doce.

A partir dos resultados, apenas o uso de air fryer apresentou diferença estatisticamente significativa em relação aos demais (em base úmida) (Tabela 7). Esse efeito aparente pode ser influenciado pela perda de umidade ao longo do tratamento térmico, favorecendo a concentração de compostos por grama de amostra (Fornezier *et al.*, 2025).

Com base nos dados, a melhor retenção de β -caroteno (148,78%) foi observada no cozimento em água, seguido por air fryer (122,52%), vapor (102,58%) e forno

(101,16%) (Tabela 7). Nascimento (2006) encontrou resultados similares obtendo retenção de β -caroteno durante o cozimento variando de 103% a 107% enquanto a retenção de *trans*- β -caroteno foi de 87% a 88%. A autora resume que embora o cozimento acarrete degradação de *trans*- β -caroteno, o teor total de β -caroteno parece não se alterar, indicando que nessas temperaturas causam apenas isomerização da forma *trans* para a forma *cis*, o que pode não ser observado em métodos mais agressivos.

Além disso, de acordo com Olagunju *et al.* (2022), os carotenoides não estão prontamente disponíveis na matriz alimentar até que sejam submetidos a temperaturas mais elevadas. O calor pode favorecer a liberação desses compostos bioativos por meio da ruptura da matriz celular e aumentar a biodisponibilidade (Donado-Pestana *et al.*, 2012). Ao mesmo tempo, temperaturas elevadas também podem tornar os carotenoides mais suscetíveis à oxidação, isomerização e à inativação de enzimas envolvidas na sua biossíntese. Assim, tratamentos realizados em condições mais brandas e com menor tempo de cocção, como o cozimento em água, demonstram melhor retenção de carotenoides (Olagunju *et al.*, 2022).

De acordo com os limites de ingestão diária recomendada de β -caroteno provitamina A estipulados por Junior *et al.* (2024), uma porção média de 20 g e 37 g da cultivar CIP BRS Nuti cozida seria suficiente para suprir a necessidade mínima de crianças (<13 anos) e adultos (>14 anos), respectivamente.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho evidenciou que diferentes genótipos influenciam significativamente as características nutricionais das cultivares de batata-doce biofortificadas, essas variáveis podem impactar diretamente no conteúdo de macro e micronutrientes, como observado entre BRS Beauregard e CIP-BRS Nuti.

Os tratamentos térmicos domésticos aplicados provocaram alterações significativas na composição nutricional das duas cultivares avaliadas. Dentre os métodos analisados, o cozimento em água foi o que melhor preservou os nutrientes, mantendo os teores de proteínas, umidade e açúcares redutores mais próximos aos da amostra *in natura*. Apesar de alguns métodos mais agressivos, como air fryer e forno, apresentarem teores aparentes mais altos de determinados nutrientes, esse efeito foi atribuído principalmente à concentração por perda de umidade, e não à real preservação dos compostos.

Em relação ao β -caroteno, a melhor retenção do composto foi alcançada no cozimento em água, em ambas as cultivares, confirmando que métodos mais brandos favorecem a conservação dos carotenoides.

Apesar das variações provocadas pelos tratamentos térmicos, a biofortificação da batata-doce se mantém como uma estratégia promissora no combate à fome oculta, contribuindo para o aumento da ingestão de provitamina A.

Por fim, a escolha do método de cocção deve ser feita de acordo com o objetivo nutricional ou sensorial desejado. O cozimento em água é mais indicado para o consumo funcional, enquanto métodos como assamento e air fryer podem ser preferidos em preparações culinárias específicas por conferirem características sensoriais diferenciadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASI, K. S. *et al.* Physico-chemical, functional and processing attributes of some potato varieties grown in Pakistan. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 84, p. 19570-19579, 2011.
- ABEWYOY, Damtew *et al.* Major Nutritional Content of Orange Fleshed Sweet Potato (OFSP) and It's Importance. **Glob. Acad. J. Agric. Bio Sci**, v. 6, p. 1-7, 2024.
- AHMED, M. *et al.* Effect of pretreatments and drying temperatures on sweet potato flour. **International Journal of Food Science & Technology**. n.45, p.726-732, 2010.
- AINA, A. J. *et al.* Physicochemical properties of twenty-one Caribbean sweet potato cultivars. **International Journal of Food Science and Technology** (2009), 44, p. 1696-1704. 2009.
- ALENCAR JÚNIOR, V. D. **Caracterização físico-química de quatro variedades de batata-doce**. 8 f. Artigo (Graduação). Curso de Agronomia, Instituto de Desenvolvimento Rural (IDR). Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. Redenção-CE, 2020.
- ALLEN, J. C. *et al.* Glycemic Index of Sweet Potato as Affected by Cooking Methods. **The Open Nutrition Journal**, p. 1-11, v. 6 , 2012.
- ARAÚJO, C. S. P. de. *et al.* Desidratação de batata-doce para fabricação de farinha. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 4, p. 33-41, 2015.
- BASÍLIO, L. S. P. *et al.* Pluralidade da batata-doce do campo à mesa: uma revisão narrativa. **Open Science Research**, p. 174-190, 2022.
- BEMFEITO, C. M. *et al.* Carotenoides em alimentos: fatores interferentes na biossíntese e estabilidade frente ao processamento. **Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos**, v. 1, p. 445-465, 2020.
- BERNI, P. *et al.* Comparison of content and in vitro bioaccessibility of provitamin A carotenoids in home cooked and commercially processed orange fleshed sweet potato (*Ipomea batatas lam*). **Plant Foods for Human Nutrition** (Dordrecht, Netherlands), v. 70, n. 1, p. 1–8, 2015.
- BIOFORT. **Rede BioFORT**, 2024. Disponível em: <https://biofort.com.br/rede-biofort/>. Acesso em: 02 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Instrução Normativa nº 75, de 8 de Outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional dos alimentos embalados. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, 2020.

CAMARGO, V. C. S.; SREBERNICH, S. M. Composição físico-química e teor de carotenóides de batata-doce biofortificada cultivar Beauregard. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol 5, p. 156-157, 2021.

CARVALHO, J. L. V. *et al.* **Processamento de produtos a partir de cultivos biofortificados**. In: SIMPÓSIO SOBRE INOVAÇÃO E CRIATIVIDADE CIENTÍFICA NA EMBRAPA, 2., 2010, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: Embrapa, 2010.

CECCHI, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos. **Editora da UNICAMP**: 2ª ed. rev. Campinas, SP, editora da UNICAMP, 2003. 207p. 2003.

CIPRIANO, P. E. *et al.* **Biofortificação genética e biofortificação agrônômica**. Circular técnica, EPAMIG Pesquisa Agropecuária, Minas Gerais, 2024.

COSTA, L. S. G. *et al.* A análise dos casos de hipovitaminose A no Brasil no intervalo de 2015 a 2022, com base nos dados do Datasus. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 5, n. 4, p. 1558-1568, 2023.

DIAS, K. E. F. **Desempenho morfoagronômico e pós-colheita de genótipos de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)**. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2025.

DINCER, C. *et al.* Effects of Baking and Boiling on the Nutritional and Antioxidant Properties of Sweet Potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] **Cultivars. Plant Foods for Human Nutrition** , v. 66, p. 341-347, 2011.

DHUIQUE-MAYER, C. *et al.* Bioaccessibility of biofortified sweet potato carotenoids in baby food: Impact of manufacturing process. **Frontiers in Nutrition**, v. 5, p. 98, 2018.

DONADO-PESTANA, C. M. *et al.* Stability of carotenoids, total phenolics and in vitro antioxidant capacity in the thermal processing of orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) cultivars grown in Brazil. **Plant foods for human nutrition**, v. 67, p. 262-270, 2012.

EMBRAPA. **Batata-doce Beauregard**, 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/7172/batata-doce-beauregard>. Acesso 01 nov 2024.

EMBRAPA. **Batata-doce BRS Amélia**, 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4343/batata-doce-brs-amelia>. Acesso em 01 nov 2024.

EMBRAPA. **Batata-doce CIP-BRS-Nuti**, 2023. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/229792/1/folder-batata-doce-CIP-BRS-Nuti.pdf>. Acesso em 25 set 2024.

EMBRAPA. **Batata-doce de polpa alaranjada CIP BRS Nuti**, 2021a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/9595/batata-doce-de-polpa-alaranjada-cip-brs-nuti>. Acesso 01 nov 2024.

EMBRAPA. **Frutas e hortaliças**, 2021b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/batata-doce/introducao2>. Acesso em 11 set 2024.

FAGUNDES, G. A. *et al.* Batata-doce biofortificada como alternativa no combate à deficiência de vitamina A em crianças. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 7, p. 1-21, 2021.

FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS. 2024. **Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2024**: Financiación para acabar con el hambre, la inseguridad alimentaria y la malnutrición en todas sus formas. Roma, FAO. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cd1276es>. Acesso 2 out 2024.

FAO. **The State of Food Insecurity in the World 2014**. Strengthening the Enabling Environment for Food Security and Nutrition. Rome: FAO. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4030e.pdf>. Acesso em 2 out 2024.

FAVORETTO, P. **Parâmetros de crescimento e marcha de absorção de nutrientes na produção de minitubérculos de batata cv. Atlantic**. 2005. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

FERREIRA, M. E.; LIMA, M. A.; SÁNCHEZ, C. **A planta da batata-doce. Batata doce. Manual de boas práticas agrícolas**. Oeiras, Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), p. 25-35, 2021.

FORNAZIER, E. L. *et al.* Biofortified sweet potato subjected to different domestic cooking processes: impact on β -carotene retention and antioxidant capacity. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 80, n. 1, p. 68, 2025.

FRANCO, V. A. *et al.* Propriedades reológicas e composição proximal da farinha de arroz e farinha de batata-doce. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, v. 5, n. 3, p. 113-124, 2018.

HAMDA, M. Q. A. *et al.* **Biofortified sweet potato: an ideal source of mitigating hidden hunger.** *Biofortification of Grain and Vegetable Crops*, Academic Press, 2024.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, 4^a ed., 2008, 1020 p.

JESUS, M. S. C. **Pigmentos Naturais em Diferentes Variedades de Batatas-doces.** 192 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2021.

JIANG, X. *et al.* Effect of cooking methods on purple-fleshed sweet potato metabolites. **Food Chemistry**, v. 429, p. 136931-136931, 2023.

JUNIOR, J. S. P. *et al.* Estratégias nutricionais para a prevenção da hipovitaminose A: avaliação da bioacessibilidade de provitaminas A. **Alimentos e Nutrição: uma abordagem científica para uma vida saudável.** Rio de Janeiro: Atena, 2024. cap. 3, p. 19-33.

JÚNIOR, J. T. S. **Qualidade físico-química e compostos bioativos em batata-doce de coloração alaranjada**, 2024. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2024.

KHANUM, F. *et al.* Dietary fiber content of commonly fresh and cooked vegetables consumed in India. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 55, p. 207-218, 2000.

KIDMOSE, U. *et al.* Effect of home preparation practices on the content of provitamin A carotenoids in coloured sweet potato varieties (*Ipomoea batatas* Lam.) from Kenya. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 8, n. 3, p. 399-406, 2007.

KIM S. *et al.* Food Composition of Raw, Boiled, and Roasted Sweet Potatoes. **The Korean Journal of Community Living Science**, vol. 28, n. 1, p. 59-68, 2017.

KOBORI, C. N. **Composição e estabilidade de carotenoides em alimentos**, 2010. 217 f. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2010.

KOUROUMA, V. *et al.* Effects of cooking process on carotenoids and antioxidant activity of orange-fleshed sweet potato. **LWT**, v. 104, p. 134-141, 2019.

KUYU, C. G. *et al.* Optimization of Pretreatment and Convective Drying Temperature for Better Nutritional and Bioactive Contents of Orange Fleshed Sweet Potatoes Flour. **LWT**, p. 117414, 2025.

LAI, Yung-Chang et al. Studies of sugar composition and starch morphology of baked sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). **Journal of food science and technology**, v. 50, p. 1193-1199, 2013.

LAURIE *et al.* Biofortification of sweet potato for food and nutrition security in South Africa. **Food research International**, v. 76, Part 4, 2015.

LEITE, C. E. C. *et al.* Sweet potato new varieties screening based on morphology, pulp color, proximal composition, and total dietary fiber content via factor analysis and principal component analysis. **Frontiers in plant science**, v. 13, p. 852709, 2022.

LIMA, F. S. *et al.* Biofortificação De Alimentos Métodos De Campo Utilizados No Enriquecimento De Partes Comestíveis De Vegetais Com Zinco E O Enfrentamento Da Desnutrição Humana: Métodos De Campo Utilizados No Enriquecimento De Partes Comestíveis De Vegetais Com Zinco E O Enfrentamento Da Desnutrição Humana. In: **Agricultura E Agroindústria No Contexto Do Desenvolvimento Rural Sustentável**. Editora Científica Digital, 2021. p. 82-94. 2021.

LOPES, Maria Carla; SILVA, Geovanna Craveiro; TAGLIAPIETRA, Bruna Lago. Impact of cooking methods on the availability of nutrients in foods of plant origin. **Disciplinarum Scientia| Saúde**, v. 25, n. 1, p. 25-40, 2024.

MARZULLO, Y. O. T. **Biofortificação com selênio na batata-doce**. 2021. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônômicas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2021

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; ESQUIVEL, P.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Comprehensive review on carotenoid composition: Transformations during processing and storage of foods. **Food Research International**, v. 169, n. 112773, p. 112773, 2023.

MELLO, A. F. S. *et al.* Quality parameters in orange flesh sweetpotato grown in different Brazilian states. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 107, p. 104406, 2022.

MORAIS, F. L. **Carotenóides: características biológicas e químicas**. 2006. 70 f. Monografia (Especialização em Qualidade em Alimentos)-Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MUNDAI, A. J. A. **Avaliação Das Características Físico-Química E Sensorial Do Refresco À Base De Raízes De Ipomoea Batatas L.(Batata-Doce)**. 67 f. Tese de

Doutorado - Curso de Licenciatura em Engenharia de Processamento de Alimentos - Instituto Superior Politécnico de Gaza, Lione, 2022.

NASCIMENTO, K. O. *et al.* Caracterização química e informação nutricional de fécula de batata-doce, *Ipomoea batatas* L., orgânica e biofortificada. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 8, n. 1, p. 19, 2013.

NASCIMENTO, P. **Avaliação da retenção de carotenóides de abóbora, mandioca e batata doce**. 2006. 67 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2006.

NKHATA S. G. *et al.* Biofortification of maize and sweet potatoes with provitamin A carotenoids and implication on eradicating vitamin A deficiency in developing countries, **Journal of Agriculture and Food Research**, Volume 2, 2020.

OLAGUNJU, A. I. *et al.* Physiochemical, antioxidant properties and carotenoid retention/loss of culinary processed orange fleshed sweet potato. **Journal of Culinary Science & Technology**, v. 19, n. 6, p. 535-554, 2021.

OLIVEIRA, G. P. R. **Composição e bioacessibilidade in vitro dos carotenóides em alimentos**, 2011. 172 f. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

OZYURT, V. H.; ÖTLES, S. Effect of food processing on the physicochemical properties of dietary fibre. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, v. 15, n. 3, p. 233-245, 2016.

PALERMO, M.; PELLEGRINI, N.; FOGLIANO, V. The effect of cooking on the phytochemical content of vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 6, p. 1057-1070, 2014.

PAZOS, J. *et al.* Growing location and root maturity impact on the phenolic compounds, antioxidant activity and nutritional profile of different sweet potato genotypes. **Food Chemistry: Molecular Sciences**, v. 5, p. 100125, 2022.

PESSU, P. O. *et al.* Influence of processing methods on the quality attributes of biofortified sweet potato products. **Agrosearch**, v. 20, n. 1, p. 133-143, 2020.

PROVESI, J. G.; DIAS, C. O.; AMANTE, E. R. Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. **Food Chemistry**, v. 128, n. 1, p. 195-202, 2011.

REIS, I. A. R. *et al.* Deficiência de vitamina A em crianças brasileiras: uma revisão sistemática da literatura. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 1, p. 634-661, 2021.

RODRIGUES, E.; MARIUTTI, L. R.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and phenolic compounds from *Solanum sessiliflorum*, an unexploited Amazonian fruit, and their scavenging capacities against reactive oxygen and nitrogen species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 3022-3029, 2013.

RODRIGUES, N. R. **Caracterização físico-química e propriedades funcionais de cultivares de batata-doce orgânica in natura e processados**, 2014. 119 f. Dissertação (mestrado) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Seropédica, 2014.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods**. Arlington, VA: John Snow Incorporated/OMNI Project, 1997.

ROSELL, M. Á. *et al.* Proximate composition, health benefits, and food applications in bakery products of purple-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) and its by-products: a comprehensive review. **Antioxidants**, v. 13, n. 8, p. 954, 2024.

ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Identification and quantification of carotenoids, by HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 13, p. 5062-5072, 2007.

SÁNCHEZ, C.; SANTOS, M.; VASILENKO, P. Batata-doce branca, roxa ou alaranjada? Avaliação qualitativa e nutricional. **Vida Rural**, v. 1847, p. 30-32, 2019.

SANTOS, A. M. F. **Batata-doce: resistência a nematóides de galhas e caracterização físico-química de clones promissores em betacaroteno**, 2015. 88 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015.

SANTOS, F. N. *et al.* **Elaboração de doces utilizando batata-doce biofortificada cv. Beauregard**. In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, 6º, 2018, Gramado. *Anais eletrônicos [...]*. Porto Alegre: Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

SELOKELA, L. M.; LAURIE, S. M.; SIVAKUMAR, D. Impact of different postharvest thermal processes on changes in antioxidant constituents, activity and nutritional compounds in sweet potato with varying flesh colour. **South African Journal of Botany**, v. 144, p. 380-388, 2022.

SILVA, F. S. *et al.* Efeito do processamento na composição centesimal e de bioativos de batata-doce 'Beauregard' e de seus derivados. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 39, n. 3, p. 26960, 2022.

SILVA, G. M. **Estabilidade de licopeno e b-caroteno em extrato de tomate submetido a luz e calor**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição), Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, 69 f., 2018.

SILVA, R. G. V. **Caracterização físico-química de farinha de batata-doce para produtos de panificação**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga, Bahia, v. 20, 2010.

SINIAN *et al.* Effects of different roasting conditions on sugars profile, volatile compounds, carotenoids and antioxidant activities of orange-fleshed sweet potato. **Food Chemistry**: X, Volume 25, 2025.

SOCCOL, C. P. *et al.* **Alimentos biofortificados no Brasil e sua importância no combate à fome oculta**. Trabalho Integrado ao Ensino Médio (Curso Técnico de Alimentos), Instituto Federal de Santa Catarina, Xanxerê, 41 f., 2021.

SOUSA, *et al.* Biscoitos elaborados com batata-doce de polpa alaranjada: avaliação físico-química, microbiológica e morfológica. **Journal of Applied Pharmaceutical Sciences**, v. 5, n. 3, p. 42-61, 2018.

SOUZA, D. M. **Otimização do processo de secagem para produção de farinha de batata-doce biofortificada**. 2019. 50 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

SOUZA *et al.* Population profile and knowledge about hidden hunger and food biofortification. **Ciagro**, 2020. Disponível em: <https://ciagro.institutoidv.org/ciagro/uploads/1809.pdf>. Acesso em 02 out 2024.

SOUZA, L. A. **Produção e qualidade da batata doce (Ipomea batatas L.) biofortificada 'CIP-BRS-Nuti' utilizando diferentes espaçamentos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, Petrolina, PE, 14 f., 2023.

TAKAMINE, K.; MA, M.; OGUTU, F. O. **Chapter 5 - Sweet potato dietary fiber**, Editor(s): Tai-Hua Mu, Jaspreet Singh, Sweet Potato, Academic Press, Pages 117-148, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813637-9.00005-3>.

TANG, Y.; CAI, W.; XU, B. Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. **Food Science and Human Wellness**, v. 4, n. 3, p. 123-132, 2015.

THED, S. T.; PHILLIPS, R. D. Changes of dietary fiber and starch composition of processed potato products during domestic cooking. **Food Chemistry**, v. 52, n. 3, p. 301-304, 1995.

TUCO-TUCO, O. M. **Efeito da adubação com doses combinadas de Potássio e Boro no rendimento e qualidade da Batata-doce de Polpa Alaranjada (Ipomoea batatas L.)**. 2016. 87 f. Tese de Mestrado em Gestão de Solos e Água. Universidade Eduardo Mondlane, 2016.

UCHÔA, Valdiléia Teixeira *et al.* Caracterização físico-química de batata-doce (*Ipomoea batatas*) comum e biofortificada. **Revista Ciência Agrícola**, v. 13, n. 1, p. 53-60, 2015.

UENOJO, M.; MARÓSTICA JUNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, v. 30, p. 616-622, 2007.

VIEIRA, D. *et al.* **Estudo prospectivo sobre produção de batata-doce no Brasil, desafios e demandas**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2023.

VIEIRA, J. C. R.; CLAROS-MG, M. **Agricultura no combate à fome oculta**. 2022. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade de Minas Gerais, Montes Claros, 2022.

VITAL, A. N. S.; MESSIA, C. M. B. O. Batata-Doce Beaugard: Revisão de Literatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 70178-70185, 2020.

WARTHA, *et al.* **Características química, tecnológica, nutricional e sensorial de batata-doce biofortificada**. In: V Reunião de Biofortificação no Brasil, São Paulo, 2015.

WOO, K. S. *et al.* Characteristics of the thermal degradation of glucose and maltose solutions. **Preventive nutrition and food science**, v. 20, n. 2, p. 102, 2015.

YAN *et al.* Effects of dietary lipids on bioaccessibility and bioavailability of natural carotenoids, **LWT**, p. 200, 2024.

YANG, Y. *et al.* Effect of the intensity of cooking methods on the nutritional and physical properties of potato tubers. **Food Chemistry**, v. 15, n. 197, p. 1301-1310, 2016.

YAO *et al.* Impact of different cooking methods on the chemical profile of orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.), **LWT**, v. 173, 2023.

ZHANG, Z. *et al.* Effects of steaming on soluble dietary fiber in sweet potato: Content, structure and proliferation of *Lactobacillus* in vitro. **Foods**, v. 12, n. 8, p. 1620, 2023.