

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 06/05/2024

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until May 6, 2024

LETÍCIA SILVA PEREIRA BASÍLIO

**BATATA-DOCE COLORIDA NÃO-COMERCIAL: AGREGAÇÃO DE VALOR,
CARACTERIZAÇÃO BIOATIVA E DESENVOLVIMENTO DE SUCO MISTO**

**Botucatu
2022**

LETÍCIA SILVA PEREIRA BASÍLIO

**BATATA-DOCE COLORIDA NÃO-COMERCIAL: AGREGAÇÃO DE VALOR,
CARACTERIZAÇÃO BIOATIVA E DESENVOLVIMENTO DE SUCO MISTO**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Horticultura).

Orientadora: Dr^a Giuseppina Pace Pereira Lima

Coorientador: Dr Marco Antonio Tecchio

Botucatu

2022

B312b	<p>Basilio, Letícia Silva Pereira</p> <p>Batata-doce colorida não-comercial: agregação de valor, caracterização bioativa e desenvolvimento de suco misto / Letícia Silva Pereira Basilio. -- Botucatu, 2022</p> <p>119 p.</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu</p> <p>Orientadora: Giuseppina Pace Pereira Lima</p> <p>Coorientador: Marco Antonio Tecchio</p> <p>1. Postharvest technology. 2. Horticultural products. 3. Plant bioactive compounds. I. Título.</p>
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: BATATA-DOCE COLORIDA NÃO COMERCIAL: AGREGAÇÃO DE VALOR, CARACTERIZAÇÃO BIOATIVA E DESENVOLVIMENTO DE SUCO MISTO

AUTORA: LETÍCIA SILVA PEREIRA BASÍLIO

ORIENTADORA: GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA

COORDENADORA: MAÍRA RODRIGUES ULIANA

COORDENADOR: MARCO ANTONIO TECCHIO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

cert.
Prof.^a Dr.^a GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA (Participação Virtual)
Ciências Químicas e Biológicas / Instituto de Biociências de Botucatu UNESP

pl cert.
Prof. Dr. FÁBIO VIANELLO (Participação Virtual)
Biomedicina Comparata e Alimentazione / Università Degli Studi di Padova

pl cert.
Prof. Dr. ADRIANO DO NASCIMENTO SIMÕES (Participação Virtual)
Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita / Universidade Federal Rural de Pernambuco

pl cert.
Prof. Dr. IGOR OTÁVIO MINATEL (Participação Virtual)
Coordenadoria do Curso de Biomedicina / UniFSP - Avaré-SP

pl cert.
Prof. Dr. PABLO FORLAN VARGAS (Participação Virtual)
Departamento de Agronomia / UNESP - Câmpus de Registro/SP

Botucatu, 06 de maio de 2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a Nossa Senhora (principalmente sob o título de Nossa Senhora Aparecida) e aos anjos e santos, que muito ouviram (e ouvirão).

Agradeço os meus queridos pais pelo apoio e confiança incondicional, desde sempre, para sempre. À minha irmã, por tudo que é para mim. Aos meus sogros e cunhado, por acompanharem sempre com muita torcida e carinho os meus caminhos.

Aos amigos e parentes que mesmo quando distantes, se fazem presente de coração e oração.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida (nº 201218/2020-8).

À Prof^a Dr^a Giuseppina Lima, minha orientadora, agradeço por ser a pedra angular de cada palavra aqui redigida. Agradeço ainda a amizade e ‘chicotadas’. Levarei para a vida inteira!

Aos colegas e amigos do Laboratório de Bioquímica Vegetal, agradeço a paciência e parceria.

Agradeço ao Prof. Dr. Marco Antonio Tecchio e ao seu grupo de alunos (“povo da uva”) pelo período de aprendizado e ajuda mútua.

Aos professores e funcionários da FCA e IB, que fizeram este trabalho possível.

Ao Prof. Dr. Pablo Vargas e ao seu grupo de alunos, ao Sr. João Navarro e aos funcionários e professores do CERAT, por me auxiliarem com tanta bondade e prontidão no transporte e aquisição de minhas amostras.

A tutti gli amici del “laboratorio 45”, del Prof. Dr. Fabio Vianello. Quello che ho appreso ha attraversato il mare, così come la mia gratitudine per tutto ciò che ho ricevuto. Evviva!

Ao meu marido e filha, que são sal e luz de minha vida. Que me fazem querer ir sempre além todas as manhãs. Só nós sabemos o gosto (ora doce, ora amargo) de tudo isso.

A mim, pela perseverança na semeadura e humildade na colheita. Respira, pois muito ainda virá!

RESUMO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma planta perene de raiz tuberosa, considerada uma cultura de importância econômica e social em diversos países devido ao alto rendimento e ampla adaptabilidade. Possui alto valor nutricional, com excelentes teores de carboidratos, açúcares, minerais, aminoácidos (proteína), vitaminas, fibra alimentar e forte atividade antioxidante, pode ser consumida de várias formas. É uma cultura que faz jus ao crescente interesse da população em alimentos de qualidade nutricional e nutracêutica. Os rejeitos da produção e resíduos gerados podem ser usados para elaboração de subprodutos, agregando valor à produção, incluindo alto potencial como matéria-prima em segmentos industriais distintos. Neste trabalho estudamos os compostos bioativos e atividade antioxidantes de genótipos de batata-doce de polpa colorida, da colheita à elaboração de produtos. No primeiro capítulo observamos a presença destes compostos em polpas, casca e polpas + cascas dos genótipos 'BRS Amélia', 'CPNH 1365', 'CPNH 1358', 'JNRX1', 'JNRX2 e 'JNRX7', além de avaliar as características físico-químicas das diferentes partes das raízes antes e após cozimento. Concluímos que a casca, geralmente descartada, pode ser uma fonte potencial de compostos bioativos. No segundo capítulo propomos a elaboração de um suco misto de batata-doce de polpa roxa ('JNRX12') com uvas híbridas ('Bordô', 'BRS Cora' e 'BRS Violeta') para a utilização das raízes fora do padrão. Além de apreciado sensorialmente, os sucos mistos apresentaram teores interessantes de compostos fenólicos, com destaque para antocianinas e amins biogênicas e aminoácidos promotores da saúde. No terceiro capítulo avaliamos o perfil fitoquímico e potencial antioxidante dos genótipos de batata-doce de polpa colorida crus e quando submetidos ao cozimento por fervura, vapor, micro-ondas, forno convencional com e sem proteção de papel alumínio. Observamos que a variabilidade genética está ligada à extração e liberação dos compostos da matriz vegetal. A cocção em água fervente, comuns nos lares, não foi interessante pois reteve os compostos hidrossolúveis. Maior teor de fitoquímicos foram vistos em batatas-doces alaranjadas cozidas em micro-ondas e forno com ou sem proteção de papel alumínio. Em genótipos de polpa roxa, o uso de vapor, micro-ondas e forno com proteção de papel alumínio como tratamento térmico mostrou-se a melhor opção, pois apresentou maiores níveis de amins benéficas, polifenóis e atividade antioxidante. Esperamos

que este estudo contribuía na divulgação das propriedades funcionais e bioativas de raízes fora do padrão de batatas-doces de polpa colorida e seu potencial para elaboração de produtos e derivados, incentivando seu plantio e consumo.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas* (L); uvas híbridas; tratamentos térmicos; suco mistos; antioxidantes.

ABSTRACT

Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) is a perennial plant with tuberous roots, considered a crop of economic and social importance in several countries due to its high yield and wide adaptability. It has high nutritional value, with excellent levels of carbohydrates, sugars, minerals, amino acids (protein), vitamins, dietary fiber and strong antioxidant activity. Sweet potatoes can be eaten in a variety of ways. The waste products and generated residues can be used for the elaboration of by-products, in diversified products adding value to the production, including high potential as raw material in different industrial segments. It is a culture that lives up to the growing interest of the population in foods of nutritional and nutraceutical quality. In this work, we studied the bioactive compounds and antioxidant activity of colored-fleshed sweet potato genotypes, from harvest to product elaboration. In the first chapter we observed the presence of these compounds in pulp, peel and pulp + peel of the genotypes 'BRS Amélia', 'CPNH 1365', 'CPNH 1358', 'JNRX1', 'JNRX2 and 'JNRX7', in addition to evaluating the physical characteristics -chemistry of the different parts of the roots before and after cooking. We conclude that the bark, usually discarded, can be a potential source of bioactive compounds. In the second chapter we propose the elaboration of a mixed juice of sweet potato with purple pulp ('JNRX12') with hybrid grapes ('Bordô', 'BRS Cora' and 'BRS Violeta') for the use of non-standard roots. In addition to being sensorially appreciated, the mixed juices showed interesting levels of phenolic compounds, especially anthocyanins and biogenic amines and health-promoting amino acids. In the third chapter, we evaluated the phytochemical profile and antioxidant potential of genotypes of sweet potato with colored pulp raw and when submitted to boiling, steam, microwave, conventional oven with and without aluminum foil protection. We observed that genetic variability is linked to the extraction and release of compounds from the plant matrix. Cooking in boiling water, common in homes, was not interesting because it retained the water-soluble compounds. Higher content of phytochemicals were seen in orange sweet potatoes cooked in a microwave and oven with or without foil protection. In purple pulp genotypes, the use of steam, microwave and oven with aluminum foil protection as heat treatment proved to be the best option, as it presented higher levels of beneficial amines, polyphenols and antioxidant activity. We hope that this study contributed to the dissemination of the functional and bioactive properties of non-standard colored pulp sweet potatoes and

their potential for the elaboration of products and derivatives, encouraging their planting and consumption.

Key words: *Ipomoea batatas* (L); hybrid grapes; heat treatments; mixed juice; antioxidants.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	13
CAPÍTULO 1 - POTENTIAL OF COLORED SWEET POTATO GENOTYPES AS SOURCE OF BIOACTIVE COMPOUNDS	
1.1 INTRODUCTION.....	26
1.2 MATERIAL AND METHODS.....	27
1.3 RESULTS E DISCUSSION	30
REFERENCES.....	42
CAPÍTULO 2 - NEW BEVERAGE BASED ON GRAPES AND PURPLE-FLESHED SWEET POTATOES: USE OF NON-STANDARD TUBERS	
2.1 INTRODUCTION.....	49
2.2 MATERIAL AND METHODS.....	51
2.3 RESULTS AND DISCUSSION.....	57
REFERENCES.....	79
CAPÍTULO 3 - PERFIL FITOQUÍMICO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE BATATAS-DOCES COLORIDAS PROCESSADAS TERMICAMENTE	
3.1 INTRODUÇÃO.....	87
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	88
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
REFERÊNCIAS.....	104

**CAPÍTULO 4 - SWEET POTATO POLYPHENOLS@SAMN
COMPLEX**

4.1	INTRODUCTION.....	107
4.2	MATERIAL AND METHODS.....	107
4.3	PARCIAL RESULTS.....	109

CONSIDERAÇÕES FINAIS

	REFERÊNCIAS.....	117
--	------------------	-----

INTRODUÇÃO GERAL¹

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.)) é a planta dicotiledônea, também conhecida como batata-da-terra, batata-da-ilha, jatica e jetica. São encontradas variedades distintas desta raiz, sendo classificada de acordo com o formato, tamanho, cor, precocidade, cor de folhas e flores. Já a classificação de acordo com a coloração das raízes, esta é realizada com base na cor da casca (epiderme) e da polpa, como batatas-doces de cores brancas, amarelas, laranjas, vermelhas e roxas (Sanchez et al., 2020).

Dentre as hortaliças, a batata-doce tem papel de destaque na agricultura, além de grande importância econômica e social. É uma cultura capaz de ser conduzida em pequena e grande escala, com elevada capacidade produtiva (Andrade Júnior et al., 2012; Amaro et al., 2019). É uma hortaliça amplamente consumida no Brasil e em outros países por ser uma fonte nutritiva de fácil aquisição, promotora da saúde humana.

A batata-doce é utilizada ainda na alimentação animal e nas indústrias de alimentos, fármacos, tecidos, papel e cosméticos como matéria prima, além de ser utilizada na produção de combustíveis (Silva Júnior et al., 2020; Andrade Júnior et al., 2012; Lafia et al., 2020). Quando utilizado o refugo das safras, existe um apelo ecológico e sustentável interessante para empresas e consumidores.

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) (Convolvulaceae) é uma cultura que se destaca no cenário produtivo de tuberosas amiláceas (i. e. mandioca, açafrão, araruta, biri, jacatupé, inhame, mandioquinha-salsa, taro, taioba) por possuir um ciclo produtivo curto, baixo investimento de implementação em campo, capacidade de crescer e se desenvolver em sistemas agrícolas e facilidade de plantio (Oluniyo et al., 2021). Trata-se de uma cultura com grande importância social e econômica, devido a características como rusticidade e ampla adaptação climática, o que permite o seu cultivo em menor tempo e com elevada capacidade de produção (Aguirre et al., 2020).

A batata-doce é cultivada majoritariamente em áreas tropicais e subtropicais e é considerada cultura primária e fonte nutricional acessível à população, tanto rural, como

¹ Publicada em formato de capítulo de livro intitulado “**PLURALIDADE DA BATATA-DOCE DO CAMPO À MESA: UMA REVISÃO NARRATIVA**”.

Disponível em: <https://www.editoracientifica.org/articles/code/220107403> DOI 10.37885/220107403

urbana (Galvão et al., 2021). A alta capacidade de produzir alimento/ biomassa de qualidade, com baixo custo e sustentável, tornam a batata-doce particularmente interessante como opção para a agricultura familiar, incluindo assentamentos como: quilombos, aldeias indígenas e comunidades caiçaras (Vargas et al., 2018)).

Não existe no meio científico um consenso quanto ao centro de origem dessa espécie, entretanto, o mais aceito é a América Central e Norte da América do Sul, tornando seu cultivo restrito em regiões mais frias (Embrapa, 2021). O plantio ocorre a partir da seleção ou aquisição de ramos de qualidade, devendo priorizar materiais que foram submetidos a processos de limpeza viral (Figura 1) e obtidos com antecedência a data de plantio. Existem diferentes sistemas de plantio como leiras/camalhões, canteiros ou montículos, sendo o cultivo em leiras (Figura 2) o mais utilizado, com distribuição e plantio manual das ramos (Embrapa, 2021).

Figura 1. Mudanças de batata-doce livre de vírus sendo produzida em telados (A).
Mudanças livre de vírus preparadas para o transporte e plantio (B).



Fonte: João Navarro, 2022

Figura 2. Plantio das ramos de batata-doce (A). Área de cultivo de batata-doce em leiras (B).



Fonte: Elaborado pelos autores

Para a batata-doce, os espaçamentos para o plantio podem variar, devendo levar-se em consideração a região onde será realizado e as condições climáticas da época do plantio. A colheita pode ser realizada de forma mecânica (Figura 3), semimecânica (Figura 4) ou manual e deve ser realizada de forma cuidadosa, evitando-se ao máximo a ocorrência de danos mecânicos e garantindo qualidade na vida útil pós-colheita (Embrapa, 2021)

Figura 3. Colheita mecanizada de batata-doce. Trator opera o equipamento de arrasto (A) fazendo a retirada das raízes do solo (B) e depósito das raízes em engradados (C).



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 4. Colheita semimecânica. Equipamento retira as raízes do solo (A), que são coletadas (B) e depositadas em caixas plásticas (C).



Fonte: Elaborado pelos autores

Dentre as culturas mais importantes do mundo, a batata-doce encontra-se em sexto lugar, além de ser a quinta cultura alimentar mais essencial em países em desenvolvimento, depois apenas do arroz, trigo, milho e mandioca (Hayati & Anhar, 2019). A produção mundial estimada em 2020 foi de 89 milhões de toneladas, em área plantada estimada de 7 milhões de hectares (FAO, 2021). O continente asiático é

responsável por 62,6% da produção mundial e a China o maior representante, com produção estimada de 49 milhões de toneladas. O continente africano vem em sequência, com alta produtividade em países como Malawi (6.918.420 t), Tanzânia (4.435.063 t) e Nigéria (3.867.871 t) (FAO, 2021). 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 (Embrapa, 2021). O Brasil ocupa o 15º lugar como produtor mundial, com produtividade média de 14,5 t ha⁻¹ e é o maior país produtor na América Latina (FAO, 2021).

O Brasil, comparado aos grandes centros produtores, ainda apresenta baixa produtividade no cultivo de batatas-doces. Isso se deve principalmente ao cultivo de variedades locais não selecionadas, ocorrendo um rendimento abaixo do potencial da cultura (Embrapa, 2021). Além disso, pode estar associada a fatores como o uso de sistema de plantio inadequado, baixa fertilidade natural do solo e o uso consecutivo de um mesmo material para o cultivo e propagação da batata-doce (Amaro et al, 2019; Otoboni et al., 2020). No entanto, programas de melhoramento nesta 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 (Vargas et al., 2017). As melhorias que novos genótipos trazem em campo refletem no mercado consumidor, baseado na oferta de um alimento produtivo, saudável e mais acessível à população de baixa renda (Embrapa, 2021). Atualmente constam 32 cultivares na lista de cultivares registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, no entanto, muitos destes acessos estão em desuso devido a vários fatores como a exigência de padronização, resistência a pragas e doenças e mecanização, abrindo espaço para a pesquisa e busca de genótipos com maior potencial agrícola (Embrapa, 2021).

Dentre as convolvuláceas, a batata-doce é a única espécie hexaplóide ($2n = 6x = 90$) e esta ploidia é responsável pela alta variabilidade presente em seus genótipos e cultivares. Esta variabilidade faz da batata-doce uma hortaliça única, uma vez que são encontrados raízes de diferentes cores de casca (branco, creme, amarelo, laranja, rosa e vermelho) e de polpa (branca, creme, laranja, amarelo e roxo) (Wang; Nie; Zhu, 2016). Quando apresentam polpas e cascas coloridas, as batatas-doces são consideradas alimentos eficazes para serem utilizadas em programas de biofortificação, visando a segurança alimentar e o aumento nutricional da cultura, a exemplo da cultivar de polpa

laranja 'Beauregard' (Laurie et al., 2015). Esta coloração geralmente é influenciada pelo nível de metabolitos (Wang; Nie; Zhu, 2016).

A composição nutricional de batatas-doces está ligada, dentre outros fatores, ao local de origem, tipo e a composição do solo e clima (HOU, Feina et al., 2020). No Brasil, o projeto de biofortificação é liderado pela Embrapa e conta com apoio do Fundo de pesquisa Embrapa/Monsanto e de programas internacionais denominados AgroSalud e HarvestPlus. O objetivo é disponibilizar aos agricultores e consumidores cultivares de batata-doce com teores mais elevados de micronutrientes (principalmente Fe e Zn), além de metabolitos secundários como β -caroteno e leva em consideração desde a produtividade no campo até a aceitação do consumidor (Embrapa, 2018). Quando questionados, produtores da região de Presidente Prudente – São Paulo relatam que comercializam, em sua maioria, cultivares de coloração de casca rosada e polpa branca ou creme (i.e., 'Canadense') e casca e polpa branca (i.e., 'Coquinho'), apesar dos benefícios nutricionais e funcionais verificados em batatas doces coloridas, por ser culturalmente melhor aceita. Grande parte do que se planta é comercializado em grandes centros comerciais como o CEAGESP, seguido de mercados locais e feiras. Estes produtores também plantam outras culturas em consórcio, como gramíneas (i.e., cana-de-açúcar e milho) e hortaliças (i.e., mandioca, abóbora, berinjela e brássicas). Em outro levantamento, 2.031 pessoas de todas as federações nacionais confirmaram encontrar com maior facilidade batatas-doces de polpa branca nos mercados, com casca rosada ou branca. Contudo, percebe-se a mudança do mercado consumidor e a possibilidade de comercialização quando a maioria (64%) afirmou que independente do preço compraria batatas-doces de polpa colorida por possuírem maiores teores de substâncias que auxiliam em nossa saúde e bem-estar.

Batatas-doces alaranjadas e amarelas possuem carotenoides (principalmente o β -caroteno) que atuam como a molécula primária de pigmento, bem como fonte de provitamina A (pVACs) em nosso organismo (Bechoff et al., 2011; Tang; Cai; Xu, 2015). De forma geral, quando mais alaranjado a raiz, maior o teor de provitamínicos A (Simões et al., 2020; Basílio et al., 2020). Cabe ressaltar que, baixos níveis de vitamina A podem ocasionar deficiência ocular temporária ou permanente (Bovell-Benjamin, 2007), destacando a importância da ingestão de pVACs para a saúde humana. Em alguns países asiáticos, a exemplo de Bangladesh, existe um quadro preocupante de cegueira noturna entre crianças em idade pré-escolar e mulheres em idade reprodutiva, principalmente de origem rural. Além destes, mulheres grávidas, lactantes e mulheres

não grávidas/não lactantes também são susceptíveis a esta deficiência no país (Alam; Rana; Islam, 2016).

As batatas-doces roxas também são ricas em outros compostos bioativos, i.e., ácidos fenólicos, flavonoides e antocianinas (Basílio et al, 2020). Estes compostos estão diretamente relacionados à capacidade antioxidante destes alimentos, bem como, com outras propriedades benéficas à saúde (Albuquerque; Sampaio; Souza, 2019) e são influenciados por tratamentos e/ou processamentos realizados após a colheita.

Batatas-doces, a depender da composição e coloração, também são fontes de aminoácidos e amins biogênicas, compostos que também possuem alta atividade antioxidante (Hou et al., 2020). Em vários estudos, são encontrados aminoácidos essenciais como isoleucina, leucina, lisina, metionina + cisteína, fenilalanina + tirosina, treonina, triptofano e valina, sendo a lisina e o triptofano os aminoácidos mais comuns em batatas-doces (Islam et al., 2016; Mu; Tan; Xue, 2009). A lisina desempenha papéis importantes no metabolismo humano, desde à sua associação com a vitamina C a formação de pró-colágeno até a regulação de ansiedade induzida por estresse (Smriga et al., 2004, 2007; Yang et al., 2021). O triptofano é essencial para regulação de sono, humor e cognição em humanos e é precursor de serotonina, melatonina e niacina (vitamina B3) no organismo (Silber; Schmitt, 2010). Amins biogênicas são moléculas mono ou policatiônicas produzidas após a α -descarboxilação de aminoácidos em plantas e mamíferos (Diamante et al., 2019). Nas raízes de batata-doce podem ser encontradas as monoaminas serotonina, histamina e tiramina, as diaminas putrescina e cadaverina e as poliaminas espermina, espermidina e agmatina, variando de acordo com a composição da matriz celular (Islam et al., 2016).

Além da composição bioativa, estas raízes possuem alta porcentagem de água, alto valor nutritivo e são consideradas uma opção de baixo custo para o controle de diabetes tipo 2 e obesidade (Alam, 2021). Podem ser consideradas fontes de carboidratos digeríveis e não digeríveis (i.e., celulose e a hemicelulose). São ricas em açúcares simples como a sacarose, frutose e glicose oriundos da degradação do amido e responsável pelo sabor doce das raízes (Vidal et al, 2018). Possuem teores consideráveis de minerais como cálcio, ferro e potássio e estima-se que o consumo médio de 200 g de batatas-doces forneceria às crianças de 4 a 8 anos, mais de 28% e para gestantes, 20% da necessidade de magnésio diária (Vizzotto et al., 2018).

Embora outras partes como caule e folhas também tenham valor nutricional, as raízes de batata-doce são a parte comestível mais consumida. As cascas geralmente

são descartadas nos procedimentos domésticos e industriais, mas podem constituir fontes interessantes de fitoquímicos (Borges et al., 2019; Basílio et al., 2020). Folhas e raízes possuem alta capacidade antioxidante, antimicrobiana, anticancerígena, antidiabética, anti-ulcerogênica, anti-inflamatória, hepato e neuro protetiva, antiobesidade e promovem melhorias na saúde do intestino (Vidal et al., 2018; Alam, 2021).

Por muito tempo o potencial nutritivo das folhas de batata-doce foi ignorado, fazendo com que compusessem apenas a alimentação animal. No entanto, com o avanço do conhecimento, sabe-se que as folhas de batata-doce são fontes de minerais essenciais, vitaminas, polifenóis e carotenoides, incluindo luteína, mostrando-se uma solução barata e eficaz como alimento, principalmente em locais que enfrentam escassez constante de alimentos (Nguyen et al., 2021; Alam, 2021).

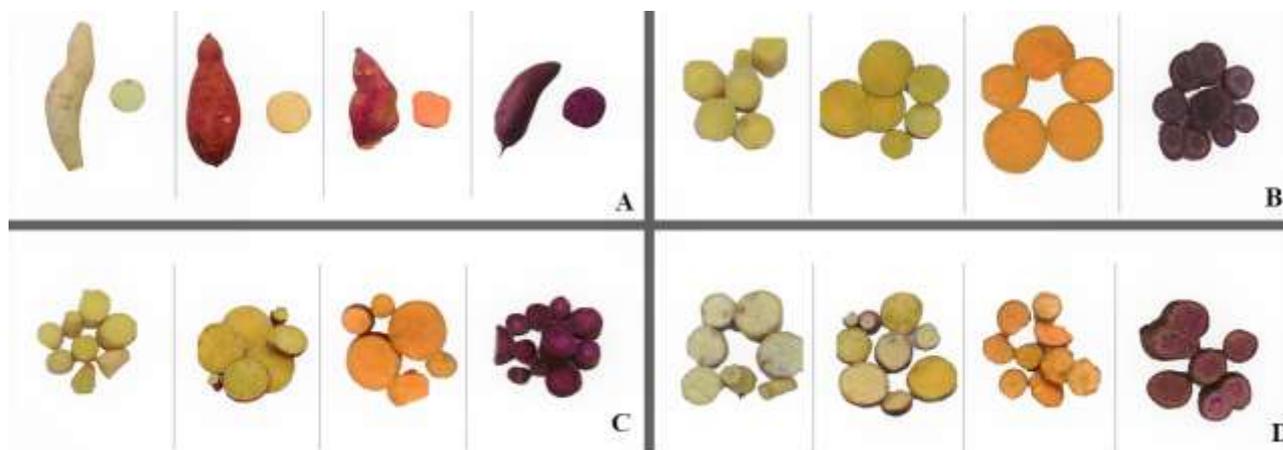
Em alguns países da África e Ásia, as folhas são consideradas como hortaliças folhosas e são fontes de proteínas, aminoácidos essenciais, vitaminas, minerais, antioxidantes e fibras dietéticas (Johnson; Pace, 2010). Estudos mostram que o consumo de folhas de batata-doce afeta o perfil lipídico sérico de humanos, reduzindo o risco de doenças cardiovasculares (Johnson; Pace, 2010). Folhas de batata-doce apresentam benefícios também como prevenção de problemas oculares, pois foi descrito níveis de luteína em folhas de batata-doce entre 19,01 e 28,85 mg/100 g (Wang et al., 2017) dependendo da cultivar. Polifenóis também são importantes compostos com atividade antioxidante e foi descrito que folhas de batata-doce podem conter de 2,73 a 12,46g / 100g (massa seca) (Sun, Mu, Xi, & Song, 2014; Sun, et al., 2014). Outros resultados de estudos com folhas de batata-doce demonstram que os polifenóis das folhas possuem atividade antioxidante (in vitro) duas vezes maior que o descrito para ácido ascórbico, polifenóis de chás e de sementes de uva (YU et al., 2017).

Na nutrição humana, as raízes tuberosas de batata-doce são geralmente consumidas após o processamento térmico, devido ao alto teor de compostos antinutricionais encontrados nas raízes cruas. Estes compostos naturais são encontrados em alimentos e estão comumente associados à redução da biodisponibilidade e bioacessibilidade de nutrientes e micronutrientes no organismo após o consumo (Haile & Getahun, 2018). Os efeitos negativos destas moléculas podem ser eliminados através de tratamento térmico, fermentação e/ou manipulação genética. (Jeyakumar & Lawrence, 2022). Em batatas-doces os antinutrientes podem variar de acordo com genótipo, tempo de colheita e armazenamento e os mais comuns nestes

tubérculos são oxalatos, taninos, fitatos, saponinas, alcalóides e cianeto de hidrogênio (Siener; Seidler; Hönow, 2020).

As batatas-doces toleram diferentes formas de cocção, podendo ser cozidas em vapor ou água, fritas, assadas e/ou incorporadas em receitas e produtos através de amidos e farinhas (Vidal et al., 2018; Carrera et al., 2021). O modo de preparo também pode mitigar antinutrientes. Em batatas-doces laranjas, o preparo em fritura diminui oxalatos e ácido fítico em comparação ao cozimento em água fervente. Contudo, os taninos foram menos presentes em raízes preparadas em ebulição do que nas fritas (Abong et al., 2020). Sabe-se que o preparo em forno aumenta o teor de matéria seca e cinzas, mas diminui o teor de fibra alimentar e proteína (Vidal et al., 2018). A fervura em água também aumenta a retenção de compostos fenólicos nas raízes, mas degrada a maioria desses fitoquímicos nas folhas (Abong et al., 2020). Alguns açúcares como a maltose podem ser detectados apenas após o processamento térmico (Vidal et al., 2018). De acordo com a via de cocção utilizada, as batatas-doces possuem diferente biodisponibilidade de compostos benéficos à saúde como fenóis, flavonoides, carotenoides, vitaminas, aminoácidos, compostos voláteis, açúcares e minerais (Kourouma et al., 2019; Carrera et al., 2021). A presença desses compostos pode promover alterações na cor, aroma e textura (Figura 5), além de se tornarem mais palatáveis, mais doces e menos ácidas (Basílio et al., 2020; Hou et al., 2020). O tempo de cocção também é um fator a ser considerado para garantir maior teor de compostos promotores da saúde humana (Diamante et al., 2019; Kourouma et al., 2019).

Figura 5. Batatas-doces de polpas branca, amarela, laranja e roxa A) cruas, B) cozidas em água fervente, C) cozidas em micro-ondas e D) assadas em forno



Fonte: Elaborado pelos autores

Desse modo, nosso grupo de pesquisa realizou um questionário aplicado à consumidores em geral, para compor dados sobre consumo de batata-doce. Este questionário foi realizado em formulário on-line e aferimos alguns resultados interessantes: apenas 6,1% dos entrevistados não possuíam o hábito de consumir batata-doce e 21,7% consomem a hortaliça mais de uma vez por semana e a maioria afirma realizar o cozimento a partir da imersão em água em ebulição para o preparo e consumo de batatas-doces. Os voluntários afirmaram consumir raízes e caules tuberosos com frequência, sendo a batata-doce o quarto mais consumido, atrás da mandioca, cenoura e batata inglesa. Os produtos alimentícios, ou derivados, mais conhecidos foram doces (1260 pessoas), chips (1192 pessoas), produtos de panificação (pão – 848 pessoas; bolo – 565 pessoas) e massas (620 pessoas), embora alguns já tenham se deparado com produtos mais autênticos como cervejas, sucos e purês.

Em outros países latino-americanos, como o Peru, o consumo de batatas-doces coloridas é dado geralmente por meio de produtos de panificação e massas oriundos de farinhas de batatas-doces (CIP, 2018). No México, a tradição é utilizar as raízes em sobremesas como pudins, gelatinas, sorvetes e adicionadas de leite condensado ou mel (Sagapa, 2015). No Chile, são encontrados produtos industrializados, como chips de batata-doce coloridas. Em países africanos como Quênia, Nigéria e Uganda, as batatas-doces são geralmente consumidas fritas pela população urbana em grandes centros e desidratadas em zonas rurais ou de interior (Ssali et al., 2021). Na Ásia, é comum o consumo das batatas-doces em salmouras ou fermentadas, além de serem utilizadas na incorporação de bebidas lácteas, como ocorre no Japão e Filipinas (El Sheikha; Ray, 2017).

A batata-doce é matéria-prima de alta qualidade em vários setores industriais, devido à variação genotípica. A indústria de alimentos é a grande responsável pelo escoamento dos tubérculos, sendo formulados vários produtos com batata-doce como produtos lácteos (i. e. iogurte, leite fermentado), macarrão, pão, bebidas alcoólicas e bebidas não alcoólicas (Alam, 2021). O amido é o principal subproduto extraído e equivale a aproximadamente 50%-80% da matéria seca da raiz (Wang et al., 2020). Com o avanço tecnológico, outras vantagens da batata-doce vêm sendo exploradas na indústria de alimentos como a capacidade de geleificação, devido a eficiência em retenção que evita que produtos absorvam gordura durante a fritura (Paula et al., 2021)

Além da indústria alimentícia, a batata-doce ganha cada dia mais espaço em outros setores. As raízes e folhas são utilizadas como fonte de compostos interessantes para suplementação e medicamentos na indústria farmacêutica (Vidal et al., 2018). Em um estudo em modelos animais, pomadas de batata-doce (cv. Brazlândia Branca) promoveram cicatrização de feridas cutâneas e preveniram ulceração gástrica induzida por etanol (Hermes et al., 2013). Na indústria química, o amido de batata-doce pode ser utilizado como carreador de antioxidantes e enzimas (Aina et al., 2012). O amido extraído de batata-doce tem potencial para produção de polímeros de base ecológica, interessante para indústria de embalagens, gerando baixo impacto econômico e ambiental (Vannini et al., 2021).

A utilização de raízes de batata-doce como corante natural é conhecida em alimentos mas se expande na indústria têxtil, garantindo segurança não só ao fabricante como ao usuário, fornecendo propriedades funcionais aos tecidos e tornando-se uma opção interessante aos indivíduos que prezam conceitos sustentáveis (Fazal-Ur-Rehman; Khosa, 2019). O amido de batata-doce pode ser valioso para indústria de cosméticos e decoração, sendo utilizado como revestimento natural (Wang et al., 2020).

O potencial na indústria energética é voltado à produção de biocombustível (etanol). O processo convencional de produção de bioetanol envolve a conversão do amido em açúcares fermentáveis, obtendo em alguns casos (cv. Duda) rendimento médio de aproximadamente 46 % superior ao obtido da cana-de-açúcar e 149% superior ao obtido através de milho, demonstrando a elevada relevância da sua utilização para este fim (Lareo; Ferrari, 2019).

Em todos os aspectos industriais, uma grande vantagem é a utilização de produtos de refugo que normalmente vão para o descarte. Produtores de Presidente Prudente, São Paulo, relatam alto índice de perda pós-colheita por defeitos de formação e tubérculos fora do padrão, danos leves que prejudicam somente as características visuais, sem comprometer a qualidade das raízes (Figura 6). A grande maioria destes produtores utiliza esse material para alimentação animal, além de descartar essas raízes e/ ou incorporá-las na lavoura para efeito de adubação verde.

Figura 6. Batatas-doces fora do padrão comercial



Fonte: Elaborado pelos autores

O desperdício é um problema mundial em todas as práticas agrícolas e impacta os setores economicamente, ambientalmente e socialmente (VIEIRA et al., 2021). Acredita-se que cerca de 14% dos alimentos produzidos no mundo sejam perdidos antes de chegar ao varejo (FAO, 2019). A utilização de produtos de refugo na indústria vai de encontro com o conceito de sustentabilidade, ajudando empresas a responderem a crescente pressão em se tornarem mais sustentáveis e ecológicas (Vieira et al., 2021). No setor alimentício, o possível uso de batatas-doces fora do padrão, mas com alta qualidade fitoquímica corresponde à segurança alimentar e nutricional, já que dá acesso a alimentos de qualidade e promotores da saúde de forma ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis (Maniglia, 2009). Esta prática abre fronteiras para a utilização da batata-doce na elaboração de novos produtos, minimizando o descarte pós-colheita.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A batata-doce se destaca pela versatilidade no uso, pelo cultivo relativamente fácil, de baixo investimento e pela sua adaptabilidade, o que agrada produtores e comerciantes. A cultura desperta também o interesse de pesquisas voltadas ao melhoramento genético, obtendo sucesso em programas de biofortificação. Na indústria, o amido de batata-doce tem se mostrando uma matéria-prima latente.

Considerando a crescente demanda pelo consumidor por alimentos saudáveis, com propriedades bioativas, a batata-doce torna-se uma hortaliça modelo. Inicialmente, o consumo da raiz era voltado apenas para o suprimento de calorias e hoje é associado a aspectos nutracêuticos embora ainda seja necessária maior divulgação e incorporação de genótipos coloridos na alimentação dos brasileiros.

Além do amido, os compostos fenólicos de batata-doce mostraram-se interessantes para indústria. Nunca houve um estudo a este nível em relação aos compostos fenólicos presentes em batatas-doces, especialmente se tratando de batatas-doces de polpa colorida. Nossa proposta foi explorar através da nanotecnologia todo o potencial destes compostos e sua capacidade de interação com nanopartículas, contribuindo com informações importantes não só para a comunidade científica como para a população em geral.

A cultura possibilita a utilização de toda a planta na fabricação de novos produtos, o que agrega valor e se torna uma prática economicamente viável e sustentável, principalmente considerando o uso de tubérculos fora do padrão.

REFERÊNCIAS

- BASILIO, L. S. P. *et al.* Potential of colored sweet potato genotypes as source of bioactive compounds. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, no. 21 (2), p. 1487-1502. 2020.
- BASILIO, L. S. P. *et al.* New beverage based on grapes and purple-fleshed sweet potatoes: Use of non-standard tubers. **Food Bioscience**, vol. 47, p. 101626, 2022. DOI <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101626>. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429222000852>.
- BASILIO, L. S. P. *et al.* Pluralidade da batata-doce do campo à mesa: uma revisão narrativa. **Open science research i**. [S. l.: s. n.], p. 174–190, 2022.
- BORGES, C. V. *et al.* Bioactive amines changes during the ripening and thermal processes of bananas and plantains. **Food Chemistry**, vol. 298, p. 125020, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125020>. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619311227>.
- BORGES, C. V. *et al.* Nutritional value and antioxidant compounds during the ripening and after domestic cooking of bananas and plantains. **Food Research International**, vol. 132, p. 109061, 2020. .
- BRAND-WILLIAMS, W. *et al.* Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, vol. 28, no. 1, p. 25–30, Jan. 1995. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).
- CARRERA, C. *et al.* How Different Cooking Methods Affect the Phenolic Composition of Sweet Potato for Human Consumption (*Ipomea batata* (L.) Lam). **Agronomy**, vol. 11, no. 8, p. 1636, 2021. .
- CARRILLO, J. Á.; ZAFRILLA, M. P.; MARHUENDA, J. Cognitive Function and Consumption of Fruit and Vegetable Polyphenols in a Young Population: Is There a Relationship? **Foods**, vol. 8, no. 10, 2019. DOI 10.3390/foods8100507. Available at: <https://www.mdpi.com/2304-8158/8/10/507>.
- CONIO, B. *et al.* Opposite effects of dopamine and serotonin on resting-state networks: review and implications for psychiatric disorders. **Molecular Psychiatry**, vol. 25, no. 1, p. 82–93, 2020. DOI 10.1038/s41380-019-0406-4. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41380-019-0406-4>.
- DIAMANTE, M. S. *et al.* Bioactive Amines Screening in Four Genotypes of Thermally Processed Cauliflower. **Antioxidants**, vol. 8, no. 8, p. 311, 2019. .
- DIAMANTE, M. S. *et al.* Domestic cooking practices influence the carotenoid and tocopherol content in colored cauliflower. **Food Chemistry**, vol. 340, p. 127901, 2021. .
- GIUSTI, M. M.; WRÖLSTAD, R. E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. **Current protocols in food analytical chemistry**, no. 1, p. F1-2, 2001. .
- GOMEZ-GOMEZ, H. A. *et al.* Phenolic Compounds and Polyamines in Grape-Derived Beverages. **Journal of Agricultural Science**, vol. 10, no. 12, 2018. .
- GOMEZ, H. A. G. *et al.* Biogenic Amines and the Antioxidant Capacity of Juice and Wine from Brazilian Hybrid Grapevines. **Plant Foods for Human Nutrition**, vol. 75, no. 2, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00811-5>.

HARDELAND, R.; PANDI-PERUMAL, S. R.; CARDINALI, D. P. Melatonin. **The international journal of biochemistry & cell biology**, Netherlands, vol. 38, no. 3, p. 313–316, Mar. 2006. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2005.08.020>.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, vol. 125, no. 1, p. 189–198, 1968. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1).

HENNEBERG, R. *et al.* Protective effect of flavonoids against reactive oxygen species production in sickle cell anemia patients treated with hydroxyurea. **Revista brasileira de hematologia e hemoterapia**, vol. 35, no. 1, p. 52–55, 2013. <https://doi.org/10.5581/1516-8484.20130015>.

HONG, K. H.; KOH, E. Effects of cooking methods on anthocyanins and total phenolics in purple-fleshed sweet potato. **Journal of Food Processing and Preservation**, vol. 40, no. 5, p. 1054–1063, 2016. .

HUMIA, B. V. *et al.* Physicochemical and sensory profile of Beauregard sweet potato beer. **Food Chemistry**, vol. 312, p. 126087, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126087>. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619322368>.

KALAIČ, P.; KRAUSOVÁ, P. A review of dietary polyamines: Formation, implications for growth and health and occurrence in foods. **Food Chemistry**, vol. 90, no. 1, p. 219–230, 2005. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.044>. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814604002961>.

KURNIANINGSIH, N. *et al.* The Behavioral Effect of Anthocyanin from Purple Sweet Potatoes on Prenatally Stressed Offspring Mice. **Systematic Reviews in Pharmacy**, vol. 11, no. 10, p. 482–490, 2020. .

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in enzymology**. [S. l.]: Elsevier, 1987. vol. 148, p. 350–382.

LIN, Y.; SHI, R.; WANG, X.; SHEN, H.-M. Luteolin, a flavonoid with potential for cancer prevention and therapy. **Current cancer drug targets**, vol. 8, no. 7, p. 634–646, 2008. .

MONTEIRO, G. C. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacity of grape pomace flours. **LWT**, vol. 135, p. 110053, 2020. .

NEGRI, S. *et al.* The case of tryptamine and serotonin in plants: a mysterious precursor for an illustrious metabolite. **Journal of Experimental Botany**, vol. 72, no. 15, p. 5336–5355, 28 Jul. 2021. DOI 10.1093/jxb/erab220. Available at: <https://doi.org/10.1093/jxb/erab220>.

NGUYEN, H. C. *et al.* Bioactive compounds, antioxidants, and health benefits of sweet potato leaves. **Molecules**, vol. 26, no. 7, p. 1820, 2021. .

NICOLETTO, C.; VIANELLO, F.; SAMBO, P. Effect of different home-cooking methods on textural and nutritional properties of sweet potato genotypes grown in temperate climate conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, vol. 98, no. 2, p. 574–581, 2018. .

OLONIYO, R. O. *et al.* Orange-fleshed sweet potatoes composite bread: A good carrier of beta (β)-carotene and antioxidant properties. **Journal of Food Biochemistry**, vol. 45, no. 3, p. e13423, 2021. .

PAPAGEORGIU, M. *et al.* Literature update of analytical methods for biogenic amines determination in food and beverages. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, vol. 98, p. 128–142, 2018. .

PEKAL, A.; PYRZYNSKA, K. Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. **Food Analytical Methods**, vol. 7, no. 9, p. 1776–1782, 2014. .

POPOVA, M. *et al.* Validated methods for the quantification of biologically active constituents of poplar-type propolis. **Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques**, vol. 15, no. 4, p. 235–240, 2004. .

SIENER, R.; SEIDLER, A.; HÖNOW, R. Oxalate-rich foods. **Food Science and Technology**, vol. 41, p. 169–173, 2020. .

SILBER, B. Y.; SCHMITT, J. A. J. Effects of tryptophan loading on human cognition, mood, and sleep. **Neuroscience & biobehavioral reviews**, vol. 34, no. 3, p. 387–407, 2010. .

SIMOES, A. do N. *et al.* Delaying the harvest induces bioactive compounds and maintains the quality of sweet potatoes. **Journal of food biochemistry**, vol. 44, no. 8, p. e13322, 2020. .

SINGLETON, V.; ROSSI, J. R. Determination of tannins in wines. **J. Enology and viticulture**, vol. 6, no. 3, p. 114, 1965. .