

Folha de *Ipomea batatas* (L.) Lam como fonte de nutrientes e compostos bioativos

Francimara Mariana Marques

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau
de Mestre em Qualidade e Segurança Alimentar

Orientada por:

Doutora Eliana Pereira

Doutora Cristina Caleja

Bragança

2023

“O melhor resíduo é aquele que nunca o chega a ser”

João Pedro Matos Fernandes,
Ministro do Ambiente e da Ação Climática

Realizado ao abrigo do Projeto “Bioma – Soluções integradas de BIOeconomia para a Mobilização da Cadeia Agroalimentar” (POCI-01-0247-FEDER-046112), pelo Consórcio “BIOMA”, financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico, no âmbito do Programa Operacional para a Competitividade e Internacionalização do Portugal2020.

Cofinanciado por:



Agradecimentos

A Deus, primeiramente, pois sem Ele nada seria/é possível.

Aos meus pais, Francisco Nivaldo Marques e Simara Marques e meus irmãos, Francisco Marques e Maria Eloisa Marques que não mediram esforços para que mais uma etapa fosse concluída. Vocês são os meus maiores exemplos, minha maior admiração, são as razões do meu viver. Eu vos amo eternamente.

Ao Eduardo Carvalho Nunes, que está comigo nesta caminhada da vida, que me acompanhou durante esse período. Obrigada pela parceria e por aguentar minhas crises de ansiedade em momentos difíceis e ser meu porto seguro.

Aquelas que me abriram as portas para a investigação em Portugal, que me deram a oportunidade de estágio em 2019 e de estar realizando o Mestrado. Eliana Pereira e Cristina Caleja, minhas orientadoras, obrigada por me acompanharem nesta etapa e por todo conhecimento transmitido ao longo deste tempo.

A todos os que de alguma forma me acompanharam durante a realização deste trabalho e possibilitaram que o mesmo fosse executado.

Abreviaturas

A	Absorbância do Controlo
AAC	Atividade Antioxidante Celular
AAPH	Dicloridrato de 2,2'-Azobis (2-amidinopropano)
AGS	Adenocarcinoma Gástrico
AOAC	Metodologias Oficiais de Análise de Alimentos
B	Absorbância da Solução do Composto
CaCo	Adenocarcinoma Colorretal
CMB	Concentração Mínima Bactericida
CMF	Concentração Mínima Fungicida
CMI	Concentração Mínima Inibitória
DAD	Detetor de Díodos
DCFH	2,7-diclorodihidrofluoresceína
DMEM	Meio de Eagle Modificado por Dulbecco
DMSO	Dimetilsulfóxido
DP	Desvio Padrão
EAA	Equivalente de Ácido Ascórbico
EAC	Equivalente de Ácido Clorogénico
EAG	Equivalente de Ácido Gálico
EC ₅₀	Concentração de extrato correspondente a 50% de atividade antioxidante
ECACC	“European Collection of Animal Cell Culture”
EQ	Equivalente de Quercitina
ET	Equivalente de Trolox
ESI	Fonte de Ionização por Espalhamento de Eletrões
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
FAME	Éster Metílico de Ácidos Gordos
FID	Detetor de Ionização de Chama
GC	"Gas Chromatography"
GEE	Gases do Efeito Estufa
GI ₅₀	Concentração que inibe 50% do crescimento celular
HBSS	Solução Salina Equilibrada de Hank
HPLC	"High-Performance Liquid Chromatography"

IC ₅₀	Concentração que inibe 50% da produção de Óxido nítrico
INT	Cloreto de p-iodonitrotetrazólio
LC	"Liquid Chromatography"
LPS	Lipopolissacarídeos
MA	Malte Agar
MCF-7	Carcinoma da Mama
MS	"Mass Spectrometry"
MDA	Malondialdeído
MDA-TBA	Malondialdeído-Ácido Tiobarbitúrico
MHB	Ágar Müeller-Hinton
[M-H] ⁻	Ião pseudomolecular
NCI-H460	Carcinoma do pulmão
PDA	Detetor de Fotodíodos
Pf	Peso Fresco
pH	Potencial Hidrogeniônico
Ps	Peso Seco
p/v	Peso/volume
RAW 264.7	Macrófago de Monócitos de Camundongo
Rpm	Rotações por minuto
RPMI-1640	Meio Roswell Park Memorial Institute
SFB	Soro Fetal Bovino
SRB	Sulforrodamina B
TBA	Ácido Tiobarbitúrico
TBARS	Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico
TCA	Ácido Tricloroacético
Tris	Tris(hidroximetil)aminometano
Trolox	Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico
TSB	Caldo de soja trípico
UFC	Unidade Formadora de Colônias
UPLC	"Ultra-Performance Liquid Chromatography"
UV-Vis	Radiação Ultravioleta-visível
VERO	Linha celular não-tumoral
v/v	Volume/volume

Índice

Índice de Figuras	viii
Índice de Tabelas	ix
Índice de Equações	viii
Resumo.....	ix
Abstract.....	xi
1. Introdução	1
1.1. Biorresíduos agroalimentares	1
1.1.1. Representatividade dos biorresíduos.....	1
1.1.2. A problemática do impacto ambiental e o descarte desadequado.....	2
1.1.3. Estratégia de valorização	3
1.2. Compostos de interesse presentes nos biorresíduos agroalimentares	6
1.2.1. O caso particular dos compostos fenólicos	7
1.2.2. Aplicabilidade industrial	10
1.3. <i>Ipomea batatas</i> L.: folhas	12
1.3.1. Caracterização botânica, origem e produção	12
1.3.2. Composição nutricional e química	14
1.3.3. Aplicações e benefícios	16
2. Objetivos.....	19
3. Materiais e métodos	20
3.1. Aquisição e preparação da amostra.....	20
3.2. Padrões e reagentes	20
3.2.1. Análise química e nutricional	20
3.2.2. Estudo das bioatividades.....	21
3.3. Determinação do valor nutricional do biorresíduo de <i>Ipomea batatas</i> L.	21
3.4. Determinação da composição química do biorresíduo de <i>Ipomea batatas</i> L. .	24
3.4.1. Açúcares.....	24
3.4.2. Ácidos gordos	25
3.4.3. Ácidos orgânicos.....	26
3.4.4. Perfil individual de compostos fenólicos.....	27
3.5. Avaliação das propriedades bioativas do extrato hidroetanólico obtido a partir do biorresíduo de <i>Ipomea batatas</i> L.	28
3.5.1. Extração da amostra por maceração	28
3.5.2. Atividade antioxidante	29
3.5.2.1. TBARS.....	29
3.5.2.2. Avaliação da atividade antioxidante celular (AAC).....	30
3.5.3. Atividade antimicrobiana.....	31

3.5.3.1. Antibacteriana	31
3.5.3.2. Antifúngica	32
3.5.4. Atividade anti-inflamatória	33
3.5.5. Potencial citotóxico.....	34
4. Resultados	36
4.1. Análise nutricional do biorresíduo de <i>Ipomea batatas</i> (L.) Lam.....	36
4.2. Análises químicas do biorresíduo de <i>Ipomea batatas</i> (L.) Lam.....	38
4.3. Avaliação das propriedades bioativas do extrato hidroetanólico obtido a partir do biorresíduo de <i>Ipomea batatas</i> (L.) Lam	45
4.3.1. Antioxidantes.....	45
4.3.2. Antimicrobiana	46
4.3.3. Atividade anti-inflamatória e potencial citotóxico	49
5. Conclusão	51
6. Referências	53

Índice de Figuras

Figura 1- Diagrama de acordos que descreve as vias de valorização dos resíduos alimentares, produtos de valor acrescentado e respetiva área de aplicação.....	4
Figura 2- Classes de compostos fenólicos	8
Figura 3- Aplicações industriais dos compostos fenólicos.....	10
Figura 4- Principais diferenças morfológicas no contorno das folhas de batata-doce....	13
Figura 5- Folhas de <i>I. batatas</i>	14
Figura 6- Estrutura química dos principais ácidos fenólicos encontrados na folha de batata-doce.....	16
Figura 7- Representação esquemática dos objetivos da dissertação.....	19
Figura 8- Folhas de <i>I. batatas</i> <i>in natura</i> (a) e liofilizadas (b).....	20
Figura 9- Amostra após incineração em mufla.....	22
Figura 10- Equipamento utilizado para a determinação do teor de lípidos (Soxhlet).....	22
Figura 11 - Equipamentos utilizados para a determinação do teor de proteínas, sendo (a) o digestor e (b) o equipamento de titulação.....	23
Figura 12- Procedimento experimental para determinação dos açúcares	24
Figura 13- Filtração de ácidos orgânicos.....	26
Figura 14- Extração hidroetanólica.....	28
Figura 15- Ensaio de avaliação da atividade antioxidante TBARS.....	30

Índice de Tabelas

Tabela 1- Compostos fenólicos, estrutura química, subclasses e alimentos que podem ser encontrados.....	9
Tabela 2- Composição da folha de batata-doce.....	15
Tabela 3- Composição nutricional do biorresíduo de <i>I. batatas</i>	36
Tabela 4- Composição em açúcares livres, ácidos gordos e ácidos orgânicos do biorresíduo de <i>I. batatas</i>	38
Tabela 5 - Tempo de retenção (TR), comprimento de onda de máxima absorção na região UV-Vis (λ_{max}), dados espectrais de massa, fragmento principal, tentativa de identificação e quantificação de compostos fenólicos em extrato hidroetanólico obtido a partir do biorresíduo de <i>I. batatas</i> apresentada em mg/g (pf).....	42
Tabela 6- Atividade antibacteriana (CMI e CMB mg/mL) do extrato obtido a partir do biorresíduo de <i>I. batatas</i>	46
Tabela 7- Atividade antifúngica (CMI e CMF mg/mL) do extrato obtido a partir do biorresíduo de <i>I. batatas</i>	48
Tabela 8- Atividade anti-inflamatória e atividade citotóxica do extrato hidroetanólico obtido a partir do biorresíduo de <i>I. batatas</i>	49

Índice de Equações

Equação 1. Cálculo da humidade.....	21
Equação 2. Cálculo dos hidratos de carbono.....	23
Equação 3. Cálculo da energia total (Kcal).....	23
Equação 4. Determinação da taxa de inibição em ensaio TBARS.....	30

Resumo

A indústria hortofrutícola é um dos setores que mais tem contribuído para o desperdício alimentar, uma vez que é responsável por produzir toneladas de biorresíduos, levando a graves e preocupantes questões económicas e ambientais.

Vários estudos têm destacado os biorresíduos agroalimentares como fontes ricas em compostos bioativos responsáveis por apresentarem benefícios para a saúde e com potencial de aplicação industrial, nomeadamente nas indústrias alimentar, farmacêutica, cosmética e têxtil.

Estes tipos de compostos existem abundantemente na natureza em diversas matrizes vegetais, o que vai de encontro às expectativas atuais do consumidor que procura, cada vez mais, produtos rotulados como mais saudáveis e mais naturais.

Consideradas biorresíduo do processo de colheita da batata-doce (*Ipomea batatas* L.), as folhas de batata-doce, são descartadas pelos agricultores que priorizam a colheita e armazenamento das raízes, devido ao seu maior valor económico, mesmo podendo ser consumidas como alimentos e apresentando alto valor nutricional.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo a caracterização nutricional, química e bioativa do biorresíduo de *I. batatas*, bem como a validação do seu potencial como ingrediente natural funcionalizante, valorizando desta forma, o biorresíduo oriundo da colheita da batata-doce.

Para a avaliação do valor nutricional foi determinado o teor em lípidos, proteína, cinzas e calculados os teores de humidade, hidratos de carbono e energia seguindo as metodologias oficiais de análise de alimentos (AOAC). A composição química foi avaliada através de técnicas cromatográficas, englobando a análise do perfil individual de açúcares livres, ácidos gordos, ácidos orgânicos e compostos fenólicos. Já o potencial bioativo foi testado no extrato hidroetanólico obtido a partir do biorresíduo de *I. batatas*, avaliando através de ensaios *in vitro*, o potencial antioxidante, antimicrobiano, anti-inflamatório e citotóxico.

Em termos nutricionais, a folha de batata-doce apresentou uma composição nutricional relevante, podendo ser considerada uma fonte de proteína promissora. Na composição química foram identificados os monossacarídeos frutose e glucose e os dissacarídeos sacarose e trealose como os açúcares livres presente na amostra. Também foram identificados os ácidos quínico, oxálico e málico como os ácidos orgânicos mais representativos. Foram identificados 7 ácidos gordos dos quais se destacam os ácidos gordos polinsaturados, nomeadamente o ácido α -linolénico e o ácido linoleico, como os

maioritários. Em relação ao perfil fenólico individual foram identificados e quantificados 8 compostos, sendo maioritariamente ácidos fenólicos.

Na atividade antioxidante, o extrato hidroetanólico obtido a partir do biorresíduo de *I. batatas* demonstrou ação satisfatória em todas as metodologias aplicadas. Na atividade antimicrobiana, testada contra bactérias e microfungos, verificou-se melhor capacidade inibitória frente aos fungos quando comparada as bactérias. Dentre as 6 estirpes de bactérias testadas, *Bacillus cereus* mostrou-se mais suscetível ao extrato e dentre os 5 microfungos, *Aspergillus fumigatus*, apresentou maior sensibilidade ao extrato, para ambos os casos, quando comparados aos conservantes sintéticos E211 (benzoato de sódio) e E224 (metabissulfito de potássio). No que concerne ao potencial citotóxico verificou-se atividade apenas numa das linhas celulares tumorais testadas, no entanto, ficou demonstrada a ausência de toxicidade na concentração testada, visto não afetar a linha não tumoral.

De acordo com os resultados apresentados, o biorresíduo da colheita de batata-doce apresentou resultados relevantes que destacam o potencial de aplicação como ingrediente conservante natural na indústria alimentar, devido às suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas, além de não apresentar toxicidade para consumidor.

No entanto, é necessária a realização de mais estudos no biorresíduo de *I. batatas* sobre processo de otimização da extração dos compostos fenólicos, a fim de aumentar sua concentração, avaliar sua biodisponibilidade e garantir sua estabilidade antes da aplicação efetiva em produtos alimentares e/ou farmacêuticos.

Palavras-chaves: Biorresíduos; Compostos fenólicos; Ingrediente natural; *Ipomea batatas* (L.) Lam; Propriedades bioativas.

Abstract

The horticulture industry is one of the sectors that has contributed most to food waste, as it is responsible for producing tons of bio-waste, leading to serious and worrying economic and environmental issues.

Several studies have highlighted agrifood biowaste as a rich source of bioactive compounds responsible for health benefits and with potential for industrial application, particularly in the food, pharmaceutical, cosmetic, and textile industries.

These types of compounds exist abundantly in nature in various plant matrices, which meets the current expectations of consumers who are increasingly looking for products labeled as healthier and more natural.

Considered bio-waste from the sweet potato (*Ipomea batatas* L.) harvesting process, sweet potato leaves are discarded by farmers who prioritize harvesting and storing the roots due to their higher economic value, even though they can be consumed as food and have high nutritional value.

In this sense, the present work aimed at the nutritional, chemical and bioactive characterization of *I. batatas* bio-waste, as well as the validation of its potential as a natural functionalizing ingredient, thus valorizing the bio-waste from sweet potato harvesting.

To evaluate the nutritional value, the lipids, protein and ash contents were determined, and the moisture, carbohydrate and energy contents were calculated following the official food analysis methodologies (AOAC). The chemical composition was evaluated through chromatographic techniques, including the analysis of the individual profile of free sugars, fatty acids, organic acids, and phenolic compounds. The bioactive potential was tested in the hydroethanolic extract obtained from the bioresidue of *I. batatas*, evaluating through in vitro tests, the antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory and cytotoxic potential.

In nutritional terms, the sweet potato leaf showed a relevant nutritional composition and can be considered a promising source of protein. In the chemical composition the disaccharides sucrose and trehalose and the monosaccharides fructose and glucose were identified as the free sugars present in the sample. Quinic, oxalic and malic acids were also identified as the most representative organic acids. Seven fatty acids were identified of which polyunsaturated fatty acids, namely α -linolenic acid, and linoleic acid, were identified as the majority. Regarding the individual phenolic profile, 8 compounds were identified and quantified, being mostly phenolic acids.

In the antioxidant activity, the hydroethanolic extract obtained from the bioresidue of *I. batatas* showed satisfactory action in all methodologies applied. In the antimicrobial activity, tested against bacteria and fungi, it was verified a better inhibitory capacity against fungi when compared to bacteria. Among the 6 bacterial strains tested, *Bacillus cereus* was the most susceptible to the extract and among the 5 micro fungi, *Aspergillus fumigatus* presented the highest sensitivity to the extract, for both cases, when compared to synthetic preservatives E211 (sodium benzoate) and E224 (potassium metabisulfite). Regarding the cytotoxic potential, there was activity only in one of the tumor cell lines tested, however, the absence of toxicity was demonstrated at the concentration tested, since it did not affect the non-tumor line.

According to the results presented, the bioresidue from the sweet potato harvest showed relevant results that highlight the potential for application as a natural preservative ingredient in the food industry, due to its antioxidant and antimicrobial properties, besides not presenting toxicity to consumers.

However, further studies are needed in the *I. batatas* bioresidue on process optimization of the extraction of phenolic compounds to increase their concentration, evaluate their bioavailability, and ensure their stability before effective application in food and/or pharmaceutical products.

Keywords: Biowaste; Phenolic compounds; Natural ingredient; *Ipomea batatas* (L.) Lam; Bioactive properties.

1. Introdução

1.1. Biorresíduos agroalimentares

Os biorresíduos do setor agroalimentar constituem, atualmente, uma problemática transversal a todas as etapas da cadeia de valor. Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2021), os biorresíduos são classificados como “*resíduos biodegradáveis de jardins e parques, os resíduos alimentares e de cozinha das habitações, dos escritórios, dos restaurantes, dos grossistas, das cantinas, das unidades de catering e retalho e os resíduos similares das unidades de transformação de alimentos*”.

Um dos setores onde se geram elevadas quantidades de resíduos sólidos orgânicos é o setor agroindustrial, sendo oriundos do processo de industrialização. Estes resíduos são gerados em todo o seu processo, desde a colheita até à distribuição e consistem em matérias-primas que não se enquadram nos padrões de qualidade predefinidos, assim como de partes não comestíveis (folhas, caules, entre outros) (Gaspar et al., 2020). A agricultura é responsável por gerar aproximadamente 700 milhões de toneladas de desperdício, apenas na Europa, do total de 1,3 bilhões de toneladas que são gerados anualmente, sendo na maior parte das vezes resíduos do processamento das frutas e hortícolas (Toop et al., 2017).

De acordo com a Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, é estabelecido que até 31 de dezembro de 2023, os biorresíduos sejam separados e reciclados na origem, ou recolhidos seletivamente e não sejam misturados com outros tipos de resíduos. Entretanto, os Estados Membros poderão revogar a essa decisão de recolha seletiva caso seja técnica, e/ou económica e/ou ambientalmente inviável.

1.1.1. Representatividade dos biorresíduos

As definições de desperdício alimentar presentes na literatura são variadas, o que faz com que as avaliações de quantificações do desperdício variem em relação aos tipos de materiais abrangidos, como por exemplo, considerar apenas partes comestíveis dos alimentos, o que dificulta a quantificação (Javier et al., 2020).

O Programa das Nações Unidas para o Ambiente, no seu Relatório de 2021 sobre o Índice de Desperdício Alimentar, estimou que foram geradas, em 2019, cerca de 931 milhões de toneladas de desperdício alimentar, provenientes de agregados familiares (61%), de serviços alimentares (26%) e do retalho (13%). Estes dados mostram que 17%

da produção global total de alimentos está a ser desperdiçada (Environment, 2021). Estima-se que um terço da produção alimentar no mundo é desperdiçada por ano, sendo 22% composto por perdas e desperdícios agroalimentares de frutas e vegetais (Rodrigues et al., 2022).

Portugal Continental produziu no ano de 2021, aproximadamente, 38% de biorresíduos. Pode salientar-se, que mais de 60% dos Resíduos Urbanos, no qual se incluem os biorresíduos, tem como destino final os aterros sanitários (Agência Portuguesa do Ambiente, 2021).

Um estudo realizado na União Europeia (UE) sobre a quantificação do desperdício alimentar por grupo de produtos ao longo da cadeia de abastecimento, relataram que os setores que maior representam o desperdício de alimentos são os das frutas e hortaliças, no qual estima-se que metade da produção possa ser perdida devido à alta perecibilidade das mesmas (Caldeira et al. 2019).

As indústrias de sumo, vegetais, óleos, féculas de batata, açúcar, frutas, legumes e vegetais enlatados estão entre os principais produtores de biorresíduos. Cerca de 38% do peso da matéria-prima equivale ao subproduto, como cascas, sementes, folhas, polpas e bagaços (Ueda et al., 2022).

1.1.2. A problemática do impacto ambiental e o descarte desadequado

O aumento da demanda por alimentos, tem levado consequentemente a um aumento da produção de biorresíduos que se acumulam no meio ambiente. Na UE os métodos mais comumente utilizados para o tratamento de resíduos são compostagem aeróbica, digestão anaeróbica ou uma combinação destes, no qual podem ocorrer a libertação de gases com efeito de estufa (Jensen et al., 2017).

Os biorresíduos podem seguir diferentes destinos, sendo os mais comuns e economicamente mais acessíveis os aterros sanitários e a incineração ou descarte em locais próximos da produção. Contudo, estas práticas podem originar produtos de lixiviação e liberação de metano e dióxido de carbono, que são prejudiciais ao meio ambiente (Ueda et al., 2022). Os biorresíduos agroalimentares são responsáveis pela perda de 25% de água e solo utilizados na agricultura, 23% do consumo de fertilizantes e por 8 a 10% das emissões de gases com efeito de estufa (Rodrigues et al., 2022).

Em alguns países da UE, mais de 60% dos resíduos domésticos ainda são descartados em aterros sanitários e apenas 38% são reciclados (European Commission, 2022). De acordo com a Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho

de 30 de maio de 2018 que altera a Diretiva 2008/98/CE relativa aos resíduos (2018), estabelece que até 2035 deve ocorrer a redução da deposição em aterro para um máximo de 10% de todos os resíduos, reforçando a necessidade de recolha seletiva dos biorresíduos que representam uma fração significativa dos resíduos urbanos.

No entanto, o processo de tratamento de biorresíduos também é dispendioso, uma vez que, impacta social, económica e ambientalmente (Weidner et al., 2020). Dentro dos impactos sociais está incluído o desperdício de alimentos, visto que 795 milhões de pessoas, ou cerca de 11% da população mundial, sofrem com a fome (FAO, 2021). Os impactos económicos são causados pelas perdas de recursos que afetam agricultores e todos os interessados na cadeia de valor alimentar, além de resultar no aumento dos preços dos alimentos que afetam diretamente os consumidores. A produção de biorresíduos e o não tratamento ou tratamento inadequado pode originar impactos ambientais relacionados com as perdas de recursos naturais e poluição ambiental pela liberação de gases com efeito de estufa (Brusselaers & Linden, 2020).

Neste sentido, a comunidade científica tem vindo a aliar-se ao setor agroalimentar com a finalidade de desenvolver e aplicar estratégias resolutivas para esta problemática, isto porque os resíduos devem ser reaproveitados ou descartados corretamente para tratamentos não nocivos, a fim de evitar problemas ambientais e perdas de matérias-primas que podem ser (re)aproveitadas (Domenici et al., 2020).

1.1.3. Estratégia de valorização

Nos últimos anos tem-se observado não só uma preocupação geral na redução da produção de resíduos sólidos gerados pela maioria dos processos agroindustriais, mas também uma busca por formas de reaproveitamento dos mesmos (Domenici et al., 2020).

Dentre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável proposto em 2015, pelas Nações Unidas, encontra-se o que diz respeito à Produção e Consumo Sustentáveis. Uma das propostas deste objetivo é *“reduzir para metade o desperdício de alimentos per capita a nível mundial, de retalho e do consumidor, e reduzir os desperdícios de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo os que ocorrem pós-colheita”*, até ao ano de 2030 (ONU, 2019).

Com base no proposto pelas Nações Unidas, tem-se vindo a notar um aumento na conscientização sobre a temática do desperdício alimentar e com isso, consequentemente um aumento dos estudos com vista a definir novas estratégias de combate a esta problemática (Caldeira et al., 2019).

A revisão efetuada por Caldeira et al. (2020) diz que um mesmo produto de valor agregado pode ser obtido a partir de diferentes resíduos alimentares, como resíduos de cereais, laticínios, pescados, frutas, vegetais, carnes, culturas oleaginosas e amiláceas.

A **Figura 1** apresenta um diagrama de acordes onde descreve as vias de valorização dos resíduos alimentares, produtos de valor acrescentado e respetiva área de aplicação. Por exemplo, dos biorresíduos das frutas (cascas, bagaços e sementes) destacados com a cor roxa, ao lado esquerdo do círculo e dos biorresíduos vegetais (cascas, talos, bagaços e folhas) destacados em azul ao lado esquerdo do círculo, podem ser obtidos os compostos fenólicos, polissacarídeos e ácidos orgânicos, que por sua vez podem ser aplicados em diferentes indústrias, como alimentar, farmacêutica, cosmética.

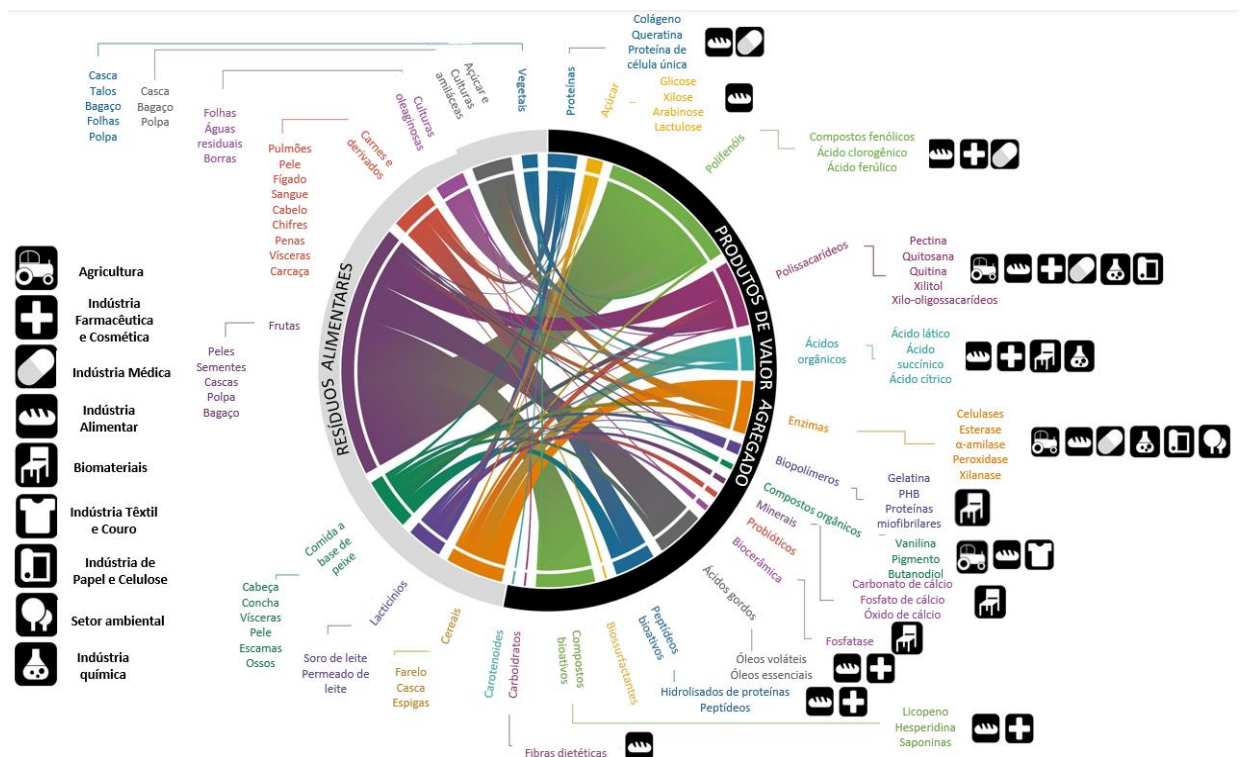


Figura 1- Diagrama de acordes que descreve as vias de valorização dos resíduos alimentares, produtos de valor acrescentado e respetiva área de aplicação. (Fonte: Adaptado de Caldeira et al. 2020).

Os métodos para a recuperação dos compostos bioativos, obtidos a partir de biorresíduos, tem vindo a ser cada vez mais explorado e estudado, visando a redução do impacto ambiental. Para a extração dos mesmos, tem-se apostado em tecnologias verdes capazes de obter um rendimento de compostos bastante satisfatório. Alguns exemplos dessas metodologias são a extração com CO₂ supercrítica, extração de água subcrítica,

extração com líquidos pressurizados, extração assistida por ultrassons e extração assistida por micro-ondas (Caldeira et al., 2020).

Moreira et al. (2022) estudaram os subprodutos do abacaxi, a casca e coroa, como fontes de compostos bioativos com potencial para aplicação em produtos alimentares. O extrato da casca mostrou ser mais promissor comparado com o da coroa, sendo posteriormente incorporado num bolo de pastelaria tradicional portuguesa, no qual não alterou os parâmetros nutricionais e promoveu atividade antioxidante durante o período de armazenamento.

Para além do abacaxi, também os biorresíduos das principais frutas portuguesas, maçã, laranja e pera, são potenciais fontes de compostos bioativos/funcionais que podem ser obtidos nas formas de extratos ou de óleos essenciais para aplicações na indústria alimentar, nutracêutica, farmacêutica e cosmética (Pascoalino et al., 2021).

Não obstante, também a beringela e os seus biorresíduos, são fontes de nutrientes, compostos bioativos e corante alimentar natural (antocianinas), que podem ser obtidos através de metodologias de extração assistida por ultrassom e apresentam potencial de aplicação na indústria alimentar (Silva et al., 2021). Da mesma forma, a casca de marmelo, também apresenta na sua composição compostos funcionais de valor comercial, e o seu extrato demonstrou atividade antioxidante e antimicrobiana, que pode ser aproveitada como conservante natural em produtos alimentares (Othman et al., 2022).

A realidade nos próximos anos é a crescente valorização energética dos biorresíduos e o aproveitamento dos compostos derivados do seu tratamento. Por se tratar de um importante serviço ambiental, a gestão dos resíduos urbanos passa a ter maior relação com a promoção da economia circular (Secretaria de Estado do Ambiente, 2020).

De acordo com European Commission (2018) a economia circular, consiste na *“manutenção do valor dos produtos, materiais e recursos na economia o máximo de tempo possível e reduzir ao mínimo os resíduos, nomeadamente pela aplicação da hierarquia dos resíduos”*, que inclui a prevenção e redução, a reutilização, a reciclagem, a valorização e eliminação.

A indústria agroalimentar tem vindo a demonstrar, cada vez mais, o seu interesse em estudos de investigação que procuram novas formas de potencializar o aproveitamento dos biorresíduos, transformando-os em novas matérias-primas de valor agregado para aplicações industriais, contribuindo para o incremento da economia circular (Plasencia et al., 2023).

1.2. Compostos de interesse presentes nos biorresíduos agroalimentares

Os biorresíduos podem apresentar importantes compostos de interesse a serem explorados e recuperados para novas aplicações industriais. Esta hipótese tem desencadeado estudos que visam a sua valorização. Desta forma, os estudos podem contribuir para agregar valor aos biorresíduos industriais e também colaborar com a redução do impacto ambiental causado pelo descarte destes compostos (Caldeira et al., 2020; Domenici et al., 2020).

Os biorresíduos são matérias primas que representam importantes fontes de matéria orgânica e nutrientes, podendo apresentar proteínas, fibras, além dos micronutrientes como vitaminas e minerais, e outras substâncias benéficas à saúde, como compostos fenólicos bioativos (Domenici et al., 2020).

No caso do processamento de tomates são gerados resíduos com valores nutricionais semelhantes ao produto processado. Um estudo de Kehili et al. (2016) indica que os subprodutos do tomate são fontes de licopenos, de proteínas de qualidade nutricional e de lignocelulose com potencial para produção de bioetanol.

Também no processamento de azeitonas, onde se gera o bagaço da azeitona (que é um subproduto importante para países do Mediterrâneo) obtêm-se compostos bioativos de elevado valor na sua composição, nomeadamente compostos fenólicos (Fermoso et al., 2018).

Não obstante, as sementes, cascas e polpa das uvas presentes no bagaço da uva também têm vindo a despertar grande interesse de aplicação nas indústrias alimentar, cosmética e farmacêutica, devido à presença de diversos compostos como ácidos fenólicos, antocianinas, taninos e flavonoides simples. A indústria química também tem vindo a explorar a lignina extraída das sementes de uvas (Yedro et al., 2015).

Outro importante resíduo da indústria hortofrutícola é o bagaço gerado do processamento da maçã, que apresenta na sua composição vários compostos fenólicos destacados por apresentarem excelente potencial bioativo nomeadamente, atividade antioxidante, anti-inflamatória, antimutagênica e antimicrobiana (Zardo et al., 2021). Adicionalmente, este subproduto contém cerca de 10 a 15% de pectina, que apresenta propriedades gelificantes (Ferrentino et al., 2018).

As cascas de abacaxi têm na sua composição, compostos fenólicos como ácido gálico, catequina, epicatequina e ácido ferúlico, caracterizados por apresentarem excelente atividade antioxidante (Li et al., 2014).

A indústria de processamento de batatas têm as cascas como resíduos, que normalmente são descartadas, no entanto, as mesmas são fonte de lipídios, polifenóis, ácidos gordos, ácidos fenólicos, amido, polissacarídeo não amiláceo, proteína, lignina solúvel e insolúvel em ácido e lipídios que podem apresentar valor agregado (Pathak et al., 2018).

Outro importante biorresíduo gerado na indústria alimentar são as cascas de citrinos, um importante grupo de frutas, que são ricas em ingredientes funcionais, como óleos essenciais, fibras, fenóis e vitamina C (M'hiri et al., 2017).

Estes são alguns exemplos de compostos de interesse oriundos de processamento dos alimentos que podem ser reaproveitados dos biorresíduos.

1.2.1. O caso particular dos compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são considerados os metabolitos secundários estando associados ao processo de defesa das plantas. Quimicamente podem ser definidos como substâncias que possuem um anel aromático contendo um ou mais grupos hidroxilos (OH), incluindo os seus derivados funcionais. Estes compostos atuam com ação antibiótica e contra radiação UV nas plantas, podendo alguns destes contribuir para a coloração das mesmas (Shahidi & Naczki, 2003).

O conteúdo de compostos fenólicos nos alimentos e nos seus resíduos depende de uma série de fatores intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos (os que mais interferem nas diferentes composições) incluem o género, a espécie e a cultivar, enquanto os fatores extrínsecos incluem questões geográficas, agronómicas e ambientais, para além da forma como são manuseados e armazenados (Dias et al., 2021). Os compostos fenólicos, considerados compostos bioativos, dividem-se em ácidos fenólicos, flavonoides, cumarinas, taninos e estilbenos (**Figura 2**) (Ferreira & Abreu, 2007).

Os ácidos fenólicos, uma das principais classes de compostos fenólicos, são caracterizados por possuírem o ácido carboxílico na sua estrutura e por estarem presentes em frutas, folhas e vegetais. É considerada uma classe chave de polifenóis dietéticos, como antioxidantes naturais e precursores de outras moléculas bioativas significativas usadas regularmente nas indústrias farmacêuticas, cosméticas e alimentares. Os ácidos fenólicos são divididos principalmente em dois subgrupos, ácidos hidroxibenzóicos e hidroxicinâmicos (Kumar & Goel, 2019).

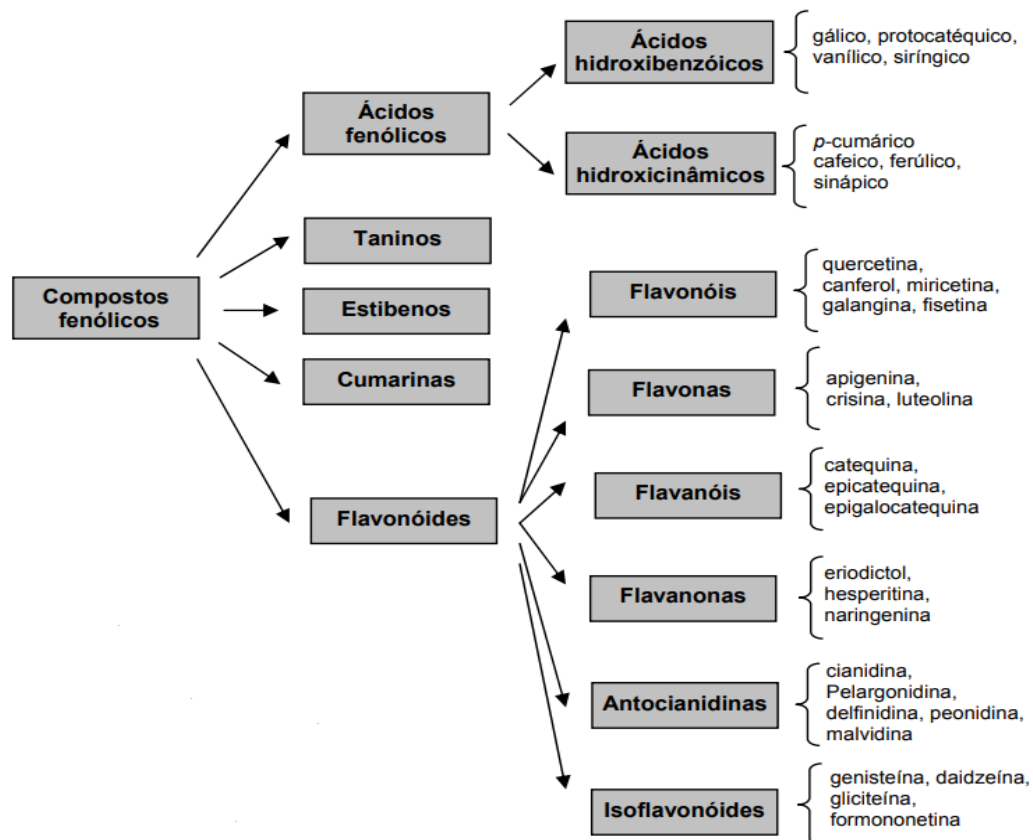


Figura 2- Classes de compostos fenólicos. (Fonte: Adaptado de Ferreira & Abreu, 2007).

Os flavonoides, também uma importante classe de polifenóis, pode ser encontrada em frutas, vegetais, grãos, cascas, raízes, caules, flores, chá e vinho. Apresentam baixo peso molecular e cerca de 6.000 flavonóides contribuem para pigmentação de frutas, ervas, vegetais e plantas medicinais. As subclasses de flavonoides que se destacam são: flavonas (sendo as principais: luteolina, apigenina e tangeritina), flavonóis (os mais estudados são: kaempferol, quercetina, miricetina e fisetina), flavanonas (tais como: hesperidina, naringenina e eriodictiol), isoflavonas (como: genisteína e daidzeína), antocianinas (cianidina, delphinidina, malvidina, pelargonidina e peonidina são as mais estudadas) e flavanóis (ou flavan-3-óis ou catequinas) (Panche et al., 2016).

As cumarinas, também conhecidas por α -benzopirona, podem ser encontradas amplamente no reino vegetal, classificam-se em quatro grupos conforme sua estrutura química, sendo eles: as cumarinas simples, as furanocumarinas, as piranocumarinas e as cumarinas substituídas no anel de lactona (Dias, 2015).

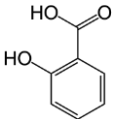
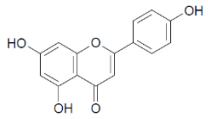
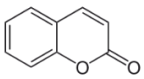
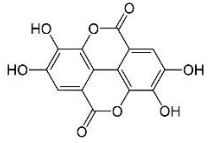
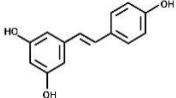
Também os taninos podem ser encontrados na maioria das espécies vegetais com a função de regular o crescimento e proteger as plantas, geralmente divididos em dois grandes grupos: os hidrolisáveis e os condensados. Os taninos hidrolisáveis são

compostos de ácidos gálicos e elágicos com um núcleo de açúcar, principalmente glucose, e são limitados na natureza. Já os taninos condensados são compostos de flavonoides sem um núcleo de açúcar (Das et al., 2020).

Por fim, os estilbenos também estão relacionados com o mecanismo de defesa das plantas e são produzidos após infecções por agentes patogênicos ou exposição a radiação UV. Já foram identificadas mais de 400 derivações de estilbenos, sendo o mais conhecido e caracterizado o resveratrol (Khawand et al., 2018).

A **Tabela 1** apresenta as principais fontes de cada classe dos compostos fenólicos.

Tabela 1- Compostos fenólicos, estrutura química, subclasses e alimentos que podem ser encontrados.

Compostos fenólicos	Estrutura química	Subclasses	Alimentos que apresentam os compostos fenólicos em sua composição
Ácidos fenólicos		Ácidos hidroxibenzóicos e ácidos hidroxicinâmicos	Frutas vermelhas, cebola, rabanete preto, salsa, alface, cascas de cebolas, folhas de rabanete, couve-flor, cascas de batata, repolho roxo, couve de bruxelas, cascas de batatas e beringela
Flavonoides		Flavonas, flavonóis, flavanonas, isoflavonas, antocianinas e flavonóis	Aipo, salsa, pimentão vermelho, camomila, hortelã, cebola, couve, alface, tomate, maçã, uva, frutas vermelhas, cranberry, banana, pêsego frutas cítricas, soja e outras oleaginosas
Cumarinas		Cumarinas simples, furanocumarinas, piranocumarinas	Frutas, sementes, raízes e nas folhas
Taninos		Taninos hidrolisáveis e condensados	Uvas, amoras, morangos, nozes, castanha de caju, avelas, mangas e chá
Estilbenos		Resveratrol	Uvas, vinho tinto, amendoins e alguns tipos de bagas

(Fonte: Rashmi & Negi, 2020; Panche et al., 2016; Dias, 2015; Das et al., 2020; Khawand et al., 2018).

Os compostos bioativos apresentam propriedades antioxidantes que são importantes para a redução dos danos oxidativos induzidos por radicais livres que estão relacionados a ocorrência de várias doenças crônicas (Ferreira & Abreu, 2007). Os

alimentos funcionais, além da presença dos nutrientes, também apresentam na sua composição moléculas bioativas, que oferecem benefícios para a saúde, desempenhando papéis importantes na prevenção de algumas doenças (Liu, 2003).

A recuperação de compostos de valor agregado dos biorresíduos apresenta uma oportunidade de introduzir novos ingredientes naturais para serem aplicados nas indústrias.

1.2.2. Aplicabilidade industrial

Os compostos fenólicos são importantes fontes de propriedades antioxidantes, antimicrobianas, e representam promissores ingredientes corantes. São muito aplicados na indústria alimentar, farmacêutica, cosmética, têxtil e de embalagens (**Figura 3**) (Albuquerque et al., 2021).

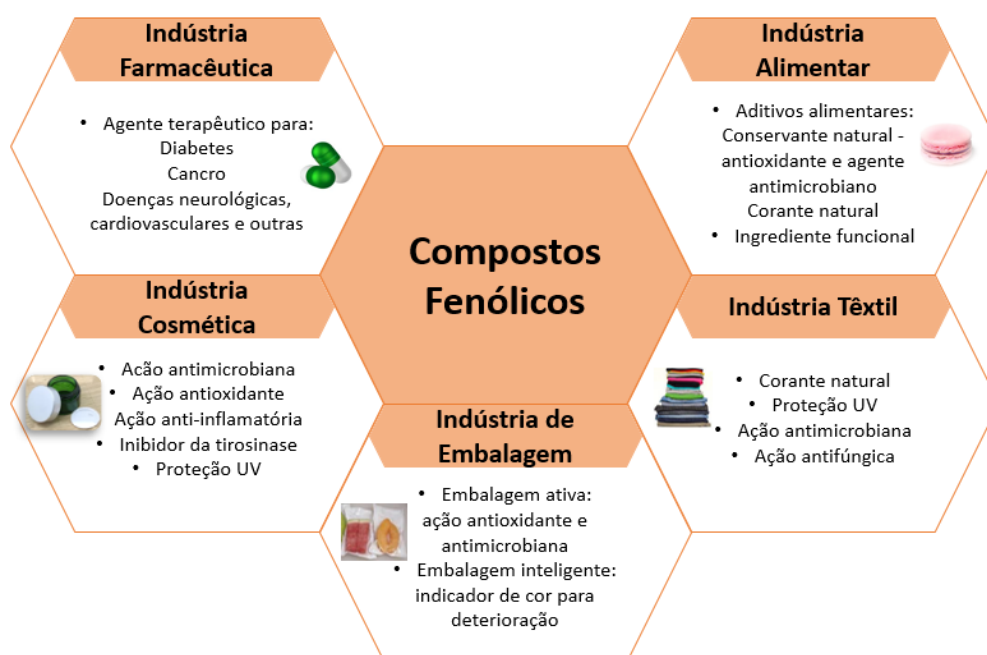


Figura 3- Aplicações industriais dos compostos fenólicos.

(Fonte: Adaptado de Albuquerque et al., 2021).

A maioria dos alimentos/produtos alimentares precisam da adição de compostos conservantes para garantir uma extensão do tempo de prateleira. Os compostos fenólicos surgem como uma alternativa aos conservantes sintéticos, dado que apresentam características conservantes com capacidade de inibir o crescimento e a atividade de microrganismos, e de antioxidantes que reduzem oxidações lipídicas. Adicionalmente, são compostos extraídos de fontes naturais, o que tem atraído cada vez mais interesse por

parte da indústria que procura alternativas aos compostos existentes no mercado (Aziz & Karboune, 2018).

Os alimentos ou ingredientes que oferecem benefícios à saúde, além das funções nutricionais básicas são definidos como alimentos funcionais (Cañas & Braibante, 2019). Os compostos fenólicos têm sido associados à prevenção de algumas doenças crônicas e degenerativas nomeadamente diabetes tipo II, doenças cardiovasculares, alguns tipos de cancro ou distúrbios neurodegenerativos como as doenças de Alzheimer e Parkinson, podendo ser considerados ingredientes alimentares funcionais (Santos-Buelga et al., 2019).

Um exemplo para a aplicação de compostos fenólicos como conservantes em alimentos é proposto por Caleja et al. (2016). Os autores enriqueceram iogurtes com extratos aquosos a partir de plantas aromáticas como camomila (*Matricaria recutita* L.) e funcho (*Foeniculum vulgare* Mill.) e compararam o seu desempenho com aditivos sintéticos normalmente utilizados pela indústria alimentar. Concluíram que a adição dos compostos naturais pode substituir os conservantes sintéticos e melhorar as propriedades antioxidantes do iogurte, sem alterar o perfil nutricional e perfil em ácidos gordos e açúcares, bem como o seu aspeto exterior e pH.

No estudo de Alakomi et al. (2017), verificaram o potencial antimicrobiano de extratos fenólicos derivados de bagas de espinheiro-marinho, airelas e folhas de orégãos em cortes de frango armazenados em atmosfera modificada. Os extratos demonstraram capacidade de inibição do crescimento de bactérias ácido-lácteas e de *Brochothrix thermosphacta* bem como a redução do crescimento de bactérias aeróbias psicrotróficas.

Outra forma de aplicação dos compostos fenólicos em alimentos é como compostos corantes naturais, destacando como mais importante as antocianinas, betalaínas, ácido carmínico, clorofila, carotenoides, curcuminas e riboflavina (Schiozer & Barata, 2013). Pires et al. (2021) estudaram as flores comestíveis do género *Impatiens*, que podem representar ingredientes corantes naturais promissores para aplicação em indústria alimentar e ainda contribuir com propriedades antioxidantes.

A aplicação de conservantes naturais para o desenvolvimento de embalagens para alimentos têm vindo a ter um crescimento exponencial, uma vez que, os corantes sintéticos têm vindo a ser associados a efeitos de toxicidade e nocivos para a saúde humana. A utilização de compostos naturais em embalagens inteligentes é uma maneira facilitada de monitorar a frescura dos alimentos (Zhai et al., 2017). Os estudos científicos em torno desta temática têm vindo a ser profundamente estudados, principalmente sobre

compostos extraídos de biorresíduos, como antocianinas, curcumina, betalaínas, taninos, clorofila, brasilina e outros compostos fenólicos, que além de corantes, também contribuem para propriedades antioxidantes e antimicrobianas, aumentando o tempo de prateleira dos alimentos embalados (Bhargava et al., 2020).

Por sua vez, na indústria têxtil, os corantes naturais têm vindo a despertar grande interesse devido aos novos potenciais que estes podem fornecer aos tecidos, nomeadamente propriedades desodorizantes, antioxidantes, antimicrobianas e proteção UV (Che & Yang, 2022). Liman et al. (2021) avaliaram a aplicação de dois extratos fenólicos, oriundos de biorresíduos da banana e da melancia como forma de conferir proteção UV e coloração a estrutura de algodão do tecido. Concluíram que o tecido no qual foi aplicado o extrato com polifenóis derivados do caule floral da bananeira tem boas perspectivas para a fabricação de roupas com proteção UV.

Na área da cosmética têm-se verificado uma crescente procura por compostos naturais para aplicação em produtos cosméticos que garantem efeitos benéficos no tratamento de envelhecimento da pele, como rugas e hiperpigmentação (Dias et al., 2021). Num estudo desenvolvido por Diaconeasa et al. (2017) concluiu-se que as antocianinas podem inibir a proliferação de células de melanoma e, portanto, recomendam a sua utilização como ingrediente ativo pra a indústria cosmética.

1.3. *Ipomea batatas* L.: folhas

1.3.1. Caracterização botânica, origem e produção

I. batatas (batata-doce), ou também popularmente conhecida como batata-da-terra, batata-da-ilha, é uma dicotiledónea, herbácea de caule rasteiro, apresenta ramificações de tamanho e colorações variáveis. As suas folhas apresentam larguras, formato (**Figura 4**), cor e recorte variáveis, com pecíolo longo (UFSC, 2019; Almargem, 2022).

A raiz pode apresentar diferentes colorações na sua parte externa (casca) e interna (polpa), podendo ser rosada, salmão, branca, caramelo, roxa, rosa e creme para as partes externas e além dessas citadas, a parte interna pode apresentar polpa de coloração laranja. A raiz com suas diferentes colorações é o que da origem a diferentes classificações de variedades de batatas-doces conhecidas (da Silva et al., 2012; UFSC, 2019).



Figura 4- Principais diferenças morfológicas no contorno das folhas de batata-doce.

(Fonte: López-Martínez et al., 2023).

A batata-doce, oriunda da América Central, é uma hortaliça tuberosa muito popular, de fácil cultivo, tendo ampla adaptação, alta tolerância a seca, sendo por isso considerada uma planta rústica. Chegou à Europa no século XVI, considerada tão antiga quanto a batata em Portugal (Miranda et al., 1995; PNPAS, 2015).

Em Portugal, mais precisamente no município de Aljezur, apresenta as condições climáticas ideais para o desenvolvimento desta cultura, sendo considerada, nesta região, um produto de Indicação Geográfica Protegida desde 2005 (PNPAS, 2015).

Dependendo de qual cultivar é plantada e conforme as condições ambientais, o ciclo da cultura da batata-doce pode variar de 90 a 240 dias. São identificadas três fases fisiológicas durante o crescimento anual da planta, sendo a segunda fase ou fase intermediária a que ocorre o desenvolvimento máximo das folhas. A colheita ocorre, normalmente, após 4 meses da data de plantação, sendo em Portugal por meados dos meses de setembro e de outubro. É nesta etapa de colheita que geram os biorresíduos das folhas de batata-doce (**Figura 5**), que são as primeiras a serem eliminadas numa fase conhecida como *Leaf pulling* (Associação dos Jovens Agricultores de Portugal, 2018).



Figura 5- Folhas de *I. batatas* L.

(Fonte: Global Biodiversity Information Facility, 2022).

As folhas são importantes sinalizadoras do estado nutricional das plantas, pois o seu aspeto permite verificar sintomas de carência ou toxicidade de um determinado nutriente e, com isso, ajustar a fertilização ao longo do ciclo vegetativo. É possível também, através das folhas, evitar que sintomas provocados por doença, pragas, seca ou encharcamento sejam confundidos com desequilíbrios nutricionais (Ferreira, 2021).

Os agricultores, em geral, dão prioridades para a colheita e armazenamento das raízes da batata-doce, devido ao maior valor económico, e com isso acabam por descartar as folhas e caules, que se transformam em biorresíduos, mesmo podendo ser consumidas como alimentos e apresentando alto valor nutricional (Eldiehy et al., 2022).

Segundo a *FAOSTAT* (2022), estima-se que aproximadamente 98 milhões de toneladas de batata-doce foram produzidas mundialmente no ano de 2020, contando com a participação de mais de 100 países que a cultiva, sendo a China o País com maior destaque na produção, com cerca de 80% do total.

1.3.2. Composição nutricional e química

De acordo com dados disponíveis na literatura as folhas de batata-doce são caracterizadas como fonte de vitaminas, fibras, proteínas, compostos com propriedades antioxidantes, tais como polifenóis e carotenoides, clorofila, açúcares redutores e minerais como K, P, Ca, Mg, Fe, Mn e Cu (Cioloca et al., 2021; Sawazaki, 2020; Suárez et al., 2020; Sun, et al., 2014).

Podem ter aspetos nutricionais, como vitaminas e minerais, comparáveis aos do espinafre, dependendo da variedade e das condições de crescimento da batata-doce.

Também superam o teor de proteínas, por unidade calórica, do feijão (Salasar et al., 2019). A **Tabela 2** apresentada contempla a composição da folha de batata-doce.

Tabela 2- Composição da folha de batata-doce.

Componente	Folha de batata-doce em base seca
Calorias	49 em 100g
Hidratos de Carbono	10,20 g/100g
Proteínas	4,60 g/100g
Lípidos	0,20 g/100g
Vitaminas (mg/100 g peso seco)	
Vitamina B3 (Niacina)	0,856–1,498
Vitamina B6	0,12-0,329
Vitamina B2	0,248-0,254
Vitamina B1	0,053-0,128
Vitamina C	0,0627-0,081
Vitamina E	0,00139-0,00284
Vitamina B5	0,32-0,66
B-caroteno	0,273-0,4
Biotina	0,003-0,008
Minerais (mg/100 g peso seco)	
Sódio	8,06-832,31
Magnésio	220,2-910,5
Fósforo	131,1-2639,8
Cálcio	229,7-1958,1
Potássio	479,3-4280,6
Cobre	0,7-1,9
Zinco	1,2-3,2
Manganês	1,7-10,9
Ferro	1,9-21,8

(Fonte: Adaptado de Salasar et al., 2019 e Nguyen et al., 2021)

De acordo com um estudo levado a cabo por Nguyen et al. (2021) as folhas de batata-doce foram consideradas alimento funcional, por apresentar na sua composição compostos bioativos que fornecem benefícios para a saúde. No que diz respeito aos compostos fenólicos encontrados em extratos provenientes das folhas de batata-doce, segundo estudos de Chen et al. (2017); Jang & Koh (2019); Makori et al. (2020); Suárez et al. (2020); Sun et al. (2014) e Chiu et al. (2022) os ácidos cafeico e derivados,

clorogênico e derivados (**Figura 6**), mirecitina, isoquercitina, quercitina são apresentados como os mais representativos.

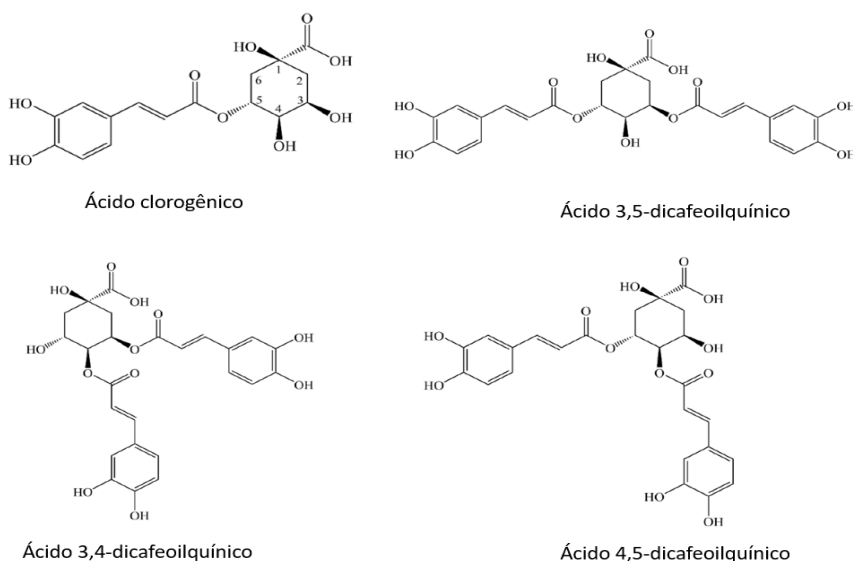


Figura 6- Estrutura química dos principais ácidos fenólicos encontrados na folha de batata-doce.
(Fonte: Adaptado de Chiu et al. 2022).

1.3.3 Aplicações e benefícios

O potencial nutritivo das folhas de batata-doce foi, durante muito tempo, desvalorizado sendo, na maioria das vezes, destinadas apenas à alimentação animal. Em alguns países, o consumo das folhas como vegetal é uma alternativa importante no combate à escassez de alimentos e dos problemas de desnutrição (Fagundes, 2020).

As folhas de batata-doce já demonstraram propriedades antioxidantes e antimicrobianas para além de apresentar benefícios a saúde comprovados, tais como antidiabética, anticancerígena, antiobesidade, imunomodulador, anti-inflamatória, hepatoprotetora e cardioprotetora (Alam, 2021; Nguyen et al., 2021).

O conhecimento dos benefícios do consumo das folhas de batata-doce e das suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas, pode conduzir ao aumento do interesse da indústria para a sua aplicação em produtos alimentares, podendo ser processadas e usadas como ingrediente funcional em produtos lácteos, de panificação, sumos e chás (Truong et al., 2007).

As folhas de batata-doce apresentam maior eficácia na eliminação de radicais livres, ou seja, atividade antioxidante, quando comparada com outras partes da batata-doce como caule, casca e polpa, estando isto relacionado com a composição fenólica (Makori et al., 2020). Luo et al. (2021) analisaram o perfil de ácidos fenólicos e

flavonóides das folhas de batata-doce em relação às atividades antioxidante e hipoglicemiante. Os resultados obtidos foram promissores para ambas as atividades, mostrando que as folhas de batata-doce apresentam potencial antioxidante e hipoglicemiante e são possíveis de serem aplicadas industrialmente.

José et al. (2015) ao avaliarem a atividade antimicrobiana de extratos alcoólicos das folhas de batata-doce em microrganismos de interesse em alimentos, como *Salmonella Enteritidis* (ATCC 11076), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) e *Escherichia coli* (ATCC 11229), obtiveram inibição e/ou inativação destas bactérias. Neste mesmo estudo observaram uma correlação positiva entre a concentração de compostos fenólicos e a inibição e/ou inativação dos microrganismos.

No entanto, a aplicação de compostos bioativos obtidos a partir de folhas de batata-doce como ingredientes funcionais, em produtos alimentares é limitada, devido à instabilidade destes compostos à temperatura, luz e oxigénio, apresentarem baixa solubilidade e poderem levar à mudança de atributos sensoriais, nomeadamente cor, textura, sabor e aparência dos produtos (Makori et al., 2020). Também foi observada dificuldade na absorção e biodisponibilidade dos compostos fenólicos das folhas de batata-doce no trato gastrointestinal (Makori et al., 2022).

O estudo desenvolvido por Sun et al. (2014) pretendeu avaliar os efeitos dos métodos de cozedura doméstica no conteúdo fenólico e na atividade antioxidante das folhas de batata-doce. Os resultados obtidos destacaram a cozedura a vapor como o único método que aumentou o conteúdo fenólico. Relativamente à atividade antioxidante esta reduziu para fervura e micro-ondas e aumentou para cozedura a vapor, assar e fritar. Concluíram desta forma que cozedura a vapor é o melhor método para preservar os compostos fenólicos e manter a atividade antioxidante das folhas de batata-doce.

Sui et al. (2019) estudaram o efeito de diferentes métodos de secagem (micro-ondas, ar quente e congelamento a vácuo) na composição nutricional e propriedades físico-químicas e funcionais das folhas de batata-doce. O micro-ondas demonstrou ser um método moderado para preservar as propriedades nutricionais e funcionais das folhas de batata-doce. Atendendo que este método apresenta baixo custo, apresenta um interessante potencial como nova tecnologia de secagem para as folhas.

No estudo de Manasathien & Khanema (2022), as folhas de 5 variedades de batata-doce foram utilizadas para produzir infusões de ervas e para avaliar a composição nutricional e fitoquímica bem como estudar o potencial antioxidante e a citotoxicidade.

O estudo revelou que as infusões preparadas podem ser consideradas bebidas saudáveis, com elevado conteúdo de nutrientes, propriedades antioxidantes e sem toxicidade.

Outra forma de aplicação das folhas de batata-doce foi estudada por Luo et al. (2020) , no qual otimizaram a fórmula e o processamento de uma bebida à base de folha de batata-doce. O estudo avaliou o efeito do branqueamento e do corte das folhas nos parâmetros de cor, composição nutricional e funcional, atividade antioxidante, sabor e estabilização da suspensão. Concluíram ainda que, a bebida produzida a base de folhas não cortadas e misturadas com os demais ingredientes (goma xantana, lactato de cálcio, ácido ascórbico, maltodextrina, xilitol e essência de maçã) obteve elevado valor nutricional com sabor e textura desejáveis.

A crescente demanda por compostos naturais e com potenciais conservantes e antioxidantes demonstram a necessidade da realização de estudos que apresentem como objetivo a valorização dos biorresíduos, transformando-os em novos ingredientes naturais para alimentos/produtos alimentares. As folhas da batata-doce, na maioria das vezes, são destinadas a alimentação animal ou até mesmo acabam por ser descartadas como biorresíduos, e apresentam potencial para serem estudadas e transformadas em ingredientes naturais.

2. Objetivos

O presente estudo pretendeu caracterizar e valorizar o biorresíduo oriundo da etapa de colheita da batata-doce (*I. batatas*). Neste sentido, este trabalho teve como principais objetivos: a caracterização nutricional, química e bioativa do biorresíduo de *I. batatas*; e a validação do seu potencial como ingrediente natural funcionalizante para aplicação no setor alimentar e farmacêutico.

São considerados objetivos específicos deste trabalho:

- Determinação do valor nutricional do biorresíduo de *I. batatas* através de metodologias oficiais de análise;
- Avaliação da composição química do biorresíduo de *I. batatas* (perfil em açúcares livres, ácidos orgânicos, ácidos gordos e composição fenólica), recorrendo a técnicas cromatográficas;
- Análise do potencial antioxidante, citotóxico, anti-inflamatório e antimicrobiano das propriedades bioativas do extrato hidroetanólico obtido do biorresíduo de *I. batatas*.

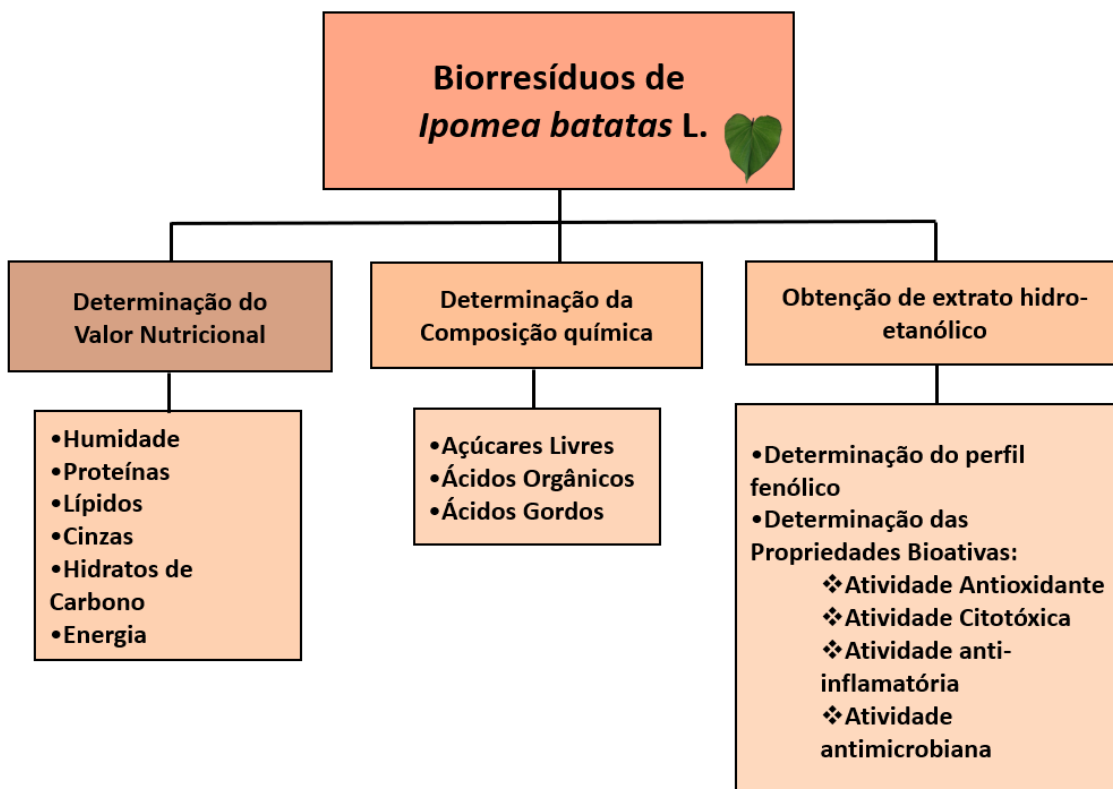


Figura 7- Representação esquemática dos objetivos da dissertação.

(Fonte: Autoria própria, 2023).

3. Materiais e métodos

3.1. Aquisição e preparação da amostra

O biorresíduo de batata-doce (folhas de *I. batatas* obtidas após colheita da batata) foram cedidos por um produtor da cidade de Amarante-Portugal, tendo sido feita a sua colheita em outubro de 2021 (**Figura 8a**). Após aquisição, as folhas foram limpas (retirada de sujidades como terra e pedras), pesadas, congeladas (-18 °C) e desidratadas por liofilização (FreeZone 4.5, Labconco, Kansas City, MO, EU). De seguida foram trituradas, num triturador de alimentos, para obtenção de um pó fino (**Figura 8b**) e armazenadas num local fresco e seco ao abrigo de luz, até à realização das análises.



Figura 8- Folhas de *I. batatas* *in natura* (a) e liofilizadas (b).

(Fonte: Autoria própria, 2023).

3.2. Padrões e reagentes

3.2.1. Análise química e nutricional

Os solventes de grau HPLC (cromatografia líquida de alta eficiência) foram adquiridos na empresa Fisher Scientific (Lisboa, Portugal), sendo eles: acetato de etilo (99,8%), acetonitrilo (99,9%), etanol absoluto (99,9%) e n-hexano (95%). Os padrões de açúcares (D(-)-frutose, D(+)-sacarose, D(+)-glucose, D(+)-trealose, D(+)-melezitose e D(+)-rafinose pentahidratada), a mistura padrão com 37 ésteres metílicos de ácidos gordos (FAME) (C4-C24; norma 47885-U) e os padrões de ácidos orgânicos (L(+)-ácido ascórbico, ácido cítrico, ácido málico, ácido oxálico, ácido succínico, ácido fumárico e ácido quínico) foram adquiridos na empresa Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EUA). A purificação da água ocorreu num sistema de purificação Milli-Q (TGI Pure Water Systems, USA).

3.2.2. Estudo das bioatividades

Atividade antioxidante: Dicloridrato de 2,2'-Azobis (2-amidinopropano) (AAPH) e o padrão TROLOX (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-carboxílico) foram adquiridos na Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EUA).

Atividade antimicrobiana: Ágar Müeller-Hinton (MHB) e dimetilsulfóxido (DMSO) foram adquiridos na empresa Biolab® da Hungria. O cloreto de *p*-iodonitrotetrazólio (INT) foi adquirido da Panreac Applichem em Barcelona (ES). A ampicilina e antifúngico cetoconazol foram obtidos da farmacêutica Janssen na Bélgica.

Atividade anti-inflamatória: as células RAW 264.7 (Macrófago de monócitos de camundongo) foram compradas na ECACC (“European Collection of Animal Cell Culture”) (Salisbury, UK) e o meio de cultura para células animais DMEM (Meio Eagle modificado por Dulbecco) foi adquirido na Hyclone (Logan, Utah, USA). Já o Kit de Reagentes Griess foi adquirido da Promega (Madison, WI, USA).

Atividade citotóxica: estreptomicina (100 mg/mL), L-glutamina, soro fetal bovino (SFB), solução salina equilibrada de Hank (HBSS), solução de penicilina (100 U/mL), o DMEM e o Meio Roswell Park Memorial Institute (RPMI-1640) foram adquiridos na empresa Hyclone (Logan, Utah, USA). Enquanto ácido acético, elipticina, sulforodamina B (SRB), ácido tricloroacético (TCA) e Tris foram adquiridos na SigmaAldrich (St. Louis, MO, USA). E a água foi tratada por purificação Milli-Q (TGI Pure Water Systems, USA).

3.3. Determinação do valor nutricional do biorresíduo de *Ipomea batatas* L.

Foram utilizadas metodologias oficiais de análise de alimentos da AOAC (2016) para determinação do valor nutricional, como: humidade, cinzas, lípidos, proteínas, hidratos de carbono e energia (Kcal e KJ).

Para determinação da humidade foi realizado um cálculo de diferença entre o peso da folha *in natura* e após o processo de desidratação por liofilização, como apresentado na **Equação 1**.

$$\text{Humidade (\%)} = \frac{(\text{Amostra in natura} - \text{Amostra liofilizada})}{\text{Amostra in natura}} \times (100)$$

Equação 1. Cálculo da humidade.

A análise de cinzas foi realizada pela metodologia descrita na norma AOAC 923.03, na qual 0,25 g de amostra foi incinerado a 550 ± 15 °C durante 12h em mufla (**Figura 9**).



Figura 9- Amostra após incineração em mufla.

(Fonte: Autorial própria, 2023).

Os lípidos foram determinados como descrito na norma AOAC 920.85, através do método de extração por Soxhlet (**Figura 10**), no qual foram pesadas 3 g de amostra e utilizado éter de petróleo como solvente de extração, com uma temperatura de, aproximadamente, 80 °C durante 7h.



Figura 10- Equipamento utilizado para a determinação do teor de lípidos (Soxhlet).

(Fonte: Autorial própria, 2023).

O teor de proteínas foi determinado como descrito na norma AOAC 978.04, pelo método de macro-Kjeldahl, o qual se baseia na quantidade de azoto presente na amostra. A análise utiliza ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) que em contacto com a amostra

(0,15 g) faz a digestão da matéria orgânica (**Figura 11a**) e leva à formação de um sal inorgânico (sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄), no qual é retido o azoto. De seguida, a solução é alcalinizada pela adição de hidróxido de sódio (NaOH), que promove a libertação do azoto na forma de amoníaco (NH₃). Este é, posteriormente, destilado e recolhido numa solução de ácido sulfúrico (H₂SO₄ a 0,1 M) para, por fim, quantificar o azoto presente na amostra, realizando uma titulação com NaOH (0,1 M) (**Figura 11b**), utilizando um indicador vermelho de metilo. Foi utilizado o fator de conversão N x 6,25 indicado para proteínas vegetais.

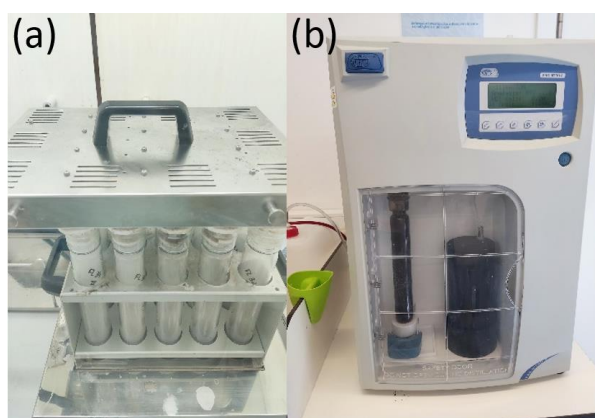


Figura 11- Equipamentos utilizados para a determinação do teor de proteínas, sendo (a) o digestor e (b) o equipamento de titulação. (Fonte: Autoria própria, 2023).

Os hidratos de carbono foram calculados com base na diferença entre os demais nutrientes, utilizando a **Equação 2**.

$$\text{Hidratos de carbono} = 100 - (\text{g}_{\text{humidade}} + \text{g}_{\text{lípidos}} + \text{g}_{\text{proteína}} + \text{g}_{\text{cinzas}})$$

Equação 2. Cálculo dos hidratos de carbono

A energia total (Kcal) também foi calculada, utilizando a **Equação 3**, considerando o valor de cada nutriente multiplicado pelo seu equivalente calórico (hidratos de carbono (4 Kcal/g), proteínas (4 Kcal/g) e lípidos (9 Kcal/g)) e o somatório representa a quantia de calorias presente na amostra. Com o valor da energia em Kcal é aplicado um fator de conversão de 4,1868 para se obter a energia em KJ.

$$\text{Energia (Kcal)} = 4 \times (\text{g}_{\text{proteínas}} + \text{g}_{\text{hidratos de carbono}}) + (9 \times \text{g}_{\text{lípidos}})$$

Equação 3. Cálculo da energia total (Kcal)

3.4. Determinação da composição química do biorresíduo de *Ipomea batatas* L.

3.4.1. Açúcares

A determinação do perfil em açúcares livres foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a um detetor de índice de refração (HPLC-IR) conforme descrito por Barros et al. (2013).

Um padrão interno (melezitose 25 mg/L) e 40 mL de etanol (80:20, v/v) foram adicionados à amostra (1g), que durante 1h30 ficaram num banho a 70 °C com agitação a cada 15min.

O sobrenadante, posteriormente, foi centrifugado (centrífuga refrigerada K24OR, Centurion, Sussex Ocidental, Reino Unido) a 350 rpm durante 10min (**Figura 12a**) e, em seguida, transferido para um balão de vidro (**Figura 12b**) para evaporação da fração etanólica (60 °C, pressão reduzida) com auxílio de um evaporador rotativo (Büchi R-210, Flawil, Suíça). Após evaporação, a fase aquosa foi lavada 3 vezes com éter dietílico (10 mL), sendo separada em duas fases (**Figura 12c**), na qual a primeira foi recolhida (**Figura 12d**) e evaporados os restos de éter dietílico. Ao resíduo seco obtido (**Figura 12e**) adicionou-se água até perfazer um volume de 5 mL (**Figura 12f**) filtrando-se a mistura (filtros de nylon - 0,2 μ m, Whatman) para um vial (**Figura 12g**), a fim de proceder a análise do perfil em açúcares através de um sistema de HPLC.

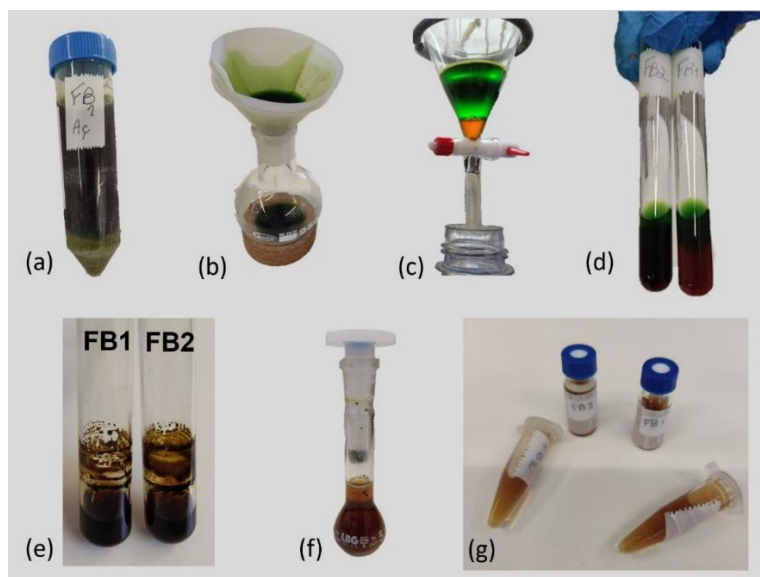


Figura 12- Procedimento experimental para determinação dos açúcares – Tubo após centrifugação (a), filtração para balão de evaporação (b), duas fases aparentes após lavagem com éter dietílico (c), tubo contendo a primeira fase após separação (d), tubo com resíduo seco (e), redissolução (f) e filtragem para vial (g). (Fonte: Autoria própria, 2023).

O HPLC foi equipado com uma bomba da Knauer (Sistema Smartline 1000, Berlim, Alemanha), um sistema de desgaseificação (Smartline Manager 5000), um amostrador automático (AS-2057 Jasco, Easton, Maryland, EUA) e um detetor de índice de refração (Knauer Smartline 2300). A separação cromatográfica foi feita utilizando uma coluna Eurospher 100-5 NH₂ (4,6 x 250 mm, 5 μ m, Knauer), mantida a 35 °C (7971 R Grace). Uma solução de acetonitrilo/água desionizada (70:30, v/v) foi utilizada como fase móvel, com um fluxo de 1 mL/min e uma injeção de 10 μ L da amostra. A identificação dos compostos foi feita utilizando o software Clarity 2.4 (DataApex), comparando os tempos de retenção relativos dos picos da amostra com padrões conhecidos. Os resultados foram obtidos pelo método do padrão interno e expressos em gramas de composto por 100 g de massa fresca.

3.4.2. Ácidos gordos

Os ácidos gordos foram determinados por cromatografia gasosa com detecção por ionização de chama (GC-FID) usando a metodologia de Pereira et al. (2012).

Ao extrato lipídico, previamente obtido por extração em Soxhlet (**Secção 3.3**), foram adicionados 5 mL de uma solução metanol/ácido sulfúrico/tolueno na proporção 2:1:1 (v/v/v). A mistura foi mantida em um banho a 50 °C (Julabo, SW22, Seelbach, Alemanha) com agitação de 160 *rpm* por cerca de 12h. Após retirar do banho, 3 mL de água desionizada foram adicionadas para melhorar a separação de fases, seguido da adição de 3 mL de éter dietílico para recuperação dos ésteres metílicos de ácidos gordos (FAME), agitando no vórtex a cada passo. As fases foram separadas e o sobrenadante foi transferido para um vial, onde sulfato de sódio anidro foi adicionado para desidratar. Por fim, o sobrenadante foi filtrado através de filtros de nylon (0,2 μ m, Whatman, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA) para um vial para análise posterior em cromatografia gasosa (GC).

O perfil dos ácidos gordos foi determinado através de um sistema de GC (Modelo DANI GC 1000) equipado com um injetor split/splitless, um detetor de ionização de chama (FID) a 260 °C, e uma coluna Zebron-Kame (20 m x 0,18 mm ID x 0,15 μ m df, Phenomenex, Lisboa, Portugal). A temperatura iniciou em 80 °C por 1,5min e foi aumentada progressivamente: 40 °C/min até 160 °C, 5 °C/min até 185 °C, e finalmente aumentou 30 °C/min até 260 °C, onde permaneceu por 4min. O gás de transporte usado foi o hidrogénio com fluxo de 0,6 mL/min medido a 250 °C. A injeção split (1:80) foi realizada a 260 °C, injetando 1 μ L da amostra.

A identificação de ácidos gordos foi realizada comparando os tempos de retenção relativos dos picos de FAME das amostras com os padrões conhecidos. Para o processamento dos resultados, recorreu-se ao software Clarity DataApex 4.0 (Praga, República Checa) e estes foram expressos em percentagem relativa (%) para cada ácido gordo detetado.

3.4.3. Ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos foram determinados por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a um detetor de foto díodos (UPLC -PDA) como descrito por Barros et al. (2013).

Realizou-se a extração ao abrigo da luz adicionando 25 mL de ácido metafosfórico (4,5%) a 1,5 g de amostra, colocando-a sob agitação magnética durante 20min, à temperatura ambiente. Após a extração, a mistura foi filtrada através de papel de filtro (Whatman N°4) para um tubo de ensaio (**Figura 13**) e, posteriormente, filtrada novamente através de filtros de nylon (0,2 μm ; Whatman) para um vial âmbar (1,5 mL) para ser analisada por UPLC (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão).

A separação dos componentes foi realizada usando uma coluna de fase reversa SphereClone C18 (5 μm , 250 mm x 4,6 mm i.d., Phenomenex, Torrance, California, EUA) mantida a 35 °C, sendo a eluição feita com ácido sulfúrico (3,6 mM) com um fluxo de 0,8 mL/min e injetando 20 μL da amostra.

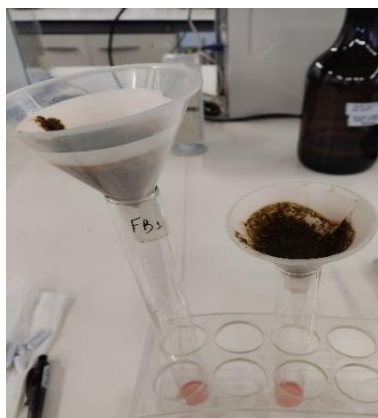


Figura 13- Filtração de ácidos orgânicos.

(Fonte: Autoria própria, 2023).

A identificação e quantificação dos ácidos orgânicos foram realizadas utilizando um sistema DAD (detetor de díodos). A detecção foi realizada mediante a aplicação dos

comprimentos de onda 215 nm e 245 nm, sendo que o último foi usado apenas para o ácido ascórbico. A quantificação foi determinada comparando a área dos picos registrados com as curvas de calibração obtidas dos padrões respectivos. Os resultados foram expressos em g de composto por 100 g de massa fresca (g/100g extrato).

3.4.4. Perfil individual de compostos fenólicos

O perfil individual de compostos fenólicos foi determinado por HPLC (sistema Dionex Ultimate 3000 UPLC -Thermo Scientific, San Jose, CA, USA) equipado com uma bomba quaternária, um injetor automático a 5 °C, um degaseificador e um compartimento de coluna com termostato automatizado acoplado a um detetor de arranjo de díodos (DAD). O DAD realizou a detecção dos compostos usando os comprimentos de onda de 280 nm, 330 nm e 370 nm. Este sistema também estava conectado a um espectrómetro de massa (EM) com uma fonte de ionização de electrospray, conforme metodologia descrita por Bessada et al. (2016).

Foi utilizada uma coluna de fase reversa C18 (4,6 x 150 mm, 3 μ m) (Waters Spherisorb S3 ODS-2, Milford, USA) termostaticada a 35 °C para a separação dos compostos. Como fases móveis foram utilizados (A) ácido fórmico/água (0,1%) e (B) acetonitrilo.

Foi estabelecido um gradiente de eluição isocrático: 10-15% B (5min), 15-20% B (5min), 20-25% B (10min), 25-35% B (10min), 35-50% B (10min) e reequilíbrio da coluna por 10min, usando uma taxa de fluxo de 0,5 mL/min.

Para a espectrometria de massa, utilizou-se um espectrómetro de detecção de MS conhecido como Ion Trap Linear LTQ XL (ThermoFinnigan, San Jose, CA, USA), equipado com uma fonte de ionização electrospray (ESI).

Azoto (50 psi) foi utilizado como gás de arraste e o sistema iniciou com uma temperatura de 325 °C, voltagem de spray de 5 kV e tensão capilar de -20 V. O tube lens offset manteve uma voltagem de -66 V. Foram gravados os espectros em modo de ião negativo (100-1500 m/z). A energia de colisão foi de 35 unidades arbitrárias. Os dados foram recolhidos e analisados pelo programa Xcalibur® (ThermoFinnigan, San Jose, CA, USA).

Para a identificação dos compostos presentes no extrato obtido do biorresíduo de *I. batatas* (**Secção 3.5.1.**) foi necessário realizar a comparação com compostos padrão em relação a tempos de retenção, espectros UV-Vis e espectros de massa, e também realizar a comparação com dados disponíveis na literatura.

Já para a análise quantitativa, foram obtidas curvas de calibração através da injeção de soluções-padrão com concentrações conhecidas (2,5-100 $\mu\text{g/mL}$): ácido clorogénico ($y = 168823x - 161172$), quercetina-3-*O*-rutinósido ($y = 13343x + 76751$) e ácido *p*-cumárico ($y = 301950x + 6966,7$), com base nos sinais de UV-Vis e no comprimento de onda máximo de absorção de cada composto padrão. A disponibilidade de alguns padrões de determinados compostos, em alguns casos, não foi possível de serem verificados. Desta forma, a quantificação foi realizada através de curvas de calibração de compostos do mesmo grupo fenólico. Os resultados foram apresentados em mg de composto por g de extrato (mg/g extrato).

3.5. Avaliação das propriedades bioativas do extrato hidroetanólico obtido a partir do biorresíduo de *Ipomea batatas* L.

O potencial bioativo do extrato hidroetanólico obtido a partir do biorresíduo de batata-doce (folhas) foi avaliado através da determinação das propriedades antioxidantes, antimicrobianas, anti-inflamatórias e citotóxicas. O extrato hidroetanólico foi obtido e preparado para cada uma das análises conforme descrito na próxima secção (**secção 3.5.1**).

3.5.1. Extração da amostra por maceração

Através da amostra liofilizada foi preparado um extrato, na qual 1g da amostra foi submetida a extração por maceração com 30 mL de uma solução de etanol/água (80:20, v/v) à temperatura ambiente e com agitação constante (150 rpm) durante 1h (**Figura 14**). Recorrendo a um papel de filtro (Whatman No. 4; Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA), a mistura foi filtrada e o processo de extração foi novamente repetido, com 30 mL da mesma solução hidroetanólica.

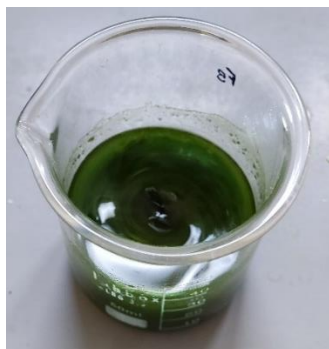


Figura 14- Extração hidroetanólica. (Fonte: Autoria própria, 2023).

Por fim, a fração alcoólica dos extratos obtidos foi rotaevaporada a pressão reduzida (Büchi R-210, Flawil, Suíça) e a fração aquosa foi liofilizada (47 °C; 0,045 bar; FreeZone 4.5, Labconco, Kansas City, MO, EUA) para posterior realização das análises do potencial bioativo.

Após a obtenção do extrato seco, 10 mg desse extrato foram dissolvidas em 2 mL de uma solução de etanol/água (20:80, *v/v*) e seguidamente, filtrado através de discos de LC (Cromatografia Líquida) descartáveis de 0,22 μm para posterior análise em HPLC para determinação do perfil individual de compostos fenólicos (**Secção 3.4.4**).

Para a avaliação da atividade antioxidante (**Secção 3.5.2.**) o extrato seco foi dissolvido em solução hidroetanólica (EtOH/H₂O; 80:20 (*v/v*)) numa concentração de 5 mg/mL. Para o ensaio de atividade antimicrobiana (**Secção 3.5.3.**), o extrato seco foi dissolvido diretamente em meio de cultura (10 mg/mL). Já para as avaliações da atividade anti-inflamatória (**Secção 3.5.4.**) e citotóxica (**Secção 3.5.5.**) o extrato seco foi dissolvido em água destilada numa concentração de 8 mg/mL. Para cada análise individual, estas soluções foram sendo diluídas sucessivamente de forma a obter as concentrações ideais de trabalho.

3.5.2. Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi avaliada através de dois ensaios *in vitro*, usando: TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) para a avaliação da peroxidação lipídica determinada pela reação entre os produtos de oxidação e o ácido tiobarbitúrico (TBA) (Barros et al., 2010); e AAC (atividade antioxidante celular), na qual é medida a atividade antioxidante através da prevenção da formação dos radicais peroxil, que causam stress oxidativo na linha celular (Wolfe & Liu, 2007).

3.5.2.1. TBARS

Os cérebros de porcos utilizados nesta análise foram adquiridos num matadouro local, de seguida dissecados e homogeneizados com um Polytron em tampão Tris-HCl gelado (20 mM, pH 7,4), para produzir um homogeneizado de tecido cerebral 1:2 (*p/v*) que foi centrifugado a 3500 *rpm* por 10min. Para a análise, 0,1 mL do sobrenadante (cérebro) foi incubada com 0,2 mL das diferentes concentrações do extrato hidroetanólico obtido do biorresíduo de batata-doce (0,019 – 5 mg/mL) na presença de 0,1 mL de sulfato de ferro FeSO₄ (10 μM) e 0,1 mL de ácido ascórbico (0,1 mM) durante 1h a 37 °C. Após esse período de incubação, a reação foi interrompida pela adição de 0,5 mL de ácido

tricloroacético (28% *p/v*), seguido por 0,38 mL de ácido tiobarbitúrico (TBA, 2%, *p/v*), e a mistura foi novamente aquecida, mas sendo desta vez a 80 °C durante 20min. Após centrifugação a 3000 *rpm* durante 5min para remover a proteína precipitada, a intensidade da cor do complexo Malodialdeído-Ácido tiobarbitúrico (MDA-TBA) no sobrenadante foi medida pela sua absorvância a 532 nm (**Figura 15**).

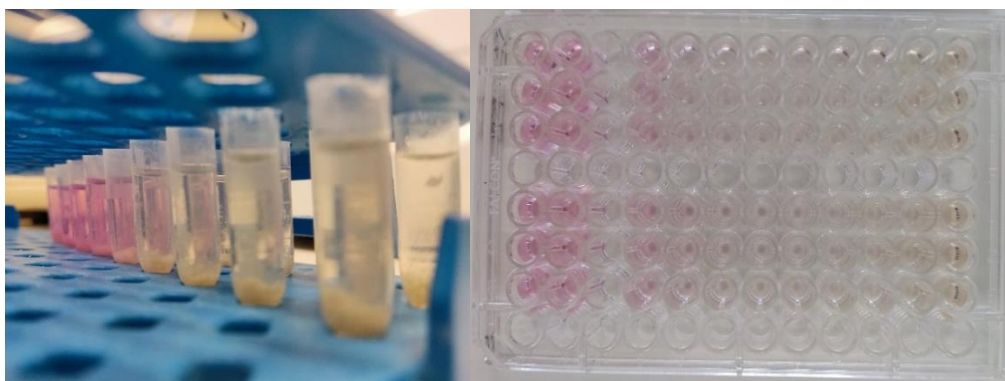


Figura 15- Ensaio de avaliação da atividade antioxidante TBARS. (Fonte: Autoria própria, 2023).

A taxa de inibição (%) foi calculada usando a **Equação 4**, sendo A a absorvância do controlo e B a absorvância da solução do composto.

$$\text{Taxa de inibição (\%)} = ((A - B)/A) \times 100$$

Equação 4. Determinação da taxa de inibição em ensaio TBARS.

3.5.2.2. Avaliação da atividade antioxidante celular (AAC)

Para avaliar a atividade antioxidante celular (AAC), o extrato hidroetanólico do biorresíduo de batata-doce foi dissolvido em água para obter uma concentração de 8 mg/mL, da qual foram realizadas diluições sucessivas usando 2,7-diclorodihidrofluoresceína (DCFH) preparadas com etanol e diluída com solução salina equilibrada de Hank (HBSS) (50 μ M) a fim de obter as concentrações a serem testadas (500 - 2000 μ M).

Foi utilizada uma linhagem celular de macrófagos de rato conhecida por RAW 246.7, mantida em incubadora a 37 °C, com concentração de 5% de CO₂ em ar humidificado e meio de cultura DMEM suplementado com aminoácidos não essenciais (2 mM), estreptomicina (100 μ g/ml), L-glutamina, penicilina (100 U/ml) e soro fetal bovino (10%).

Com um raspador de células os macrófagos foram separados e o conteúdo foi transferido para um tubo de *Falcon*. A solução foi centrifugada a 1200 *rpm* durante 5 min. O meio foi descartado e uma nova quantidade de meio foi adicionada com base na quantidade de precipitado obtido após centrifugação. Foram então preparados e transferidos 300 μL de uma solução com densidade celular de 70000 células/mL para microplacas pretas com fundo transparente (SPL Lifesciences) e incubadas durante 48h. Após o período de incubação, foi descartado o meio e as células foram lavadas 2 vezes com 100 μL de HBSS, tratadas com diferentes concentrações do extrato (200 μL ; 32,5 - 2000 μM) e incubadas durante 1h. Novamente, as células foram lavadas 2 vezes com 100 μL de HBSS e adicionada 100 μL de uma solução de AAPH (600 μM). A fluorescência foi lida a cada 5min durante 1h (leitor de microplacas Biotek FLx800) a 485 nm de excitação e 538 nm de emissão. Como controlo positivo foi utilizada a quercetina, enquanto diclorohidrofluoresceína e meio de cultura DMEM foram utilizados como controlo negativo. O resultado é expresso em % de inibição com a concentração máxima testada.

3.5.3. Atividade antimicrobiana

A atividade antimicrobiana, tanto antibacteriana quanto antifúngica, foi avaliada pelo método de microdiluição com o corante INT (cloreto de iodonitrotetrazólio), tal como descrito por Carochó et al. (2015).

3.5.3.1. Antibacteriana

Para a avaliação da atividade antibacteriana foram utilizadas bactérias Gram-positivos e Gram-negativos. As Gram-positivas foram: *Staphylococcus aureus* (ATCC 11632), *Bacillus cereus* (isolado clínico) e *Listeria monocytogenes* (NCTC 7973). Já as Gram-negativas foram: *Enterobacter cloacae* (ATCC 35030), *Escherichia coli* (ATCC 25922) e *Salmonella* Typhimurium (ATCC 13311). Estes microrganismos foram obtidos no Laboratório de Micologia do Departamento de Fisiologia Vegetal do Instituto de Investigação Biológica “Siniša Stanković” da Universidade de Belgrado na Sérvia. Foram determinadas a concentração mínima inibitória (CMI) e a concentração mínima bactericida (CMB) para o extrato obtido do biorresíduo de batata-doce através da aplicação do método de microdiluição.

Com o auxílio do espectrofotómetro (leitura a 625 nm) as culturas de bactérias foram ajustadas até obter uma concentração de 1×10^5 UFC/mL, correspondendo a uma

suspensão bacteriana. As diluições de inóculos foram cultivadas em meio sólido para verificar a ausência de contaminação e verificar a validade do inóculo. As diferentes diluições do extrato hidroetanólico obtido dos do biorresíduo de batata-doce foram pipetadas para os poços contendo 100 μL de caldo de soja tríptico (TSB) e, posteriormente, foram adicionados 10 μL de inóculo. As microplacas foram incubadas por 24h a 37 °C.

Foram adicionados 40 μL de cloreto de iodonitrotetrazólio (INT) (0,2 mg/mL) e incubado a 37 °C durante 30min para a determinação da CMI (menor concentração que produziu inibição significativa de 50% do crescimento da bactéria em comparação com o controlo positivo). As CMIs conseguidas no teste de suscetibilidade de várias bactérias ao extrato foram determinadas também por um ensaio colorimétrico de viabilidade microbiana baseado na redução da cor do INT e comparado com um controlo positivo para cada estirpe bacteriana. Colocando 10 μL de cada poço que não apresentou mudança de cor a 100 μL de TSB foi determinada por subcultura em série a CMB (concentração mínima bactericida). Após essa subcultura, foi considerada como a CMB a menor concentração que não apresentou crescimento. A ampicilina foi usada como controlo positivo e os resultados de CMI e CMB foram expressos em mg/mL de extrato hidroetanólico liofilizado.

3.5.3.2. Antifúngica

Para a avaliação da atividade antifúngica foram utilizados seis microfungos, tais como: *Aspergillus fumigatus* (isolado clínico), *Aspergillus niger* (ATCC 6275), *Aspergillus versicolor* (ATCC 11730), *Penicillium funiculosum* (ATCC 36839), *Penicillium verrucosum* var. *cyclopium* (isolado alimentar) e *Trichoderma viride* (IAM 5061), adquiridos no mesmo local no qual foram adquiridas as bactérias.

As culturas dos microfungos foram mantidas em malte ágar (MA), armazenadas a 4 °C e sub-cultivadas uma vez por mês. Com a solução salina estéril (0,85%) contendo Tween 80 a 0,1% (v/v) foram lavados os esporos fúngicos das superfícies das placas de ágar. Com uma solução salina estéril foi ajustada a suspensão dos esporos para uma concentração de aproximadamente $1,0 \times 10^5$ num volume final de 100 μL por poço. Os inóculos foram armazenados a 4 °C e as diluições dos inóculos foram cultivadas em malte ágar (MA) sólido para verificar a ausência de contaminação e a validade do inóculo. Foi realizada a técnica de diluição sucessiva em microplacas de 96 poços, a qual foi adicionada a amostra ao meio de malte com o inóculo fúngico e incubadas durante 72h a

28 °C, para a determinação da CMI (menor concentração que produziu inibição significativa de 50% do crescimento fúngico em comparação com o controlo positivo), utilizando microscópio binocular.

Por subcultura em série de 2 μ L de cada poço que não apresentou atividade, em microplacas contendo 100 μ L de caldo de malte por poço e posterior incubação durante 72h a 28 °C foram determinadas as concentrações mínimas fungicidas (CMFs). Foi definida como CMF a menor concentração sem crescimento visível, indicando 99,5% de morte do inóculo original. O dimetilsulfóxido (DMSO) a 5% foi utilizado como controlo negativo, enquanto o cetoconazol foi utilizado como controlo positivo. Os resultados de CMI e CMF foram expressos em mg/mL de extrato hidroetanólicos.

3.5.4. Atividade anti-inflamatória

A atividade anti-inflamatória foi avaliada em células macrófagas RAW 264.7 de rato, através da capacidade de inibição de produção de óxido nítrico (NO) proposto por Jabeur et al. (2016). As células foram obtidas no DSMZ - Leibniz - Institute DSMZ - Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH.

O extrato hidroetanólico obtido a partir do biorresíduo de batata-doce foi dissolvido em água a fim de obter a concentração final de 8 mg/mL (solução mãe). Foram feitas diluições sucessivas a partir da solução mãe com o intuito de obter as concentrações de teste (0,125 - 8 mg/mL). Em ar humidificado com 5% de CO₂, foram incubadas a 37 °C as culturas de macrófagos RAW 264.7 de rato em meio DMEM, suplementado com antibióticos, glutamina e 10% de soro bovino fetal (FBS) inativado por calor.

Com o auxílio de um raspador, as células com crescimento ativo foram soltas e a densidade experimental das células foi estabelecida a 5×10^5 células/mL e a proporção de células mortas foi inferior a 5%, de acordo com o teste de exclusão de azul de tripano. Numa placa de 96 poços foram adicionadas 300 μ L de células (150000 células/poço) que foi incubada por 24 h para garantir a aderência e multiplicação das células. Em seguida, as células foram tratadas com diferentes concentrações do extrato do biorresíduo de batata-doce (15 μ L; 0,125 - 8 mg/mL) e incubadas durante 1h com a faixa de concentração testada de 6,25 - 400 μ g/mL. Posteriormente, uma estimulação foi realizada com a adição de 30 μ L de lipopolissacáridos (LPS) (1 mL/mL) e incubado novamente pelo período de 1h.

Como controlo positivo foi utilizada a dexametasona (50 mM) e como controlo negativo foi utilizada a amostra sem a adição de LPS com o intuito de observar se estes induzem alterações a níveis basais de óxido nítrico (NO).

O Kit de Reagentes Griess (soluções de nitrofenamida, etilenodiamina e nitrito) foi utilizado para a quantificação do óxido nítrico juntamente com curva de calibração do nitrito (100 mM nitrito de sódio a 1,6 mM) preparada em placa de 96 poços. Através da absorbância a 540 nm (leitor de microplacas ELX800 Biotek) o óxido nítrico produzido foi determinado e comparado com a curva de calibração. Os resultados foram calculados com base na representação gráfica do percentual de inibição da produção de óxido nítrico versus a concentração da amostra, e foram expressos em valores de IC₅₀ (concentração de amostra que inibe 50% da produção de óxido nítrico).

3.5.5. Potencial citotóxico

O potencial citotóxico do extrato hidroetanólico obtido do biorresíduo de batata-doce (80:20; v/v) foi avaliado utilizando o ensaio da sulforrodamina B (SRB) descrito por Barros et al. (2013).

Foram utilizadas linhas celulares tumorais humanas, como AGS (adenocarcinoma gástrico), CaCo (adenocarcinoma colorretal), MCF-7 (carcinoma da mama) e NCI-H460 (carcinoma de pulmão) e também uma linha celular não tumoral foi testada, a VERO (obtida a partir de rim de macaco verde africano), a fim de testar a capacidade antiproliferativa do extrato. Todas estas linhas celulares foram obtidas no DMSMZ – Leibniz – Institut DSMZ – Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH. As linhas tumorais foram mantidas como culturas aderentes em meio RPMI-1640 suplementado com estreptomicina (100 µg/mL), glutamina (2 mM), 10% de soro bovino fetal (FBS) e penicilina (100 U/mL). Já a linha não tumoral foi mantida em meio DMEM suplementado com 10% de soro bovino fetal (FBS), glutamina (2 mM), penicilina (100 U/mL) e estreptomicina (100 µg/mL). Ambas as culturas celulares foram incubadas a 37 °C numa incubadora com ar umidificado e 5% de CO₂.

A câmara de fluxo laminar (TLStar, AV-30/70) foi utilizada em todos os procedimentos para ser evitadas possíveis contaminações. Cada linha celular foi testada numa densidade apropriada, sendo as tumorais em 1,0×10⁴ células/poço e a não tumoral em 1,9×10⁴ células/poço. Através da diluição em água foram testadas concentrações de 0,125 a 8 mg/mL, das quais foram adicionadas 10 µL juntamente com 190 µL da suspensão das linhas celulares testadas, em microplacas de 96 poços incubadas durante

72h a 37 °C numa incubadora com ar umidificado e 5% de CO₂. Após o período de incubação, a cada poço foram adicionados 100 µL de ácido tricloroacético 10% frio (TCA), incubando-se de seguida durante 1h a 4 °C. As microplacas foram lavadas com água desionizada e secas. Em seguida, 100 µL de solução de SRB (0,057%, *m/v*) foi adicionado, ficando a placa em nova incubação durante 30min à temperatura ambiente. Posteriormente, fez-se a lavagem da placa com ácido acético (1% *v/v*) para remover o excesso de SRB e a sua secagem ao ar.

A SRB foi solubilizada com 200 µL de Tris (10 mM; pH 7,4) num agitador de microplacas (Stat Fax-2100). A absorvância foi medida em um comprimento de onda de 540 nm num leitor de microplacas (Instrumentos Bio-Tek, ELX800, Inc; Winooski, EUA), utilizando-se a elipticina como controlo positivo. Os resultados foram expressos em valores de GI₅₀ (concentração de amostra que inibe 50% de crescimento celular) em unidades de µg/mL.

4. Resultados

4.1. Análise nutricional do biorresíduo de *Ipomea batatas* (L.) Lam

A **Tabela 3** apresenta os resultados obtidos na determinação do valor nutricional do biorresíduo de batata-doce. Os dados estão apresentados em valores médios e expressos em função do peso fresco (pf) e peso seco (ps) das folhas.

Tabela 3- Composição nutricional do biorresíduo de *I. batatas*; (média \pm DP).

	(g/100g de pf)	(g/100g de ps)
Humidade	78 \pm 1	-
Hidratos de Carbono	15,5 \pm 0,3	70 \pm 1
Proteínas	4,3 \pm 0,2	20 \pm 1
Lípidos	0,97 \pm 0,03	4,5 \pm 0,1
Cinzas	1,24 \pm 0,05	5,7 \pm 0,2
Valor Energético		
Energia (Kcal/100g)	87,93 \pm 0,03	399,7 \pm 0,1
Energia (KJ/100g)	367,9 \pm 0,1	1672 \pm 1

A humidade média do biorresíduo de batata-doce foi 78 \pm 1 g/100g (pf). No estudo de Suárez et al. (2020) no qual avaliaram as folhas de batata-doce colhidas em diferentes épocas, os resultados de humidade variaram de 86,05 \pm 0,04 a 87,70 \pm 0,05 g/100g (pf). Já no estudo de Sun et al. (2014) onde foram avaliadas as folhas de 40 cultivares diferentes, obtiveram resultados que variaram de 84,09 \pm 0,81 a 88,92 \pm 0,34 g/100g (pf). Da mesma forma, no estudo de Amagloh et al. (2017) obtiveram valores que variam de 83,91 \pm 0,26 a 87,24 \pm 0,13 g/100g (pf) em 5 cultivares de folhas de batata-doce.

A diferença entre o valor encontrado nesse estudo e os estudos mencionados pode estar relacionado com o método utilizado para a determinação da humidade, uma vez que no presente estudo foi determinado através dos valores da secagem por liofilização, enquanto os restantes foram determinados por métodos de desidratação padrão em estufa. Tanikawa (2021) ao avaliar as folhas de *Rumex obtusifolius* L. também obteve humidade inferior pelo método de liofilização do que por estufa elétrica. As vantagens de utilizar métodos de secagem a baixas temperaturas é o facto de existirem maiores possibilidades de estabilizar, não perder propriedades nutricionais e nem os compostos bioativos presentes na matriz alimentar, apesar de estarem associados a custos mais elevados de infraestruturas e energia (López-Martínez et al., 2023).

A média calculada pela equação para hidratos de carbono foi $15,5 \pm 0,3$ g/100g (pf) ou 70 ± 1 g/100g (ps), que se mostrou superior ao encontrado no estudo de Sun et al. (2014), no qual variaram de $42,03 \pm 0,03$ a $61,36 \pm 0,90$ g/100g (ps).

No teor de proteínas do biorresíduo de batata-doce obtiveram-se valores médios de $4,3 \pm 0,2$ g/100g (pf) ou 20 ± 1 g/100g (ps). Este resultado é inferior ao teor encontrado num estudo de Suárez et al. (2020), onde se obtiveram médias entre $26,2 \pm 0,2$ a $30,08 \pm 0,4$ g/100g (ps). Já no estudo de Amagloh et al. (2017) obteve-se uma média de $4,62$ g/100g (pf) para as 5 cultivares estudadas, que apresentaram resultados que foram de $3,87$ a $5,37 \pm 0,04$ g/100g (pf), resultado este similar ao encontrado neste estudo. Segundo o Regulamento (CE) N.º 1924/2006 (2006) relativo às alegações nutricionais e de saúde sobre os alimentos, um alimento para ser considerado fonte de proteína precisa de ter 12% do valor energético do alimento fornecido pelas proteínas, enquanto que para ser considerado de alto teor em proteína é necessário pelo menos 20% do valor calórico ser representado por proteínas. O teor proteico no biorresíduo de batata-doce é de 19,9% do valor calórico, o que demonstra ser uma promissora fonte de proteína.

Este mesmo Regulamento, considera que um alimento pode ter alegação e é considerado de baixo teor de lípidos quando o mesmo apresentar menos de 3 g de lípidos por 100 g de produto sólido. Neste estudo, o biorresíduo de batata-doce apresentou uma média de $0,97 \pm 0,03$ g/100g (pf), ou seja, considerado de baixo teor de lípidos (**Tabela 3**). Em peso seco essa média fica $4,5 \pm 0,1$ g/100g, o que mostra ser concordante com os valores exibidos no estudo de Sun et al. (2014), em que os valores encontrados variaram de $2,08 \pm 0,06$ a $5,28 \pm 0,15$ g/100g de (ps).

O conteúdo de cinzas representa a fração inorgânica presente nos alimentos, que corresponde ao teor de minerais, e auxilia no cálculo do valor nutricional dos alimentos (Ismail, 2017). O biorresíduo de batata-doce no presente estudo apresentou uma média de $1,24 \pm 0,05$ g/100g (pf) ou $5,7 \pm 0,2$ g/100g (ps). No estudo de Fagundes (2020) obtiveram-se valores que variaram entre $8,79 \pm 0,08$ a $9,36 \pm 0,53$ g/100g (ps) nas folhas de batata-doce normal e melhoradas geneticamente.

A caloria fornecida pelo biorresíduo de batata-doce é de $87,93 \pm 0,03$ Kcal/100g (pf) ou $399,7 \pm 0,1$ Kcal/100g (ps) (**Tabela 3**). Sun et al. (2014) obtiveram uma média de $415,34 \pm 14,59$ kcal/100g (ps), o que mostra condizente com o deste estudo. Segundo o estudo de Chao et al. (2021), dietas de baixo teor calórico consomem de 800 a 1800 Kcal. Isso mostra que o biorresíduo de batata-doce pode ser enquadrado em dietas de baixo valor calórico.

Considerando os resultados obtidos no presente estudo e os resultados disponíveis na literatura, os valores da composição nutricional apresentam variações entre os diferentes estudos, isso mostra que as diferentes cultivares, local de plantação, clima, métodos de cultivo, etc. podem interferir na composição nutricional do biorresíduo de batata-doce.

4.2. Análises químicas do biorresíduo de *Ipomea batatas* (L.) Lam

A **Tabela 4** apresenta os resultados obtidos para as análises químicas do biorresíduo de batata-doce, para o perfil individual de açúcares, ácidos orgânicos e ácidos gordos. Os dados estão apresentados em valores médios e expressos em função do peso fresco das folhas (pf).

Tabela 4- Composição em açúcares livres, ácidos gordos e ácidos orgânicos do biorresíduo de *I. batatas*; (média \pm DP).

Açúcares (g/100g pf)		
	Frutose	0,680 \pm 0,003
	Glucose	0,60 \pm 0,01
	Sacarose	0,33 \pm 0,02
	Trealose	0,100 \pm 0,005
	Total	1,71 \pm 0,01
Ácidos gordos (%)		
C10:0	Ácido cáprico	5,2 \pm 0,1
C12:0	Ácido láurico	5,02 \pm 0,02
C16:0	Ácido palmítico	21,8 \pm 0,5
C18:0	Ácido esteárico	7,55 \pm 0,03
C18:1n9c	Ácido oleico	5,0 \pm 0,2
C18:2n6c	Ácido linoleico	19 \pm 1
C18:3n3	Ácido α -linolénico	36,71 \pm 0,01
	SFA	39,6 \pm 0,5
	MUFA	5,0 \pm 0,2
	PUFA	55,7 \pm 1
Ácidos orgânicos (g/100g pf)		
	Oxálico	0,34 \pm 0,01
	Quínico	0,35 \pm 0,01
	Málico	0,261 \pm 0,002
	Shiquímico	0,00252 \pm 0,00004
	Cítrico	0,126 \pm 0,004

Fumárico	0,00158 ± 0,00005
Total	1,08 ± 0,02

SFA: ácidos gordos saturados; MUFA: ácidos gordos monoinsaturados; PUFA: ácidos gordos polinsaturados. Os resultados são expressos em média ± desvio padrão.

O perfil individual de açúcares demonstrou que o biorresíduo de batata-doce apresentou os dissacarídeos sacarose e trealose com $0,33 \pm 0,02$ e $0,100 \pm 0,005$ g/100g (pf) respetivamente e os monossacarídeos frutose e glucose na sua composição, com $0,680 \pm 0,003$ e $0,60 \pm 0,01$ g/100g (pf) respetivamente, dando um total de $1,71 \pm 0,01$ g/100g (pf) em açúcares. Por sua vez, um estudo desenvolvido por Tang et al. (2021) que pretendeu caracterizar 11 cultivares de folhas de batata-doce, observaram apenas a presença de glucose com valores que variaram entre $2,94 \pm 0,08$ e $7,91 \pm 0,33$ /100g (ps).

Relativamente ao perfil em ácido gordos, o biorresíduo de batata-doce analisado apresentou 7 compostos na sua composição, sendo, o ácido α -linolénico (C18:3n3), ácido palmítico (C16:0) e ácido linoleico (C18:2n6c) os maioritários. Estes representam aproximadamente 77% dos ácidos gordos presentes no biorresíduo de batata-doce, onde 55% são ácidos gordos polinsaturados e 22% ácidos gordos saturados. O ácido α -linolénico e ácido linoleico são conhecidos como ómega-3 e ómega-6, respetivamente. Sabe-se que estes ácidos gordos polinsaturados são associados à redução do risco de doenças e a melhoria da saúde, proporcionando propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, além de reduzirem o risco de doenças cardiovasculares (Djuricic & Calder, 2021).

Napolitano et al. (2007) fizeram a identificação da composição em ácidos gordos das folhas de batata-doce e os resultados indicaram a presença dos ácidos C16:0, C18:0, C18:1 [*cis* n-9], C18:2 [*cis* n-6, 9], C18:3 [*cis* n-3, 6, 9], C19: 2, C20:0, C20:1 [*trans* n-9] e C21:0, sendo que os últimos quatro não foram identificados no presente trabalho.

Não foram encontrados na literatura trabalhos que identificaram o ácido cáprico (C10:0) e o ácido láurico (C12:0) que foram detetados neste estudo.

Por fim, no presente estudo foram também identificados 6 ácidos orgânicos no biorresíduo de batata-doce, com um total de 1,08 g/100g sendo eles: oxálico, quínico, málico, shiquímico, cítrico e fumárico. Os mais representativos foram os ácidos quínico ($0,35 \pm 0,01$ g/100g), oxálico ($0,34 \pm 0,01$ g/100g) e málico ($0,261 \pm 0,002$ g/100g).

Dentre os benefícios para a saúde da ingestão de ácidos orgânicos na alimentação, estes compostos podem contribuir com a inibição do crescimento de bactérias intestinais patogênicas e ajudar com a melhora no funcionamento do intestino (Chen et al. 2023).

O ácido quínico, detetado em maior quantidade no biorresíduo oriundo da colheita de batata-doce, é um ácido orgânico muito encontrado em partes áreas de diversas plantas e apresenta atividades biológicas como antioxidante, antidiabética, anticancerígena, antimicrobiana e antiviral (Benali et al., 2022).

Já o ácido málico desempenha um papel importante, aumentando a resistência à fadiga e protegendo órgãos vitais como fígado, rins e coração. Além disso, em contexto alimentar, o ácido málico apresenta capacidade antioxidante, que ajuda a retardar o processo de rancidez dos alimentos causado pela oxidação (Chen et al., 2023).

Relativamente a dados fornecidos pela literatura, não foram encontrados estudos sobre a composição em ácidos orgânicos para o biorresíduo de *I. batatas*, tornando este estudo pioneiro nesta avaliação.

A **Tabela 5** apresenta a quantificação dos compostos fenólicos presentes no extrato hidroetanólico obtido a partir do biorresíduo de batata-doce, juntamente com os dados cromatográficos de cada pico em termos de tempos de retenção (TR), comprimento de onda de absorção máxima na região de UV-Vis (λ_{max}), íão pseudomolecular ([M-H]⁻) e a fragmentação do íão molecular principal (MS²). Foram identificados um total de 8 compostos fenólicos. Relativamente aos compostos fenólicos, o composto 1 ([M-H]⁻ a m/z 353) foi identificado como ácido *cis*-5-*O*-cafeoilquínico com base no seu espectro UV (λ_{max} de 323) e a produção do fragmento MS² a m/z 191, 179, 173 e 135; o composto 2 ([MH]⁻ a m/z 353) foi identificado como ácido *trans* 5-*O*-cafeoilquínico com base no seu espectro UV (λ_{max} de 324) e a produção do fragmento MS² a m/z 191, 179, 173 e 135; o composto 3 ([M-H]⁻ a m/z 179) foi identificado como ácido cafeico com base no seu espectro UV (λ_{max} de 324) e a produção do fragmento MS² a m/z 161 e 135; o composto 4 ([M-H]⁻ a m/z 609) foi identificado como quercetina-3-*O*-*deoxy*-hexosil-hexosídeo com base no seu espectro UV (λ_{max} de 334) e a produção do fragmento MS² a m/z 301; o composto 5 ([M-H]⁻ a m/z 515) foi identificado como ácido 1,4-*O*-dicafeoilquínico com base no seu espectro UV (λ_{max} de 326) e a produção do fragmento MS² a m/z 353, 335, 191, 179, 173 e 135; o composto 6 ([M-H]⁻ a m/z 515) foi identificado como ácido 3,5-*O*-dicafeoilquínico com base no seu espectro UV (λ_{max} de 325) e a produção do fragmento MS² a m/z 353, 191, 179, 173 e 135, o compostos 7 ([M-H]⁻ a m/z 515) foi identificado como ácido 1,3-*O*-dicafeoilquínico com base no seu espectro UV (λ_{max} de 327) e a

produção do fragmento MS² a m/z 353, 191, 179, 173 e 155, e, por fim, o composto 8 foi identificado como ácido *O*-dicafeoilquínico com base no seu espectro UV (λ_{max} de 325) e a produção do fragmento MS² 353.

Relativamente à concentração obtida, destacou-se o ácido 1,3-*O*-dicafeiolquínico ($19,83 \pm 0,41$ mg/g), seguido do ácido trans 5-*O*-cafeoilquínico ($13,13 \pm 0,14$ mg/g), ácido 1,4-*O*-dicafeiolquínico ($9,31 \pm 0,72$ mg/g), ácido 3,4-*O*-dicafeiolquínico ($5,63 \pm 0,07$ mg/g), ácido *O*-dicafeiolquínico ($3,06 \pm 0,08$ mg/g), ácido cis-5-*O*-cafeoilquínico ($1,51 \pm 0,06$ mg/g), quercetina-*O*-deoxy-hexosil-hexosídeo ($1,17 \pm 0,01$ mg/g) e ácido cafeíco ($0,32 \pm 0,02$ mg/g). Observa-se que o extrato hidroetanólico apresenta um total de $53,96 \pm 0,42$ mg/g, dos quais $52,79 \pm 0,43$ mg/g são ácidos fenólicos totais e os restantes $1,17 \pm 0,01$ mg/g são flavonoides totais.

Tabela 5- Tempo de retenção (TR), comprimento de onda de máxima absorção na região UV-Vis (λ_{\max}), dados espectrais de massa, fragmento principal, tentativa de identificação e quantificação de compostos fenólicos presentes no extrato hidroetanólico obtido a partir do biorresíduo de *I. batatas* (média \pm DP).

Pico	TR (min)	λ_{\max} (nm)	[M-H] ⁻ (m/z)	Fragmento principal	Tentativa de identificação	Quantificação em Extrato (mg/g)
				ESI- MSn [intensidade (%)]		
1	5,19	323	353	191(100, pico de base),179(8),173(4),135(5)	Ácido <i>cis</i> -5- <i>O</i> -cafeoilquínico	1,51 \pm 0,06
2	5,78	324	353	191(100, pico de base),179(11),173(9),135(5)	Ácido <i>trans</i> -5- <i>O</i> -cafeoilquínico	13,13 \pm 0,14
3	8,27	324	179	161(100),135(17)	Ácido cafeico	0,32 \pm 0,02
4	16,08	334	609	301(100)	Quercetina- <i>O</i> -deoxy-hexosil-hexosídeo	1,17 \pm 0,01
5	16,79	326	515	353 (100, pico de base),335(15),191(10);179(81),173(100, pico de base),135(5)	Ácido 1,4- <i>O</i> -dicafeiolquínico	9,31 \pm 0,72
6	17,09	325	515	MS ² : 353 (100, pico de base); 191(77),179(53),173(100, pico de base),155(13)	Ácido 3,4- <i>O</i> -dicafeiolquínico	5,63 \pm 0,07
7	18,15	327	515	MS ² : 353 (100, pico de base); 191(100, pico de base),179(40),173(25),135(12)	Ácido 1,3- <i>O</i> -dicafeiolquínico	19,83 \pm 0,41
8	20,65	325	515	MS ² : 353 (100, pico de base)	Ácido <i>O</i> -dicafeiolquínico	3,06 \pm 0,08
CFT						53,96 \pm 0,42
AFT						52,79 \pm 0,43
FT						1,17 \pm 0,01

CFT- conteúdo fenólico total; AFT – ácidos fenólicos totais; FT- flavonoides totais. Curvas de calibração utilizadas: Ácido *cis*-5-*O*-cafeoilquínico, ácido *cis*-5-*O*-cafeoilquínico, ácido 1,4-*O*-dicafeiolquínico, ácido 3,4-*O*-dicafeiolquínico, ácido 1,3-*O*-dicafeiolquínico e o ácido *O*-dicafeiolquínico ($y = 168823x - 16172$); ácido cafeico ($y = 388345x + 406369$) e quercetina-*O*-deoxy-hexosil-hexosídeo ($y = 34843x - 160173$).

A presença dos compostos fenólicos nas indústrias alimentares e farmacêutica tem contribuído para aprimorar a qualidade dos alimentos e medicamentos. Devido às suas propriedades antioxidantes, esses compostos desempenham um papel fundamental na manutenção da estabilidade oxidativa dos alimentos. Além disso, os compostos fenólicos têm sido utilizados na indústria farmacêutica, sendo aplicados no desenvolvimento de novos agentes medicinais devido aos seus diversos benefícios para a saúde (Rasouli et al., 2017). Dentre os benefícios descritos na literatura estão a capacidade antioxidante, antimicrobiana, efeitos anti-alérgicos, anti-inflamatórios, antitrombóticos, cardioprotetores e vasodilatadores (Shahidi et al., 2019).

Os derivados dos ácido cafeoilquínico estão relacionados com propriedades antimutagênicas e antioxidantes, e as folhas de batata-doce apresentam estes compostos em maiores níveis quando comparado a outros vegetais comerciais e até mesmo em relação à raiz da própria batata-doce (Amagloh et al., 2017).

Sun, Mu, Xi, Zhang, et al. (2014) avaliaram a composição nutricional e funcional de folhas de 40 cultivares de batata-doce. Ao analisarem o conteúdo total de compostos fenólicos por métodos colorimétricos, obtiveram uma média de 7,08 g EAC/100g (ps) com resultados que variaram de $2,73 \pm 0,02$ a $12,46 \pm 0,62$ g EAC/100g (ps). Apesar de determinados por métodos diferentes, neste estudo o conteúdo de fenólicos totais foi de $53,96 \pm 0,42$ mg/g (pf), que condiz com o avaliado pelos autores.

Da mesma forma, Amagloh et al. (2017) realizou a análise colorimétrica para a avaliação do conteúdo fenólico total de folhas de 5 cultivares diferentes de batata-doce e obtiveram resultados entre $231,44 \pm 49,77$ a $506,93 \pm 86,76$ mg EAG/100g (pf), resultado este, muito inferior ao obtido por método cromatográfico neste estudo.

Já no estudo de Jang & Koh (2019), os autores avaliaram o conteúdo fenólico por método colorimétrico e também a quantificação de ácidos fenólicos por HPLC de 6 cultivares de batata-doce, tanto das folhas quanto dos pecíolos. Para as folhas obtiveram valores que variaram de $0,65 \pm 0,07$ a $1,91 \pm 0,03$ g EAC/100g (pf) para os fenólicos totais, também um resultado inferior ao encontrado no presente estudo. Os mesmos autores identificaram 4 ácidos fenólicos, sendo eles ácido clorogênico, ácido 4,5-dicafeoilquínico, ácido 3,5-dicafeoilquínico e ácido 3,4-dicafeoilquínico. O único detetado no presente trabalho foi o 3,4-dicafeoilquínico, que apresentou concentração superior ao detetado pelo estudo de Jang & Koh (2019).

Makori et al. (2020) avaliou as diferentes partes de 4 cultivares de batata-doce com relação a composição fenólica total, flavonoide total e o perfil fenólico individual

para os ácidos fenólicos. Para fenóis totais nas folhas obtiverem resultados que variaram de $6050 \pm 0,16$ a $12080 \pm 0,58$ mg EAC/100g (ps). Para flavonoides totais nas folhas os resultados variaram de $1560 \pm 0,41$ a $4210 \pm 0,74$ mg EQ/100g (ps). Já com relação ao perfil fenólico, os autores identificaram 8 picos de compostos que são: ácido 5-*O*-cafeoilquínico, ácido 3-*O*-cafeoilquínico, ácido 4-*O*-cafeoilquínico, ácido cafeico, ácido 4,5-di-*O*-cafeoilquínico, ácido 3,5-di-*O*-cafeoilquínico, ácido 3,4-di-*O*-cafeoilquínico e ácido 3,4,5-tri-*O*-cafeoilquínico. Destes, 3 também foram detetados no presente estudo para o extrato obtido da folha de batata-doce.

Os autores Suárez et al. (2020) também avaliaram o conteúdo fenólico individual para as folhas de batata-doce colhidas em 3 tempos diferentes e conseguiram identificar 9 compostos: ácido 5-*O*-cafeoilquínico, ácido 3-*O*-cafeoilquínico, ácido cafeico, isoquercitina, ácido 4,5-di-*O*-cafeoilquínico, ácido 3,5-di-*O*-cafeoilquínico, ácido 3,4-di-*O*-cafeoilquínico, ácido 3,4,5-tri-*O*-cafeoilquínico e a quercetina.

López-Martínez et al. (2023) publicaram um trabalho no qual apresenta uma compilação de vários estudos que envolvem a identificação e quantificação de compostos bioativos presentes em folhas de batata-doce. A recolha de dados realizada revelam a identificação de até 15 ácidos fenólicos para as folhas de batata-doce (ácido 1-cafeoilquínico, ácido 5-cafeoilquínico, esculina, 3,4-di-hidroxibenzaldeído, ácido 3-cafeoilquínico, ácido 4-cafeoilquínico, ácido cafeico, 7-hidroxicumarina, ácido 3,4-dicafeoilquínico, ácido 3,5-dicafeoilquínico, ácido 4,5-cafeoilquínico, ácido 3,4,5-cafeoilquínico, cafeato de etila, ácido sinápico e *p*-cumárico) e de 17 flavonoides (apigenina, cianidina, miricetina, luteolina, quercetina, isoquercitina, rutina, ombuína, kaempferol, hiperosídeo, astragalina, diosmetina, jaceosidina, crisina, pectolinarigenina, tilirosídeo e ramnetina).

Como observado, são vários os compostos que podem ser encontrados nas folhas de batata-doce. Esta variedade de compostos extraídos podem ser variadas dependendo da metodologias de extração, solventes e técnicas de secagem utilizados, da mesma forma que o genótipo da batata-doce também pode originar diferentes compostos (Chiu et al., 2022). Um estudo realizado por Sasaki et al. (2015), demonstrou que o conteúdo de compostos como ácido cafeico e ácido cafeoilquínico encontrados nas folhas da batata-doce, também podem ser alterados devido às condições ambientais de temperatura e intensidade da radiação solar.

4.3. Avaliação das propriedades bioativas do extrato hidroetanólico obtido a partir do biorresíduo de *Ipomea batatas* (L.) Lam

4.3.1. Antioxidantes

O potencial antioxidante das amostras foi determinado através dos ensaios *in vitro* de inibição da peroxidação lipídica (TBARS) e da atividade antioxidante celular (AAC).

Quando analisado o resultado para o ensaio de TBARS, a concentração de amostra necessária para garantir 50% de atividade antioxidante (EC_{50}) do extrato hidroetanólico do biorresíduo de batata-doce foi de $5,3 \pm 0,3 \mu\text{g/mL}$, o que mostra que o extrato tem bom poder antioxidante e exerce efeito protetor contra a peroxidação lipídica.

A fim de medir a capacidade que os compostos antioxidantes possuem em evitar a formação do radical peroxidil, produto reativo a oxidação lipídica em células, a maior concentração de extrato testada foi de $2000 \mu\text{g/mL}$, na qual apresentou 28% de inibição.

Não foram encontrados na literatura estudos que avaliaram a atividade antioxidante pelos mesmos métodos testados no presente estudo (TBARS e AAC), no entanto, diferentes métodos de avaliação foram realizados para verificar o poder antioxidante da folha de batata-doce, como ABTS, DPPH, FRAP, ORAC e poder redutor.

Moura et al. (2021) avaliaram as folhas da batata-doce e realizaram os ensaios da atividade antioxidante pelos métodos de ABTS e DPPH. Obtiveram $76,09 \pm 1,80 \mu\text{g/mL}$ para ABTS e $196,51 \pm 2,14 \mu\text{g/mL}$ para DPPH, apresentando bons resultados visto a baixa concentração necessária para inibição de ambos os radicais.

Jang & Koh (2019) avaliaram 6 cultivares diferentes de batata-doce quanto a atividade antioxidante pelos métodos de DPPH e poder redutor. Para ambos os ensaios encontraram valores de EC_{50} baixos, o que representa maior atividade antioxidante, e também verificaram que as folhas são melhores antioxidantes que as demais partes da batata-doce.

Da mesma forma, Makori et al. (2020), também realizaram as mesmas análises (FRAP, DPPH e ABTS) em folhas de 4 diferentes cultivares de batata-doce e também nas restantes partes (talo, caule, casca e polpa). Para a análise de ABTS obtiveram um intervalo de $3950 \pm 0,11$ a $5300 \pm 0,19 \text{ mg EAA/100g (ps)}$; para DPPH obtiveram um intervalo de $2580 \pm 0,33$ a $2920 \pm 0,34 \text{ mg EAA/100g (ps)}$; e para FRAP obtiveram intervalo entre $440 \pm 0,52$ a $550 \pm 0,21 \text{ mg ET/100g (ps)}$. Concluíram que as folhas são melhores antioxidantes que as restantes partes da batata-doce e que essa atividade tem uma forte correlação com a composição fenólica das mesmas.

Sui et al. (2019) avaliaram o efeito de três procedimentos de secagem (a vácuo por micro-ondas, secagem por ar quente e por liofilização) em relação aos efeitos nas propriedades funcionais das folhas de batata-doce. Foi avaliada a atividade antioxidante pela metodologia ORAC. O procedimento de liofilização obteve destaque para a atividade antioxidante e os resultados correlacionaram-se com o conteúdo total de polifenóis.

Luo et al. (2021) avaliaram a atividade antioxidante (ABTS, DPPH e FRAP) dos ácidos fenólicos individuais e compostos flavonoides das folhas de batata-doce. Para ABTS obtiveram $54 \pm 1 \mu\text{g/mL}$ para ácidos fenólicos e $70 \pm 2 \mu\text{g/mL}$ para os flavonoides; para DPPH obtiveram $49 \pm 2 \mu\text{g/mL}$ para ácidos fenólicos e 50 ± 1 para os flavonoides; e FRAP obtiveram $5,13 \pm 0,00 \text{ g ET/g ps}$ para ácidos fenólicos e $5,41 \pm 0,01 \text{ g ET/g ps}$ para os flavonoides. Para as três metodologias testadas, tanto os ácidos fenólicos como os flavonoides extraídos das folhas de batata-doce se mostraram fontes promissoras de compostos antioxidante.

Com base nos estudos realizados, observa-se que as folhas de *I. batatas* são fontes favoráveis de compostos antioxidantes, que podem vir a ser mais explorados para obtenção de um ingrediente funcional com potencial conservante.

4.3.2. Antimicrobiana

A **Tabela 6** apresenta os resultados obtidos para os ensaios de atividade antibacteriana do extrato hidroetanólico obtido a partir do biorresíduo de batata-doce. Os resultados são apresentados em relação à menor concentração necessária (mg/mL) para inibir 50% do crescimento bacteriano (CMI) e a menor concentração bactericida (CMB).

Tabela 6- Atividade antibacteriana (CMI e CMB mg/mL) do extrato obtido a partir do biorresíduo de *I. batatas*.

		<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. typhimurium</i>	<i>En. cloacae</i>
Extrato	CMI	4	1	2	2	2	2
	CMB	8	2	4	4	4	4
E211	CMI	4	0,5	1	1	1	2
	CMB	4	0,5	2	2	2	4
E224	CMI	1	2	0,5	0,5	1	0,5
	CMB	1	4	1	1	1	0,5

Extrato: Extrato obtido a partir do biorresíduo de *Ipomea batatas* (L.) Lam; *S. aureus*: *Staphylococcus aureus*; *B. cereus*: *Bacillus cereus*; *L. monocytogenes*: *Listeria monocytogenes*; *E.coli*: *Escherichia coli*; *S. typhimurium*: *Salmonella typhimurium*; *En. cloacae*: *Enterobacter cloacae*; CMI: concentração mínima inibitória e CMB: concentração mínima bactericida; E211- Benzoato de sódio e E224- Metabissulfito de potássio.

Através dos resultados obtidos, foi possível observar que as estirpes estudadas foram afetadas quando analisadas com extrato, o que mostra que o extrato apresenta capacidades bacteriostática e bactericida. Tanto para CMI quanto para CMB, a bactéria mais suscetível ao extrato foi a *Bacillus cereus*, com uma concentração de 1 mg/mL e 2 mg/mL, respectivamente. Para as demais estirpes, com exceção da *Staphylococcus aureus*, as concentrações para CMI e CMB foram 2 e 4 mg/mL, respectivamente.

Quando analisada a atividade antibacteriana do conservante E211, usado como controlo positivo, comparada a atividade antibacteriana apresentada pelo extrato hidroetanólico do biorresíduo de batata-doce, o mesmo apresentou concentração igual (2 e 4 mg/mL) para as estirpes *Enterobacter cloacae* e *Staphylococcus aureus*, enquanto para as demais a concentração necessária para CMI foi inferior. Já para CMB, a concentração foi a mesma entre o conservante e o extrato para a estirpe *Enterobacter cloacae* (4 mg/mL) e menor para as demais estirpes.

No que diz respeito ao metabissulfito de potássio (E224), usado também como controlo positivo, o extrato apresentou uma melhor atividade antiproliferativa quando comparado a este conservante sintético. Observou-se uma concentração mínima inibitória de 1 mg/mL do extrato frente a estirpe de *Bacillus cereus* e 2 mg/mL para o conservante (E244).

José et al. (2015) avaliaram a atividade antibacteriana de diferentes extratos de folhas de batata-doce, frente a bactérias de interesse alimentar (*Salmonella Enteritidis* (ATCC 11076), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) e *Escherichia coli* (ATCC 11229)), e correlacionaram a atividade antimicrobiana com os teores de polifenóis totais e de antocianinas. Observaram uma correlação positiva entre a concentração de compostos fenólicos e a inativação e inibição de todas as estirpes testadas com os extratos alcoólicos das folhas de batata-doce, sendo significativamente mais resistente, *Staphylococcus aureus*, assim como neste estudo.

O mesmo não ocorreu no estudo de Pochapski et al. (2011) que realizou teste de difusão em discos de ágar e teste de difusão em poço de ágar para os microrganismos testados (*S. mutans*, *S. mitis*, *S. aureus* e *C. albicans*) e não foram observadas inibição do crescimento microbiano. Os autores justificaram a ausência de atividade antimicrobiana devido as diferenças na composição fitoquímica e na metodologia dos testes antimicrobianos.

A **Tabela 7** apresenta os resultados obtidos para os ensaios de atividade antifúngica do extrato obtido a partir do biorresíduo de batata-doce. Os resultados são

apresentados em relação à menor concentração necessária (mg/mL) para inibir 50% do crescimento fúngico (CMI) e a menor concentração fungicida (CMF).

Tabela 7- Atividade antifúngica (CMI e CMF mg/mL) do extrato obtido a partir do biorresíduo de *I. batatas*.

		<i>A. fumigatus</i>	<i>A. versicolor</i>	<i>P. fusiculosum</i>	<i>P. verrucosum</i> <i>var. cyclopium</i>	<i>T. víride</i>
Extrato	CMI	0,125	0,5	0,25	0,5	0,25
	CMF	0,25	1	0,5	1	0,5
E211	CMI	1	2	1	2	1
	CMF	2	2	2	4	2
E224	CMI	1	1	0,5	1	0,5
	CMF	1	1	0,5	1	0,5

Extrato: Extrato obtido a partir do biorresíduo de *Ipomea batatas* (L.) Lam; *A. fumigatus*: *Aspergillus fumigatus*; *A. versicolor*: *Aspergillus versicolor*; *P. fusiculosum*: *Penicillium fusiculosum*; *P. verrucosum* var. *cyclopium*: *Penicillium verrucosum* var. *cyclopium*; *T. víride*: *Trichoderma víride*; CMI: concentração mínima inibitória e CMF: concentração mínima fungicida; E211- Benzoato de sódio e E224- Metabissulfito de potássio.

Através dos resultados obtidos, pode-se observar que as estirpes estudadas foram afetadas quando analisadas junto ao extrato, o que mostra que o extrato apresenta capacidades fungioestática e fungicida. Tanto para CMI quanto para CMF, o fungo mais suscetível ao extrato foi o *Aspergillus fumigatus*, com uma concentração de 0,125 mg/mL e 0,25 mg/mL, respectivamente. Para as restantes estirpes as concentrações não excederam 1 mg/mL para CMI e CMF.

Quando analisados os conservantes E211 e E224 (usados como controles positivos) e comparados com a atividade do extrato, o extrato mostrou-se superior a E211 em todos os fungos testados, tanto para CMI quanto para CMF. Já comparado ao conservante E224, o extrato mostrou-se superior para CMI em todas as estirpes e teve desempenho superior para CMF apenas no fungo *Aspergillus fumigatus*, sendo para os demais fungos a mesma atividade.

Como já mencionado, Pochapski et al. (2011) não observaram inibição do crescimento microbiano pelos teste de difusão em discos de ágar e teste de difusão em poço de ágar para os microrganismos testados (*S. mutans*, *S. mitis*, *S. aureus* e *C. albicans*), sendo *C. albicans* um fungo.

Wen et al. (2016) avaliaram os efeitos das antocianinas da batata-doce roxa sobre o crescimento fúngico de *Geotrichum candidum* e *Candida albicans*. Os mesmo aplicaram a metodologia de superfície de resposta para otimização das proporções de

benzoato de sódio, sorbato de potássio e extrato a serem testadas. Verificaram que o extrato antociânico obtido da folha de batata-doce exibiu propriedades antifúngicas aprimoradas na presença de conservantes de alimentos, sendo as concentrações ótimas contra *G. candidum* 0,300 mg/mL de benzoato de sódio, 0,290 mg/mL de sorbato de potássio e 13,9 mg/mL de extrato e as concentrações ótimas contra *C. albicans* foram 0,380 mg/mL de benzoato de sódio, 0,240 mg/mL de sorbato de potássio e 3,56 mg/mL de extrato.

De acordo com um estudo realizado por Ayeleso et al. (2016), foi observado que as folhas de batata-doce apresentam resultados mais promissores em termos de atividades antimicrobianas em comparação com a raiz, que é mais consumida pela população em geral. Através dos resultados obtidos para a atividade antimicrobiana, o extrato obtido a partir do biorresíduo de batata-doce, mostrou maior eficiência frente aos fungos do que para as atividades antibacterianas.

4.3.3. Atividade anti-inflamatória e potencial citotóxico

A **Tabela 8** apresenta os resultados para as atividade anti-inflamatória testada em células macrófagas de rato (RAW 254.7) e o potencial citotóxico testado em linhas celulares tumorais (AGS, CaCo, MCF-7 e NCI-H460) e numa linha celular não tumoral (VERO).

Tabela 8 – Atividade anti-inflamatória e atividade citotóxica do extrato hidroetanólico obtido a partir do biorresíduo de *I. batatas*.

Atividade Anti-inflamatória	IC ₅₀ (µg/mL)
RAW 254.7	> 400
Atividade Citotóxica	GI ₅₀ (µg/mL)
AGS	267 ± 15
CaCo	> 400
MCF-7	> 400
NCI-H460	> 400
VERO	> 400

RAW 264.7: células macrófagas de rato; AGS: adenocarcinoma gástrico; CaCo: adenocarcinoma colorretal; MCF-7: carcinoma da mama; NCI-H460: carcinoma de pulmão; VERO: linha celular não tumoral.

Através dos resultados obtidos, não foi verificada atividade anti-inflamatória ($IC_{50} > 400 \mu\text{g/mL}$) para o extrato hidroetanólico nas concentrações testadas.

Kang et al. (2014), avaliaram o extrato obtido a partir das folhas de batata-doce em células microgliciais BV-2 e obtiveram resultados promissores para atividades neuro-inflamatórias, que pode estar relacionada com sua ação antioxidante.

Quando analisados os resultados obtidos para os ensaios de citotoxicidade, apresentados na **Tabela 8**, o extrato hidroetanólico obtido a partir do biorresíduo de batata-doce, não apresentou capacidade antiproliferativa nas linhas celulares tumorais CaCo, MCF-7 e NCI-H460, apenas na linha AGS se verificou a ação inibitória do extrato.

O mesmo ocorreu para a linha celular não tumoral de rim de macaco (VERO), no qual o extrato não demonstrou atividade na concentração máxima testada ($GI_{50} > 400 \mu\text{g/mL}$), o que indica ser seguro para ingestão na concentração testada, entretanto para melhor confirmação também seria necessário a realização de análises *in vivo*.

Moura et al. (2021) avaliaram o extrato obtido a partir das folhas de *I. batatas* e de outras plantas (Major Gomes (*Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn.) e Caruru (*Amaranthus deflexus* L.)) e nenhum dos extratos estudados apresentaram citotoxicidade para as concentrações testadas (50, 100 e 1000 $\mu\text{g/mL}$), pois obteve-se uma viabilidade superior a 70%.

Os resultados obtidos para potencial citotóxico e atividade anti-inflamatória não foram como esperado, pois, tais atividades não se mostraram promissoras para uma possível aplicação do extrato obtido a partir do biorresíduo de batata-doce nas concentrações testadas. Seriam necessários novos testes com concentrações maiores de extrato para verificar se ocorre uma melhor ação bioativa.

Entretanto, no estudo de Chiu et al. (2022) o extrato obtido das folhas de batata-doce mostraram um potencial para se tornar um novo ingrediente bioativo para a indústria alimentícia, por sua capacidade antioxidante, podendo ser aplicado na forma seca, em cápsulas ou como infusões, atuando na redução de danos oxidativos e auxiliando na prevenção de doenças crônicas induzidas por espécies reativas de oxigênio.

Desta forma, o biorresíduo oriundo do processo de colheita da batata-doce analisado no presente estudo, também pode ser capaz de atuar como ingrediente para as diversas indústrias e ajudar na redução do impacto ambiental causado pelo descarte (muitas vezes inadequado) deste biorresíduo.

5. Conclusão

O presente estudo centrou-se na caracterização das folhas de *I. batatas* (um biorresíduo obtido na colheita de batata-doce) quanto à sua composição nutricional, química e ação bioativa, no sentido de promover a sua valorização.

Com base nos resultados da composição nutricional, observou-se que o biorresíduo de batata-doce é fonte de proteína e apresenta baixa concentração em hidratos de carbono e lípidos e, conseqüentemente, baixo valor calórico. Também a composição química, provou a presença de vários compostos de interesse, nomeadamente de ácidos gordos polinsaturados e ácidos orgânicos.

Quanto ao potencial bioativo, o extrato mostrou uma ação antioxidante e antimicrobiana bastante promissora e, apesar de não ter sido demonstrada atividade antiproliferativa em todas as linhas celulares tumorais testadas, o extrato mostrou ser seguro para consumo visto não apresentar toxicidade na linha celular não tumoral para a concentração testada.

Desta forma, a caracterização do biorresíduo de *I. batatas* revelou ter potencial como ingrediente natural funcionalizante para aplicações nos setores alimentar e farmacêutico. Isso indica um caminho para o desenvolvimento de novos produtos diferenciadores, naturais e saudáveis, que vão de encontro à crescente demanda dos consumidores.

Não obstante, é importante ressaltar os pontos positivos deste estudo nas esferas ambiental, social e económica. Do ponto de vista ambiental, a utilização do biorresíduo de *I. batatas* pode reduzir potencialmente o impacto ambiental associado à produção do mesmo, contribuindo com a economia circular e com as medidas da Agência Europeia do Ambiente que preveem a redução do descarte inadequado dos resíduos agroalimentares nos próximos anos.

No contexto social, a incorporação do biorresíduo de *I. batatas* na indústria alimentar e farmacêutica pode contribuir para a diversificação e enriquecimento de produtos saudáveis à população. Os aditivos sintéticos são conhecidos por estarem associados a danos a saúde e o reaproveitamento deste biorresíduo como um ingrediente natural pode vir a substituir os aditivos sintéticos utilizados no setor alimentar, contribuindo para a saúde do consumidor.

Do ponto de vista económico, a valorização/utilização deste biorresíduo como ingrediente funcional pode representar oportunidades de negócios e investimentos em investigação e desenvolvimento. A comercialização de produtos derivados desse

biorresíduo pode impulsionar o setor agrícola e farmacêutico, criando postos de trabalho e estimulando a economia local e, mais uma vez, contribuindo para a economia circular.

Entretanto, mais estudos deverão ser realizados para explorar o processo de otimização de extração de compostos fenólicos, a fim de aumentar a extratibilidade dos mesmos e obter extratos com maior concentração destes compostos. Devem também ser realizados estudos de incorporação, de biodisponibilidade e de estabilidade dos compostos, para poder responder às necessidades da indústria com produtos, não só inovadores e diferenciados, mas com uma eficácia igual aos análogos sintéticos.

6. Referências

- Agência Portuguesa do Ambiente. (2021). *Relatório Anual Resíduos Urbanos 2021*.
https://apambiente.pt/sites/default/files/_Residuos/Producao_Gest%C3%A3o_Residuos/Dados%20RU/RARU_2021.pdf
- Alakomi, H.-L., Maukonen, J., Honkapää, K., Storgårds, E., Quirin, K.-W., Yang, B., & Saarela, M. (2017). Effect of Plant Antimicrobial Agents Containing Marinades on Storage Stability and Microbiological Quality of Broiler Chicken Cuts Packed with Modified Atmosphere Packaging. *Journal of Food Protection*, 80(10), 1689–1696.
<https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-076>
- Alam, M. K. (2021). A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 512–529. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.001>
- Albuquerque, B. R., Heleno, S. A., Oliveira, M. B. P., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2021). Phenolic compounds: Current industrial applications, limitations and future challenges. *Food & Function*, 12(1), 14–29. <https://doi.org/10.1039/D0FO02324H>
- Almargem. (2022). *Ipomea batatas. Biodiversidade a seus pés*.
<http://almargem.org/biodiv/especie/ipomea-batatas/>
- Amagloh, F. K., Atuna, R. A., McBride, R., Carey, E. E., & Christides, T. (2017). Nutrient and Total Polyphenol Contents of Dark Green Leafy Vegetables, and Estimation of Their Iron Bioaccessibility Using the *In Vitro* Digestion/Caco-2 Cell Model. *Foods*, 6(7), Art. 7. <https://doi.org/10.3390/foods6070054>
- AOAC. (2016). *Official Methods of Analysis of AOAC International—20th Edition, 2016*.

APA. (2021). *Biorresíduos* / Agência Portuguesa do Ambiente. <https://apambiente.pt/residuos/biorresiduos>

Associação dos Jovens Agricultores de Portugal. (2018). *Manual Competitividade e Mercados para Culturas Emergentes- A cultura da Batata-doce*. <https://culturasemergentes.ajap.pt/wp-content/uploads/2019/10/a-cultura-da-batata-doce-min.pdf>

Aziz, M., & Karboune, S. (2018). Natural antimicrobial/antioxidant agents in meat and poultry products as well as fruits and vegetables: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(3), 486–511. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1194256>

Barros, L., Oliveira, S., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. F. R. (2010). *In vitro* antioxidant properties and characterization in nutrients and phytochemicals of six medicinal plants from the Portuguese folk medicine. *Industrial Crops and Products*, 32(3), 572–579. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.07.012>

Barros, L., Pereira, E., Calhella, R. C., Dueñas, M., Carvalho, A. M., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. C. F. R. (2013). Bioactivity and chemical characterization in hydrophilic and lipophilic compounds of *Chenopodium ambrosioides* L. *Journal of Functional Foods*, 5(4), 1732–1740. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.07.019>

Benali, T., Bakrim, S., Ghchime, R., Benkhaira, N., El Omari, N., Balahbib, A., Taha, D., Zengin, G., Hasan, M. M., Bibi, S., & Bouyahya, A. (2022). Pharmacological insights into the multifaceted biological properties of quinic acid. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 0(0), 1–30. <https://doi.org/10.1080/02648725.2022.2122303>

Bessada, S. M. F., Barreira, J. C. M., Barros, L., Ferreira, I. C. F. R., & Oliveira, M. B. P. P. (2016). Phenolic profile and antioxidant activity of *Coleostephus myconis* (L.)

Rchb.f.: An underexploited and highly disseminated species. *Industrial Crops and Products*, 89, 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.065>

Bhargava, N., Sharanagat, V. S., Mor, R. S., & Kumar, K. (2020). Active and intelligent biodegradable packaging films using food and food waste-derived bioactive compounds: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 105, 385–401. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.015>

Brusselaers, J., & Linden, A. V. D. (2020). *Bio-waste in Europe—Turning challenges into opportunities*. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/bio-waste-in-europe>

Caldeira, C., De Laurentiis, V., Corrado, S., van Holsteijn, F., & Sala, S. (2019). Quantification of food waste per product group along the food supply chain in the European Union: A mass flow analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 149, 479–488. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.06.011>

Caldeira, C., Vlysidis, A., Fiore, G., De Laurentiis, V., Vignali, G., & Sala, S. (2020). Sustainability of food waste biorefinery: A review on valorisation pathways, techno-economic constraints, and environmental assessment. *Bioresource Technology*, 312, 123575. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123575>

Caleja, C., Barros, L., Antonio, A. L., Caroch, M., Oliveira, M. B. P. P., & Ferreira, I. C. F. R. (2016). Fortification of yogurts with different antioxidant preservatives: A comparative study between natural and synthetic additives. *Food Chemistry*, 210, 262–268. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.114>

Cañas, G., & Braibante, M. (2019). A Química dos Alimentos Funcionais. *Química Nova na Escola*, 41. <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160168>

- Carocho, M., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). Natural food additives: Quo vadis? *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 284–295. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.007>
- Chao, A. M., Quigley, K. M., & Wadden, T. A. (2021). Dietary interventions for obesity: Clinical and mechanistic findings. *The Journal of Clinical Investigation*, 131(1). <https://doi.org/10.1172/JCI140065>
- Che, J., & Yang, X. (2022). A recent (2009–2021) perspective on sustainable color and textile coloration using natural plant resources. *Heliyon*, 8(10), e10979. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10979>
- Chen, H., Yu, F., Kang, J., Li, Q., Warusawitharana, H. K., & Li, B. (2023). Quality Chemistry, Physiological Functions, and Health Benefits of Organic Acids from Tea (*Camellia sinensis*). *Molecules*, 28(5), Art. 5. <https://doi.org/10.3390/molecules28052339>
- Chen, Y., Fu, Z., Tu, Z.-C., Wang, H., Zhang, L., Xie, X., & Liu, G. (2017). Influence of *in vitro* gastrointestinal digestion on the bioavailability and antioxidant activity of polyphenols from *Ipomoea batatas* leaves. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(5), 1131–1137. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13377>
- Chiu, C.-H., Lin, K.-H., Lin, H.-H., Chu, W.-X., Lai, Y.-C., & Chao, P.-Y. (2022). Analysis of Chlorogenic Acid in Sweet Potato Leaf Extracts. *Plants*, 11(15), Art. 15. <https://doi.org/10.3390/plants11152063>
- Cioloaca, M., Bădărău, C. L., Tican, A., & Popa, M. (2021). Antioxidant potential, Total Vitamin C, phenolic and flavonoids content of sweet potato leaves. *Romanian Biotechnological Letters*, 26(2), 2441–2447. <https://doi.org/10.25083/rbl/26.2/2441.2447>

- da Silva, G. O., Ponijaleki, R., & Suinaga, F. A. (2012). Divergência genética entre acessos de batata-doce utilizando caracteres fenotípicos de raiz. *Horticultura Brasileira*, 30, 595–599. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000400006>
- Das, A. K., Islam, Md. N., Faruk, Md. O., Ashaduzzaman, Md., & Dungani, R. (2020). Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities. *South African Journal of Botany*, 135, 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.08.008>
- Diaconeasa, Z., Ayvaz, H., Rugină, D., Leopold, L., Stănilă, A., Socaciu, C., Tăbăran, F., Luput, L., Mada, D. C., Pinte, A., & Jefferson, A. (2017). Melanoma Inhibition by Anthocyanins Is Associated with the Reduction of Oxidative Stress Biomarkers and Changes in Mitochondrial Membrane Potential. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(4), 404–410. <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0638-x>
- Dias, A. (2015). *Cumarinas: Origem, distribuição e efeitos tóxicos* [Dissertação de Mestrado]. <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/11324>
- Dias, R., Oliveira, H., Fernandes, I., Simal-Gandara, J., & Perez-Gregorio, R. (2021). Recent advances in extracting phenolic compounds from food and their use in disease prevention and as cosmetics. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(7), 1130–1151. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1754162>
- Djuricic, I., & Calder, P. C. (2021). Beneficial Outcomes of Omega-6 and Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Human Health: An Update for 2021. *Nutrients*, 13(7), Art. 7. <https://doi.org/10.3390/nu13072421>
- Domenici Roberto, C., Quintão Teixeira, L. J., & Carvalho, R. V. de. (2020). *Tópicos especiais em ciência e tecnologia de alimentos* (Editora Universitária – Edufes, Vol. 1). https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/11618/1/digital_topicos-especiais-em-ciencia-e-tecnologia-de-alimentos.pdf

Eldiehy, K. S. H., Daimary, N., Borah, D., Sarmah, D., Bora, U., Mandal, M., & Deka, D. (2022). Towards biodiesel sustainability: Waste sweet potato leaves as a green heterogeneous catalyst for biodiesel production using microalgal oil and waste cooking oil. *Industrial Crops and Products*, 187, 115467. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115467>

Environment, U. N. (2021, abril 3). *Índice de Desperdício de Alimentos 2021*. UNEP - UN Environment Programme. <http://www.unep.org/pt-br/resources/relatorios/indice-de-desperdicio-de-alimentos-2021>

European Commission (2018). *Proposta de REGULAMENTO DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO relativo ao estabelecimento de um enquadramento para promover o investimento sustentável*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018PC0353&from=en>

European Commission. (2022). *Waste and recycling*. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling_en

Fagundes, M. E. (2020). *Caracterização físico-química e de compostos bioativos de folhas de batata-doce comum e biofortificada (Ipomea batatas L.)* [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná]. <https://tede.unioeste.br/handle/tede/4901>

FAO. (2021). *SOFI 2021: Relatório da ONU destaca impactos da pandemia no aumento da fome no mundo | FAO no Brasil | Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1415747/>

FAOSTAT. (2022). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI>

- Fermoso, F. G., Serrano, A., Alonso-Fariñas, B., Fernández-Bolaños, J., Borja, R., & Rodríguez-Gutiérrez, G. (2018). Valuable Compound Extraction, Anaerobic Digestion, and Composting: A Leading Biorefinery Approach for Agricultural Wastes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(32), 8451–8468. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b02667>
- Ferreira, I. C. F. R., & Abreu, R. M. V. (2007). Stress oxidativo, antioxidantes e fitoquímicos. *Bioanálise*, 32–39.
- Ferreira, M. E. (2021). *Batata-doce. Manual de Boas Práticas Agrícolas*. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. (INIAV, I.P.). <https://projects.inia.pt/BDMIRA/images/divulgacao/manual-tecnico.pdf>
- Ferrentino, G., Asaduzzaman, Md., & Scampicchio, M. M. (2018). Current technologies and new insights for the recovery of high valuable compounds from fruits by-products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(3), 386–404. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1180589>
- Gaspar, L. M. R., Inácio, C. de T., Quintaes, B. R., Carvalho, L. de S. Q., & Peres, A. A. de C. (2020). Economic and financial analysis of the management of organic solid waste from a small-scale agro-processing industry. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 25, 477–488. <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180189>
- Global Biodiversity Information Facility. (2022). *Ipomoea batatas (L.) Lam.* <https://www.gbif.org/pt/species/2928551>
- Ismail, B. P. (2017). Ash Content Determination. Em S. S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis Laboratory Manual* (pp. 117–119). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44127-6_11

- Jabeur, I., Tobaldini, F., Martins, N., Barros, L., Martins, I., Calhella, R. C., Henriques, M., Silva, S., Achour, L., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. C. F. R. (2016). Bioactive properties and functional constituents of *Hypericum androsaemum* L.: A focus on the phenolic profile. *Food Research International*, 89, 422–431. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.040>
- Jang, Y., & Koh, E. (2019). Antioxidant content and activity in leaves and petioles of six sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) and antioxidant properties of blanched leaves. *Food Science and Biotechnology*, 28(2), 337–345. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0481-3>
- Javier, S. L., C., P. C., V., D. L., S., S., & M., A. (2020). *Brief on food waste in the European Union / Knowledge for policy*. European Commission. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/brief-food-waste-european-union_en
- Jensen, M. B., Møller, J., Mønster, J., & Scheutz, C. (2017). Quantification of greenhouse gas emissions from a biological waste treatment facility. *Waste Management*, 67, 375–384. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.033>
- Jiang, T., Ye, S., Liao, W., Wu, M., He, J., Mateus, N., & Oliveira, H. (2022). The botanical profile, phytochemistry, biological activities and protected-delivery systems for purple sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.): An up-to-date review. *Food Research International*, 161, 111811. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111811>
- José, A. E., Carvalho, H. H. C., & Wiest, J. M. (2015). Avaliação do efeito antibacteriano de extratos de folhas de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. frente a bactérias de interesse em alimentos e correlação com os compostos fenólicos. *Revista Ceres*, 62, 421–429. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562050001>
- Kang, H., Kwak, Y., & Koppula, S. (2014). Protective Effect of Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas* Linn, Convolvulaceae) on Neuroinflammatory Responses in

Lipopolysaccharide-Stimulated Microglial Cells. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 13(8), Art. 8. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v13i8.9>

Kehili, M., Schmidt, L. M., Reynolds, W., Zammel, A., Zetzl, C., Smirnova, I., Allouche, N., & Sayadi, S. (2016). Biorefinery cascade processing for creating added value on tomato industrial by-products from Tunisia. *Biotechnology for Biofuels*, 9(1), 261. <https://doi.org/10.1186/s13068-016-0676-x>

Khawand, T., Courtois, A., Valls, J., Richard, T., & Krisa, S. (2018). A review of dietary stilbenes: Sources and bioavailability. *Phytochemistry Reviews*, 17(5), 1007–1029. <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9578-9>

Kumar, N., & Goel, N. (2019). Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology Reports*, 24, e00370. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00370>

Li, T., Shen, P., Liu, W., Liu, C., Liang, R., Yan, N., & Chen, J. (2014). Major Polyphenolics in Pineapple Peels and their Antioxidant Interactions. *International Journal of Food Properties*, 17(8), 1805–1817. <https://doi.org/10.1080/10942912.2012.732168>

Liman, M. L. R., Islam, M. T., Repon, M. R., Hossain, M. M., & Sarker, P. (2021). Comparative dyeing behavior and UV protective characteristics of cotton fabric treated with polyphenols enriched banana and watermelon biowaste. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 21, 100417. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2021.100417>

Liu, R. H. (2003). Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78(3), 517S-520S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.517S>

López-Martínez, L. X., López-Pérez, A. A., González-Córdova, A. F., González-Aguilar, G. A., Colin Chávez, C., Beltrán-Barrientos, L. M., Domínguez-Soberanes, J., & Vargas-Ortiz, M. (2023). Technologies for the Use and Consumption of Sweet Potato Leaves and Their Bioactive Compounds. *ACS Food Science & Technology*, 3(3), 379–393. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.2c00405>

Luo, D., Mu, T., & Sun, H. (2021). Profiling of phenolic acids and flavonoids in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves and evaluation of their anti-oxidant and hypoglycemic activities. *Food Bioscience*, 39, 100801. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100801>

Luo, D., Mu, T.-H., Sun, H., & Chen, J. (2020). Optimization of the formula and processing of a sweet potato leaf powder-based beverage. *Food Science & Nutrition*, 8(6), 2680–2691. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1555>

Makori, S. I., Mu, T.-H., & Sun, H.-N. (2020). Total Polyphenol Content, Antioxidant Activity, and Individual Phenolic Composition of Different Edible Parts of 4 Sweet Potato Cultivars. *Natural Product Communications*, 15(7), 1934578X20936931. <https://doi.org/10.1177/1934578X20936931>

Makori, S. I., Mu, T.-H., & Sun, H.-N. (2022). Functionalization of sweet potato leaf polyphenols by nanostructured composite β -lactoglobulin particles from molecular level complexations: A review. *Food Chemistry*, 372, 131304. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131304>

Manasathien, J., & Khanema, P. (2022). Nutrition, Phytochemicals, Antioxidants, and Cytotoxicity of Sweet Potato Leaf Tea. *Trends in Sciences*, 19(17), Art. 17. <https://doi.org/10.48048/tis.2022.5766>

- M'hiri, N., Ioannou, I., Ghoul, M., & Mihoubi Boudhrioua, N. (2017). Phytochemical characteristics of citrus peel and effect of conventional and nonconventional processing on phenolic compounds: A review. *Food Reviews International*, 33(6), 587–619. <https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1196489>
- Miranda, J. E. C. de, França, F. H., Carrijo, O. A., Souza, A. F., Pereira, W., Lopes, C. A., & Silva, J. B. C. (1995). *A cultura da batata-doce*. - Portal Embrapa. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/755115/a-cultura-da-batata-doce>
- Moreira, B., Pereira, E., C. Finimundy, T., Pinela, J., C. Calhelha, R., Carocho, M., Stojković, D., Sokovic, M., R. Ferreira, I. C. F., Caleja, C., & Barros, L. (2022). Pineapple by-products as a source of bioactive compounds with potential for industrial food application. *Food & Function*, 13(19), 9959–9972. <https://doi.org/10.1039/D2FO00657J>
- Moura, I. O., Santana, C. C., Lourenço, Y. R. F., Souza, M. F., Silva, A. R. S. T., Dolabella, S. S., de Oliveira e Silva, A. M., Oliveira, T. B., Duarte, M. C., & Faraoni, A. S. (2021). Chemical Characterization, Antioxidant Activity and Cytotoxicity of the Unconventional Food Plants: Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) Leaf, Major Gomes (*Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn.) and Caruru (*Amaranthus deflexus* L.). *Waste and Biomass Valorization*, 12(5), 2407–2431. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01186-z>
- Napolitano, A., Carbone, V., Saggese, P., Takagaki, K., & Pizza, C. (2007). Novel Galactolipids from the Leaves of *Ipomoea batatas* L.: Characterization by Liquid Chromatography Coupled with Electrospray Ionization–Quadrupole Time-of-Flight Tandem Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(25), 10289–10297. <https://doi.org/10.1021/jf071331z>

Nguyen, H. C., Chen, C.-C., Lin, K.-H., Chao, P.-Y., Lin, H.-H., & Huang, M.-Y. (2021). Bioactive Compounds, Antioxidants, and Health Benefits of Sweet Potato Leaves. *Molecules*, 26(7), Art. 7. <https://doi.org/10.3390/molecules26071820>

ONU (2019, janeiro 30). *Objetivo 12: Produção e Consumo Sustentáveis*. Nações Unidas - ONU Portugal. <https://unric.org/pt/objetivo-12-producao-e-consumo-sustentaveis/>

Othman, S., Añibarro-Ortega, M., Dias, M. I., Ćirić, A., Mandim, F., Soković, M., Ferreira, I. C. F. R., Pinela, J., & Barros, L. (2022). Valorization of quince peel into functional food ingredients: A path towards “zero waste” and sustainable food systems. *Heliyon*, 8(10), e11042. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11042>

Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: An overview. *Journal of Nutritional Science*, 5, e47. <https://doi.org/10.1017/jns.2016.41>

Regulamento (CE) N.º 1924/2006, 17 (2006). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1924&from=GA>

Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018 que altera a Diretiva 2008/98/CE relativa aos resíduos, Pub. L. No. 2018/851, 32 (2018). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&from=PT>

Pascoalino, L. A., Reis, F. S., Prieto, M. A., Barreira, J. C. M., Ferreira, I. C. F. R., & Barros, L. (2021). Valorization of Bio-Residues from the Processing of Main Portuguese Fruit Crops: From Discarded Waste to Health Promoting Compounds. *Molecules*, 26(9), Art. 9. <https://doi.org/10.3390/molecules26092624>

- Pathak, P. D., Mandavgane, S. A., Puranik, N. M., Jambhulkar, S. J., & Kulkarni, B. D. (2018). Valorization of potato peel: A biorefinery approach. *Critical Reviews in Biotechnology*, 38(2), 218–230. <https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1331337>
- Pereira, E., Barros, L., Martins, A., & Ferreira, I. C. F. R. (2012). Towards chemical and nutritional inventory of Portuguese wild edible mushrooms in different habitats. *Food Chemistry*, 130(2), 394–403. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.057>
- Pires, E. de O., Pereira, E., Carocho, M., Pereira, C., Dias, M. I., Calhelha, R. C., Ćirić, A., Soković, M., Garcia, C. C., Ferreira, I. C. F. R., Caleja, C., & Barros, L. (2021). Study on the Potential Application of *Impatiens balsamina* L. Flowers Extract as a Natural Colouring Ingredient in a Pastry Product. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), Art. 17. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179062>
- Plasencia, P., Heleno, S. A., Finimundy, T., Carocho, M., Calhelha, R. C., Añibarro-Ortega, M., Alves, M. J., Oludemi, T., Quidiongo, N., Barreiro, F., García, P. A., Ferreira, I. C. F. R., & Barros, L. (2023). Recovery of High Valuable Bioactive Molecules from *Vaccinium myrtillus* L. Bioresidues. *Waste and Biomass Valorization*. <https://doi.org/10.1007/s12649-023-02042-6>
- PNPAS- Direção Geral da Saúde. (2015, outubro 7). *Batata-doce* • PNPAS. <https://alimentacaosaudavel.dgs.pt/alimento/batata-doce/>
- Pochapski, M. T., Fosquiera, E. C., Esmerino, L. A., dos Santos, E. B., Farago, P. V., Santos, F. A., & Groppo, F. C. (2011). Phytochemical screening, antioxidant, and antimicrobial activities of the crude leaves' extract from *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *Pharmacognosy Magazine*, 7(26), 165–170. <https://doi.org/10.4103/0973-1296.80682>

- Rashmi, H. B., & Negi, P. S. (2020). Phenolic acids from vegetables: A review on processing stability and health benefits. *Food Research International*, 136, 109298. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109298>
- Rasouli, H., Farzaei, M. H., & Khodarahmi, R. (2017). Polyphenols and their benefits: A review. *International Journal of Food Properties*, 20(sup2), 1700–1741. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1354017>
- Rodrigues, J. P. B., Liberal, Â., Petropoulos, S. A., Ferreira, I. C. F. R., Oliveira, M. B. P. P., Fernandes, Â., & Barros, L. (2022). Agri-Food Surplus, Waste and Loss as Sustainable Biobased Ingredients: A Review. *Molecules*, 27(16), Art. 16. <https://doi.org/10.3390/molecules27165200>
- Salasar, T., Horn, R., Golle, D., Zamberlan, J., Gelatti, G., Koefender, J., & Salazar, R. (2019). *Propriedades nutricionais e benefícios do consumo da polpa e folha de batata doce* (pp. 149–163).
- Santos-Buelga, C., González-Paramás, A. M., Oludemi, T., Ayuda-Durán, B., & González-Manzano, S. (2019). Chapter Four—Plant phenolics as functional food ingredients. Em I. C. F. R. Ferreira & L. Barros (Eds.), *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 90, pp. 183–257). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.02.012>
- Sasaki, K., Oki, T., Kai, Y., Nishiba, Y., & Okuno, S. (2015). Effect of repeated harvesting on the content of caffeic acid and seven species of caffeoylquinic acids in sweet potato leaves. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 79(8), 1308–1314. <https://doi.org/10.1080/09168451.2015.1025032>
- Sawazaki, E. K. M. (2020). *Efeitos positivos da suplementação com farinha de folha de batata-doce biofortificada sobre o metabolismo, adiposidade e estresse oxidativo em*

- ratos wistar machos* (<https://tede.unioeste.br/handle/tede/4902>) [Dissertação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná]. <https://tede.unioeste.br/handle/tede/4902>
- Schiozer, A. L., & Barata, L. E. S. (2013). *Estabilidade de Corantes e Pigmentos de Origem Vegetal*. <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/19149>
- Secretaria de Estado do Ambiente, M. do A. e da A. C. (2020). *BIORRESÍDUOS - CONTAS CERTAS NOS RESÍDUOS*. <https://eco.nomia.pt/contents/documentacao/2020-orientacoes-biorresiduos-v1.pdf>
- Shahidi, F., & Naczk, M. (2003). *Phenolics in Food and Nutraceuticals* (2.^a ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203508732>
- Shahidi, F., Varatharajan, V., Oh, W. Y., & Peng, H. (2019). Phenolic compounds in agri-food by-products, their bioavailability and health effects. *Journal of Food Bioactives*, 5, 57–119. <https://doi.org/10.31665/JFB.2019.5178>
- Silva, G. F. P., Pereira, E., Melgar, B., Stojković, D., Sokovic, M., Calhelha, R. C., Pereira, C., Abreu, R. M. V., Ferreira, I. C. F. R., & Barros, L. (2021). Eggplant Fruit (*Solanum melongena* L.) and Bio-Residues as a Source of Nutrients, Bioactive Compounds, and Food Colorants, Using Innovative Food Technologies. *Applied Sciences*, 11(1), Art. 1. <https://doi.org/10.3390/app11010151>
- Suárez, S., Mu, T., Sun, H., & Añón, M. C. (2020). Antioxidant activity, nutritional, and phenolic composition of sweet potato leaves as affected by harvesting period. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 178–188. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1716796>
- Sui, W., Mu, T., Sun, H., & Yang, H. (2019). Effects of different drying methods on nutritional composition, physicochemical and functional properties of sweet potato

leaves. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(3), e13884.
<https://doi.org/10.1111/jfpp.13884>

Sun, H., Mu, T., Xi, L., & Song, Z. (2014). Effects of Domestic Cooking Methods on Polyphenols and Antioxidant Activity of Sweet Potato Leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(36), 8982–8989. <https://doi.org/10.1021/jf502328d>

Sun, H., Mu, T., Xi, L., Zhang, M., & Chen, J. (2014). Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves as nutritional and functional foods. *Food Chemistry*, 156, 380–389. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.079>

Tang, C.-C., Ameen, A., Fang, B.-P., Liao, M.-H., Chen, J.-Y., Huang, L.-F., Zou, H.-D., & Wang, Z.-Y. (2021). Nutritional composition and health benefits of leaf-vegetable sweet potato in South China. *Journal of Food Composition and Analysis*, 96, 103714. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103714>

Tanikawa, L. M. (2021). *Efeitos da desidratação em estufa e da liofilização na composição nutricional, compostos bioativos e atividade antioxidante nas partes vegetativas da Rumex obtusifolius L.* <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/73472>

Toop, T. A., Ward, S., Oldfield, T., Hull, M., Kirby, M. E., & Theodorou, M. K. (2017). AgroCycle – developing a circular economy in agriculture. *Energy Procedia*, 123, 76–80. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.269>

Truong, V.-D., McFeeters, R. f., Thompson, R. t., Dean, L. l., & Shofran, B. (2007). Phenolic Acid Content and Composition in Leaves and Roots of Common Commercial Sweetpotato (*Ipomea batatas* L.) Cultivars in the United States. *Journal of Food Science*, 72(6), C343–C349. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00415.x>

Ueda, J. M., Pedrosa, M. C., Heleno, S. A., Carocho, M., Ferreira, I. C. F. R., & Barros, L. (2022). Food Additives from Fruit and Vegetable By-Products and Bio-Residues: A Comprehensive Review Focused on Sustainability. *Sustainability*, *14*(9), Art. 9. <https://doi.org/10.3390/su14095212>

UFSC (2019, dezembro 31). *Horto Didático de Plantas Medicinais do HU/CCS- Batata-doce*. <https://hortodidatico.ufsc.br/batata-doce/>

Weidner, T., Graça, J., Machado, T., & Yang, A. (2020). Comparison of local and centralized biowaste management strategies – A spatially-sensitive approach for the region of Porto. *Waste Management*, *118*, 552–562. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.013>

Wen, H., Kang, J., Li, D., Wen, W., Yang, F., Hu, H., & Liu, C. (2016). Antifungal activities of anthocyanins from purple sweet potato in the presence of food preservatives. *Food Science and Biotechnology*, *25*(1), 165–171. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0025-7>

Wolfe, K. L., & Liu, R. H. (2007). Cellular Antioxidant Activity (CAA) Assay for Assessing Antioxidants, Foods, and Dietary Supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *55*(22), 8896–8907. <https://doi.org/10.1021/jf0715166>

Yedro, F. M., García-Serna, J., Cantero, D. A., Sobrón, F., & Cocero, M. J. (2015). Hydrothermal fractionation of grape seeds in subcritical water to produce oil extract, sugars and lignin. *Catalysis Today*, *257*, 160–168. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2014.07.053>

Zardo, D. M., Alberti, A., Zielinski, A. A. F., Prestes, A. A., Esmerino, L. A., & Nogueira, A. (2021). Influence of solvents in the extraction of phenolic compounds with

antibacterial activity from apple pomace. *Separation Science and Technology*, 56(5), 903–911. <https://doi.org/10.1080/01496395.2020.1744652>

Zhai, X., Shi, J., Zou, X., Wang, S., Jiang, C., Zhang, J., Huang, X., Zhang, W., & Holmes, M. (2017). Novel colorimetric films based on starch/polyvinyl alcohol incorporated with roselle anthocyanins for fish freshness monitoring. *Food Hydrocolloids*, 69, 308–317. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.02.014>