

TESOUROS INEXPLORADOS DA INDÚSTRIA VITIVINÍCOLA: DESVENDANDO O POTENCIAL DOS SUBPRODUTOS NA ECONOMIA CIRCULAR

Data de aceite: 03/06/2024

Filipa Inês Claro Baptista[†]

Centro de Pesquisa e Tecnologia de
Ciências Agroambientais e Biológicas,
CITAB, Inov4Agro
Universidade de Trás-os-Montes e Alto
Douro - UTAD
Quinta de Prados, 5000-801, Vila Real,
Portugal
<https://orcid.org/0009-0007-4448-2696>

Jessica Paié-Ribeiro[†]

Centro de Ciência Animal e Veterinária,
CECAV
Universidade de Trás-os-Montes e Alto
Douro - UTAD
Quinta de Prados, 5000-801, Vila Real,
Portugal
<https://orcid.org/0000-0001-8257-0995>

Maria Zélia Oliveira Aires Jerónimo Branco

Centro de Pesquisa e Tecnologia de
Ciências Agroambientais e Biológicas,
CITAB, Inov4Agro
Universidade de Trás-os-Montes e Alto
Douro - UTAD
Quinta de Prados, 5000-801, Vila Real,
Portugal
<https://orcid.org/0009-0007-0816-0745>

Ana Novo Barros

Centro de Pesquisa e Tecnologia de
Ciências Agroambientais e Biológicas,
CITAB, Inov4Agro
Universidade de Trás-os-Montes e Alto
Douro - UTAD
Quinta de Prados, 5000-801, Vila Real,
Portugal
<https://orcid.org/0000-0001-5834-6141>

RESUMO: A relevância da composição dos alimentos para a saúde humana, tem aumentado o interesse dos consumidores no consumo de frutas, vegetais e alimentos enriquecidos com compostos bioativos e nutracêuticos. Esse fato tem levado a uma atenção crescente dos fornecedores para a reutilização de resíduos agroindustriais ricos em ingredientes vegetais saudáveis. Nesse sentido, a uva tem sido apontada como uma fonte rica de compostos bioativos. Atualmente, são produzidas anualmente até 210 milhões de toneladas de uvas (*Vitis vinifera L.*), sendo 15% das uvas produzidas destinadas à indústria vinícola. Essa atividade socioeconómica gera uma grande quantidade de resíduos sólidos (até 30%, em peso do material utilizado). Os resíduos da indústria vitivinícola incluem

sólidos biodegradáveis, como engaços, películas, borras, bagaços e grainhas. Os compostos bioativos dos subprodutos da indústria vitivinícola têm revelado atividades promotoras da saúde interessantes tanto *in vitro* como *in vivo*. Este é um estudo abrangente sobre os fitoquímicos presentes nos subprodutos deste setor, bem como das atividades biológicas demonstradas pelos seus compostos bioativos em relação ao potencial para a saúde humana.

PALAVRAS-CHAVE: Compostos fenólicos; indústria vitivinícola; sub-produtos; compostos bioativos; economia circular.

WINE INDUSTRY'S UNTAPPED GOLDMINE: UNLOCKING THE POTENTIAL OF BYPRODUCTS IN THE CIRCULAR ECONOMY

ABSTRACT: The relevance of food composition to human health has increased consumer interest in consuming fruits, vegetables, and foods enriched with bioactive compounds and nutraceuticals. This fact has led to growing attention from suppliers to reuse agro-industrial waste rich in healthy plant ingredients. In this sense, grapes have been identified as a rich source of bioactive compounds. Currently, up to 210 million tons of grapes (*Vitis vinifera L.*) are produced annually, with 15% of grapes produced destined for the wine industry. This socioeconomic activity generates a large amount of solid waste (up to 30%, by weight of the material used). Waste from the wine industry includes biodegradable solids such as stems, skins, lees, pomace, and seeds. The bioactive compounds of wine industry byproducts have shown interesting health-promoting activities both *in vitro* and *in vivo*. This is a comprehensive study on the phytochemicals present in the byproducts of this sector, as well as the biological activities demonstrated by their bioactive compounds regarding their potential for human health.

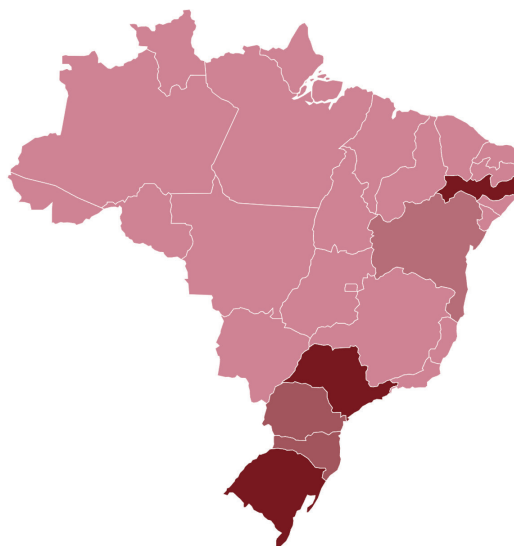
KEYWORDS: Phenolic compounds; wine industry; by-products; bioactive compounds; circular economy.

INTRODUÇÃO

A produção de uva é uma das principais atividades agro económicas estendidas no mundo, com mais de 60 milhões de toneladas produzidas globalmente a cada ano. Essa produção é principalmente direcionada ao consumo *in natura* como fruta de mesa, sumo e passas (KHAN et al., 2020). Além desses usos principais, uma proporção importante e crescente da produção de uva é destinada aos processos de vinificação, o que constitui uma atividade tradicional relevante em vários países do Sudoeste Europeu (entre os quais, França, Grécia, Itália, Portugal e Espanha), uma vez que o vinho é uma das bebidas alcoólicas mais consumidas do mundo (BLOOMFIELD et al., 2003; OHANA-LEVI; NETZER, 2023).

A produção de vinho no Brasil atingiu 3,2 milhões de hectolitros em 2022, a segunda maior safra do produto desde 2014. Engloba uma área de aproximadamente 83.700 hectares, com uma produção anual de 1.300 a 1.400 toneladas (WURZ et al., 2017) (Figura 01). No entanto, o país ocupa a terceira posição como maior produtor na América Latina, ficando atrás apenas da Argentina e do Chile. A viticultura brasileira está mais

concentrada no sul do país, nomeadamente nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, por apresentarem clima frio, condições ideais para o cultivo de uvas viníferas (MELLO; MACHADO, 2020). Sua produção concentra-se principalmente no vinho de mesa, produzidos com uvas comuns ou americanas. O vinho resultante, aproximadamente 40% da produção, é essencialmente destinado ao processamento, com destaque para o vinho espumante.



Área Cultivada (ha)



Figura 01: Área de cultivo de videiras por Estado, medida em hectares

Fonte: IBGE,2020.

A indústria vitivinícola gera grandes quantidades de subprodutos, principalmente constituídos por resíduos orgânicos, águas residuais, emissão de gases de efeito estufa e resíduos inorgânicos. Após a extração do sumo de uva, os bagaços e engaços restantes são pouco valorizados como resíduos altamente lucrativos, sendo principalmente direcionados para compostagem ou descartados em áreas abertas, como aterros, podendo desta forma comprometer a sustentabilidade e a competitividade do setor. Assim, a crescente procura pela produção industrial ecologicamente correta, além do desafio de obter eficiência operacional e minimização do custo de tratamento de subprodutos na indústria vinícola, começou a mover este setor em direção à adoção de abordagens integradas de prevenção da acumulação excessiva de resíduos (GENISHEVA et al., 2023).

No entanto, quando a prevenção não é viável, o desenvolvimento de procedimentos inovadores para reciclar, reutilizar e recuperar esses resíduos vai de encontro com a crescente procura por materiais e recursos renováveis e substituição de componentes sintéticos por componentes naturais nas indústrias alimentar, cosmética e farmacêutica. Nesse sentido, a valorização desses resíduos proporcionará alternativas adicionais para reduzir o impacto ambiental da atividade vinícola (NCUBE et al., 2023).

O potencial da valorização desses subprodutos agroindustriais é atualmente apoiado pela extensa informação disponível sobre seu conteúdo em fitoquímicos promotores da saúde, com uma potencial atividade relacionada com a prevenção de reações oxidativas, problemas cardiovasculares, processos inflamatórios e estado fisiopatológico degenerativo desenvolvido em adultos (REGUENGO et al., 2022; NCUBE et al., 2023).

A quantidade absoluta, bem como a proporção relativa destes compostos bioativos nos resíduos da indústria vitivinícola, é condicionada por múltiplos fatores, incluindo carga genética das variedades de uva, condições edafoclimáticas, procedimentos de fertilização, entre outros. Por outro lado, os processos específicos de vinificação, bem como o tempo entre a geração de resíduos e as atividades de valorização, bem como as características dos procedimentos de reciclagem e recuperação, têm um impacto direto na concentração final de compostos fenólicos no material e, portanto, no potencial como fonte de fitoquímicos bioativos (FERREIRA; SANTOS, 2022; MAICAS; MATEO, 2020).

Os metabolitos secundários, incluindo ácidos fenólicos, flavan-3-óis, flavonóis, antocianinas e estilbenos, diferem na solubilidade e rendimento de recuperação, o que complica a sua extração individual ou direcionada. Nesse sentido, solventes e métodos de extração inovadores e mais eficientes, como uso de alta pressão e temperatura, fluidos supercríticos, ou extratos assistidos por ultrassons e micro-ondas, têm sido relatados na tentativa de aumentar a eficiência da extração de fitoquímicos a partir dos resíduos da vinificação (SHI et al., 2022; GENISHEVA et al., 2023).

O principal objetivo do presente trabalho é compilar uma atualização abrangente e revisão sobre a composição e aspetos funcionais dos subprodutos da indústria vinícola, fornecendo informações detalhadas sobre os compostos fitoquímicos bioativos desses materiais multifuncionais.

PRINCIPAIS SUB-PRODUTOS DA INDÚSTRIA VITIVINÍCOLA

Os subprodutos derivados da indústria vinícola são uma consequência natural do processo de produção de vinho, que, embora baseado em práticas ancestrais, tem sido mais uma arte do que uma ciência. Em muitos casos, as práticas artesanais ainda estão profundamente enraizadas nos processos tradicionais de vinificação, e a falta de recursos humanos e infraestruturas físicas durante as operações de produção limita a adoção de avanços tecnológicos destinados a minimizar a produção de resíduos em várias

indústrias vinícolas. Portanto, a implementação de gestão de resíduos na indústria do vinho é uma tarefa desafiadora, tornando-se necessário o desenvolvimento de procedimentos de valorização inovadores e eficazes. Nesse sentido, o crescente interesse por produtos finais e a urgência de evitar os impactos ambientais dessa atividade agroindustrial, têm incentivado a criação de um rigoroso quadro legal para garantir a eficiência dos processos e apoiar melhorias nos procedimentos de recuperação e reciclagem (FERRER-GALLEG0; SILVA, 2022; TEIXEIRA, A. et al., 2014).

O tipo de resíduos produzidos está intimamente relacionado com os procedimentos específicos de vinificação, o que também afeta as propriedades físico-químicas do material residual. Os principais resíduos da atividade de vinificação são representados por: resíduos orgânicos (bagaço de uva, contendo grãos, polpa e cascas, borras, engaço e folhas de uva; Figura 02), águas residuais, emissão de gases de efeito estufa (CO₂, compostos orgânicos voláteis, etc.) e resíduos inorgânicos (terra de diatomáceas, argila bentonítica e perlita). Estima-se que, apenas na Europa, sejam produzidas anualmente 14,5 milhões de toneladas de subprodutos de uva (MAICAS; MATEO, 2020; TEIXEIRA, A. et al., 2014).

A valorização dos subprodutos da vinificação é principalmente representada pela elaboração de fertilizantes para o solo, bem como substrato de fermentação para produção de biomassa e alimentos para animais. No entanto, existem várias limitações para as opções atualmente disponíveis para reutilização desses materiais não rentáveis. Por exemplo, certos polifenóis presentes nos subprodutos da vinificação são conhecidos por serem fitotóxicos e exibem efeitos antimicrobianos durante a compostagem, prejudicando sua utilização para esse fim (TAPIA-QUIRÓS et al., 2022; DOMÍNGUEZ et al., 2017). Quanto ao seu uso na alimentação animal, alguns animais mostram intolerância a certos componentes, como os taninos condensados, causando uma redução da digestibilidade. Assim, a sua valorização como fonte de fitoquímicos bioativos de aplicação nas indústrias alimentar, cosmética e farmacêutica, pode constituir uma alternativa eficiente, lucrativa e ecologicamente “amigável” para os resíduos (CONSTANTIN et al., 2024).

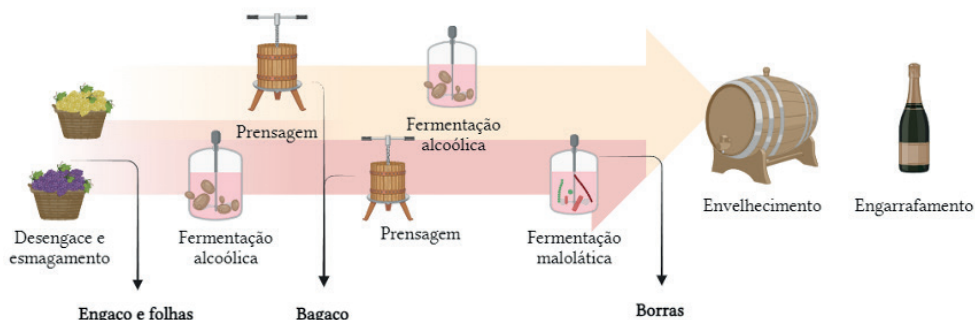


Figura 02: Produção de vinho e respetivos sub-produtos.

Bagaço

O bagaço de uva é o resíduo da vinícola originado durante a produção do mosto (sumo de uva) por meio da prensagem de uvas inteiras. Atualmente, são produzidas 9 milhões de toneladas desse resíduo orgânico por ano no mundo, o que corresponde a 20% (em peso) em média do total de uvas utilizadas na produção de vinho (SPIGNO *et al.*, 2017; SIROHI *et al.*, 2020; CONSTANTIN *et al.*, 2024). No que diz respeito à sua composição, a percentagem de humidade varia entre 50% a 72%, dependendo da variedade de uva considerada e de seu estado de maturação. Os resíduos insolúveis deste material possuem um teor de linhina que varia de 16,8% a 24,2% e um teor de proteína inferior a 4%. Em geral, as substâncias pécticas são o principal constituinte polimérico das paredes celulares presentes nos bagaços de uva, variando de 37% a 54% dos polissacarídeos da parede celular. A celulose é o segundo tipo de polissacarídeos da parede celular em abundância nos bagaços de uva, variando de 27% a 37%. Devido a esse conteúdo em polissacarídeos não digeríveis, processos adicionais de fermentação podem ser necessários para evitar distúrbios gastrointestinais quando esse material é integrado em matrizes alimentares/compostas complexas como uma forma de valorização (SPINEI; OROIAN, 2021).

Pela sua composição, o bagaço de uva destaca-se como um material adequado para ser utilizado em diferentes processos, especialmente na extração de óleo de semente de uva e polifenóis (principalmente antocianinas, flavonóis, flavan-3-óis, ácidos fenólicos e resveratrol), produção de ácido cítrico, metanol, etanol e xantana via fermentativa, e a produção de energia por metanização. Usos adicionais abordados para obter bebidas alcoólicas por fermentações curtas e destilação, também têm sido descritos para este resíduo de vinificação. Com base no seu conteúdo polifenólico, vários estudos têm relatado uma alta atividade antioxidante deste subproduto, sugerindo o bagaço de uva derivado da indústria vinícola como uma fonte interessante de antioxidantes naturais com aplicação nas indústrias alimentar, cosmética e farmacêutica (SÁNCHEZ *et al.*, 2009; SPINEI; OROIAN, 2021).

Ao considerar as frações separadas de bagaço de uva (grainhas e películas), a proporção relativa de grainhas varia de 38% a 52% do material seco. Alguns estudos apontam, no entanto, para proporções muito menores de grainhas, representando cerca de 15% do bagaço de uva. Sobre este assunto em particular, novamente a gestão tecnológica e material pode ser responsável pela composição final deste resíduo de vinificação. As informações disponíveis sobre a composição de grainhas de uva (p/p) apontam para o teor de até 40% de fibra, 16% de óleo essencial, 11% de proteína, 7% de compostos fenólicos complexos como taninos, e outras substâncias como açúcares e minerais. Uma atenção especial tem sido dada ao conteúdo (poli)fenólico das sementes de uva, variando de 60% a 70% do total de compostos extraíveis. Essa alta concentração é de grande interesse, levando em consideração que durante a prensagem das uvas apenas uma proporção

mínima desses compostos é extraída, e este facto tem despertado o interesse das indústrias alimentar, cosmética e farmacêutica, como uma fonte lucrativa de antioxidantes naturais (KY; TEISSEDRE, 2015; FERREIRA; SANTOS, 2022).

As películas constituem, em média, 65% do material total de bagaço de uva. Estas têm sido relatadas como uma fonte rica em compostos fenólicos, embora o rendimento final dependa do processo de vinificação específico e do método de extração utilizado (solvente, temperatura, tempo e outros fatores).

O perfil fitoquímico deste subproduto agroindustrial apoia seu uso como uma fonte interessante de fitoquímicos bioativos e ingredientes. No entanto, a falta de processos apropriados de valorização faz com que seja principalmente usado como composto ou descartado em áreas abertas, potencialmente causando impactos ambientais. São por isso urgentes pesquisas sobre condições de extração e métodos inovadores para otimizar a libertação de compostos fenólicos das películas de uva para maximizar as propriedades do bagaço de vinho (CONSTANTIN et al., 2024; PEREIRA, R. N. et al., 2020).

Engaço

O engaço da uva constitui um resíduo da indústria vinícola parcialmente utilizado como fonte de compostos adstringentes, principalmente representados por proantocianidinas. Este material é removido antes das etapas de vinificação para evitar uma adstringência excessiva do vinho ou um efeito negativo nas características organolépticas. A quantidade de engaços produzida varia entre 1,4% e 7,0% da matéria-prima processada. Atualmente, o valor comercial dos engaços é baixo, sendo principalmente utilizados como ração animal ou fertilizante para o solo. Estudos recentes têm revelado que este sub-produto é uma fonte interessante de fibra dietética e particularmente de compostos fenólicos com elevada atividade antioxidante e antibacteriana, destacando-se o seu conteúdo em flavan-3-óis, ácidos hidroxicinâmicos, flavonóis monoméricos e oligoméricos, e estilbenos, havendo ainda referência à presença de antocianinas em castas tintas. Os compostos fenólicos do engaço da uva representam aproximadamente 5,8% em peso seco (FERRER-GALLEGO; SILVA, 2022; PASCUAL *et al.*, 2016).

O conhecimento atual sobre a composição nutricional e fitoquímica deste material vegetal deve incentivar pesquisas adicionais que contribuam para uma maior compreensão de sua composição e resultados específicos para sua aplicação no desenvolvimento de produtos inovadores de valor acrescentado (RAUDONE; SAVICKIENE, 2024).

Folhas

Estudos recentes revelam que as folhas de *Vitis vinifera* L. apresentam na sua composição ácidos orgânicos, ácidos fenólicos, flavonóis, taninos, procianidinas, antocianinas, lipídios, enzimas, vitaminas, carotenoides, terpenos e açúcares redutores ou não redutores. A rica e variada composição química dessas folhas tem despertado considerável interesse neste material vegetal como uma fonte promissora de compostos com propriedades nutricionais e potencial biológico. Assim, as folhas de videira são já usadas na produção de ingredientes alimentares e o seu sumo também tem sido recomendado como antisséptico para lavagem dos olhos (MOLDOVAN et al., 2020; RAUDONE; SAVICKIENE, 2024).

Borras

As borras de vinho são os resíduos formados no fundo dos recipientes que contêm vinho, após a fermentação, durante o armazenamento ou após tratamentos autorizados, bem como o resíduo obtido após a filtração ou centrifugação deste produto. As borras são compostas principalmente por microrganismos (principalmente leveduras), ácido tartárico, matéria inorgânica e compostos fenólicos (DE ANDRADE BULOS et al., 2023). Desempenham um papel importante no processamento do vinho, uma vez que interagem com compostos (poli)fenólicos, diretamente relacionados com a cor e outras propriedades organoléticas, e os adsorvem. Além disso, as borras libertam enzimas que favorecem a hidrólise e a transformação de substratos (poli)fenólicos em fenólicos com alto valor acrescentado e de interesse, como o ácido gálico ou o ácido elágico. A escassa literatura sobre esse assunto relatou a presença de antocianinas (6–11,7 mg/g de peso seco) e outros compostos fenólicos (29,8 mg/g de peso seco) nas borras de vinho (JARA-PALACIOS, 2019; DE ANDRADE BULOS et al., 2023).

ATIVIDADES BIOLÓGICAS E POTENCIAIS BENEFÍCIOS PARA A SAÚDE DOS POLIFENÓIS DOS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA VINÍCOLA

Os subprodutos derivados do processo de produção de vinho contêm uma grande quantidade de metabolitos secundários, incluindo ácidos fenólicos, flavan-3-óis, proantocianidinas, flavonóis, antocianinas e estilbenos. Até ao momento, existem diversas evidências relativas a atividades biológicas, como atividade antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória, anticancerígena e de proteção cardiovascular, em apoio ao uso de compostos fenólicos nas indústrias alimentar, cosmética e farmacêutica (ŠIKUTEN *et al.*, 2020; TEIXEIRA, A. *et al.*, 2014). Uma das atividades biológicas mais citadas atribuídas aos compostos fenólicos é baseada em sua capacidade antioxidante, prevenindo a oxidação das lipoproteínas de LDL, agregação plaquetária e danos ao nível dos glóbulos vermelhos através da eliminação de radicais livres. Além disso, os compostos fenólicos são agentes

quelantes de metais, antimutagênicos/anticarcinogênicos, antimicrobianos e agentes anti-inflamatórios. Essas atividades permitem que esses compostos interajam com sistemas biológicos, prevenindo doenças degenerativas relacionadas com o stress oxidativo em tecidos e sistemas orgânicos (RAHAMAN *et al.*, 2023; SHAHIDI; AMBIGAIPALAN, 2015).

Além da capacidade de eliminação de radicais, outras atividades importantes para a saúde associadas aos compostos (poli)fenólicos presentes em subprodutos de uvas foram descritas ao longo dos anos. Assim, em relação à película e à grãinha de uva, os extratos (poli)fenólicos mostraram capacidade antimicrobiana eficaz; verificou-se que são eficientes contra bactérias *Gram*-positivas de interesse médico (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus coagulans*), mas mais eficazes contra bactérias *Gram*-negativas como *Escherichia coli* ou *Pseudomonas aeruginosa*. Da mesma forma, extratos de película de uva também mostraram atividade antifúngica contra *Botrytis cinérea* (CONSTANTIN *et al.*, 2024; GHAFLOOR *et al.*, 2020; UEDA *et al.*, 2023).

Com base em ensaios realizados na avaliação da atividade antimicrobiana de extratos de grainha de uva e de engaços, verificou-se que as altas concentrações de flavonoides e derivados nas grainhas, bem como o conteúdo de flavonoides, estilbenos e ácidos fenólicos no engaço, são responsáveis pela atividade antimicrobiana de extratos de materiais vegetais separados (BARROS *et al.*, 2014; RADULESCU *et al.*, 2020; SERRA *et al.*, 2023).

Além das atribuições de saúde mencionadas como agentes antioxidantes e antimicrobianos, os compostos fenólicos também foram apontados como bioativos interessantes para tratamento de doenças cardiovasculares através da inibição da agregação plaquetária plasmática e da atividade da ciclooxigenase, a supressão da liberação de histamina e da biossíntese de substâncias de reação lenta de anafilaxia *in vitro*, uma potente atividade de eliminação de radicais de óxido nítrico e atividade anti-inflamatória (SHARIFI-RAD *et al.*, 2021).

Verifica-se também que os extratos de grainha demonstram ser preventivos em processos de inflamação, com efeitos protetores na colite ulcerativa induzida por produtos químicos em ratos. Este estudo avaliou o papel protetor de extratos de grainha na doença inflamatória intestinal, atribuído à sua capacidade de modular a microflora intestinal, diminuindo o *Faecalibacterium prausnitzii* no lúmen intestinal e bloqueando a resposta inflamatória intestinal, indicando as proantocianidinas em extratos de grainha como os principais componentes para os efeitos benéficos observados (BOUSSENNA *et al.*, 2016; NICOLOSI *et al.*, 2023).

Além disso, a inflamação crônica causa *stress* oxidativo nos tecidos afetados, e, por sua vez, o *stress* oxidativo elevado, aumenta a resposta inflamatória ativando fatores de transcrição nuclear sensíveis ao redox. Antioxidantes dietéticos podem fornecer uma estratégia custo-eficácia para promover a saúde através da minimização da gravidade do *stress* oxidativo e da inflamação crônica. Nesse sentido, ensaios clínicos em animais e

humanos demonstraram ainda uma melhoria da inflamação sistêmica após a suplementação antioxidante. Desde que o bagaço de uva contenha quantidades significativas de antioxidantes como antocianinas, catequina, epicatequina, quercetina e alguns ácidos fenólicos, este material tem sido sugerido como benéfico para a prevenção de stress oxidativo e condições inflamatórias. Isso foi ainda mais apoiado em nível pré-clínico pela suplementação dietética com 250 mg de bagaço de uva/kg por dia durante 12 semanas, mostrando efeitos anti-inflamatórios significativos em camundongos obesos (MITTAL et al., 2014; SOLLEIRO-VILLAVICENCIO; RIVAS-ARANCIBIA, 2018; VONA et al., 2021).

DESAFIOS E PERSPETIVAS FUTURAS

A valorização dos subprodutos do vinho ainda enfrenta alguns desafios. Um deles é a falta de infraestruturas adequadas para a recolha, transporte e processamento desses materiais. Muitas indústrias vitivinícolas, especialmente as de pequena dimensão, não possuem a tecnologia ou os recursos necessários para o aproveitamento integral dos subprodutos. Adicionalmente a composição química dos subprodutos pode variar de acordo com a casta da uva, o clima e as técnicas de vinificação utilizadas (KALLI et al., 2018). É necessário estabelecer padrões de qualidade para garantir a consistência dos produtos finais elaborados a partir desses subprodutos, o que se apresenta um desafio para a indústria.

Contudo, a valorização dos subprodutos do vinho apresenta imensa oportunidade. Investimentos em investigação e desenvolvimento são fundamentais para a inovação em tecnologias eficientes e economicamente viáveis para a extração, purificação e conversão dos subprodutos do vinho em ingredientes de alto valor acrescentado.

Alguns exemplos promissores a este nível incluem o desenvolvimento de técnicas de extração mais eficientes e sustentáveis, como a extração supercrítica com fluidos e uso de ultrassons, possibilitando a obtenção de compostos bioativos com maior pureza e rendimento (ALEXANDRE et al., 2018). A utilização de enzimas para modificar a estrutura química dos compostos bioativos dos subprodutos do vinho pode melhorar a sua biodisponibilidade e potencializar os seus efeitos benéficos. A nanotecnologia oferece novas possibilidades para o encapsulamento e transporte dos compostos bioativos, o que pode melhorar a sua estabilidade e eficácia (DAVIDOV-PARDO; MCCLEMENTS, 2015).

A colaboração entre produtores de vinho, institutos de investigação, empresas de biotecnologia e indústrias cosmética e farmacêutica é essencial para o avanço da área. A união de esforços possibilita o desenvolvimento de cadeias produtivas sustentáveis e a criação de produtos inovadores que beneficiam a saúde, a beleza e o meio ambiente.

No caso das indústrias vitivinícolas, a valorização dos subprodutos representa uma oportunidade de aumentar a rentabilidade e reduzir o impacto ambiental. O investimento em infraestruturas para a colheita e processamento dos subprodutos, bem como a celebração

de parcerias com empresas de biotecnologia e indústrias transformadoras, pode gerar novas fontes de receita, enquanto que para as indústrias cosmética e farmacêutica, a valorização dos subprodutos do vinho representa uma oportunidade de desenvolver produtos inovadores, sustentáveis e com apelo natural. A utilização de ingredientes bioativos provenientes dos subprodutos do vinho pode atender à crescente procura dos consumidores por produtos naturais e ecologicamente eficientes, além de diferenciar as marcas no mercado.

CONCLUSÕES

O consumo de uvas e alimentos à base de uva é reconhecido como um importante contributo para os efeitos benéficos da “Dieta Mediterrânea”. Atualmente, as uvas e os seus derivados têm atraído interesse científico para confirmar as suas aplicações no desenvolvimento de produtos inovadores de alto valor acrescentado (RODRIGUEZ-LOPEZ et al., 2022; ZHOU et al., 2022). Uma proporção relevante de uvas (até 15% dos rendimentos) é direcionada para a indústria vinícola, o que está ligado à produção de grandes quantidades de subprodutos indesejáveis, que incluem grainhas, películas, borras, bagaços e engaços. Esses subprodutos também foram avaliados quanto ao seu teor em compostos bioativos, revelando que vários fatores, como casta, condições edafoclimáticas e grau de maturação, entre outros, são responsáveis pelas amplas variações nos seus perfis fitoquímicos. Dados precisos sobre as funções biológicas desses compostos disponíveis atualmente permitiram a sua identificação como agentes responsáveis por múltiplos benefícios envolvidos na prevenção de processos degenerativos pela sua integração em alimentos funcionais, nutracêuticos e cosméticos. Assim, as atividades mais relevantes atribuídas aos fitoquímicos bioativos dos subprodutos da vinificação são antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória e anticancerígena. Mesmo que os resíduos de vinificação sejam considerados em geral uma boa fonte de compostos bioativos, a quantidade total de compostos fenólicos, bem como o perfil específico em relação à identidade dos compostos e sua proporção relativa, depende fortemente do tipo de resíduo considerado. Nesse sentido, a identificação dos compostos (poli)fenóis específicos dos diferentes resíduos da indústria vinícola tem incentivado o desenvolvimento de painéis mais extensos de opções de valorização para esses resíduos. Assim, a reciclagem dos coprodutos deste setor constitui uma oportunidade para fornecer materiais valiosos para as indústrias farmacêutica, cosmética, nutracêutica e alimentar, contribuindo para a redução dos custos e o impacto ambiental associado à disposição desses subprodutos nas áreas de produção (JARA-PALACIOS, 2019; KANDYLIS, 2021; RODRIGUEZ-LOPEZ et al., 2022; ZHOU et al., 2022).

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi suportado pelo projeto UIDP/CVT/00772/2020 (DOI: 10.54499/UIDB/04033/2020), com o apoio do projeto UIDB/00772/2020 (DOI:10.54499/UIDB/00772/2020), financiados pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT).

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, E. M. C. et al. Emerging technologies to extract high added value compounds from fruit residues: Sub/supercritical, ultrasound-, and enzyme-assisted extractions. **Food Reviews International**. Taylor and Francis Inc. Disponível em: <https://ciencia.ucp.pt/en/publications/emerging-technologies-to-extract-high-added-value-compounds-from->.
- ANDRADE BULOS, R. B. DE et al. Scientific and technological research on the use of wine lees. *Food Production, Processing and Nutrition*. **BioMed Central Ltd**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/369880452_Scientific_and_technological_research_on_the_use_of_wine_lees.
- BARROS, A. et al. Evaluation of grape (*Vitis vinifera* L.) stems from Portuguese varieties as a resource of (poly)phenolic compounds: A comparative study. **Food Research International**, 1 nov. 2014. v. 65, n. PC, p. 375–384. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996914004980?via%3Dihub>.
- BLOOMFIELD, K. et al. International Comparisons of Alcohol Consumption. *Alcohol Res Health*. **PubMed**. 2003; 27 (1): 95-109. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15301404/>.
- BOUSSENA, A. et al. Polyphenol-rich grape pomace extracts protect against dextran sulfate sodium-induced colitis in rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 15 mar. 2016. v. 96, n. 4, p. 1260–1268. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25869646/>.
- CONSTANTIN, O. E. et al. Bioactive Components, Applications, Extractions, and Health Benefits of Winery By-Products from a Circular Bioeconomy Perspective: A Review. **Antioxidants**. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/13/1/100>.
- DAVIDOV-PARDO, G.; MCCLEMENTS, D. J. Nutraceutical delivery systems: Resveratrol encapsulation in grape seed oil nanoemulsions formed by spontaneous emulsification. **Food Chemistry**, 15 jan. 2015. v. 167, p. 205–212. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25148980/>
- DOMÍNGUEZ, J., SANCHEZ-HERNANDEZ, J., LORES, M. 3- Vermicomposting of Winemaking By-Products. **Handbook of Grape Processing By-Products**. Sustainable Solutions. 2017. Pages 55-78. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809870-7.00003-X>.
- FERREIRA, S. M.; SANTOS, L. A potential Valorization Strategy of Wine Industry By-Products and Their Application in Cosmetics—Case study: Grape Pomace and Grapeseed. **Molecules**, 1 fev. 2022. v. 27, n. 3. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/3/969>.
- FERRER-GALLEGO, R.; SILVA, P. The Wine Industry By-Products: Applications for Food Industry and Health Benefits. **Antioxidants**. MDPI. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox11102025>.

GHAFOOR, K. et al. Influence of grape variety on bioactive compounds, antioxidant activity, and phenolic compounds of some grape seeds grown in Turkey. **Journal of Food Processing and Preservation**, 1 dez. 2020. v. 44, n. 12. Disponível em: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfpp.14980>.

JARA-PALACIOS, M. J. Wine lees as a source of antioxidant compounds. **Antioxidants**. MDPI. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/8/2/45>.

KALLI, E. et al. Novel application and industrial exploitation of winery by-products. *Bioresources and Bioprocessing*. **Springer Science and Business Media** Deutschland GmbH. Disponível em: <https://bioresourcesbioprocessing.springeropen.com/articles/10.1186/s40643-018-0232-6>.

KANDYLIS, P. Grapes and their derivatives in functional foods. **Foods**. MDPI AG. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/3/672>

KHAN, N. et al. Grape Production Critical Review in the World. **SSRN Electronic Journal**, 12 maio. 2020. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3595842.

KY, I.; TEISSEGRE, P. L. Characterisation of Mediterranean grape pomace seed and skin extracts: Polyphenolic content and antioxidant activity. **Molecules**, 1 fev. 2015. v. 20, n. 2, p. 2190–2207. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/20/2/2190>.

MAICAS, S.; MATEO, J. J. Sustainability of wine production. **Sustainability** (Switzerland). MDPI. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/2/559>.

MITTAL, M. et al. Reactive oxygen species in inflammation and tissue injury. **Antioxidants and Redox Signaling**. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3929010/>.

MOLDOVAN, M. L. et al. Phytochemical profile and biological activities of tendrils and leaves extracts from a variety of vitis vinifera l. **Antioxidants**, 1 maio. 2020. v. 9, n. 5. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7278858/>.

NCUBE, A. et al. Circular Economy and Green Chemistry: The Need for Radical Innovative Approaches in the Design for New Products. **Energies**, 1 fev. 2023. v. 16, n. 4. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/4/1752>.

NICOLOSI, R. M. et al. Protective Effect of Procyanidin-Rich Grape Seed Extract against Gram-Negative Virulence Factors. **Antibiotics**, 1 nov. 2023. v. 12, n. 11. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6382/12/11/1615>

OHANA-LEVI, N.; NETZER, Y. Long-Term Trends of Global Wine Market. **Agriculture** (Switzerland), 1 jan. 2023. v. 13, n. 1. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/1/224>.

PASCUAL, O. et al. Influence of Grape Seeds and Stems on Wine Composition and Astringency. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 31 ago. 2016. v. 64, n. 34, p. 6555–6566. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b01806>.

PEREIRA, R. N. et al. Using Ohmic Heating effect on grape skins as a pretreatment for anthocyanins extraction. **Food and Bioprocesses Processing**, 1 nov. 2020. v. 124, p. 320–328. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/67281>.

- RADULESCU, C. et al. Phytochemical profiles, antioxidant and antibacterial activities of grape (*Vitis vinifera* L.) seeds and skin from organic and conventional vineyards. **Plants**, 1 nov. 2020. v. 9, n. 11, p. 1–25. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33143382/>.
- RAHAMAN, M. M. et al. Natural antioxidants from some fruits, seeds, foods, natural products, and associated health benefits: An update. **Food Science and Nutrition**. John Wiley and Sons Inc. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fsn3.3217>.
- RAUDONE, L.; SAVICKIENE, N. Phytochemical Profiles of Plant Materials: From Extracts to Added-Value Ingredients. **Plants**, 27 mar. 2024. v. 13, n. 7, p. 964. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/13/7/964>.
- REGUENGO, L. M. et al. Agro-industrial by-products: Valuable sources of bioactive compounds. **Food Research International**, 1 fev. 2022. v. 152. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35181119/>.
- RODRIGUEZ-LOPEZ, P. et al. Grape and Grape-Based Product Polyphenols: A Systematic Review of Health Properties, Bioavailability, and Gut Microbiota Interactions. **Horticulturae**. MDPI. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/7/583>.
- SÁNCHEZ, M. et al. Antioxidant power, bacteriostatic activity, and characterization of white grape pomace extracts by HPLC-ESI-MS. **European Food Research and Technology**, nov. 2009. v. 230, n. 2, p. 291–301. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/225220692_Antioxidant_power_bacteriostatic_activity_and_characterization_of_white_grape_pomace_extract_by_HPLC-ESI-MS.
- SERRA, M. et al. Revealing the Beauty Potential of Grape Stems: Harnessing Phenolic Compounds for Cosmetics. *International Journal of Molecular Sciences*. **Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)**. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/24/14/11751>.
- SHAHIDI, F.; AMBIGAIPALAN, P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects - A review. **Journal of Functional Foods**. Elsevier Ltd. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464615003023>.
- SHARIFI-RAD, J. et al. Phenolic Bioactives as Antiplatelet Aggregation Factors: The Pivotal Ingredients in Maintaining Cardiovascular Health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. **Hindawi Limited**. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8384526/>.
- SHI, L. et al. Extraction and characterization of phenolic compounds and their potential antioxidant activities. *Environmental Science and Pollution Research*. **Springer Science and Business Media Deutschland GmbH**. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36201076/>.
- ŠIKUTEN, I. et al. Grapevine as a rich source of polyphenolic compounds. **Molecules**. MDPI AG. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/23/5604>.
- SIROHI, R. et al. Green processing and biotechnological potential of grape pomace: Current trends and opportunities for sustainable biorefinery. **Bioresource Technology**. Elsevier Ltd. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32653247/>.
- SOLLEIRO-VILLAVICENCIO, H.; RIVAS-ARANCIBIA, S. Effect of chronic oxidative stress on neuroinflammatory response mediated by CD4+T cells in neurodegenerative diseases. **Frontiers in Cellular Neuroscience**. Frontiers Media S.A. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29755324/>.

SPIGNO, G., MARINONI, L., GARRIDO, G. 1- State of the Art in Grape Processing By-Products. **Handbook of Grape Processing By-Products**. Sustainable Solutions. Pages 1-27. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809870-7.00001-6>

SPINEI, M.; OROIAN, M. The Potential of Grape Pomace Varieties as a Dietary Source of Pectic Substances. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/foods10040867>>.

TAPIA-QUIRÓS, P. et al. Recovery of Polyphenols from Agri-Food By-Products: The Olive Oil and Winery Industries Cases. **Foods**. MDPI. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/3/362>.

TEIXEIRA, A. et al. Natural bioactive compounds from winery by-products as health promoters: A review. **International Journal of Molecular Sciences**. MDPI AG. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/15/9/15638>.

UEDA, J. M. et al. Polyphenol Composition by HPLC-DAD-(ESI-)MS/MS and Bioactivities of Extracts from Grape Agri-Food Wastes. **Molecules**, 1 nov. 2023. v. 28, n. 21. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/28/21/7368>.

VONA, R. et al. The impact of oxidative stress in human pathology: Focus on gastrointestinal disorders. **Antioxidants**. MDPI. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/10/2/201>.

WURZ, D. A. et al. Brazilian sparkling wine: A successful trajectory. **BIO Web of Conferences**, 2017. v. 9, p. 03008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318280275_Brazilian_sparkling_wine_A_successful_trajectory.

ZHOU, D. D. et al. Bioactive Compounds, Health Benefits and Food Applications of Grape. **Foods**. MDPI. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/18/2755>.