

ANTOCIANINAS DO RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DE UVA ISABEL (*VITIS LABRUSCA* L.): UMA REVISÃO SOBRE IDENTIFICAÇÃO, QUANTIFICAÇÃO E POTENCIAL ANTIOXIDANTE

ANTHOCYANINS FROM ISABEL GRAPE (*VITIS LABRUSCA* L.) AGRO-INDUSTRIAL WASTE: A REVIEW ON IDENTIFICATION, QUANTIFICATION, AND ANTIOXIDANT POTENTIAL

ANTOCIANINAS DEL RESIDUO AGROINDUSTRIAL DE LA UVA ISABEL (*VITIS LABRUSCA* L.): UNA REVISIÓN SOBRE SU IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y POTENCIAL ANTIOXIDANTE

 <https://doi.org/10.56238/arev8n3-101>

Data de submissão: 20/02/2026

Data de publicação: 20/03/2026

Karlla Karinne Gomes de Oliveira

Doutoranda em Nutrição

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

E-mail: karlla.karinne@ufpe.br

Antonio Agaildes Sampaio Ferreira

Mestre em Ciência da Informação

Instituição: Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

E-mail: agaildes_junior@hotmail.com

Lúcia Raquel Ramos Berger

Doutora em Ciências Biológicas

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

E-mail: luciaraqueldramosberger@gmail.com

Thayza Christina Montenegro Stamford

Doutora em Ciências Biológicas

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

E-mail: thayza.stamford@ufpe.br

RESUMO

O crescimento da fruticultura irrigada e o incremento de novas tecnologias vêm estimulando a expansão das agroindústrias processadoras de frutas, gerando volumes expressivos de resíduos que, muitas vezes, são descartados inadequadamente. No entanto, subprodutos da uva, especialmente da cultivar Isabel (*Vitis labrusca* L.), apresentam grande potencial de valorização, pois retêm quantidades significativas de compostos bioativos, com destaque para as antocianinas. O presente artigo de revisão teve como objetivo compilar e discutir os principais métodos de identificação e quantificação desses pigmentos, bem como avaliar os dados literários sobre seu potencial antioxidante visando a aplicação na indústria alimentícia. A literatura aponta a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) acoplada a detectores de arranjo de diodos (DAD) ou espectrometria de massas como a técnica analítica predominante para a caracterização desses compostos. Os estudos revisados demonstram que o perfil antociânico da *V. labrusca* é caracterizado majoritariamente por antocianinas

monoglicosiladas, sendo a malvidina-3-O-glicosídeo e a peonidina-3-O-glicosídeo frequentemente citadas como as mais abundantes. Além disso, métodos de avaliação antioxidante, como sequestro de radicais DPPH• e ABTS•+, confirmam consistentemente a alta capacidade bioativa desses extratos, comparável ou superior a antioxidantes sintéticos. Conclui-se que o aproveitamento do resíduo da uva Isabel não apenas mitiga impactos ambientais, mas oferece uma fonte viável e econômica de corantes naturais e ingredientes funcionais para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios.

Palavras-chave: Subprodutos. Compostos Bioativos. Cromatografia Líquida. Pigmentos Naturais. Capacidade Antioxidante.

ABSTRACT

The growth of irrigated fruit farming and the increase in new technologies have stimulated the expansion of fruit processing agro-industries, generating significant volumes of waste that are often disposed of improperly. However, grape by-products, especially from the Isabel cultivar (*Vitis labrusca* L.), have great potential for valorization, as they retain significant amounts of bioactive compounds, particularly anthocyanins. The objective of this review article was to compile and discuss the main methods for identifying and quantifying these pigments, as well as to evaluate the literature data on their antioxidant potential for application in the food industry. The literature points to High Performance Liquid Chromatography (HPLC) coupled with diode array detectors (DAD) or mass spectrometry as the predominant analytical technique for the characterization of these compounds. The studies reviewed show that the anthocyanin profile of *V. labrusca* is mainly characterized by monoglycosylated anthocyanins, with malvidin-3-O-glycoside and peonidin-3-O-glycoside often cited as the most abundant. In addition, antioxidant assessment methods, such as DPPH• and ABTS•+ radical scavenging, consistently confirm the high bioactive capacity of these extracts, comparable to or superior to synthetic antioxidants. It is concluded that the use of Isabel grape residue not only mitigates environmental impacts but also offers a viable and economical source of natural colorants and functional ingredients for the development of new food products.

Keywords: By-Products. Bioactive Compounds. Liquid Chromatography. Natural Pigments. Antioxidant Capacity.

RESUMEN

El crecimiento de la fruticultura de regadío y el avance de las nuevas tecnologías han estimulado la expansión de las agroindustrias procesadoras de frutas, generando volúmenes significativos de residuos que, a menudo, se desechan de manera inadecuada. Sin embargo, los subproductos de la uva, especialmente de la variedad Isabel (*Vitis labrusca* L.), tienen un gran potencial de valorización, ya que retienen cantidades significativas de compuestos bioactivos, entre los que destacan las antocianinas. El presente artículo de revisión tuvo como objetivo recopilar y discutir los principales métodos de identificación y cuantificación de estos pigmentos, así como evaluar los datos bibliográficos sobre su potencial antioxidante con miras a su aplicación en la industria alimentaria. La literatura señala la cromatografía líquida de alta resolución (CLAR) acoplada a detectores de matriz de diodos (DAD) o espectrometría de masas como la técnica analítica predominante para la caracterización de estos compuestos. Los estudios revisados demuestran que el perfil antocianínico de *V. labrusca* se caracteriza principalmente por antocianinas monoglicosiladas, siendo la malvidina-3-O-glicósido y la peonidina-3-O-glicósido las más abundantes. Además, los métodos de evaluación antioxidante, como la captura de radicales DPPH• y ABTS•+, confirman de manera consistente la alta capacidad bioactiva de estos extractos, comparable o superior a la de los antioxidantes sintéticos. Se concluye que el aprovechamiento de los residuos de la uva Isabel no solo mitiga el impacto ambiental,

sino que ofrece una fuente viable y económica de colorantes naturales e ingredientes funcionales para el desarrollo de nuevos productos alimenticios.

Palabras clave: Subproductos. Compuestos Bioactivos. Cromatografía Líquida. Pigmentos Naturales. Capacidad Antioxidante.

1 INTRODUÇÃO

A cada ano, o consumo e, conseqüentemente, a projeção da produção de alimentos ao redor do mundo têm crescido. Segundo Garnett (2011), essa produção alimentar pode crescer de 60% a 110% até o ano de 2050 (estimativas de 2011 e 2012), indicando a necessidade contínua de expansão da produção global de alimentos. Concomitante a isto, grandes volumes de alimentos são diariamente desperdiçados. Visando mitigar esse impacto, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu a Agenda 2030, que inclui 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O Objetivo 12 refere-se ao consumo e produção responsáveis, desempenhando um papel crucial na prevenção de resíduos por meio dos princípios da “economia circular” (redução, reciclagem e reutilização), em que os recursos não são desperdiçados (ONU, 2015).

Neste contexto, o Brasil mantém sua posição de destaque na fruticultura mundial. Dados mais recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2025), referentes à safra de 2024, indicam que a produção nacional de uvas atingiu a marca de 1,8 milhão de toneladas. Embora o Rio Grande do Sul permaneça como um polo vitivinícola tradicional, o estado de Pernambuco consolidou-se como um gigante produtivo, impulsionado pelas tecnologias de irrigação no Vale do São Francisco, contribuindo significativamente para este volume. O processamento industrial dessa vasta produção, seja para sucos, vinhos e/ou polpas, gera um volume considerável de resíduos agroindustriais (principalmente cascas e sementes), que, se não valorizados, representam um custo ambiental e econômico significativo para o setor.

A uva possui uma polpa constituída por água, açúcares, minerais, ácidos, vitaminas e, notavelmente, compostos fenólicos, responsáveis por sua cor e estrutura (Moraes; Locatelli, 2010). Dentre eles, destacam-se o resveratrol e os flavonoides, especialmente as antocianinas. No Brasil, a uva 'Isabel' (*Vitis labrusca* L.) é a variedade de maior importância comercial para a produção de suco e polpa, o que a torna uma fonte de resíduo extremamente relevante e promissora para a valorização de biocompostos.

As antocianinas pertencem ao grupo dos flavonoides e compõem o maior grupo de pigmentos solúveis em água do reino vegetal. São responsáveis pela maioria das cores azul, violeta e todas as tonalidades de vermelho. Além de sua capacidade tintorial, as antocianinas exibem diversas funções biológicas, como a ação antioxidante, proteção das plantas contra a radiação UV e mecanismos de defesa (Kobus-Cisowska *et al.*, 2020).

A utilização de corantes na indústria de alimentos é uma prática comum, visto que a cor e a aparência têm um papel fundamental na aceitação dos produtos pelo consumidor. Embora as indústrias usualmente utilizem corantes de origem sintética – devido ao menor custo e maior estabilidade –, o

número de aditivos sintéticos permitidos em diversos países vem diminuindo. Essa tendência impulsiona a busca por corantes naturais que possuam segurança alimentar e valor funcional (Rossi *et al.*, 2021).

Neste contexto, os compostos fenólicos são considerados como potenciais substitutos para corantes sintéticos, devido, principalmente, à sua cor forte, brilhante e solubilidade em água (Fernández-López *et al.*, 2020). O uso de antocianinas como corante é indicado para alimentos que não serão submetidos a temperaturas elevadas durante o processamento, com tempo curto de armazenamento e embalados de forma a minimizar a exposição à luz, ao oxigênio e à umidade (Silva *et al.*, 2022).

A estabilidade das antocianinas é dependente de diversos fatores, bem como a luz, o pH do meio, a temperatura, a qualidade e presença de outros pigmentos, metais, enzimas, oxigênio, e o ácido ascórbico (Barretto *et al.*, 2020). Os efeitos da luz, temperatura e pH sobre as antocianinas estão entre os fatores mais estudados, sendo sempre observada uma correlação entre esses fatores e a decomposição dos pigmentos.

Nesse sentido, pesquisas vêm sendo conduzidas com o intuito de minimizar a perda de cor e avaliar os fatores envolvidos no processo de degradação desses pigmentos. Os aspectos relacionados à estabilidade das antocianinas têm sido amplamente investigados em diversas fontes vegetais, tais como uvas tintas (Freire *et al.*, 2020), açaí (Rossi *et al.*, 2022) e mirtilo (Huang *et al.*, 2023). Assim, as antocianinas podem ser extraídas de vários alimentos de origem vegetal e, consequentemente, do material residual oriundo do processamento desses alimentos, como as cascas da uva 'Isabel'.

Portanto, a substituição de corantes sintéticos por naturais impõe grandes desafios tecnológicos, principalmente relacionados à estabilidade das antocianinas frente a fatores de processamento. Embora a uva 'Isabel' seja a principal cultivar processada no Brasil, gerando toneladas de resíduos ricos em pigmentos, as informações sobre o perfil exato dessas antocianinas e seus potenciais antioxidantes encontram-se dispersas na literatura. Muitas vezes, a indústria carece de dados consolidados que comparem a eficiência de diferentes métodos de extração e identificação para esta cultivar específica.

Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica para compilar e discutir as principais antocianinas presentes no resíduo agroindustrial de uva *Vitis labrusca* L. (cv. Isabel), detalhando as técnicas analíticas de identificação e quantificação mais empregadas, bem como avaliar o potencial antioxidante dessa matriz como fonte de ingredientes funcionais e corantes naturais de alto valor agregado.

2 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza básica, de abordagem qualitativa e com objetivos exploratórios, desenvolvida por meio de revisão bibliográfica-documental sistematizada da literatura científica (Gerhardt; Silveira, 2009). A revisão teve como finalidade identificar, compilar e analisar criticamente estudos relacionados às antocianinas presentes em resíduos agroindustriais da uva *Vitis labrusca* L., especialmente da cultivar Isabel, com ênfase nos métodos de identificação e quantificação desses compostos e em seu potencial antioxidante e aplicação na indústria de alimentos.

A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados científicas nacionais e internacionais amplamente utilizadas na área de ciência de alimentos e química de compostos bioativos, incluindo *Scopus*, *Web of Science*, *ScienceDirect*, *Google Scholar* e *SciELO*. A seleção dos estudos foi conduzida por meio de combinações de descritores em português e inglês, tais como: “*anthocyanins*”, “*grape pomace*”, “*Vitis labrusca*”, “*agro-industrial waste*”, “*bioactive compounds*”, “*antioxidant activity*”, “*natural pigments*”, “*food industry*” e “*anthocyanin extraction*”.

Foram considerados para análise artigos científicos, revisões de literatura, capítulos de livros e documentos técnicos publicados preferencialmente entre 2000 e 2025, período escolhido por abranger o desenvolvimento recente das técnicas analíticas e das estratégias de valorização de resíduos agroindustriais. Trabalhos clássicos amplamente reconhecidos na literatura também foram incluídos quando relevantes para a compreensão conceitual dos métodos analíticos ou dos mecanismos antioxidantes.

Os critérios de inclusão adotados compreenderam:

- a) Estudos que abordassem a composição fenólica e/ou antociânica de uvas ou de resíduos provenientes de seu processamento;
- b) Pesquisas que descrevessem métodos de extração, identificação e/ou quantificação de antocianinas, especialmente por técnicas cromatográficas e espectrofotométricas;
- c) Estudos que investigassem a atividade antioxidante de extratos ricos em antocianinas e/ou compostos fenólicos derivados de resíduos agroindustriais.

Foram excluídos da análise trabalhos que não apresentavam relação direta com o tema da revisão, estudos duplicados entre as bases consultadas, publicações sem acesso ao texto completo e documentos cuja abordagem metodológica não permitisse identificar claramente os procedimentos analíticos empregados.

Após a etapa de seleção, os estudos foram organizados e analisados de forma temática, permitindo a construção das seções que compõem o presente trabalho, incluindo aspectos relacionados

à viticultura e geração de resíduos, presença de compostos bioativos em subprodutos agroindustriais, propriedades antioxidantes das antocianinas, tecnologias de estabilização e encapsulação, bem como técnicas analíticas utilizadas para a identificação e quantificação desses pigmentos.

Essa abordagem nos permitiu consolidar informações dispersas na literatura científica, fornecendo uma visão integrada sobre o potencial de valorização do resíduo agroindustrial da uva *Vitis labrusca* L. como fonte de compostos bioativos aplicáveis à indústria de alimentos.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 VITICULTURA

O Brasil consolidou-se como um dos protagonistas na fruticultura mundial, ocupando posições de destaque no *ranking* global de produção. Entre as culturas de maior relevância econômica está a viticultura, que desempenha papel fundamental tanto no abastecimento do mercado interno quanto nas exportações (Mello; Machado, 2022).

Devido à sua vasta extensão territorial e diversidade edafoclimática, o país desenvolveu uma viticultura única, capaz de cultivar desde *Vitis vinifera* (europeias) em regiões temperadas até variedades americanas (*Vitis labrusca*) e híbridas em climas tropicais e subtropicais. Dados recentes apontam que a produção nacional de uvas supera 1,7 milhão de toneladas, com polos produtivos consolidados no Rio Grande do Sul e no Vale do São Francisco (Nordeste), onde tecnologias de irrigação permitem colheitas contínuas ao longo do ano (IBGE, 2024).

Dentre as variedades cultivadas, a uva 'Isabel' (*Vitis labrusca* L.) detém a hegemonia em termos de volume processado no Brasil. Pela sua rusticidade, alta produtividade e resistência a doenças fúngicas, ela se tornou a base da indústria de sucos, vinhos e polpas de frutas no país (EMBRAPA, 2025). Diferentemente das uvas viníferas, destinadas a vinhos finos, a *V. labrusca* possui características sensoriais distintas, como o aroma "foxy", e um perfil fitoquímico específico. No entanto, sua utilização industrial massiva gera um desafio ambiental proporcional: o volume de resíduos sólidos.

A região Nordeste exemplifica o potencial dessa cultivar. Em municípios como São Vicente Férrer (PE), a viticultura familiar de uva Isabel adaptou-se a condições de solo e clima (agrestes com influência de brejos de altitude) que conferem às bagas características físico-químicas particulares (Tavares; Lima, 2009).

Ao contrário da vinificação tradicional em tinto – onde as cascas fermentam junto com o mosto –, o processamento para polpas de frutas e sucos (o principal destino da uva Isabel nessas regiões) separa as cascas e sementes precocemente. Isso resulta em um subproduto agroindustrial que retém a

maior parte dos compostos bioativos, especialmente as antocianinas, que não foram transferidas para o produto final. Portanto, a viticultura da uva Isabel não deve ser vista apenas como produção de alimento, mas como uma fonte inexplorada de biomoléculas de alto valor agregado.

3.2 COMPOSTOS BIOATIVOS EM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

A indústria de processamento de alimentos gera anualmente volumes massivos de resíduos sólidos e líquidos, compostos majoritariamente por matéria orgânica biodegradável. Historicamente, o descarte inadequado desses subprodutos tem sido associado a sérios passivos ambientais, incluindo a contaminação do solo e de recursos hídricos. Tradicionalmente, esses materiais são subutilizados como ração animal ou fertilizantes de baixo valor agregado, soluções que, embora mitiguem o impacto imediato, desperdiçam o potencial químico intrínseco da biomassa (Karastergiou *et al.*, 2025; Makris *et al.*, 2007).

No entanto, o conceito de Economia Circular impulsionou uma reavaliação desses coprodutos. Estudos recentes demonstram que cascas, sementes e bagaços não são meros rejeitos, mas matrizes ricas em compostos bioativos, como fenólicos e vitaminas, que muitas vezes se encontram em concentrações superiores às da própria polpa comestível. A recuperação desses fitoquímicos tornou-se uma estratégia chave para a obtenção de aditivos naturais, visando substituir antioxidantes sintéticos, cujo uso tem sido questionado devido a potenciais riscos à saúde (Karastergiou *et al.*, 2024; Ribas; Florentino, 2024).

Nesse cenário, os resíduos vinícolas e de processamento de sucos destacam-se pelo elevado teor de polifenóis. Pesquisas comparativas indicam que o bagaço de uva apresenta uma capacidade antioxidante superior à de muitos outros resíduos agroindustriais. Estudos clássicos com as cultivares Isabel e Niágara já apontavam para teores fenólicos expressivos (Soares *et al.*, 2008), e revisões atuais corroboram que extratos de *Vitis labrusca* exibem alta eficiência no sequestro de radicais livres, posicionando-os como fontes promissoras para o desenvolvimento de ingredientes funcionais (Neira-Ospina *et al.*, 2024).

3.3 ANTIOXIDANTES E A INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

A indústria de alimentos tem demonstrado um interesse crescente na substituição de antioxidantes sintéticos por alternativas naturais, impulsionada por preocupações crescentes sobre a toxicidade e os possíveis efeitos adversos à saúde humana associados a compostos artificiais (Kaurinovic; Vastag, 2019).

Os antioxidantes são aditivos essenciais para prevenir a oxidação lipídica e proteica, prolongando a vida útil e mantendo a qualidade sensorial e nutricional dos produtos. Nesse cenário, compostos derivados de matrizes vegetais e subprodutos agroindustriais, como os fenólicos e flavonoides, emergem como alternativas eficazes, apresentando, em muitos casos, atividade biológica superior aos compostos sintéticos convencionais (Hong *et al.*, 2024).

Quimicamente, os antioxidantes atuam retardando ou inibindo a oxidação de substratos orgânicos ao neutralizarem radicais livres antes que estes promovam danos celulares, como a ruptura de membranas e a degeneração proteica (Martemucci *et al.*, 2022). A eficiência dessas moléculas depende intrinsecamente da sua estrutura química e do ambiente em que estão inseridas, sendo influenciada por fatores como a natureza do lipídio, atividade de água e condições de processamento (Castromonte *et al.*, 2020).

Historicamente, a indústria tem utilizado compostos como o Butil-hidroxitolueno (BHT), Butil-hidroxianisol (BHA) e o Terc-butil-hidroquinona (TBHQ). No entanto, o uso desses aditivos é estritamente regulado; no Brasil, a legislação atual estabelece limites rigorosos para a adição de antioxidantes, exigindo que estes não alterem as características organolépticas do alimento e mantenham estabilidade térmica durante o processamento (Suliman *et al.*, 2023).

Diante das restrições regulatórias e da demanda dos consumidores por "rótulos limpos" (*clean label*), a pesquisa científica tem focado na purificação de metabólitos secundários de plantas. As antocianinas, em particular, destacam-se pela sua versatilidade química e notável capacidade de sequestro de radicais livres, como o radical hidroxila ($\text{OH}^\bullet$) e o superóxido ($\text{O}_2^\bullet$). Estudos recentes demonstram que a eficácia antioxidante das antocianinas está diretamente ligada ao seu grau de hidroxilação e metilação do anel B, o que permite uma atuação multifacetada tanto em sistemas lipofílicos quanto hidrofílicos (Martemucci *et al.*, 2022; Neira-Ospina *et al.*, 2024). Assim, o reaproveitamento de resíduos ricos nesses pigmentos não apenas cumpre uma função tecnológica de conservação, mas também agrega valor funcional ao produto final.

3.4 ANTOCIANINAS: ESTRUTURA, PROPRIEDADES E ESTABILIDADE

As antocianinas são pigmentos hidrossolúveis pertencentes à classe dos flavonoides, quimicamente estruturadas como glicosídeos de polihidróxi e polimetóxi derivados do cátion 2-fenilbenzopirílio (cátion flavílio). A estrutura básica consiste em duas unidades aromáticas (anéis A e B) unidas por uma ponte de três carbonos que formam um heterociclo oxigenado central (anel C). Por meio de hidrólise ácida, as antocianinas liberam suas agliconas, as antocianidinas. Embora centenas de variantes existam na natureza, a literatura destaca seis antocianidinas majoritárias em matrizes

alimentares: cianidina, delphinidina, pelargonidina, peonidina, petunidina e malvidina, que se distinguem pelo padrão de substituição de grupos hidroxila (-OH) e metoxila (-OCH₃) no anel B (Neira-Ospina *et al.*, 2024).

Na cultivar Isabel (*Vitis labrusca* L.), esses pigmentos são os principais responsáveis pelas tonalidades que variam do vermelho intenso ao violeta, sendo sintetizados predominantemente na casca durante o processo de maturação (*véraison*). A estabilidade e a coloração desses pigmentos são intrinsecamente dependentes do pH do meio, devido ao equilíbrio químico entre diferentes formas estruturais: o cátion flavílio (vermelho em pH < 2), a base anidra (púrpura/azul em pH neutro) e a pseudobase carbinol ou chalcona (incolor ou amarelada em pH alcalino) (Martemucci *et al.*, 2022).

Apesar de seu elevado potencial tintorial, a aplicação industrial das antocianinas enfrenta desafios significativos relacionados à sua instabilidade termodinâmica. Durante o processamento térmico e armazenamento, fatores como temperatura, luz, oxigênio e íons metálicos podem acelerar a degradação desses compostos, resultando em perdas de cor que podem exceder 50% (Hong *et al.*, 2024). Estudos indicam que a acilação das antocianinas com ácidos orgânicos e a interação com outros polifenóis (copigmentação) são mecanismos naturais que aumentam a resistência desses pigmentos, tornando matrizes como o resíduo da uva Isabel alvos estratégicos para a extração de corantes mais robustos em comparação à outras fontes vegetais (Karastergiou *et al.*, 2024).

3.5 ENCAPSULAÇÃO DE ANTOCIANINAS: TECNOLOGIAS E MATERIAIS DE PAREDE

Devido à alta susceptibilidade das antocianinas à degradação, a encapsulação surge como uma estratégia fundamental para preservar sua funcionalidade. Esse processo consiste no aprisionamento dos compostos (material de recheio) em matrizes poliméricas (material de parede), criando uma barreira física contra oxigênio, luz e variações de pH (Karastergiou *et al.*, 2024). Tecnologias como *spray-drying*, coacervação e nanotecnologia têm permitido a liberação controlada dos ativos, garantindo que o potencial antioxidante seja preservado durante a vida de prateleira, mesmo em matrizes complexas como produtos cárneos e bebidas funcionais (Singh *et al.*, 2023).

A aplicação dessas antocianinas encapsuladas atende à crescente demanda por produtos "*clean label*", alinhando-se à legislação brasileira que exige aditivos eficazes e desprovidos de efeitos fisiológicos negativos (Suliman *et al.*, 2023). Estudos demonstram que o uso de biopolímeros para a proteção de pigmentos da uva Isabel resulta em melhorias significativas na intensidade da cor e estabilidade sensorial, permitindo que a indústria substitua antioxidantes sintéticos (BHA e BHT) por alternativas naturais sem comprometer a aceitação do consumidor (Oliveira *et al.*, 2025; Rossi *et al.*, 2021).

Por fim, as perspectivas mais recentes apontam para a consolidação das "Tecnologias Verdes" (*Green Technologies*), que utilizam solventes eutéticos profundos e extração assistida por ultrassom para obter bioativos de forma sustentável. Aliado a isso, o uso de modelagem computacional e inteligência artificial tem permitido prever a interação desses compostos naturais com a matriz alimentar, reduzindo a necessidade de testes empíricos exaustivos (Bezerra; Koblit, 2025; Gidado *et al.*, 2025). Essa convergência entre sustentabilidade e digitalização não apenas otimiza a valorização do resíduo da uva Isabel, mas consolida os antioxidantes naturais como o novo padrão de segurança para a indústria alimentícia global.

3.6 TÉCNICAS ANALÍTICAS DE IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO

A caracterização precisa das antocianinas no resíduo da uva Isabel é um desafio analítico devido à complexidade da matriz e à instabilidade dos pigmentos. Atualmente, a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE/HPLC) acoplada a detectores de Arranjo de Diodos (DAD) ou Espectrometria de Massas (MS) é consolidada como a técnica padrão-ouro. Enquanto o DAD permite a quantificação baseada na absorbância característica no espectro visível (aproximadamente 520 nm), a Espectrometria de Massas possibilita a identificação inequívoca das antocianinas por meio da relação massa/carga (m/z), permitindo distinguir entre formas monoglicosiladas, típicas da *Vitis labrusca*, e formas aciladas (Karastergiou *et al.*, 2024; Neira-Ospina *et al.*, 2024).

Além das técnicas cromatográficas, métodos espectrofotométricos rápidos, como o método de pH diferencial, são amplamente utilizados para a determinação do teor de antocianinas totais. Esta técnica baseia-se na mudança estrutural reversível do pigmento em diferentes valores de pH, permitindo uma estimativa rápida do potencial tintorial do resíduo agroindustrial. Contudo, para fins de desenvolvimento de novos ingredientes funcionais, a quantificação individualizada de compostos como a malvidina-3-O-glicosídeo é fundamental, visto que cada antocianina possui capacidades antioxidantes e estabilidades térmicas distintas, o que dita sua aplicação específica na indústria de alimentos (Martemucci *et al.*, 2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A literatura analisada evidencia que os resíduos gerados pelo processamento industrial da uva *Vitis labrusca* L., especialmente da cultivar Isabel, representam uma matriz rica em compostos fenólicos com elevado potencial funcional. Durante o processamento uma parcela significativa dos metabólitos secundários permanece concentrada nas cascas e sementes, resultando em um subproduto agroindustrial que conserva grande parte dos compostos bioativos presentes no fruto original (Makris

et al., 2007; Melo *et al.*, 2011). Nesse sentido, o bagaço de uva tem sido amplamente reconhecido como uma fonte relevante de polifenóis, cuja recuperação pode contribuir para a valorização de resíduos e para a redução de impactos ambientais associados ao descarte inadequado desses materiais (Karastergiou *et al.*, 2025; Peschel *et al.*, 2006).

Do ponto de vista fitoquímico, o perfil antociânico da uva Isabel caracteriza-se predominantemente pela presença de antocianinas monoglicosiladas, entre as quais se destacam malvidina-3-O-glicosídeo, peonidina-3-O-glicosídeo, cianidina-3-O-glicosídeo e delfinidina-3-O-glicosídeo. Essas moléculas pertencem à classe dos flavonoides e apresentam elevada capacidade antioxidante devido à presença de grupos hidroxila e metoxila na estrutura do anel B do cátion flavílio, que favorecem a estabilização de radicais livres (Martemucci *et al.*, 2022; Neira-Ospina *et al.*, 2024). Estudos sobre composição fenólica de resíduos de uva demonstram que esses pigmentos, juntamente com outros polifenóis, contribuem significativamente para a atividade antioxidante observada em extratos derivados do bagaço (Melo *et al.*, 2011; Rockenbach *et al.*, 2008).

A identificação e quantificação dessas moléculas dependem de técnicas analíticas capazes de lidar com a complexidade das matrizes vegetais. Entre os métodos disponíveis, a CLAE/HPLC consolidou-se como a principal ferramenta para caracterização de antocianinas. Sistemas cromatográficos acoplados a DAD permitem a quantificação baseada na absorbância característica dessas moléculas na região visível do espectro, geralmente próxima de 520 nm. Quando associada à MS, a técnica possibilita a identificação estrutural detalhada das diferentes antocianinas presentes em extratos complexos, permitindo distinguir formas glicosiladas e aciladas com elevada precisão (Karastergiou *et al.*, 2024; Neira-Ospina *et al.*, 2024; Rodriguez-Saona; Wrolstad, 2001).

Além das técnicas cromatográficas, métodos espectrofotométricos também são amplamente utilizados para a estimativa do teor total de antocianinas. O método do pH diferencial, por exemplo, baseia-se na mudança estrutural reversível dessas moléculas em diferentes condições de pH, permitindo a quantificação rápida do conteúdo total de pigmentos em extratos vegetais. Embora seja uma abordagem prática e de baixo custo, esse método apresenta limitações importantes, principalmente pela impossibilidade de diferenciar compostos individuais e pela suscetibilidade a interferências de outros pigmentos presentes na matriz (Craft *et al.*, 2012; Martemucci *et al.*, 2022). Por essa razão, diversos estudos recomendam a utilização combinada de métodos cromatográficos e espectrofotométricos para uma caracterização mais robusta do perfil antociânico.

Outro aspecto amplamente discutido na literatura refere-se à elevada capacidade antioxidante dos extratos derivados do bagaço de uva. Ensaio baseados no sequestro de radicais livres, como DPPH• e ABTS•+, demonstram consistentemente que extratos ricos em antocianinas apresentam

elevada eficiência na neutralização de espécies reativas de oxigênio (Craft *et al.*, 2012; Martemucci *et al.*, 2022). Essa atividade antioxidante não está associada apenas às antocianinas isoladamente, mas também ao efeito sinérgico entre diferentes compostos fenólicos presentes na matriz, incluindo flavonóis, taninos e ácidos fenólicos, que atuam conjuntamente na estabilização de radicais livres (Karastergiou *et al.*, 2024; Melo *et al.*, 2011).

Apesar desse potencial bioquímico, a aplicação industrial das antocianinas enfrenta desafios significativos relacionados à sua estabilidade físico-química. Fatores como temperatura, exposição à luz, presença de oxigênio e variações de pH podem acelerar a degradação desses pigmentos, reduzindo sua intensidade de cor e atividade antioxidante durante o processamento e armazenamento de alimentos (Fernández-López *et al.*, 2020; Martemucci *et al.*, 2022). Nesse contexto, diferentes estratégias tecnológicas têm sido investigadas para aumentar a estabilidade desses compostos, incluindo processos de copigmentação e encapsulação em matrizes poliméricas.

Entre as tecnologias emergentes, a microencapsulação tem se destacado como uma estratégia eficiente para a proteção de compostos bioativos. Técnicas como *spray-drying* permitem o aprisionamento das antocianinas em materiais de parede, como maltodextrina, goma arábica ou proteínas vegetais, formando sistemas capazes de proteger os pigmentos contra degradação oxidativa e variações de pH (Castromonte *et al.*, 2020; Singh *et al.*, 2023). Esses sistemas também possibilitam a liberação controlada dos compostos bioativos em diferentes matrizes alimentares, ampliando seu potencial de aplicação em produtos funcionais.

Paralelamente, observa-se um crescente interesse pelo desenvolvimento de métodos sustentáveis de extração e purificação de compostos fenólicos. Abordagens baseadas em solventes eutéticos naturais, extração assistida por ultrassom e outras tecnologias verdes têm sido investigadas como alternativas mais eficientes e ambientalmente amigáveis em comparação aos métodos tradicionais de extração (Bezerra; Koblitz, 2025; Gidado *et al.*, 2025). Essas estratégias estão alinhadas aos princípios da *Green Technologies* e da Economia Circular, nos quais resíduos agroindustriais são convertidos em insumos de alto valor agregado.

Nesse contexto, o reaproveitamento do resíduo da uva Isabel apresenta grande potencial para a obtenção de antioxidantes naturais aplicáveis à indústria de alimentos. A valorização desses subprodutos não apenas contribui à redução de impactos ambientais, mas também favorece o desenvolvimento de novos ingredientes funcionais, atendendo à crescente demanda do mercado por produtos com rótulos limpos (*clean label*) e baseados em compostos naturais (Kaurinovic; Vastag, 2019; Sulieman *et al.*, 2023).

Assim, os estudos analisados demonstram que a exploração científica e tecnológica das antocianinas provenientes de resíduos agroindustriais representa uma estratégia promissora para o desenvolvimento de ingredientes naturais de alto valor agregado. A integração entre avanços analíticos, tecnologias de estabilização e estratégias de economia circular fortalece o potencial desses compostos como alternativas sustentáveis para a indústria alimentícia contemporânea.

5 CONCLUSÃO

A presente revisão evidencia que o resíduo agroindustrial proveniente do processamento da uva Isabel (*Vitis labrusca* L.) constitui uma fonte fitoquímica de alto valor para a obtenção de antocianinas. A análise dos estudos compilados demonstra que as frações antociânicas extraídas deste material residual exibem uma robusta capacidade antioxidante, comprovada por métodos de sequestro de radicais livres como DPPH• e ABTS•+. Essa bioatividade está diretamente relacionada à presença de antocianinas majoritárias e ao efeito sinérgico entre os compostos fenólicos retidos nos resíduos.

Conclui-se que o aproveitamento desse subproduto, muitas vezes descartado pela indústria de polpas e sucos, representa uma alternativa tecnológica viável e sustentável para a substituição de antioxidantes sintéticos. O uso dessas biomoléculas não apenas atende às exigências de segurança alimentar e demanda por rótulos limpos (*clean label*), mas também promove a consolidação de uma cadeia produtiva baseada na bioeconomia circular. Assim, a valorização do resíduo da uva Isabel integra inovação científica e responsabilidade ambiental, fortalecendo o setor agroindustrial e oferecendo novos insumos de alto valor agregado para a indústria de alimentos global.

REFERÊNCIAS

BARRETTO, F. J. de F. P.; CLEMENTE, H. A.; SANTANA, A. L. B. D.; VASCONCELO, M. A. da S. Stability of encapsulated and non-encapsulated anthocyanin in yogurt produced with natural dye obtained from *Solanum melongena* L. bark. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 42, n. 3, e-137, p.1-13, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-29452020137>. Acesso em: 24 fev. 2026.

BEZERRA, F. de S.; KOBLITZ, M. G. B. Extraction of phenolic compounds from agro-industrial by-products using natural deep eutectic solvents: a review of green and advanced techniques. **Separations**, v. 12, n. 6, p. 1-19, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/separations12060150>. Acesso em: 30 dez. 2025.

CASTROMONTE, M.; WACYK, J.; VALENZUELA, C. Encapsulación de extractos antioxidantes desde sub-productos agroindustriales: una revisión. **Revista Chilena de Nutrición**, v. 47, n. 5, p. 836-847, 2020. Disponível em: <http://doi.org/10.4067/s0717-75182020000500836>. Acesso em: 11 mar. 2025.

CRAFT, B. D.; KERRIHARD, A. L.; AMAROWICZ, R.; PEGG, R. B. Phenol-Based antioxidants and the in vitro methods used for their assessment. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n. 2, p. 148-173, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00173.x>. Acesso em: 16 mar. 2025.

EMBRAPA. **Vitibrasil**: banco de dados vitivinícola. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2022. Disponível em: <http://vitibrasil.cnpuv.embrapa.br>. Acesso em: 01 mar. 2026.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A.; FERNÁNDEZ-LLEDÓ, V.; ANGOSTO, J. M. New insights into red plant pigments: more than just natural colorants. **Royal Society of Chemistry Advances**, v. 10, p. 24669-24682, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/D0RA03514A>. Acesso em: 18 mar. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). FAOSTAT, 2020. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 10 jun. 2025.

FREIRE, G. A. S.; SILVA, L. da C.; SANTOS, M. S. A. dos; SANT'ANA, A. M. da S.; ARAÚJO, I. B. da S.; MANGOLIM, C. S. Teor de antocianinas, cor, textura, características físico-químicas e microbiológicas de leite fermentado adicionado de extrato rico em antocianinas obtido a partir de uvas tintas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 56192-56205, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-145>. Acesso em: 12 jun. 2025.

GARNETT, T. Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain?). **Food Policy**, v. 36, n. 1, p. S23-S32, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.10.010>. Acesso em: 11 jul. 2025.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2025.

GIDADO, M. J.; GUNNY, A. A. N.; ALNASHEF, I. M. Deep eutectic solvents as green alternatives in postharvest fruit preservation: a comprehensive review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 18, p. 9109-9141, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-025-04016-z>. Acesso em: 29 nov. 2025

HONG, Y.; BOITI, A.; VALLONE, D.; FOULKES, N. S. Reactive oxygen species signaling and oxidative stress: transcriptional regulation and evolution. **Antioxidants**, v.13, n.3, p.312, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox13030312>. Acesso em: 22 maio 2025.

HUANG, W. Y.; ZHAO, X. Y.; CHAI, Z.; HERRERA-BALANDRANO, D. D.; LI, B.; YANG, Y.; LU, S.; TU, Z. Improving blueberry anthocyanins' stability using a Ferritin nanocarrier. **Molecules**, v. 28, n. 15, e. 5844, p. 1-12, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules28155844>. Acesso em: 09 fev. 2025.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **Produção agrícola municipal 2024**: ranking global da produção de frutas no Brasil. 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 jan. 2025.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **Produção Agrícola Municipal**: Culturas temporárias e permanentes: 2024. Rio de Janeiro: IBGE, v. 51, 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em: 24 dez. 2025.

KARASTERGIOU, A.; GANCEL, A.-L.; JOURDES, M.; TEISSEDRE, P.-L. Valorization of grape pomace: a review of phenolic composition, bioactivity, and therapeutic potential. **Antioxidants**, v. 13, n. 9, p. 1131, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox13091131>. Acesso em: 02 mar. 2026.

KARASTERGIOU, A.; GANCEL, A.-L.; JOURDES, M.; TEISSEDRE, P.-L. Transforming winemaking waste: grape pomace as a sustainable source of bioactive compounds. **OENO One**, v. 59, n. 2, article 9202, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2025.59.2.9202>. Acesso em: 04 mar. 2026.

KAURINOVIC, B.; VASTAG, D. Flavonoids and phenolic acids as potential natural antioxidants. In: **Natural Food Additives**. Londres: IntechOpen, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5772/intechopen.83731>. Acesso em: 29 dez. 2025.

KOBUS-CISOWSKA, J.; SZCZEPANIAK, O.; SZYMANOWSKA-POWAŁOWSKA, D.; PIECHOCKA, J.; SZULC, P.; DZIEDZIŃSKI, M. Antioxidant potential of various solvent extract from Morus alba fruits and its major polyphenols composition. **Ciência Rural**, v. 50, n. 1, p. 1-12, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190371>. Acesso em: 24 jan. 2025.

LIMA, M. A. C. Fisiologia, tecnologia e manejo pós-colheita. In: SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. (Eds.) **A vitivinicultura no Semiárido brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2009. Cap. 16, p. 597-656.

LIMA, M. A. C.; CHOUDHURY, M. M. Características dos cachos de uva. In: LIMA, M. A. C. (Ed.). **Uva de mesa**: pós-colheita. 2ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2007. Cap. 2, p. 21-30.

MAKRIS, D. P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOLUS, N. K. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 2, p. 125-132, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.04.010>. Acesso em: 14 fev. 2025.

MARTEMUCCI, G.; COSTAGLIOLA, C.; MARIANO, M.; D'ANDREA, L.; NAPOLITANO, P.; D'ALESSANDRO, A. G. Free radical properties, source and targets, antioxidant consumption and health. **Oxygen**, v. 2, n. 2, p. 48-78, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/oxygen2020006>. Acesso em: 19 fev. 2025.

MAZZA, G.; KAY, C. D.; COTTREL, T.; HOLUB, B. J. Absorption of anthocyanins from blueberries and serum antioxidant status in human subjects. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 26, p. 7731-7737, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf020690l>. Acesso em: 29 jan. 2025.

MELLO, L. M. R. de; MACHADO, C. A. E. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2021**. Bento Gonçalves: Embrapa – Comunicado Técnico 226, 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1149674/1/Com-Tec-226.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2025.

MELO, P. S.; BERGAMASCHI, K. B.; TIVERON, A. P.; MASSARIOLI, A. P.; OLDONI, T. L. C.; ZANUS, M. C.; PEREIRA, G. E.; ALENCAR, S. M. de. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, v. 41, n. 6, p. 1088-1093, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000600027>. Acesso em: 17 jun. 2025.

MORAES, V. de; LOCATELLI, C. Vinho: uma revisão sobre a composição química e benefícios à saúde. **Evidência**, v. 10, n. 1-2, p. 57-68, 2010. Disponível em: https://periodicos.unoesc.edu.br/evidencia/article/view/1159/pdf_255. Acesso em: 24 jan. 2025.

NEIRA-OSPINA, E.; ROJAS, J.; SANTA-GONZALEZ, G. A.; GARZÓN, M. A. G. Phenolic compounds in grapes (genus *Vitis*): A review of their antioxidant activity, antiproliferative capacity, and cytotoxic effect on colorectal cancer. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 14, n. 1, p. 001-015, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.7324/JAPS.2024.169381>. Acesso em: 11 mar. 2026

OLIVEIRA, K. K. G. de; BERGER, L. R. R.; CORREIA, L. C.; STAMFORD, T. C. M. Identificação, quantificação e potencial antioxidante de antocianinas do resíduo agroindustrial de uva Isabel (*Vitis labrusca* L.). **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 23, n. 5, p. 1-23, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv23n5-165>. Acesso em: 27 dez. 2025.

ONU, ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS –. Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Nova York: ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 20 jan. 2025.

PESCHEL, W.; SANCHÉZ-RABANEDA, F.; DIEKMAN, W.; PLESCHER, A.; GARTZIA, I.; JIMÉNEZ, D.; LAMUELA-RAVENTÓS, R.; BUXADERAS, S.; CODINA, C. An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. **Food Chemistry**, v. 97, n. 1, p. 137-150, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.033>. Acesso em: 23 abr. 2025.

PINGALI, P.; MITTRA, B.; RAHMAN, A. The bumpy road from to nutrition security - Slow evolution of India's food policy. **Global Food Security**, v. 15, p. 77-84, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.05.002>. Acesso em: 10 abr. 2025.

RIBAS, J. C. R.; FLORENTINO, L. S. **Utilization of agro-industrial waste as antioxidants and natural dyes**. São Paulo: Seven Editora, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.56238/sevened2026.001-038>. Acesso em: 21 fev. 2026.

ROCKENBACH, I. I.; SILVA, G. L. da; RODRIGUES, E.; KUSKOSKI, E. M.; FETT, R. Influência do solvente no conteúdo total de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante de extratos de bagaço de uva (*Vitis vinifera*) variedades Tannat e Ancelota. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 238-244, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000500036>. Acesso em: 01 maio 2025.

RODRIGUEZ-SAONA, L. E.; WROLSTAD, R. E. Extraction, isolation, and purification of anthocyanins. In: WROLSTAD, R. E. **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 2001. p.F1 1.1- 1.11. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0402s01>. Acesso em: 28 fev. 2026.

ROSSI, I. S.; COSTA, J. B.; NASCIMENTO, L. G. L.; CARVALHO, A. F. de. Anthocyanins stability of açaí: a brief review. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 8, n. 9, p. 1-5, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.18540/jcecvl8iss9pp14880-01a>. Acesso em: 20 mar. 2025.

ROSSI, P. H. S. de; FAVONI, S. P. de G.; GIANNONI, J. A.; PEREIRA, M. T. C. Utilização tecnológica de corantes naturais em alimentos: uma revisão. **Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 11, p. 1-7, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i11.941>. Acesso em: 19 abr. 2025.

SILVA, I. de M.; ROCHA, L. de O. F.; SCHMIELE, M.; NEVES, N. de A. Obtaining natural dye from anthocyanins extracted from molasses grass (*Melinis minutiflora* P. Beauv.) and study of its application in yogurts. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, e9811326230, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26230>. Acesso em: 25 jan. 2025.

SINGH, S.; AERI, V.; SHARMA, V. Encapsulated natural pigments: Techniques and applications. **Journal of Food Process Engineering**, v. 46, n. 12, e14311, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfpe.14311>. Acesso em: 04 dez. 2025.

SOARES, M. C.; RIBEIRO, E. T.; KUSKOSKI, E. M.; GONZAGA, L. V.; LIMA, A.; MANCINI FILHO, J.; FETT, R. Composition of phenolic acids content in apple (*Malus* sp) pomace. **Semina Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 339-348, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2008v29n2p339>. Acesso em: 18 fev. 2025.

SULIEMAN, A. M. E.; ABDALLAH, E. M.; ALANAZI, N. A.; ED-DRA, A.; JAMAL, A.; IDRIS, H.; ALSHAMMARI, A. S.; SHOMMO, S. A. M. Spices as sustainable food preservatives: a comprehensive review of their antimicrobial potential. **Pharmaceuticals**, v. 16, n. 10, p. 1451, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ph16101451>. Acesso em: 02 jun. 2025.

TAVARES, S. C. C. de H.; LIMA, V. C. de. **A Indicação Geográfica da uva de São Vicente Férrer e Macaparana – PE a partir de pesquisas da Embrapa**. Rio de Janeiro: Embrapa –

Circular técnica 43, 2009. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/664524/1/circtec432009uvasaovicenteferer.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2025.