


## Compostos Bioativos em Resíduos Agroindustriais: Potencial em Alimentos Funcionais e Estratégias Sustentáveis de Valorização

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.526172513116>

Luciene dos Santos Sobczak

Aline Francieli da Silva Duarte

Elizângela Regina da Silva Martins

Mayara Zagoto

Simone Maria Altoe Porto

**RESUMO:** A produção agroindustrial brasileira tem papel central na economia nacional, porém, a geração de grandes volumes de resíduos provenientes do processamento de alimentos, como cascas, sementes e bagaços, representa um desafio ambiental significativo. Esses subprodutos, frequentemente descartados de forma inadequada, são ricos em compostos bioativos e nutrientes de alto valor funcional, podendo ser reaproveitados como ingredientes na formulação de novos alimentos. O aproveitamento integral da matéria-prima agrega valor econômico e contribui para a sustentabilidade da cadeia produtiva, além de favorecer a criação de produtos com potencial funcional e nutricional aprimorado. O presente capítulo tem como objetivo revisar a literatura científica sobre o uso de resíduos agroindustriais como fonte de compostos bioativos aplicáveis em alimentos funcionais. Trata-se de uma revisão narrativa baseada em publicações científicas recentes, abordando o potencial dos resíduos agroindustriais como fonte sustentável de compostos bioativos para formulações de alimentos funcionais. São discutidos os principais tipos de resíduos, os compostos de interesse nutricional, os métodos de extração e recuperação, bem como suas aplicações tecnológicas na indústria de alimentos. A análise dos estudos evidencia o potencial promissor desses subprodutos para a

inovação em alimentos sustentáveis, embora ainda existam desafios relacionados à padronização, estabilidade, segurança alimentar, viabilidade comercial e barreiras regulatórias dos compostos bioativos. O reaproveitamento de resíduos agroindustriais emerge como estratégia promissora para o desenvolvimento de alimentos funcionais sustentáveis, alinhando inovação tecnológica, economia circular e saúde pública.

**PALAVRAS-CHAVE:** Subprodutos do agronegócio; Aproveitamento residual; Economia Circular; Tecnologias Verdes; Alimentos funcionais; Compostos bioativos; Ingredientes funcionais; Sustentabilidade; Polifenóis; Fibras Dietéticas; Extração Verde; Encapsulamento.

## Bioactive Compounds in Agro-industrial Waste: Potential in Functional Foods and Sustainable Valorization Strategies

**ABSTRACT:** Brazilian agro-industrial production plays a central role in the national economy; however, the generation of large volumes of residues from food processing — such as peels, seeds, and pomace — represents a significant environmental challenge. These by-products, often improperly discarded, are rich in bioactive compounds and high-value nutrients and can be reused as ingredients in the formulation of new foods. The full utilization of raw materials adds economic value and contributes to the sustainability of the production chain, while also promoting the development of products with enhanced functional and nutritional potential. This chapter aims to review the scientific literature on the use of agro-industrial residues as a source of bioactive compounds applicable to functional foods. It is a narrative review based on recent scientific publications, addressing the potential of agro-industrial by-products as a sustainable source of bioactive compounds for functional food formulations. The main types of residues, compounds of nutritional interest, extraction and recovery methods, and their technological applications in the food industry are discussed. The analysis of the studies highlights the promising potential of these by-products for innovation in sustainable foods, although challenges still remain regarding standardization, stability, food safety, commercial feasibility, and regulatory barriers related to bioactive compounds. The valorization of agro-industrial residues emerges as a promising strategy for the development of sustainable functional foods, aligning technological innovation, circular economy principles, and public health.

**KEYWORDS:** Agro-industrial by-products; Residual utilization; Circular economy; Green technologies; Functional foods; Bioactive compounds; Functional ingredients; Sustainability; Polyphenols; Dietary fibers; Green extraction; Encapsulation.

## INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro constitui um pilar fundamental da economia nacional, com uma participação que correspondeu a mais de um quarto do Produto Interno Bruto (PIB) nos últimos anos (CEPEA/ESALQ-USP; CNA, 2025). O posicionamento do Brasil como um dos líderes mundiais na produção de alimentos, impulsionado por uma demanda global que deve crescer significativamente até 2050 (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012), garante o desenvolvimento econômico, mas também intensifica os desafios associados à sustentabilidade de sua cadeia produtiva.

Os subprodutos provenientes das atividades agroindustriais frequentemente representam um passivo econômico para o setor agrícola, pois ainda concentram compostos com potencial de reaproveitamento que acabam sendo descartados. Além disso, o manejo inadequado desses resíduos pode gerar impactos ambientais adversos, contribuindo para a contaminação do solo, da água e do ar (NOGUEIRA et al., 2020; SOUZA et al., 2020).

O descarte inadequado desses materiais não apenas representa uma perda econômica, mas também acarreta graves passivos ambientais, como a contaminação de ecossistemas e a emissão de gases de efeito estufa, contribuindo para as mudanças climáticas (TRIPATHI et al., 2019).

Estima-se que frutas e hortaliças correspondam a cerca de 45% do volume total de resíduos alimentares gerados no mundo, proximadamente 1,4 milhão de toneladas de frutas processadas globalmente, entre 25% e 30% convertem-se em subprodutos ou rejeitos. Essa biomassa residual, composta por cascas, sementes, raízes e bagaços, costuma apresentar maiores concentrações de compostos bioativos do que as próprias polpas (PATRA; ABDULLAH; PRADHAN, 2022). Esses materiais podem ser aproveitados para enriquecer a alimentação humana, especialmente quando apresentam elevados teores de vitaminas, minerais, fibras, óleos e fitoquímicos com propriedades funcionais e bioativas.

Diversos estudos indicam que o aproveitamento de resíduos, subprodutos e coprodutos agroindustriais contribui para a redução do desperdício na indústria de alimentos, além de favorecer o desenvolvimento de novas tecnologias e a diversificação da oferta de produtos. Esse tipo de utilização diminui a quantidade de lixo orgânico, gera benefícios econômicos para famílias produtoras e fortalece a segurança alimentar.

As tendências de consumo alimentar no mundo apontam a saúde como a principal preocupação da população, ao passo de que a sustentabilidade também se apresenta como um critério importante na decisão de compra (EUROMONITOR, 2020; ARCHER DANIELS MIDLAND COMPANY, 2020). Nesse cenário, o aproveitamento

de resíduos agroindustriais como insumos para a fabricação de novos alimentos auxilia na redução de desperdícios durante o processamento e na diminuição dos impactos ambientais, sendo também uma potencial fonte de compostos bioativos.

Uma alternativa promissora para o aproveitamento de resíduos agroindustriais é a sua transformação em pó alimentício ou farinhas. Esses produtos concentram diversos componentes de interesse nutricional, como fibras, vitaminas, minerais e substâncias fenólicas, que podem oferecer inúmeros benefícios à saúde humana. Além disso, apresentam grande versatilidade, podendo ser incorporados em diferentes formulações alimentícias. As farinhas obtidas a partir dos resíduos gerados na produção de sucos podem ser utilizadas no enriquecimento ou na suplementação de diversas preparações alimentícias (STORCK et al., 2015). Dessa forma, devido à diversidade de resíduos com fibras e compostos bioativos, cresce o interesse pelo seu reaproveitamento, não apenas para geração de energia elétrica e compostagem, mas também para o enriquecimento de alimentos com valor nutricional elevado.

Diante desse cenário, este capítulo tem como objetivo revisar as principais estratégias de aproveitamento de resíduos agroindustriais como fonte de compostos bioativos aplicáveis em alimentos funcionais, abordando inicialmente a caracterização desses resíduos, seguido pelas tecnologias de extração, suas aplicações na indústria e, por fim, os desafios e perspectivas futuras para sua consolidação no mercado.

## **RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS COMO FONTE DE COMPOSTOS BIOATIVOS**

Além de contribuir para a redução dos impactos ambientais, a utilização de resíduos agroindustriais no enriquecimento de alimentos representando também uma alternativa promissora do ponto de vista nutricional e econômico, pois os resíduos contêm altas concentrações de compostos bioativos, como antioxidantes, anti-inflamatórios, agentes antitumorais e antidiabéticos, assim como ácidos orgânicos, proteínas, enzimas, fibras dietéticas e outras biomoléculas, incrementando o valor nutricional dos alimentos, ampliando a diversidade de produtos e valorizando o resíduo (SORRENTI et al., 2023).

Os compostos bioativos compreendem substâncias capazes de exercer efeitos biológicos específicos, modulando vias metabólicas e contribuindo para a manutenção e promoção da saúde (SIDDIQUI et al., 2024). Esses compostos apresentam uma ampla gama de benefícios, incluindo ação antioxidante, regulação da atividade enzimática, modulação de receptores celulares e influência sobre a expressão gênica.

Os compostos bioativos com ação antioxidante desempenham um papel importante na neutralização dos radicais livres, que são produzidos naturalmente durante os processos de oxidação essenciais à vida aeróbica. Esses radicais livres

podem reagir com DNA, RNA, proteínas e outras moléculas oxidáveis, causando danos celulares que contribuem para o envelhecimento e aumentam a predisposição a doenças degenerativas, como câncer, aterosclerose e artrite reumática, entre outras (PEREIRA et al., 2009). Dessa forma, a ingestão de alimentos ricos em compostos bioativos pode auxiliar na prevenção dessas doenças, sem que seja necessário alterar significativamente os hábitos alimentares dos consumidores.

Nos últimos anos, alimentos funcionais, nutracêuticos de origem vegetal e suplementos alimentares têm incorporado ingredientes bioativos capazes de promover a saúde e melhorar o bem-estar humano. Esses produtos não se limitam aos componentes nutricionais tradicionais, mas também incluem compostos bioativos que conferem efeitos benéficos à saúde. (SANTOS-BUELGA et al., 2019)

Entre os compostos presentes nos resíduos agroindustriais, destacam-se as proteínas e os compostos com atividade antioxidante, como os polifenóis. As proteínas, em conjunto com os bioativos, podem conferir aos alimentos propriedades fisiológicas e funcionais relevantes. Estudos demonstram que o enriquecimento de produtos alimentícios com extratos ricos em polifenóis pode provocar alterações na estrutura dos alimentos devido às interações entre polifenóis e proteínas, levando à formação de complexos solúveis ou insolúveis (BANDYOPADHYAY et al., 2012; FELIX DA SILVA et al., 2016; PELAES VITAL et al., 2015). Essas interações contribuem para a melhoria das propriedades funcionais e tecnológicas dos produtos, ao mesmo tempo em que permitem a incorporação de alimentos com elevado conteúdo de compostos fenólicos bioativos.

A maioria dos resíduos agrícolas é constituída por lignocelulose, composta por celulose, hemicelulose e lignina, componentes essenciais para aplicações na indústria de alimentos (DIAZ et al., 2018; ALENCAR et al., 2020). Esses resíduos incluem principalmente cascas e sementes, ricos em matéria orgânica que podem servir como fontes de proteínas, enzimas e óleos essenciais (DAMIANI et al., 2020).

Fontes vegetais como frutas, hortaliças e cereais integrais destacam-se por sua elevada concentração desses metabólitos, que constituem um grupo diverso de compostos, abrangendo fenólicos, carotenoides, tocoferóis, fitoesteróis e compostos organossulfurados (CARBONELL-CAPELLA et al., 2013; SERRANO-LEÓN et al., 2018).

De forma paradoxal, os subprodutos agroindustriais, antes considerados descartáveis, passaram a ser reconhecidos pela comunidade científica como importantes fontes de compostos de elevado valor agregado (GALANAKIS, 2020). Estudos evidenciam que resíduos provenientes de frutas tropicais apresentam concentrações significativas de compostos fenólicos, caracterizados por sua expressiva atividade antioxidante (MORAIS et al., 2017). Além disso, diversos subprodutos gerados pela agroindústria destacam-se como potenciais fontes de carotenoides,

fibras alimentares funcionais e outras moléculas bioativas com efeitos benéficos comprovados à saúde humana (MARTINS; FERREIRA, 2017).

## PRINCIPAIS CLASSES DE COMPOSTOS BIOATIVOS

Embora a diversidade desses metabólitos seja vasta, algumas classes se destacam pela sua abundância em resíduos agroindustriais e pelo seu elevado potencial bioativo (GALANAKIS, 2020).

**Compostos fenólicos:** Constituem, possivelmente, o grupo mais estudado e proeminente entre os compostos bioativos. Caracterizados pela presença de um ou mais anéis aromáticos com grupos hidroxila, os polifenóis apresentam elevada capacidade antioxidante, atuando na neutralização de radicais livres e na modulação de processos inflamatórios e metabólicos (TSAO, 2010). Esses compostos se subdividem em diversas categorias, como os flavonoides (por exemplo, quercetina presente na casca de cebola e catequina na casca de uva), reconhecidos por seus efeitos anti-inflamatórios, antiproliferativos e cardioprotetores (BOYER; LIU, 2004); as antocianinas, pigmentos responsáveis pelas colorações vermelha, roxa e azul em diversas frutas, como a uva, com comprovada atividade antioxidante e papel protetor contra o estresse oxidativo (CHAKKA; BABU, 2022); e os ácidos fenólicos (como o ácido gálico e o ácido clorogênico), encontrados em resíduos de frutas como café e manga, com propriedades antimicrobianas e anti-inflamatórias (SAMOTA et al., 2023; SHAH et al., 2024).

**Carotenoides:** São pigmentos lipossolúveis responsáveis pelas colorações amarela, laranja e vermelha de diversos frutos e vegetais. Além de sua função como corantes naturais, muitos deles, como o  $\beta$ -caroteno presente na casca de manga, possuem atividade pró-vitâmica A, sendo essenciais para a saúde ocular e o sistema imunológico (UĞURLU; YÜCEL; AKSU, 2023). Esses compostos também exercem papel fundamental na prevenção de distúrbios crônicos, incluindo doenças cardiovasculares, câncer e degeneração macular relacionada à idade, devido à sua elevada capacidade de sequestrar radicais livres e atuar como potentes antioxidantes (SHAHIDI et al., 2007). Entre os carotenoides mais estudados destacam-se o licopeno, presente em cascas de tomate e cenoura, e a luteína e zeaxantina, abundantes em cascas de manga, que demonstram ainda propriedades enzimáticas e antimicrobianas relevantes (SPANOS; WROLSTAD, 1992; BURT, 2004; ARSHAD; BATOOL, 2017).

**Fibras Dietéticas Funcionais:** Além dos compostos bioativos com atividade antioxidante, os resíduos de frutas e vegetais representam fontes significativas de fibras dietéticas funcionais, com propriedades tecnológicas e prebióticas. A pectina, um polissacarídeo presente em altas concentrações na casca de frutas cítricas e no maracujá, é amplamente utilizada pela indústria como agente gelificante

e espessante, além de promover a saúde intestinal por meio da modulação da microbiota (KHORASANIHA et al., 2023; SURESH et al., 2024). As fibras alimentares podem ser divididas em solúveis e insolúveis, cada uma com funções complementares na saúde digestiva (ANDERSON et al., 2009). As fibras solúveis, como pectinas, gomas e beta-glucanas, dissolvem-se em água formando um gel que retarda a digestão, regula os níveis de glicose e contribui para a redução do colesterol sanguíneo. Por outro lado, as fibras insolúveis, incluindo celulose e hemicelulose, não se dissolvem em água e atuam principalmente no aumento do volume fecal, promovendo movimentos intestinais regulares e prevenindo a constipação. Ambos os tipos de fibras desempenham papéis distintos, porém complementares, na manutenção da saúde intestinal e do bem-estar geral (DEVRIES, 2003)

**Outros Compostos Relevantes:** A depender da matéria-prima, outros compostos de alto valor podem ser recuperados. Exemplos incluem enzimas, como a bromelina da casca de abacaxi, com propriedades anti-inflamatórias e digestivas (NERES et al., 2015); e vitaminas, como o ácido ascórbico (Vitamina C) e os tocoferóis (Vitamina E), potentes antioxidantes presentes em sementes e cascas de diversas frutas (GOLKAR; MOATTAR, 2019). Além disso, muitos desses compostos apresentam sinergismo funcional quando combinados em matrizes alimentares, potencializando seus efeitos antioxidantes e anti-inflamatórios (GALANAKIS, 2020).

| Resíduo Agroindustrial | Composto Bioativo Predominante | Principal Grupo Químico       | Mecanismos de Ação no Corpo e Saúde  | Referência            |
|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|-----------------------|
| Casca de Maracujá      | Ácido Edúlico e Antocianinas   | Ácido Carboxílico/ Polifenóis | <b>Anti-hipertensivo (e Calmante):</b> Atribui-se à modulação de vias que controlam a pressão arterial; as antocianinas são antioxidantes. | OLIVEIRA; MALTA, 2021 |
| Resíduo de Abacaxi     | Bromelina                      | Enzima Proteolítica/ Proteína | <b>Anti-inflamatório, Antimicrobiano, Antioxidante:</b> Degrada proteínas, combate microrganismos e neutraliza radicais livres.            | SOUZA et al., 2021    |
| Cascas de Batata       | Compostos fenólicos            | Fenóis/ Polifenóis            | <b>Antidiabético:</b> Modula a via de sinalização da insulina, aumentando a captação de glicose.   | ZAFAR et al., 2022    |

| Resíduo Agroindustrial | Composto Bioativo Predominante | Principal Grupo Químico  | Mecanismos de Ação no Corpo e Saúde  | Referência              |
|------------------------|--------------------------------|--------------------------|--|-------------------------|
| Bagaço de Tomate       | Licopeno                       | Carotenoide              | <b>Prevenção do câncer:</b> Neutraliza radicais livres, inibe a via IGF/PI3K/Akt e induz apoptose.   | SALMAN et al., 2007     |
| Cascas de Cenoura      | Beta-caroteno                  | Carotenoide              | <b>Antioxidante:</b> Elimina radicais livres e modula vias de sinalização celular.   | AKHTAR et al., 2017     |
| Cascas de Banana       | Catecolaminas                  | Aminas/<br>Fenóis        | <b>Cicatrização de feridas, anti-inflamatório:</b> Promove a síntese de colágeno, a proliferação de fibroblastos e a sinalização TGF- $\beta$ /Smad. | ZAINI et al., 2022      |
| Farelo de Cereal       | Fibras alimentares             | Polissacarídeos          | <b>Saúde intestinal, absorção de nutrientes:</b> Liga-se a receptores no trato gastrointestinal e influencia a microbiota intestinal.                | GASPARRINI et al., 2021 |
| Cascas de Cebola       | Quercetina                     | Flavonoide/<br>Polifenol | <b>Antimicrobiano, Antitumoral:</b> Rompe as membranas celulares bacterianas e induz apoptose em células cancerígenas.                               | STOICA et al., 2023     |

**Tabela 1 – Resíduos Agroindustriais e Compostos Bioativos**

**Fonte:** Adaptado de AKHTAR et al. (2017); GASPARRINI et al. (2021); OLIVEIRA; MALTA (2021); SALMAN et al. (2007); SOUZA et al. (2021); STOICA et al. (2023); ZAFAR et al. (2022); ZAINI et al. (2022).

## Potencial Quantitativo: Estudos de Caso da Agroindústria Brasileira

Os resíduos agroindustriais apresentam, em geral, altos teores de carboidratos e fibras, os quais possuem função prebiótica, favorecendo o crescimento de microrganismos benéficos no intestino grosso. Resíduos provenientes de frutas, como cascas de manga, cítricas e bagaço de maçã, bem como de vegetais, como palha de alho, subprodutos do processamento de batata e cascas de cebola (CARDONA et al., 2013; DIAZ-VELA et al., 2013).



Os resíduos agroindustriais de frutas tropicais como manga, maracujá e acerola têm demonstrado elevado potencial nutricional e funcional, sobretudo quando avaliados quantitativamente em termos de compostos bioativos e atividade antioxidante. Estudos nacionais recentes apontam teores expressivos de fenólicos, vitaminas e outras substâncias benéficas, reforçando seu uso como ingredientes funcionais ou insumos para alimentos enriquecidos.

| Fruta / Resíduo                     | Parâmetro reportado           | Valor                      | Base                   | Fonte                  |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|
| Manga — casca                       | Mangiferina                   | $\sim 3,50$ mg/g           | Matéria seca (d.w.)    | ZERAIK et al., 2018    |
| Manga — casca                       | Fenólicos totais              | $\sim 74$ mg / 100 g       | Matéria seca (d.w.)    | ZERAIK et al., 2018    |
| Maracujá-do-mato — casca            | Vitamina C                    | $28,07$ mg / 100 g         | Matéria úmida (f.w.)   | GUIMARÃES et al., 2023 |
| Maracujá-do-mato — casca            | Atividade antioxidante (DPPH) | $\approx 77,5$ % inibição  | Extrato etanólico 70 % | GUIMARÃES et al., 2023 |
| Acerola — resíduo (bagaço/ semente) | Fenólicos totais              | $\approx 247,6$ mg / 100 g | Matéria seca (d.w.)    | SOUSA et al., 2022     |

Tabela 2 – Exemplos de estudos brasileiros com dados quantitativos em resíduos de frutas tropicais

**Fonte:** Elaboração própria (2025), com base em ZERAIK et al. (2018); GUIMARÃES et al. (2023) e SOUSA et al. (2022).

Esses dados evidenciam que resíduos de manga-casca, por exemplo, podem conter teores de mangiferina de cerca de 3,5 mg por grama de matéria seca, além de quantidades substanciais de fenólicos totais ( $\sim 74$  mg/100 g). O rejeito de maracujá-do-mato também se destaca por máxima atividade antioxidante ( $\approx 77,5$  % de inibição no ensaio DPPH) e por concentração de vitamina C de 28,07 mg/100 g. No caso da acerola, o resíduo de bagaço/semente revela valor elevado de fenólicos totais, da ordem de 247,6 mg/100 g, o que o posiciona como excelente matéria-prima para extração de antioxidantes ou incorporação em formulações com exigência funcional significativa.

Um destaque relevante entre os resíduos da agroindústria alimentícia é o proveniente das vinícolas, que apresenta elevada concentração de compostos fenólicos. Como a produção de vinho utiliza cerca de 70% das uvas, gera-se um volume considerável de resíduos ricos em compostos bioativos, passíveis de reaproveitamento na indústria de alimentos para consumo humano e animal (MAKRIS et al., 2007; MELO et al., 2011).

## MÉTODOS DE APROVEITAMENTO E RECUPERAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS

Diversas tecnologias podem ser utilizadas na extração de compostos fenólicos a partir de matrizes sólidas, entre as quais se destacam a extração sólido-líquido, a extração em aparelho Soxhlet, bem como as técnicas assistidas por micro-ondas, ultrassom e impulsos elétricos (JAMPANI, 2014). Dentre esses métodos, a extração sólido-líquido é uma das mais aplicadas, consistindo na transferência de um ou mais compostos de uma matriz sólida para um solvente capaz de dissolvê-los (FELLOWS, 2006). Esse procedimento é amplamente empregado para a obtenção de antocianinas em diferentes tipos de materiais vegetais.

O aproveitamento dos compostos bioativos presentes em resíduos agroindustriais depende fortemente das técnicas de extração empregadas, uma vez que o método e as condições operacionais influenciam diretamente o rendimento e a estabilidade dos compostos obtidos. De modo geral, os processos de extração podem ser classificados em convencionais e avançados.

### Extração Convencional e Avançada

Dentre as técnicas empregadas para a obtenção de compostos bioativos, estão desde métodos convencionais, como infusão, decocção, maceração, hidrodestilação e extração em aparelho Soxhlet, até procedimentos mais recentes e eficientes, como a extração por fluido supercrítico e as técnicas assistidas por ultrassom e micro-ondas (KAINAT et al., 2022).

As técnicas convencionais, como maceração, infusão, decocção, hidrodestilação e extração por Soxhlet, ainda são amplamente utilizadas devido à sua simplicidade e baixo custo. No entanto, essas metodologias costumam demandar longos tempos de extração, maiores volumes de solventes e podem ocasionar degradação térmica dos compostos sensíveis (OLIVEIRA et al., 2021).

Nos últimos anos, vêm sendo estudadas tecnologias mais eficientes e sustentáveis, capazes de maximizar o rendimento e preservar a integridade dos compostos bioativos. Entre essas, destacam-se a extração assistida por ultrassom (EAU), micro-ondas (EAM) e fluido supercrítico (SC-CO<sub>2</sub>).

Estudos demonstram que essas abordagens reduzem o tempo de extração, utilizam menores quantidades de solvente e aumentam a recuperação de compostos fenólicos, carotenoides e antocianinas (OLIVEIRA, 2023; ALBUQUERQUE et al., 2019).

Por exemplo, na extração supercrítica com CO<sub>2</sub> (SC-CO<sub>2</sub>), foram identificadas antocianinas, compostos fenólicos e lipídios em extratos do bagaço de açaí (*Euterpe oleracea*), enquanto no bagaço de amora-preta (*Rubus sp.*), a aplicação combinada

de SC-CO<sub>2</sub> e ultrassom resultou em alta recuperação de antocianinas, como a 3-O-glicosídeo-cianidina e a 3-O-rutinosídeo-cianidina (SOUZA et al., 2024).

Além disso, a extração supercrítica com CO<sub>2</sub> otimizada por Box-Behnken Design (BBD) mostrou-se eficiente para obtenção de punicalagina (PU) e ácido punílico (AP) de cascas e sementes de romã (*Punica granatum*), atingindo teores de até 9,5% e 78,4%, respectivamente, sob condições de 399–450 bar, 48 °C e 10–20% de etanol (SOUZA et al., 2024).

De forma similar, a extração assistida por ultrassom (EAU) aplicada em resíduos vegetais permitiu identificar, em apenas 30 minutos, compostos fenólicos como os ácidos ferúlico, sinápico, gálico, cafeico e elágico, além da miricetina, compostos reconhecidos pela sua elevada atividade antioxidante e valor funcional (MOO-HUCHIN et al., 2022).

Por fim, a metodologia de superfície de resposta (RSM) tem sido amplamente utilizada para otimizar parâmetros como tempo, temperatura e proporção solvente/soluto em diferentes resíduos vegetais. Em estudo conduzido com casca de abacaxi (*Ananas comosus*), por exemplo, a condição ideal foi de 25 minutos a temperatura ambiente, utilizando mistura etanol:água (80:20), resultando em altos teores de ácidos fenólicos e atividade antioxidante significativa (SOUZA et al., 2024).

## Purificação e Encapsulamento

Estudos demonstram que o encapsulamento de bioativos extraídos de subprodutos de frutas e vegetais constitui uma alternativa eficaz para preservar suas propriedades e viabilizar sua incorporação em alimentos (MARCILLO-PARRA et al., 2021).

Essa técnica permite que compostos bioativos, incluindo polifenóis, carotenoides, pigmentos, ácidos graxos, fitoesteróis, probióticos, vitaminas, minerais e peptídeos, sejam encapsulados em diferentes tipos de matrizes transportadoras, protegendo-os contra degradação e preservando sua atividade (KLETTENHAMMER et al., 2020).

Ela é amplamente utilizada para envolver compostos bioativos naturais, com o objetivo de protegê-los contra processos de degradação que podem ocorrer durante as etapas de processamento e armazenamento dos alimentos (DOMÍNGUEZ et al., 2021).

Biopolímeros alimentares, como pectinas, são comumente utilizados no encapsulamento de compostos bioativos, atuando como materiais de revestimento que preservam a integridade e a eficácia dos ingredientes (REHMAN et al., 2019).

Nesse processo, os compostos bioativos são envolvidos por materiais encapsulantes, também chamados de materiais de parede ou de casca, formando partículas em escala micrométrica. Essa camada protetora atua como uma barreira física, isolando os compostos das condições ambientais adversas e evitando sua degradação (GÓMEZ et al., 2018).

A escolha apropriada do solvente é fundamental, pois depende diretamente da solubilidade tanto do material do núcleo quanto dos agentes encapsulantes utilizados no processo (YUN; DEVAHASTIN; CHIEWCHAN, 2021).

As características físico-químicas dos materiais de revestimento ou das matrizes empregadas influenciam diretamente a cinética de liberação dos compostos bioativos ou funcionais em condições específicas. Em termos simples, trata-se de um processo em que os ingredientes ativos são incorporados e protegidos por um material secundário, denominado material de parede (DOMÍNGUEZ et al., 2021).

Existem múltiplas técnicas de microencapsulação, tanto convencionais quanto modernas, que permitem incorporar e proteger diferentes ingredientes alimentícios, ajustando-se às particularidades de cada composto bioativo (DOMÍNGUEZ et al., 2021).

A seleção da técnica de microencapsulação depende de múltiplos fatores, incluindo o tipo de composto bioativo a ser protegido, sua sensibilidade, o material encapsulante empregado e os custos associados, permitindo ajustar o processo às necessidades específicas de cada aplicação (MAHDAVI et al., 2014).

Em resumo, a eficiência do processo depende tanto dos materiais utilizados quanto das condições de encapsulamento.

## Aplicações Tecnológicas em Alimentos

Uma alternativa promissora para minimizar esse desperdício é a utilização desses subprodutos na elaboração de novos ingredientes, como a farinha de casca de frutas, aplicada em formulações (MARTINS; FARIAS, 2002).

Os resíduos podem ser incorporados na panificação, para a fabricação de biscoitos e bolos, na indústria de laticínios, para a produção de queijos, ou na elaboração de bebidas fermentadas (COSTA FILHO et al., 2011; SOUZA et al., 2011).

Prakash et al. (2018) exploraram o uso de cascas de banana para a produção de bioetanol, obtendo resultados promissores. (MACAGNAN, 2013) evidencia o valor das cascas de frutas, como manga, banana e maracujá, para adicionar em formulações de alimentos processados, como panificados, produtos lácteos, carnes, geleias e

sopas. A presença de fibras nas cascas contribui para aumentar o valor nutricional, modificar a textura, estabilizar emulsões e prolongar a durabilidade do produto.

Além disso devido a crescente preocupação com a produção de bens ambientalmente sustentáveis vem se intensificando, impulsionando esforços para garantir práticas que preservem a sustentabilidade. Esse movimento estimulou o avanço de pesquisas tecnológicas voltadas ao desenvolvimento de novas fontes renováveis de energia para integrar a matriz energética nacional. A pauta também vem fortalecendo debates sobre segurança no fornecimento de energia, diante dos impactos ambientais e sociais associados ao modelo atual, além de incentivar a busca global por alternativas limpas que reduzam a dependência de combustíveis fósseis e promovam soluções realmente sustentáveis (LOPES; PAULILLO, 2018; VANIN; MARQUEZ, 2020).

## **DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS**

Embora o aproveitamento de resíduos agroindustriais apresente vantagens econômicas e ambientais, desafios tecnológicos como a padronização da composição química e a estabilidade dos compostos bioativos durante o processamento ainda limitam sua adoção em escala industrial.

Apesar do grande potencial dos compostos fenólicos para aplicações em diferentes setores da indústria, sua utilização prática ainda enfrenta desafios. A quantidade limitada desses compostos nos tecidos vegetais pode não ser suficiente para suprir a demanda industrial. Além disso, os CF apresentam sensibilidade a fatores ambientais, como luz, calor e oxigênio, o que pode comprometer suas propriedades bioativas. Para que sejam efetivamente utilizados como agentes funcionais ou terapêuticos, é necessário aprofundar o conhecimento sobre sua biodisponibilidade e desenvolver métodos que maximizem sua estabilidade e eficácia.

## **CONCLUSÃO**

O aproveitamento de resíduos agroindustriais contribui para a redução do desperdício e para a prevenção do descarte inadequado no solo. Além disso, essa prática possibilita a utilização integral dos alimentos, viabilizando alternativas de produção sustentável e garantindo o aproveitamento dos nutrientes presentes nesses resíduos. Os estudos apresentados neste trabalho evidenciam a riqueza nutricional de diferentes subprodutos da agroindústria, demonstrando seu potencial para a elaboração de alimentos funcionais e saudáveis. Tais produtos atendem às demandas de consumidores cada vez mais atentos à saúde e às questões ambientais.

Outro aspecto relevante refere-se ao baixo custo dos subprodutos agroindustriais, que se configuram como alternativa economicamente viável para o enriquecimento nutricional de alimentos, sem encarecê-los, ampliando, assim, o acesso por diferentes classes sociais.

Apesar dos avanços alcançados e da diversidade de pesquisas já realizadas sobre essa temática, ainda são necessários maiores esforços para promover a incorporação efetiva desses resíduos nas indústrias de alimentos, de modo a transformar o potencial identificado em produtos disponíveis à sociedade.

## REFERÊNCIAS:

AKHTAR, S. et al. Cenoura preta (*Daucus carota L.*), perspectivas dietéticas e de promoção da saúde de seus polifenóis: uma revisão. **Trends in Food Science & Technology**, v. 66, p. 36-47, ago. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.004>. Acesso em: 18 nov. 2025.

ALBUQUERQUE, B. R. et al. Bioactive-rich extracts from jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg) by-products. **Food Chemistry**, v. 125735, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125735>.

ALENCAR, S. N. V. et al. Agro-industrial waste: a promising and sustainable alternative in the production of enzymes by microorganisms. In: **CONGRESSO INTERNACIONAL DA AGROINDÚSTRIA**, 2020.

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision**. Roma: FAO, 2012. (ESA Working Paper No. 12-03). Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-ap106e.pdf>. Acesso em: 02 out. 2025.

ANDERSON, J. W. et al. Health benefits of dietary fiber. **Nutr Rev**, v. 67, n. 4, p. 188-205, 2009.

ARCHER DANIELS MIDLAND COMPANY (ADM). **ADM Unveils the Top 5 Global Consumer Trends That Will Shape the Food and Beverage Industry in 2021**. Chicago: ADM, 19 nov. 2020. Disponível em: <https://www.adm.com/news/news-releases/adm-unveils-the-top-5-global-consumer-trends-that-will-shape-the-food-and-beverage-industry-in-2021>. Acesso em: 02 out. 2025.

ARSHAD, M. S.; BATOOL, S. A. Antimicrobianos naturais, suas fontes e segurança alimentar. In: KARUNARTNE, D. N. (Org.). **Aditivos alimentares**. Londres: IntechOpen, 2017. p. 87-102. Disponível em: <https://doi.org/10.5772/intechopen.70197>. Acesso em: 15 out. 2025.

BANDYOPADHYAY, P.; GHOSH, A. K.; GHOSH, C. Recent developments on polyphenol-protein interactions: Effects on tea and coffee taste, antioxidant properties and the digestive system. **Food and Function**, v. 3, p. 592-605, 2012.

BOYER, J.; LIU, R. H. Apple phytochemicals and their health benefits. **Nutrition Journal**, v. 3, n. 1, p. 5, 2004. Disponível em: <https://nutritionj.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2891-3-5>. DOI: 10.1186/1475-2891-3-5. Acesso em: 20 nov. 2025.

BURT, S. Óleos essenciais: suas propriedades antibacterianas e aplicações potenciais em alimentos - uma revisão. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223-53, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>. Acesso em: 15 out. 2025.

CARBONELL-CAPELLA, J. M. et al. Parâmetros de qualidade, compostos bioativos e sua correlação com a capacidade antioxidante de alimentos infantis comerciais à base de frutas. **Food Science and Technology International**, v. 20, n. 7, p. 479-487, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1082013213492523>. Acesso em: 05 nov. 2025.

CARDONA, F. et al. Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 24, n. 8, p. 1415-1422, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2013.05.001>.

CEPEA/ESALQ-USP; CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). **PIB do Agronegócio: Sumário Executivo – 4º Trimestre de 2024**. Piracicaba: Cepea/ESALQ-USP & CNA, 2025. Disponível em: <https://www.cepea.org.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 02 out. 2025.

CHAKKA, A. K.; BABU, P. S. Anthocyanins: Therapeutic potential and prescription for health benefits in chronic diseases. **Pharmacological Research**, v. 183, p. 106399, 2022.

DAMIANI, C.; MARTINS, G. A. S.; BECKER, F. S. **Aproveitamento de resíduos vegetais: potenciais e limitações**. Palmas: EDUFT – Universidade Federal do Tocantins, 2020.

DEVRIES, J. W. On defining dietary fibre. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 46, n. 3, p. 112-29, 2003.

DIAZ, A. B.; BLANDINO, A.; CARO, I. Value added products from fermentation of sugars derived from agro-food residues. **Trends in Food Science and Technology**, v. 71, p. 52-64, 2018.

DIAZ-VELA, J. et al. In vitro evaluation of the fermentation of added-value agroindustrial by-products: Cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.) peel and pineapple (*Ananas comosus*) peel as functional ingredients. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n. 7, p. 1460-1467, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12113>.

ESTOICA, F. et al. Uma revisão abrangente sobre compostos bioativos, benefícios para a saúde e potenciais aplicações alimentares dos resíduos da casca da cebola (*Allium cepa* L.). **Food Chemistry**, v. 141, n. 104173, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104173>. Acesso em: 20 nov. 2025.

FAI, A. E. C. et al. Compostos bioativos da casca da romã — Propriedades biológicas, relações estrutura-função, benefícios para a saúde e aplicações alimentares — Uma revisão abrangente. **J. Funct. Foods**, v. 116, 106132, 2024.

FAI, A. E. C. et al. Compostos bioativos da casca da romã — Propriedades biológicas, relações estrutura-função, benefícios para a saúde e aplicações alimentares — Uma revisão abrangente. **J. Funct. Foods**, v. 116, 106132, 2024.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FELIX DA SILVA, D. et al. Effect of commercial konjac glucomannan and konjac flours on textural, rheological and microstructural properties of low fat processed cheese. **Food Hydrocolloids**, v. 60, p. 308-316, 2016.

GALANAKIS, C. M. Recovery of high added-value components from food wastes: conventional, emerging technologies and commercialized applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 99, p. 436–445, 2020.

GALANAKIS, C. M. Recovery of high added-value components from food wastes: conventional, emerging technologies and commercialized applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 99, p. 436–445, 2020.

GALANAKIS, C. M. Recovery of high added-value components from food wastes: conventional, emerging technologies and commercialized applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 99, p. 436–445, 2020.

GASPARINI, P. V. F. et al. High-Fat and Combined High-Fat and Sucrose Diets Promote Cardiac Oxidative Stress Independent of Nox2 Redox Regulation and Obesity in Rats. **Cellular Physiology and Biochemistry**, v. 55, n. 5, p. 618-634, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33594/000000441>. Acesso em: 20 nov. 2025.

GOLKAR, P.; MOATTAR, F. Composição do óleo essencial, compostos bioativos e atividades antioxidantes em *Iberis amara* L. **Nat Prod Commun**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1934578X19846355>.



GUIMARÃES, M. L. L. et al. Coprodutos agroindustriais de maracujá do mato (*Passiflora cincinnata* Mast): qualidade nutricional e funcional. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 10, p. 1–12, 2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/42788>. Acesso em: 20 nov. 2025.

JAMPANI, M. **Extraction of phenolic compounds from plant materials: principles and techniques**. 2014.

KAINAT, S. et al. Sustainable novel extraction of bioactive compounds from fruits and vegetables waste for functional foods: a review. **International Journal of Food Properties**, v. 25, n. 1, p. 2457–2476, 2022.

MAKRIS, D. P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOULOS, 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://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157506001001>. Acesso em: 18 nov. 2025.

MARTINS, N.; FERREIRA, I. C. F. R. Wastes and by-products: upcoming sources of carotenoids for the food industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 62, p. 33–48, 2017.

MELO, P. S. et al. Phenolic composition and antioxidant activity of agro-industrial residues from wine grape processing. **Ciência Rural**, v. 41, n. 10, p. 1754–1760, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/C8XqRhhtwH4yZMyNQzZ9pHw/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 18 nov. 2025.

MOO-HUCHIN, V. M. et al. Efeito do solvente de extração no teor de compostos fenólicos e na atividade antioxidante da noz de Ramon (*Brosimum alicastrum*). **Chem. Pap.**, v. 73, p. 1647–1657, 2019.

MORAIS, D. R. et al. Phenolic compounds and antioxidant activity of extracts from fruits of different Brazilian species. **Food Chemistry**, v. 235, p. 61–68, 2017.

NERES, J. P. G.; SOUZA, R. L. A.; BEZERRA, C. F. Iogurte com polpa e farinha da casca do abacaxi. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 70, n. 5, p. 262–269, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v70i5.465>.

NOGUEIRA, T. B. G. et al. Fruits and vegetable-processing waste: a case study in two markets at Rio de Janeiro, RJ, Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, 2020. DOI: 10.1007/s11356-020-08244-y.

OLIVEIRA, A. dos S.; MALTA, H. L. Casca de maracujá: aspectos gerais, propriedades tecnológicas, aplicações e perspectivas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 38, p. 194-202, 2021. DOI: 10.18677/EnciBio\_2021D14. Acesso em: 20 nov. 2025.

OLIVEIRA, M. S. de et al. Editorial: Compostos bioativos presentes em óleos essenciais: avanços e aplicações farmacológicas. **Frontiers in Pharmacology**, v. 14, p. 1130097, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1130097>.

PATRA, A.; ABDULLAH, S.; PRADHAN, R. C. Review on the extraction of bioactive compounds and characterization of fruit industry by-products. **Bioresources and Bioprocessing**, v. 9, n. 1, p. 1-25, 2022.

PELAES VITAL, A. C. et al. Microbiological, functional and rheological properties of low fat yogurt supplemented with *Pleurotus ostreatus* aqueous extract. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 2, p. 1028-1035, 2015.

PEREIRA, A. L. F.; VIDAL, T. F.; CONSTANT, P. B. L. Antioxidantes alimentares : importância química e biológica. **Revista Nutrire**, v. 34, n. 3, p. 231-247, 2009.

PRAKASH, H. et al. Development of eco-friendly process for the production of bioethanol from banana peel using inhouse developed cocktail of thermo-alkali-stable depolymerizing enzymes. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v. 41, n. 7, p. 1003–1016, 2018.

SALMAN, H. et al. O licopeno afeta a proliferação e a apoptose de quatro linhagens de células malignas. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 61, n. 6, p. 366-369, jul. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2007.02.015>. Acesso em: 20 nov. 2025.

SAMOTA, M. K. et al. Potential of Bioactive Compounds from Fruit and Vegetable Waste in Food and Health Applications. **Foods**, v. 12, n. 21, p. 3968, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/21/3968>. DOI: 10.3390/foods12213968. Acesso em: 20 nov. 2025.

SANTOS-BUELGA, C. et al. Fenólicos vegetais como ingredientes alimentares funcionais. **Av. Nutrição Alimentar. Res.**, v. 90, p. 183–257, 2019.

SERRANO-LEÓN, D. et al. Filmes ativos de quitosana contendo extratos de resíduos agroindustriais para prolongamento da vida útil de produtos de frango reestruturados. **Food Research International**, v. 108, p. 93-100, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.031>. Acesso em: 05 nov. 2025.

SHAH, A. et al. Antimicrobial Activities of Natural Bioactive Polyphenols. **Microorganisms**, v. 12, n. 7, p. 1435, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2607/12/7/1435>. DOI: 10.3390/microorganisms12071435. Acesso em: 20 nov. 2025.

SHAHIDI, F.; ALASALVAR, C.; LIYANA-PATHIRANA, C. M. 2007. Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana*) and hazelnut byproducts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 1212-1220.

SILVA, M. D. L. da. **Potencial bioativo da casca de abacaxi (*Ananas comosus* L.): caracterização físico-química, teor proteico, capacidade antioxidante e bioacessibilidade de fenólicos bioativos em codigestão com feijão comum**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2024.

SOUZA, L. da S. et al. Aproveitamento do resíduo agroindustrial de abacaxi submetido ao processo de secagem para elaboração de barra de cereais. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, e33101421713, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i14.21713. Acesso em: 20 nov. 2025.

SOUZA, P. G. et al. Avaliação de desperdício em restaurantes comerciais do tipo self-service total na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3605>.

SOUZA, M. S. B. et al. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, e2018223, 2020.

SPANOS, G. A.; WROLSTAD, R. E. Compostos fenólicos de sucos de maçã, pera e uva branca e suas alterações com o processamento e armazenamento - uma revisão. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, p. 1478-1487, 1992. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1021/jf00021a002>. Acesso em: 05 nov. 2025.

STORCK, C. R. et al. Qualidade microbiológica e composição de farinhas de resíduos da produção de suco de frutas em diferentes granulometrias. **Brazilian Journal of food technology**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 277-84, out./dez. 2015.

SORRENTI, V. et al. Avanços recentes nos benefícios para a saúde de compostos bioativos de resíduos e subprodutos alimentares: aspectos bioquímicos. **Int. J. Mol. Sci.**, v. 24, 2019, 2023.

TSAO, R. Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. **Nutrients**, v. 2, n. 12, p. 1231-1246, 2010.

TRIPATHI, N. et al. Biomass waste utilization in low-carbon products: harnessing a major potential resource. **Climate and Atmospheric Science**, v. 2, n. 1, art. 35, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0093-5>. Acesso em: 02 out. 2025.

UĞURLU, Y.; YÜCEL, S.; AKSU, H. The optimal conditions for carotenoid extraction from mango (*Mangifera indica* L.) peel and evaluation of its biological activities. **Separation Science and Technology**, v. 58, n. 4, p. 753-762, 2023. Link de Acesso (DOI/Taylor & Francis Online): <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01496395.2022.2030999>.

VERRILLO, M. et al. Explorando as propriedades antitumorais de subprodutos agroalimentares: uma revisão científica abrangente. **Trends in Food Science & Technology**, v. 216, 107740, jun. 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043661825001653>. Acesso em: 20 nov. 2025.

ZAFAR, I. et al. Inter-Varietal Variation in Phenolic Profile, Sugar Contents, Antioxidant, Anti-Proliferative and Antibacterial Activities of Selected *Brassica* Species. **Applied Sciences**, v. 12, n. 12, 5811, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/12/5811>. Acesso em: 20 nov. 2025.

ZAINI, H. M. et al. Cascas de banana como ingrediente bioativo e sua potencial aplicação na indústria alimentícia. **LWT - Food Science and Technology**, v. 92, 105054, maio 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105054>. Acesso em: 20 nov. 2025.

ZERAIK, M. L. et al. Maracujá: um alimento funcional? **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 3, p. 459–471, 2010.