



## VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS EM COMPOSTOS BIOATIVOS: TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Gabriela Lucca Del Angelo<sup>1</sup>, Rhaira Fernanda Ayoub Casalvara<sup>1</sup>, Michelle Regina Barbosa Maciel<sup>2</sup>, Mylena Jenis Rozin Carvalho<sup>2</sup>, Bruna Mayara Roldão Ferreira<sup>3</sup>, Rúbia Carvalho Gomes Corrêa<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Acadêmicas do Mestrado em Tecnologias Limpas, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. Bolsista Capes. gabriela-lucca@hotmail.com; rhaira.casalvara@gmail.com

<sup>2</sup>Acadêmicas do Curso de Nutrição. Universidade Cesumar - UNICESUMAR. Bolsistas PIBIS/Fundação Araucária. michelle.barbosa1702@gmail.com; mylenajenis31@gmail.com

<sup>3</sup>Mestre, Acadêmica do Doutorado em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá - UEM. brunaroldao@outlook.com

<sup>4</sup>Orientadora, Doutora, Docente do Mestrado em Tecnologias Limpas, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. Pesquisadora, Bolsista Produtividade do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI. rubia.correa@unicesumar.edu.br

### RESUMO

A cadeia de produção de alimentos gera volumes colossais de biomassa residual, que são fontes acessíveis de moléculas recicláveis. Este trabalho teve como objetivo compilar e discutir informações sobre as tendências e perspectivas futuras no aproveitamento de subprodutos e resíduos alimentares como fontes de compostos bioativos de alimentos (CBA), dentro do conceito de *upcycling*. Para tanto, foram considerados artigos científicos publicados nos últimos três anos. As abordagens de extração para a recuperação de compostos bioativos estão em constante evolução. Por exemplo, a adoção de solventes alternativos, como líquidos iônicos e solventes eutéticos profundos, provou minimizar o impacto ambiental. Outra abordagem que pode aumentar a eficiência da extração é a combinação de tratamento enzimático em alta pressão com a extração com fluido supercrítico ou com líquido pressurizado. O campo elétrico pulsado, uma tecnologia não térmica utilizada para conservação de alimentos, surge como uma ótima alternativa para o pré-tratamento antes da extração. A separação por membrana pode ser empregada no tratamento de resíduos de alimentos em combinação com a recuperação de moléculas de interesse, o que possibilitaria a obtenção sustentável de nutraceuticos. Para tornar os subprodutos e resíduos alimentares fontes viáveis para a obtenção de CBA, é imperativa a seleção e otimização de abordagens de extração ecologicamente corretas que permitam a recuperação e sustentabilidade das moléculas alvo. Assim, a sustentabilidade e a circularidade dos processos devem ser grandes objetivos comuns para cientistas e setor industrial, reduzindo perdas pós-colheita, valorizando subprodutos e recuperando compostos de alto valor agregado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Extração verde; Tecnologias limpas; Capacidade antioxidante; Polifenóis; *upcycling*.

### 1 INTRODUÇÃO

Embora a produção de alimentos seja suficiente para alimentar a população global, milhões de pessoas ainda sofrem com a fome e a desnutrição em todo o mundo. Segundo a FAO, mais de um terço de todos os alimentos produzidos para consumo humano são perdidos ao longo da cadeia alimentar, gerando perdas econômicas, desperdício de recursos naturais e danos ambientais, pois parte substancial dessa biomassa é destinada a aterros sanitários e incineração de resíduos (CASTRO *et al.*, 2020).

Frutas e legumes correspondem a 45% do volume total de resíduos alimentares gerados. Dos 1,4 milhão de toneladas de frutas processadas por ano em todo o mundo, 25-30% são transformados em resíduos ou subprodutos. A biomassa descartada é composta por cascas, sementes, raízes e bagaço, partes que comumente concentram maiores quantidades de compostos bioativos do que as polpas correspondentes (PATRA; ABDULLAH; PRADHAN, 2022). Tais materiais podem ser utilizados para melhorar a nutrição humana, principalmente aqueles ricos em vitaminas, minerais, fibras, óleos e fitoquímicos bioativos com ações funcionais.



Compostos bioativos de alimentos (CBAs) estão sendo prospectados para o tratamento e prevenção de diversas doenças humanas. Eles atuam por diversas vias, dentre as quais: (1) interação com DNA, proteínas e outras moléculas gerando diversos resultados desejados no organismo; (2) capacidades de inativação de radicais livres e (3) transformação positiva na configuração e desempenho metabólico da microbiota intestinal (REGUENGO et al., 2022). CBAs consistem em um magnífico *pool* de produtos químicos para a obtenção de novos medicamentos, nutracêuticos, ingredientes alimentícios e embalagens de alimentos, atendendo ao crescente interesse dos consumidores na promoção da saúde, produtos alimentares naturais e verdes, além de um sistema alimentar sustentável (CORRÊA et al., 2019).

Considerando o exposto, este trabalho teve como objetivo compilar e discutir informações sobre as tendências e perspectivas futuras no aproveitamento de subprodutos e resíduos alimentares como fontes de compostos bioativos de alimentos, dentro do conceito de *upcycling*.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Para responder à questão norteadora “o que a literatura científica dos últimos três anos traz a respeito das abordagens emergentes para a recuperação de compostos bioativos a partir de subprodutos e resíduos alimentares?” foram utilizadas as bases de dados *Science Direct* e *Web of Science*. A busca avançada foi realizada com descritores diversos, a fim de compilar o maior número de publicações acerca do tema. Os critérios de inclusão foram: artigos publicados a partir de 2019, trabalhos publicados em revistas de alto fator de impacto e trabalhos disponíveis na íntegra. A Tabela 1 é uma compilação de alguns trabalhos relevantes que reportam a recuperação de CBA a partir de biorresíduos de importantes culturas alimentares.

**Tabela 1:** Exemplos de abordagens atuais para a recuperação de compostos bioativos de subprodutos e resíduos de culturas vegetais importantes em todo o mundo.

Subproduto ou resíduo alimentar	Compostos alvo	Abordagem de recuperação	Referência
Cascas dos nibs e vagens do Cacau	Polifenóis com efeitos benéficos à saúde humana	Extrações Assistidas por Ultrassom (UEA), Microondas (MAE), Campo Elétrico Pulsado (PEF), Líquido Pressurizado (PLE) Fluidos subcrítico e supercrítico (SFE e SWE)	Mariatti et al. (2021)
Casca, polpa, pergaminho, e “casca prateada” do Café	Ácidos clorogênico, protocatecuico, cafeico, ferúlico e cumárico, cafeína, rutina, quercetina, kaempferol e quercetina	UEA, PEF, PLE, SWE, SFE, Fermentação com <i>Penicillium purpurogenum</i> e <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Gemechu et al. (2020)
Bagaço e borra da Uva; Levedura exaurida da vinificação	Taninos, antocianinas, resveratrol, ácidos gálico e síringico, hesperidina, ácidos <i>p</i> -cumárico e diidroxibenzóico, lignanas, estilbenos	MAE; Aquecimento Ômico (OH); Descargas elétricas de alta tensão (HVED); Extração sólido-líquido otimizada e com água quente pressurizada, tecnologias integradas de membranas	Coelho et al. (2020)
Casca, bagaço e caroço de Manga	Carotenóides, ácido gálico, mangiferina, ácido elágico, kaempferol, quercetina	SFE, MAE, UAE, e, mais recentemente, solvente eutético profundo (NADES) assistido por ultrassom	Oliver-Simancas et al. (2021)



Bagaço e pele de Azeitonas; águas residuais da produção de Azeite	Tirosol, hidroxitirosol, oleocanthal, oleuropeína, ligstrosíde, esqualeno, ácidos graxos, ácido triterpeno e carotenóides	Método enzimático, UEA, MAE, PLE, SFE e HVED; extração assistida por infravermelho e separação por membrana	Gullón et al. (2020); Otero et al. (2021)
Pele, casca e farinha de Amendoim	Polifenóis, flavonóides, isoflavonas, luteolina e carotenos	Biorrefinaria com processos integrados de extração por PLE; SFE e SWE. O solvente (etanol) produzido a partir da casca seria o extrator	Sorita; Leimann; Ferreira (2020)

**Fonte:** Dados da Pesquisa.

O processamento agroalimentar produz grandes quantidades de resíduos e subprodutos não comestíveis, que são elementos facilmente acessíveis de moléculas ativas recicláveis. Neste sentido, os polifenóis são especialmente valorizados devido à sua abundância em resíduos à base de plantas e ao interesse de mercado por suas capacidades biológicas (por exemplo, propriedade antioxidante natural) como parte de formulações medicamentosas, nutracêuticas e cosméticas (GIL-MARTÍN *et al.*, 2022).

As abordagens de extração para a recuperação de compostos bioativos estão em constante evolução. Por exemplo, a adoção de solventes alternativos, como líquidos iônicos e solventes eutéticos profundos (NADESs), provou minimizar o impacto ambiental. Além disso, a integração de técnicas verdes, como a combinação de ultrassom com processos SFE, pode ser um meio viável para aumentar a cinética de extração, aumentar o rendimento da extração e reduzir o tempo de extração (e, portanto, os custos operacionais), preservando também a qualidade do produto final (PAGANO *et al.*, 2021). A Tabela 1 mostra outras combinações de processos de extração ou o emprego de várias tecnologias em paralelo visando a recuperação de bioativos de interesse a partir de resíduos de alimentos.

Outra abordagem que pode aumentar a eficiência da extração é a combinação de um tratamento enzimático em alta pressão com a extração de fluido supercrítico (SFE) ou com extração de líquido pressurizado (PLE) (OTERO *et al.*, 2021; GULLÓN *et al.*, 2020). Da mesma forma, o campo elétrico pulsado (PEF), uma tecnologia não térmica usualmente utilizada para conservação de alimentos, surge como uma ótima alternativa para o pré-tratamento antes da extração em virtude de seu tempo operacional mínimo e consumo eficiente de energia, embora ainda em sua infância nas indústrias alimentícia e cosmética (NALIYADHARA *et al.*, 2022).

A tecnologia de membranas é uma possibilidade viável para recuperação de compostos bioativos, pois a obtenção de substâncias valiosas a partir de resíduos de alimentos pode compensar o custo do procedimento obrigatório de tratamento de resíduos. Assim, a separação por membrana pode ser empregada no tratamento de resíduos de alimentos em combinação com a recuperação de moléculas de interesse, o que possibilitaria, por exemplo, a obtenção sustentável de nutracêuticos (NAZIR *et al.*, 2019).

### 3 CONCLUSÃO

Apesar de todo o progresso técnico-científico acumulado nos últimos anos, a estratégia de extração de compostos bioativos mais adequada continua dependendo da matriz alimentar, molécula alvo e suas características estruturais e interações (GIL-MARTÍN *et al.*, 2022). No entanto, para tornar os subprodutos e resíduos alimentares fontes viáveis para a obtenção de compostos bioativos, é imperativa a seleção e otimização de abordagens de extração ecologicamente corretas



que permitam a recuperação e sustentabilidade das moléculas alvo. Assim, a sustentabilidade e a circularidade dos processos devem ser grandes objetivos comuns para cientistas e setor industrial, reduzindo perdas pós-colheita, valorizando subprodutos e recuperando compostos de alto valor agregado. A ciência tem o enorme desafio de construir tecnologia escalável para a indústria capaz de garantir uma recuperação rápida, com grande eficiência, tempo de processo curto, acessível e com o mínimo uso de solventes orgânicos.

## REFERÊNCIAS

COELHO, M. C. *et al.* The use of emergent technologies to extract added value compounds from grape by-products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 106, p. 182-197, 2020.

CORRÊA, R. C. G. *et al.* Pigments and vitamins from plants as functional ingredients: Current trends and perspectives. **Advances in food and nutrition research**, v. 90, p. 259-303, 2019.

GEMECHU, F. G. Embracing nutritional qualities, biological activities and technological properties of coffee byproducts in functional food formulation. **Trends in food science & technology**, v. 104, p. 235-261, 2020.

GIL-MARTÍN, E. *et al.* Influence of the extraction method on the recovery of bioactive phenolic compounds from food industry by-products. **Food Chemistry**, p. 131918, 2021.

GULLON, P. *et al.* Valorization of by-products from olive oil industry and added-value applications for innovative functional foods. **Food Research International**, v. 137, p. 109683, 2020.

MARIATTI, F. *et al.* Process intensification technologies for the recovery of valuable compounds from cocoa by-products. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 68, p. 102601, 2021.

NALIYADHARA, N. *et al.* Pulsed electric field (PEF): Avant-garde extraction escalation technology in food industry. **Trends in Food Science & Technology**, 2022.

NAZIR, A. *et al.* Membrane separation technology for the recovery of nutraceuticals from food industrial streams. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 426-438, 2019.

OLIVER-SIMANCAS, R. *et al.* Comprehensive research on mango by-products applications in food industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 118, p. 179-188, 2021.

OTERO, P. *et al.* Applications of by-products from the olive oil processing: Revalorization strategies based on target molecules and green extraction technologies. **Trends in Food Science & Technology**, v. 116, p. 1084-1104, 2021.

PAGANO, I. *et al.* Green non-conventional techniques for the extraction of polyphenols from agricultural food by-products: A review. **Journal of Chromatography A**, v. 1651, p. 462295, 2021.



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.

REGUENGO, L. M. *et al.* Agro-industrial by-products: valuable sources of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 152, 110871, 2021.

SORITA, G. D.; LEIMANN, F. V.; FERREIRA, S. R. S. Biorefinery approach: is it an upgrade opportunity for peanut by-products?. **Trends in Food Science & Technology**, v. 105, p. 56-69, 2020.