JOURNAL OF EDUCATION, SCIENCE AND HEALTH – JESH
Revista de Educação, Ciência e Saúde
DOI: https://www.doi.org/10.52832/jesh.v6i4.709
Home page: https://bio10publicacao.com.br/jesh
e-ISSN: 2763-6119

TENDÊNCIAS E FRONTEIRAS NA PESQUISA DE ANTIOXIDANTES NATURAIS PROVENIENTES DE RESÍDUOS AGROALIMENTARES: ESTUDO CIENCIOMÉTRICO

TRENDS AND FRONTIERS IN RESEARCH ON NATURAL ANTIOXIDANTS FROM AGRO-FOOD WASTES: A SCIENTOMETRIC STUDY

TENDENCIAS Y FRONTERAS EN LA INVESTIGACIÓN DE ANTIOXIDANTS NATURALES PROVENIENTES DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS: UN ESTUDIO CIENCIOMÉTRICO

Adriana Rute Cordeiro[*1]; **Daiane de Souza Gomes**[2]

[1]Doutorado em Ciências - Bioquímica na Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professora colaboradora, Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Ponta Grossa, PR, Brasil; [2]Doutorado em Engenharia de Alimentos (UFPR). Professora colaboradora, Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Ponta Grossa, PR, Brasil.
*Autor correspondente: adriana.rcordeiro@gmail.com

Recebido: 03/07/2026 | **Aprovado**: 15/09/2026 | **Publicado**: 06/10/2026

Resumo: O objetivo deste trabalho foi realizar uma pesquisa quantitativa dos trabalhos desenvolvidos sobre o potencial antioxidante de subprodutos agroindustriais ricos em compostos fenólicos voltados ao desenvolvimento de alimentos funcionais, abrangendo o período de 2010 a 2025. Para isso, realizou-se um estudo cienciométrico fundamentado em uma análise quantitativa da produção científica indexada na base de dados Web of Science (WoS) Core Collection. Os dados foram processados no ambiente computacional R (versão 4.3.0) utilizando o pacote bibliometrix e sua interface web Biblioshiny. A investigação concentrou-se em indicadores bibliométricos relacionados à produtividade científica, impacto das publicações, colaboração internacional e evolução temática. Os resultados da análise cienciométrica demonstraram um crescimento anual expressivo de 18,25% nas pesquisas da área, sendo o periódico *Food Chemistry* o de maior destaque em volume de publicações. No cenário global, a China lidera a produção científica, seguida pela Coreia do Sul e pelo Brasil. Notou-se que, a partir de 2025 surgiram estudos relacionados ao tema fermentação, isso indica uma possível estratégia para aumentar a bioacessibilidade dos fenólicos ligados a fibras insolúveis de cascas e sementes. Por fim, o levantamento evidenciou lacunas substanciais quanto à bioacessibilidade, biodisponibilidade e validação clínica dos compostos fenólicos. Nesse sentido, estudos futuros devem priorizar abordagens integradas entre tecnologia de alimentos, bioquímica e nutrição para ampliar sua aplicação industrial e os benefícios à saúde humana.

Palavras-chave: Subprodutos agroindustriais. Compostos fenólicos. Alimentos Funcionais. Análise Cienciométrica.

Abstract: The objective of this study was to conduct a quantitative survey of research developed on the antioxidant potential of agro-industrial by-products rich in phenolic compounds aimed at the development of functional foods, covering the period from 2010 to 2025. To this end, a scientometric study was carried out based on a quantitative analysis of scientific production indexed in the Web of Science (WoS) Core Collection database. Data were processed in the R computational environment (version 4.3.0) using the bibliometrix package and its Biblioshiny web interface. The investigation focused on bibliometric indicators related to scientific productivity, publication impact, international collaboration, and thematic evolution. The results of the scientometric analysis demonstrated a significant annual growth rate of 18.25% in research within the field, with the journal Food Chemistry standing out with the highest volume of publications. Globally, China leads scientific production, followed by South Korea and Brazil. Notably, studies related to fermentation emerged starting in 2025, indicating a potential strategy to increase the bioaccessibility of phenolics bound to insoluble fibers from peels and seeds. Finally, the survey highlighted substantial gaps regarding the bioaccessibility, bioavailability, and clinical validation of phenolic compounds. In this regard, future studies should prioritize integrated approaches combining food technology, biochemistry, and nutrition to expand their industrial application and benefits to human health.
Keywords: Agro-industrial by-products. Phenolic compounds. Functional foods. Scientometric analysis.

Resumen: El objetivo de este trabajo fue realizar una investigación cuantitativa de los estudios desarrollados sobre el potencial antioxidante de subproductos agroindustriales ricos en compuestos fenólicos orientados al desarrollo de

alimentos funcionales, abarcando el período de 2010 a 2025. Para ello, se llevó a cabo un estudio cienciométrico fundamentado en un análisis cuantitativo de la producción científica indexada en la base de datos Web of Science (WoS) Core Collection. Los datos fueron procesados en el entorno computacional R (versión 4.3.0) utilizando el paquete bibliometrix y su interfaz web Biblioshiny. La investigación se centró en indicadores bibliométricos relacionados con la productividad científica, el impacto de las publicaciones, la colaboración internacional y la evolución temática. Los resultados del análisis cienciométrico demostraron un crecimiento anual significativo del 18,25% en las investigaciones del área, siendo la revista Food Chemistry la de mayor destaque en volumen de publicaciones. En el escenario global, China lidera la producción científica, seguida por Corea del Sur y Brasil. Se observó que, a partir de 2025, surgieron estudios relacionados con el tema de la fermentación, lo que indica una posible estrategia para aumentar la bioaccesibilidad de los fenólicos unidos a fibras insolubles de cáscaras y semillas. Finalmente, el relevamiento evidenció brechas sustanciales en cuanto a la bioaccesibilidad, biodisponibilidad y validación clínica de los compuestos fenólicos. En este sentido, los estudios futuros deben priorizar enfoques integrados entre tecnología de alimentos, bioquímica y nutrición para ampliar su aplicación industrial y los beneficios para la salud humana.

Palabras-clave: Subproductos agroindustriales. Compuestos fenólicos. Alimentos funcionales. Análisis cienciométrico.

1 INTRODUÇÃO

A segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental emergem como os pilares centrais dos desafios globais do século XXI. Com a população mundial projetada para atingir 9,7 bilhões em 2050, a pressão sobre os sistemas agroindustriais para aumentar a produção de alimentos é acompanhada por uma geração proporcional de resíduos (Ahmad *et al.*, 2024). Estima-se que cerca de um terço de todos os alimentos produzidos para consumo humano seja perdido ou desperdiçado ao longo da cadeia de suprimentos, resultando em milhões de toneladas de biomassa residual que, se não gerenciada adequadamente, contribui para a emissão de gases de efeito estufa e a degradação de ecossistemas (Packiyadhas *et al.*, 2025).

Nesse cenário, o conceito de economia circular tem ganhado destaque como uma estratégia disruptiva para transformar resíduos em recursos, os quais representam um desafio ambiental e econômico significativo (Ahmad *et al.*, 2024). Os subprodutos, como cascas, sementes e bagaços, são frequentemente ricos em compostos bioativos, especialmente compostos fenólicos, que possuem propriedades biológicas valiosas (Arshad *et al.*, 2025; Ingallina *et al.*, 2025).

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários, que incluem flavonóides, ácidos fenólicos, taninos e estilbenos, são amplamente valorizados por sua elevada capacidade antioxidante. Eles atuam na neutralização de espécies reativas de oxigênio (EROs) e nitrogênio (ERNs), mitigando o estresse oxidativo celular que está na base fisiopatológica de diversas doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs), como câncer, diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares e distúrbios neurodegenerativos (Coşkun *et al.*, 2025). Além da proteção antioxidante direta, pesquisas recentes indicam que esses fitocomplexos, podem atuar na modulação de vias inflamatórias, microbiota intestinal e metabolismo lipídico e glicídico, características que ampliam seu potencial de aplicação na formulação de alimentos funcionais e nutracêuticos. A valorização desses resíduos por meio da extração e incorporação em matrizes alimentares não apenas contribui para a sustentabilidade e economia circular, mas também permite o desenvolvimento de alimentos funcionais com valor agregado (Ingallina *et al.*, 2025; Boudalia *et al.*, 2026; Chuquizuta-Fernandez *et al.*, 2026).

A incorporação desses antioxidantes naturais em matrizes alimentares para o desenvolvimento de alimentos funcionais representa uma oportunidade de inovação para a indústria alimentícia. No entanto, a transição do laboratório para o mercado enfrenta desafios significativos. A estabilidade desses compostos durante o processamento térmico, sua interação com outros componentes da matriz alimentar e, principalmente, sua bioacessibilidade e biodisponibilidade são gargalos técnicos que demandam investigação rigorosa (Hrelia *et al.*, 2025). A bioacessibilidade refere-se à fração do composto que é liberada da matriz alimentar no trato gastrointestinal e torna-se disponível para absorção, enquanto a biodisponibilidade engloba a fração que efetivamente atinge a circulação sistêmica e os tecidos-alvo (Soares *et al.*, 2025).

Apesar do interesse crescente, a produção científica sobre o aproveitamento de subprodutos como fontes de antioxidantes fenólicos para alimentos funcionais é vasta e fragmentada. Diante dessa complexidade, a cienciometria torna-se uma ferramenta metodológica indispensável. Ao aplicar métodos matemáticos e estatísticos à literatura científica, a cienciometria permite mapear a evolução histórica de um campo, identificar os principais players (países, instituições, periódicos e autores), visualizar redes de colaboração e detectar tendências emergentes e lacunas de conhecimento (Aria & Cuccurullo, 2017).

O presente estudo justifica-se pela necessidade de realizar um mapeamento sistemático e quantitativo da produção científica global sobre o potencial antioxidante de subprodutos agroindustriais ricos em fenólicos voltados a alimentos funcionais. Ao analisar o período de 2010 a 2025, busca-se não apenas quantificar o crescimento da área, mas também discutir qualitativamente como as abordagens tecnológicas evoluíram da simples caracterização química para o uso de biotecnologias avançadas, como a fermentação, para potencializar a funcionalidade desses resíduos. Este trabalho visa fornecer um guia estratégico para pesquisadores e gestores da indústria, apontando as direções futuras necessárias para a consolidação desses subprodutos como ingredientes funcionais seguros e eficazes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da pesquisa

Esta investigação caracteriza-se como um estudo de abordagem quantitativa e qualitativa, de natureza descritiva e exploratória, fundamentado na aplicação de técnicas cienciométricas. A cienciometria, como subcampo da bibliometria, dedica-se ao estudo quantitativo da atividade científica, permitindo a análise de padrões de publicação, crescimento da literatura, redes de colaboração e evolução temática (Aria & Cuccurullo, 2017). A escolha desta abordagem justifica-se pela necessidade de sistematizar um volume crescente de informações dispersas, transformando metadados bibliográficos em indicadores estratégicos para a compreensão do estado da arte na valorização de resíduos agroindustriais.

2.2 Metodologia da pesquisa

Trata-se de um estudo cienciométrico fundamentado em uma análise quantitativa da produção científica indexada na base de dados Web of Science (WoS) Core Collection. A escolha da WoS justifica-se pela sua robustez e ampla cobertura de periódicos de alto impacto nas áreas de ciência de alimentos e tecnologia agroindustrial.

A coleta de dados foi realizada em maio de 2026, utilizando uma estratégia de busca baseada em termos controlados e operadores booleanos. A string de busca final foi composta por três eixos temáticos: (i) subprodutos agroindustriais, (ii) compostos fenólicos e (iii) alimentos funcionais. A configuração utilizada no campo "Tópico" (TS) foi: TS=(("*by-product**" OR "*agri-food waste**" OR "*fruit peel**" OR "*seed**") AND ("*phenolic compound**" OR *polyphenol**) AND ("*functional food**")) .

Foram aplicados filtros para selecionar apenas artigos originais (*research articles*), publicados no período compreendido entre 2010 e 2025. Foram incluídos apenas artigos publicados em inglês, devido à maior padronização internacional das publicações indexadas na base WoS. Critérios de exclusão foram aplicados para remover documentos duplicados ou que não estivessem alinhados ao objetivo central do estudo após a leitura dos títulos e resumos.

Os metadados bibliográficos completos (autores, títulos, resumos, palavras-chave, afiliações e referências citadas) foram exportados em formato BibTeX. A análise dos dados foi conduzida no ambiente computacional R (versão 4.3.0) utilizando o pacote bibliometrix e sua interface web Biblioshiny (Aria & Cuccurullo, 2017). Foram calculados indicadores de produção (crescimento anual, periódicos mais produtivos), indicadores de impacto (citações por documento) e indicadores de rede (colaboração internacional e co-ocorrência de palavras-chave).

Os resultados foram organizados em tabelas e figuras para facilitar a interpretação e discussão dos achados frente à literatura científica contemporânea. A discussão foi fundamentada em referências recentes (2020-2026), permitindo uma análise crítica das fronteiras do conhecimento na área.

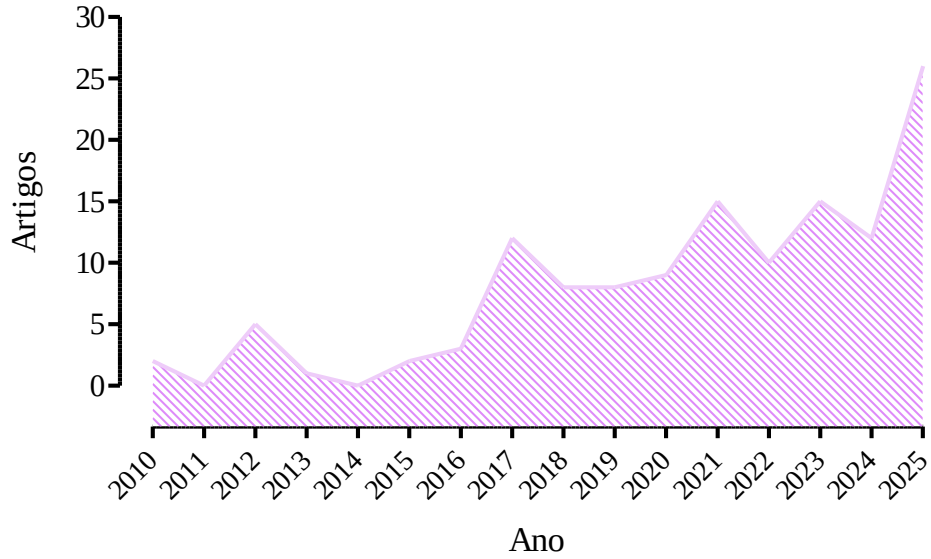
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante das crescentes exigências nutricionais em escala mundial, o aproveitamento de resíduos agroalimentares destaca-se não apenas como uma alternativa promissora para promover a saúde e a nutrição humana, mas também como uma estratégia essencial para favorecer a sustentabilidade, otimizar o uso dos recursos e ampliar o acesso igualitário aos nutrientes em um sistema alimentar cada vez mais dinâmico e desafiador (Ingallina *et al.*, 2025). A análise cienciométrica revelou um panorama dinâmico e em franca expansão sobre a valorização de subprodutos agroindustriais como fontes de compostos fenólicos para o desenvolvimento de alimentos funcionais.

A amostra final de 128 artigos, publicados entre 2010 e 2025, demonstra uma taxa de crescimento anual expressiva de 18,65%, evidenciando o interesse crescente da comunidade científica pela economia circular e valorização de resíduos. A produção científica apresentou um salto significativo a partir de 2017, atingindo seu ápice preliminar em 2025 com 26 publicações (Figura 1). Esse aumento reflete a urgência global por sistemas alimentares mais sustentáveis e a busca por ingredientes naturais com propriedades promotoras de saúde, a

preocupação com a sustentabilidade e a economia circular tem impulsionado o aproveitamento de subprodutos alimentares como forma de reduzir resíduos, recuperar compostos de interesse e diminuir os impactos ambientais gerados pela indústria de alimentos (Galanakis, 2018. p 239). Este movimento é impulsionado pela urgência global em estabelecer sistemas alimentares mais sustentáveis e resilientes, alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente no que tange à segurança alimentar e ao consumo responsável (Packiyadhas *et al.*, 2025).

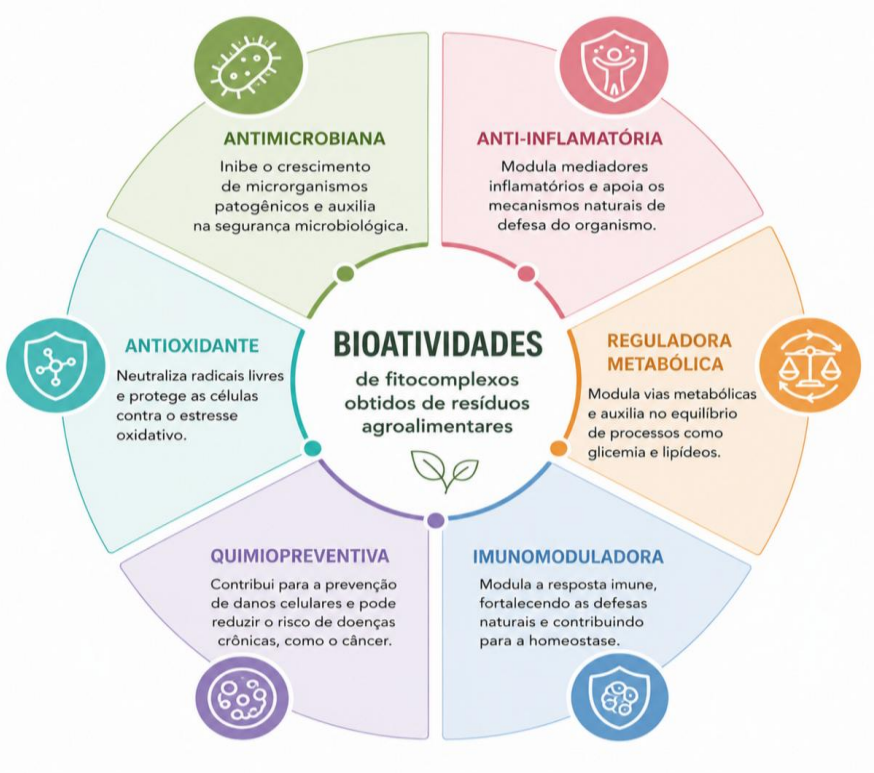
Figura 1. Evolução temporal da produção científica



Fonte: Dados da pesquisa, autoria própria (2026.)

Pesquisas recentes têm destacado o potencial biológico Figura 2 dos fitocomplexos derivados de resíduos agroalimentares, especialmente devido às suas atividades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e reguladoras do metabolismo (Coşkun et al., 2025; Ingallina et al., 2025). Esses compostos bioativos são definidos como moléculas essenciais e não essenciais naturalmente presentes na cadeia alimentar que demonstraram exercer efeitos benéficos à saúde humana. Tais componentes incluem compostos fenólicos, flavonoides, antioxidantes, ácidos graxos essenciais, fibras alimentares, carboidratos fermentáveis, aminoácidos e proteínas funcionais (Boudalia *et al.*, 2026)

Figura 2. Visão geral esquemática das principais atividades biológicas atribuídas aos fitocomplexos derivados de resíduos agroalimentares.



Fonte: Adaptado de Ingallina *et al.* 2025.

Com base nesses dados, o interesse por mais estudos tem aumentado. A análise dos periódicos revela uma concentração da produção em revistas de alto impacto e perfil tecnológico. A revista *Food Chemistry* destaca-se com 10 artigos, seguida pela *Food Research International* e *Journal of the Science of Food and Agriculture*, ambas com 7 artigos. A concentração de publicações em periódicos focados em química e tecnologia de alimentos reforça a natureza técnica das pesquisas, que buscam não apenas identificar os compostos, mas também desenvolver processos de extração e aplicação em matrizes alimentares. A concentração em periódicos com alto fator de impacto sugere que o tema possui rigor científico elevado e atrai o interesse de editores e revisores pela sua relevância e inovação tecnológica.

A análise por países (Tabela 1) revela que a China lidera a produção com 22 artigos (17,19% do total), apresentando também um número relevante de colaborações internacionais (MCP = 6). A Coreia do Sul (10 artigos) e o Brasil (8 artigos) completam o pódio. É notável que o Brasil e a Espanha apresentam taxas significativas de colaboração internacional, o que sugere que a pesquisa sobre subprodutos é um esforço globalizado. No caso brasileiro, a abundância de biomassa agroindustrial e a forte base em ciência de alimentos posicionam o país como um player estratégico na valorização de resíduos como cascas e sementes. Os subprodutos agroalimentares, antes descartados como resíduos de baixo valor, são agora cada vez mais reconhecidos pela sua riqueza em compostos bioativos de alto valor, que têm considerável importância em vários setores industriais (Hrelia *et al.*, 2025). A elevada taxa de colaboração internacional e o impacto das publicações em periódicos de prestígio, como *Food Chemistry* e *Food Research International*, sugerem que a temática transcende fronteiras geográficas. Essa cooperação

global é fundamental para a transferência de tecnologia e para o enfrentamento de desafios técnicos complexos, como a estabilização de extratos fenólicos e sua incorporação em matrizes alimentares sem prejuízo às características sensoriais (Boudalia *et al.*, 2026).

Tabela 1 - Principais países produtores e indicadores de colaboração**.**

País	Artigos	MCP*	MCP%
China	22	6	27,27
Coreia do Sul	10	1	10,00
Brasil	8	2	25,00
EUA	8	3	37,50
Espanha	7	5	71,43
Índia	7	4	57,14

*MCP: Multiple Country Publication (Colaboração Internacional).
Fonte: Dados da pesquisa, autoria própria (2026).

A liderança da China reflete seus massivos investimentos em tecnologias de biorrefinaria e economia circular para gerenciar os resíduos de sua vasta indústria de processamento vegetal. O Brasil, ocupando a terceira posição, destaca-se pelo seu potencial estratégico: a diversidade de subprodutos provenientes de cadeias como café, uva, citros e frutas tropicais oferece uma biomassa residual única para a extração de fitocomplexos (Ingallina *et al.*, 2025). É notável a alta taxa de colaboração da Espanha (71,43%), sugerindo que o país atua como um polo de integração em redes de pesquisa europeias e internacionais, o que é fundamental para o avanço de tecnologias complexas de extração e aplicação (Boudalia *et al.*, 2026).

Em relação à evolução das tendências temáticas desde o resíduo ao ingrediente funcional, observa-se uma transição interessante ao longo dos anos. Entre 2014 e 2018, o foco era mais descritivo, com termos como "*fruits*", "*cultivars*" e "*phenolic compound*". A partir de 2020, surgem termos mais aplicados e tecnológicos, como "*functional food*", "*extraction*", "*bioactive compounds*" e, mais recentemente (2025), "*fermentation*" e "*oil*". Esta mudança sinaliza que a ciência superou a fase de simples descoberta e entrou na fase de viabilização técnica. A emergência recente (2024-2025) de termos como "*fermentation*", "*bioaccessibility*" e "*gut microbiota*" representa a fronteira atual do conhecimento (Chuquizuta-Fernandez *et al.*, 2026).

A fermentação surgiu como um tópico de alta tendência em 2025, tem sido explorada como uma estratégia para aumentar a bioacessibilidade dos fenólicos. Muitas vezes, esses compostos estão ligados a fibras insolúveis nas cascas e sementes, o que limita sua absorção pelo organismo humano. A biotransformação mediada por microrganismos pode liberar esses compostos ligados, transformando um resíduo de baixa digestibilidade em um ingrediente funcional de alta performance (Coşkun *et al.*, 2025). A alta taxa de colaboração internacional (30,47%) e a média de 23,77 citações por documento indicam que este é um campo de pesquisa de alto impacto e visibilidade. Além disso, a fermentação pode reduzir fatores antinutricionais e melhorar o perfil sensorial dos resíduos, facilitando sua incorporação em alimentos funcionais (Soares et al., 2025).

A discussão sobre "*bioaccessibility*" reflete uma preocupação crescente com a eficácia real dos antioxidantes. A análise cienciométrica mostrou que, embora o potencial antioxidante *in vitro* seja amplamente documentado, há uma lacuna crítica em estudos que comprovem que esses compostos sobrevivem à digestão gastrointestinal e são absorvidos (Hrelia *et al.*, 2025). O uso de modelos de digestão *in vitro* simulada tornou-se padrão nas publicações mais recentes, mas a transição para ensaios clínicos humanos ainda é incipiente, representando a maior oportunidade para pesquisas futuras que visem a validação de alegações de saúde para esses ingredientes (Ingallina *et al.*, 2025). O uso de termos como "*in-vitro*" (frequente desde 2017) aponta que, embora a caracterização química esteja avançada, ainda há um vasto campo para estudos in vivo e clínicos que comprovem a eficácia desses alimentos funcionais no organismo humano, o que representa uma lacuna e oportunidade para pesquisas futuras. O aproveitamento integral do subproduto, visando não apenas os fenólicos, mas também fibras e ácidos graxos essenciais, reforça a visão do resíduo como uma "mina de nutrientes" (Ingallina *et al.*, 2025). O futuro da área reside na integração dessas descobertas com tecnologias de processamento sustentáveis (como extração por ultrassom ou fluidos supercríticos) para garantir que o benefício ambiental da reutilização não seja anulado pelo custo energético da transformação.

Estima-se que milhões de toneladas de resíduos alimentares sejam geradas anualmente em todo o mundo, enquanto uma parcela significativa da população ainda enfrenta insegurança alimentar e deficiência no acesso a nutrientes essenciais. Nesse cenário, a reutilização de subprodutos agroindustriais representa uma abordagem estratégica para promover sistemas alimentares mais sustentáveis e resilientes, alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas.

Por fim, a média de 23,77 citações por documento e a taxa de colaboração internacional de 30,47% indicam que este é um campo de pesquisa de alto impacto e visibilidade global. A integração de subprodutos agroindustriais em alimentos funcionais não é apenas uma solução técnica para o gerenciamento de resíduos, mas uma resposta à demanda do consumidor por "rótulos limpos" (clean labels) e ingredientes naturais (Ahmad *et al.*, 2024).

A discussão dos resultados reforça que a valorização de resíduos fenólicos está intrinsecamente ligada à inovação tecnológica. A transição para métodos de extração "verdes" (ultrassom, micro-ondas, fluidos supercríticos) observada nos metadados indica que a sustentabilidade deve estar presente em todo o ciclo de vida do ingrediente funcional, desde a obtenção do resíduo até a entrega do benefício à saúde do consumidor (Packiyadhas *et al.*, 2025).

4 CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo cienciométrico permitiu mapear de forma exaustiva a produção científica global sobre o potencial antioxidante de subprodutos agroindustriais fenólicos voltados ao desenvolvimento de alimentos funcionais entre 2010 e 2025. A análise revelou um campo em expansão acelerada, com um crescimento anual de 18,65%, consolidando-se como uma área estratégica para a economia circular e a sustentabilidade agroalimentar.

A evolução temática identificada demonstra um amadurecimento científico significativo: a pesquisa migrou da simples caracterização química de resíduos para o desenvolvimento de estratégias tecnológicas e

biotecnológicas complexas. A emergência da fermentação e do estudo da bioacessibilidade como tendências de fronteira indica que o foco atual da ciência é garantir que o potencial antioxidante medido em laboratório seja efetivamente traduzido em benefícios à saúde humana.

Geograficamente, a liderança de países como China, Coreia do Sul e Brasil destaca a importância estratégica de nações com forte base agroindustrial na condução da inovação tecnológica para a valorização de resíduos. O Brasil, especificamente, possui uma oportunidade única de liderar a produção de fitocomplexos de alto valor agregado, dada a diversidade e abundância de sua biomassa residual.

Contudo, o estudo aponta lacunas críticas que devem ser priorizadas em pesquisas futuras. A transição dos estudos in vitro para validações clínicas *in vivo* é fundamental para a consolidação industrial desses subprodutos como ingredientes funcionais seguros e eficazes. Além disso, a otimização de processos de extração "verdes" e a estabilização desses compostos em matrizes alimentares complexas permanecem como desafios técnicos centrais.

Em suma, a valorização de subprodutos ricos em fenólicos representa uma fronteira promissora para a ciência de alimentos, unindo a redução do impacto ambiental com a promoção da saúde e nutrição. A continuidade dos investimentos em colaboração internacional e em abordagens interdisciplinares será determinante para transformar milhões de toneladas de resíduos em soluções nutricionais inovadoras para a população global.

Conflitos de interesses

Os autores declaram que não há conflitos de interesse. Todos os autores estão cientes da submissão do artigo.

Contribuições dos autores

A autora Adriana foi responsável pelo levantamento de dados, pesquisa bibliográfica e elaboração das seções de introdução, material e métodos, resultados e discussão, bem como das considerações finais do artigo.

A autora Daiane contribuiu com a revisão crítica das discussões apresentadas, auxiliou na elaboração da conclusão e foi responsável pela redação do resumo.

REFERÊNCIAS

Ahmad, T., et al. (2024). Valorization of agro-food by-products. *Food Research International*, 185, 114289. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114289

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

Arshad, Z., et al. (2025). Functional Foods Enriched with Bioactive Compounds. *Food Science & Nutrition*, 13(2), 1250-1265. https://doi.org/10.1002/fsn3.71024

Boudalia, S., et al. (2026). The valorization of agrifood byproducts and waste to advance the sustainable development goals. *Sustainability*, 18(5), 2165. https://doi.org/10.3390/su18052165

Chuquizuta-Fernandez, J. M., et al. (2026). Current trends and knowledge mapping on functional foods. *Frontiers in Food Science and Technology*, 1, 1762291. https://doi.org/10.3389/frfst.2026.1762291

Coşkun, N., et al. (2025). Polyphenols in Foods and Their Use in the Food Industry. International Journal of Molecular Sciences, 26(12), 5803. https://doi.org/10.3390/ijms26125803

Galanakis, C.M. (2018) *Sustainable Food Systems from Agriculture to Industry:* Improving Production and Processing; Academic Press: Cambridge, MA, USA. ISBN 9780128119358. https://books.google.com.br/books?id=YQkvDwAAQBAJ&lpg=PP1&ots=KArseTwU4I&lr&hl=pt-BR&pg=PR10#v=onepage&q&f=false

Hrelia, S., Barbalace, MC, & Angeloni, C. (2025). Resíduos agroalimentares como fonte natural de antioxidantes bioativos - Terceira Edição. *Antioxidants,* 14 (2), 198. https://doi.org/10.3390/antiox14020198

Ingallina, C., et al. (2025). Enhancing human health through nutrient and bioactive compound recovery from Agri-food by-products. *Nutrients,* 17(15), 2528. https://doi.org/10.3390/nu17152528

Packiyadhas, P., et al. (2025). A comprehensive review of food waste valorization into bioproducts and sustainable development goals. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 27, 2153-2170. https://doi.org/10.1007/s10163-024-02153-9

Soares, C., et al. (2025). *In vitro* gastrointestinal digestion on the chemical, Biological, and Antioxidant Properties of Polyphenols. *ACS Omega*, 10, 40621036. https://doi.org/10.1021/acsomega.5c01234