

Tecnologias emergentes na indústria alimentar: dos benefícios às transformações estruturais

Emerging technologies in the food industry: from benefits to structural transformations

Renato Araujo

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). São Carlos, São Paulo (SP), Brasil

Mário Otávio Batalha

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). São Carlos, São Paulo (SP), Brasil

Lucas Rodrigues Deliberador

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Dourados, Mato Grosso do Sul (MS),
Brasil

Pâmella Rodrigues Silva Carrijo

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). São Carlos, São Paulo (SP), Brasil

GT3. Evolução, estrutura, competitividade e dinâmica das cadeias agroindustriais

Resumo: Este estudo tem como objetivo identificar os principais benefícios das tecnologias emergentes na indústria alimentícia e analisar como esses benefícios se traduzem em transformações estruturais no setor. Para tanto, foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) nas bases de dados Scopus e Web of Science, resultando em uma amostra final de 72 artigos. A análise dos dados foi realizada com base no método Gioia, o que permitiu organizar os resultados em constructos de primeira ordem, temas de segunda ordem e dimensões agregadas. Os resultados indicam que os benefícios das tecnologias emergentes podem ser agrupados em quatro temas principais: sustentabilidade e gestão de recursos; eficiência operacional e otimização de processos; qualidade e segurança dos alimentos; e inovação e desenvolvimento de produtos. Esses temas se consolidam em três dimensões de transformação: transformações operacionais e de eficiência, transformações na qualidade e na confiança dos alimentos, e transformações na proposta de valor alimentar. Conclui-se que as tecnologias emergentes atuam como catalisadoras de transformações estruturais na indústria alimentícia, impactando simultaneamente os processos produtivos, a qualidade dos produtos e a forma como o valor é criado e entregue ao consumidor. Este estudo contribui ao oferecer uma visão integrada dos benefícios dessas tecnologias, superando abordagens fragmentadas e promovendo uma compreensão mais aprofundada das transformações em andamento no setor.

Palavras-chave: Revisão Sistemática da Literatura; método Gioia; sistemas agroalimentares; cadeia de valor; sustentabilidade.

Abstract: This study aims to identify the main benefits of emerging technologies in the food industry and to analyze how these benefits translate into structural transformations within the sector. To this end, a Systematic Literature Review (SLR) was conducted using the Scopus and Web of Science databases, resulting in a final sample of 72 articles. Data analysis was carried out based on the Gioia method, enabling the organization of findings into first-order concepts, second-order themes, and aggregate dimensions. The results indicate that the benefits of emerging technologies can be grouped into four main themes: sustainability and resource management; operational efficiency and process optimization; food quality and safety; and product innovation and development. These themes consolidate into three transformation dimensions: operational and efficiency transformations, transformations in food quality and trust, and transformations in the food value proposition. It is concluded that emerging technologies act as catalysts for structural transformations in the food industry, simultaneously impacting production processes, product quality, and the way value is created and delivered to consumers. This study contributes by providing an integrated view of the benefits of these technologies, overcoming fragmented approaches and advancing the understanding of ongoing transformations in the sector.

Keywords: Systematic Literature Review; gioia method; agri-food systems; value chain; sustainability.

1. Introdução

A indústria alimentar enfrenta crescentes pressões decorrentes da necessidade de alimentar uma população em expansão, de garantir alimentos de maior qualidade e, simultaneamente, de reduzir o uso de recursos naturais (GALANAKIS, 2024). Esse setor desempenha um papel central no sistema alimentar global, atuando como elo entre produtores primários e consumidores finais e concentrando uma parcela significativa da geração de valor ao longo da cadeia agroalimentar (LAMM et al., 2024).

No entanto, o modelo atual de produção tem se mostrado insustentável. Problemas como perdas e desperdício de alimentos, emissões de gases de efeito estufa, uso intensivo de recursos naturais e perda de biodiversidade evidenciam a necessidade de transformações estruturais no setor (ÇAKMAKÇI et al., 2024). Além disso, desafios relacionados à segurança alimentar, fraudes, rastreabilidade e qualidade dos produtos têm se intensificado, exigindo soluções mais robustas e integradas (LIBERTY, 2025; RIZWAN et al., 2025).

Nesse contexto, as tecnologias emergentes têm sido apontadas como elementos centrais na transformação da indústria alimentar. A integração de tecnologias digitais, físicas e biológicas tem ampliado as capacidades produtivas, aprimorado o controle de processos e possibilitado novas formas de criação de valor (HASSOUN, 2025). Tecnologias como inteligência artificial, Internet das Coisas, blockchain e biotecnologia vêm permitindo, por exemplo, o monitoramento em tempo real da qualidade dos alimentos, a melhoria da rastreabilidade ao longo da cadeia produtiva e o desenvolvimento de produtos personalizados e mais sustentáveis (SINGH et al., 2025).

Apesar desse avanço, a literatura ainda apresenta limitações importantes. Os estudos existentes tendem a analisar tecnologias de forma isolada ou a focar em aplicações específicas, sem oferecer uma visão integrada dos benefícios dessas tecnologias (RAJAN; WANI, 2025). Além disso, há uma lacuna na compreensão de como esses benefícios se articulam e se traduzem em transformações mais amplas na indústria alimentar, especialmente no elo intermediário da cadeia agroalimentar, frequentemente negligenciado nas análises (SINGH et al., 2025).

Diante desse cenário, este estudo busca responder às seguintes questões de pesquisa:

(RQ1) Quais são os principais benefícios das tecnologias emergentes na indústria alimentar?

(RQ2) Como os benefícios gerados pelas tecnologias emergentes se traduzem em transformações estruturais na indústria alimentar?

Para responder a essas questões, este estudo tem como objetivo identificar os principais

benefícios associados às tecnologias emergentes na indústria alimentar e analisar como esses benefícios se organizam e se traduzem em transformações estruturais no setor, por meio do método de análise de conteúdo de Gioia. Ao adotar uma abordagem integradora, este trabalho contribui para a literatura ao avançar da identificação de benefícios individuais para a compreensão de padrões estruturais de transformação, oferecendo uma perspectiva sistêmica sobre o papel das tecnologias emergentes na reconfiguração da indústria alimentar.

2. Revisão da literatura

A indústria alimentar passou por transformações contínuas ao longo do tempo. Essas mudanças foram impulsionadas por avanços tecnológicos, estruturais e de mercado. Desde o século XIX, o setor evoluiu de práticas artesanais para a produção em larga escala. Tecnologias como a refrigeração e o processamento térmico viabilizaram essa transição (UBBINK; LEVINE, 2025; AKHILA et al., 2022). Ao longo do século XX, a urbanização e a globalização aceleraram esse processo. A concentração do varejo também contribuiu para consolidar a indústria como ator central do sistema agroalimentar (REARDON; TIMMER, 2007; SILVA et al., 2018).

Nesse contexto, a indústria passou a conectar a produção primária ao consumo final. Além disso, passou a concentrar grande parte da criação de valor ao longo da cadeia. Mais recentemente, a digitalização e a complexidade das cadeias globais intensificaram a necessidade de adaptação. Isso aumentou a pressão por eficiência e inovação no setor (HAILU, 2023). Atualmente, a indústria alimentar enfrenta múltiplas pressões simultâneas. Essas pressões atuam como motores de transformação no setor. Entre elas, destacam-se três dimensões principais. São elas: sustentabilidade, mudanças nas expectativas dos consumidores e segurança alimentar (GALANAKIS, 2024; MAC CLAY et al., 2024).

A sustentabilidade tornou-se um dos principais desafios da indústria. Esse movimento é impulsionado pelas mudanças climáticas e pela escassez de recursos naturais. Além disso, os impactos ambientais da produção de alimentos reforçam essa pressão. Como resposta, práticas como a economia circular e a redução de desperdícios têm ganhado destaque (CORIGLIANO; ALGIERI, 2024; ABIRI et al., 2023).

Paralelamente, as expectativas dos consumidores também mudaram. Hoje, fatores como saúde, sustentabilidade e transparência influenciam as decisões de compra. Consumidores demandam produtos mais saudáveis e sustentáveis. Também esperam maior rastreabilidade e informações claras (LIU et al., 2023; BARRETT et al., 2020; WILKINSON, 2023).

Essas mudanças pressionam as empresas a rever suas práticas. Também exigem novas estratégias de comunicação e de posicionamento. Além disso, a segurança alimentar tornou-se uma questão crítica. Esse tema ganhou relevância com o aumento da complexidade das cadeias globais. Riscos de contaminação, fraudes e falhas de rastreabilidade se intensificaram. Isso exige sistemas de controle e monitoramento mais robustos (MANGALA et al., 2021; HASSOUN et al., 2023).

Diante dessas pressões, as tecnologias emergentes desempenham um papel importante. Elas são reconhecidas como fatores habilitadores das transformações no setor. No contexto da Indústria 4.0, tecnologias digitais, físicas e biológicas são integradas. Essa integração amplia a capacidade de resposta da indústria (HASSOUN et al., 2024). As tecnologias digitais permitem a coleta e a análise de dados em tempo real. Isso melhora a tomada de decisão e o controle dos processos produtivos (HASSOUN et al., 2022; ARSHAD et al., 2025). Além disso, essas tecnologias aumentam a rastreabilidade e a transparência. Isso contribui para o fortalecimento da confiança do consumidor.

As tecnologias físicas promovem avanços no processamento e no monitoramento. Exemplos incluem sensores, robótica e embalagens inteligentes. Essas soluções aumentam a eficiência produtiva. Também contribuem para a extensão da vida útil e para a redução de desperdícios (HASSOUN et al., 2024; LIU et al., 2023). As biotecnologias possibilitam o desenvolvimento de novos produtos. Entre eles, destacam-se as proteínas alternativas e os alimentos personalizados (ARECHE et al., 2023; LIU et al., 2023). Essas tecnologias também contribuem para melhorar a qualidade nutricional. Além disso, ampliam a funcionalidade dos alimentos.

Apesar desses avanços, a literatura ainda apresenta limitações. Muitos estudos analisam tecnologias de forma isolada. Além disso, há foco excessivo em aplicações específicas. Isso dificulta a compreensão integrada dos benefícios gerados. Outra lacuna relevante está na relação entre benefícios e transformações. Ainda é limitada a compreensão de como esses benefícios se traduzem em mudanças estruturais no setor. Diante disso, torna-se necessário avançar nessa discussão. Compreender como os benefícios das tecnologias emergentes se articulam é importante, assim como analisar sua contribuição para as transformações na indústria alimentícia. Este estudo visa preencher essa lacuna ao propor uma análise integradora dos benefícios dessas tecnologias. Esses benefícios são organizados em diferentes dimensões teóricas, que, posteriormente, são avaliadas para entender como influenciam as mudanças no setor.

3. Método de pesquisa

Este estudo adota o método de Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Esse método permite identificar, selecionar e sintetizar, de forma estruturada e transparente, estudos relevantes (TRANFIELD et al., 2003; SIDDAWAY et al., 2019). A RSL foi conduzida conforme um protocolo previamente definido. Esse protocolo incluiu a definição das bases de dados, das estratégias de busca, dos critérios de seleção e dos procedimentos de análise. Essa abordagem reduz vieses e aumenta a confiabilidade dos resultados (KITCHENHAM et al., 2007). O processo foi conduzido em três fases principais: **planejamento, execução e análise dos resultados**. As respectivas etapas serão detalhadas a seguir.

3.1. Planejamento

Na etapa de planejamento, definiram-se o objetivo do estudo e as questões de pesquisa. Também foi elaborado o protocolo da revisão, incluindo critérios de busca e seleção dos artigos. Foram utilizadas as bases de dados Scopus e Web of Science, devido à sua relevância e abrangência científica. A estratégia de busca combinou termos relacionados à transformação, à indústria alimentar e a tecnologias emergentes. Foram testadas diferentes combinações de palavras-chave, sendo selecionada a *string* que apresentou maior aderência ao tema, conforme se observa na Tabela 1.

Tabela 1 – Estratégia de busca e palavras-chave utilizadas na coleta de dados

Construto	Palavras-chave	Estratégia de busca	Base de dados
Transformações no segmento industrial da indústria alimentar impulsionadas por tecnologias emergentes	Transformation; Transition; Food system; Food industry; Global supply chain; Agrifood value chain; Digitalization; Emerging technologies	("transformation*" OR "trend*" OR "change*" OR "innovation*" OR "transition*" OR "restructuring*" OR "adaptation*" OR "modification*") AND ("food system*" OR "food indust*" OR "agri-food system*" OR "food supply system*" OR "agri-food network*" OR "global food system*" OR "agri-food chain" OR "value chain" OR "supply chain" OR "supply network*" OR "value network*" OR "global supply chain" OR "global value chain") AND ("technolog*" OR "digital*" OR "information technology" OR "digital transformation" OR "industry 4.0" OR "IoT" OR "Internet of Things" OR "blockchain" OR "artificial intelligence" OR "AI" OR "big data" OR "automation" OR "robotics" OR "cloud computing" OR "smart farm*" OR "precision agriculture" OR "data-driven" OR "ICT" OR "Information and Communication Technologies")	Web of Science; Scopus

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão para assegurar a qualidade e a relevância dos estudos. Foram considerados apenas artigos científicos revisados por pares, redigidos em inglês e relacionados à indústria alimentícia. Foram excluídos estudos que não abordavam transformações do setor ou não estavam vinculados ao uso de tecnologias emergentes. Ademais, trabalhos cujo enfoque era exclusivamente a produção primária ou ao comportamento do consumidor também foram excluídos. A Tabela 2 apresenta os critérios adotados.

Tabela 2 – Critérios de inclusão e exclusão dos estudos da RSL

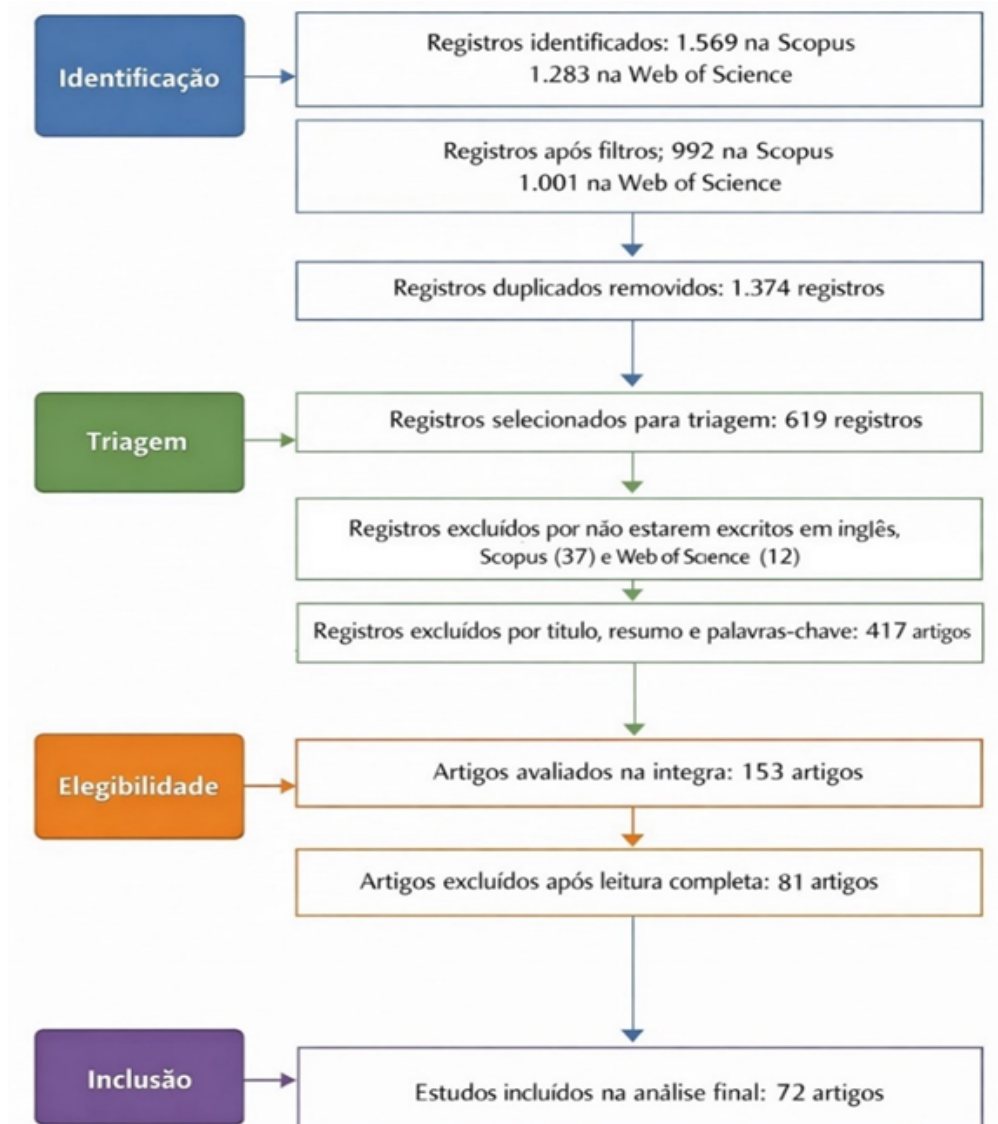
Critério	Inclusão	Exclusão
Idioma	Conteúdo escrito em inglês.	Conteúdo não escrito em inglês.
Tipo de documento	Artigos científicos revisados por pares.	Artigos não revisados por pares e literatura cinza.
Foco	Artigos que analisam as transformações na indústria alimentar e artigos que exploram o papel das tecnologias emergentes no contexto dessas transformações.	Artigos que não analisam as transformações na indústria alimentar nem exploram o papel das tecnologias emergentes no contexto dessas transformações.
Unidade de análise	Indústria alimentar.	Não relacionado à indústria alimentar.
Contexto	Transformações no setor industrial das cadeias de valor agroalimentares impulsionadas por novas tecnologias.	Transformações fora do setor industrial das cadeias de valor agroalimentares ou não impulsionadas por novas tecnologias.

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

3.2. Conclusão

A metodologia PRISMA 2020 foi concebida para auxiliar pesquisadores a relatarem, de forma transparente, a revisão, os métodos empregados e as principais conclusões obtidas a partir das buscas (PAGE et al., 2021). A busca inicial resultou em 2.852 artigos nas duas bases de dados. Após a aplicação de filtros para artigos revisados por pares, o número foi reduzido. Em seguida, os artigos duplicados foram removidos com o auxílio do *software* RStudio. Posteriormente, realizou-se a triagem por título, resumo e palavras-chave. Os artigos selecionados passaram por uma leitura mais aprofundada. Esse processo incluiu a análise da introdução, da conclusão e, posteriormente, do texto completo. Ao final desse processo, foi definida uma amostra final de 72 artigos, considerados relevantes para o estudo, conforme observado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma da seleção dos artigos segundo o protocolo PRISMA 2020



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Portanto, a seleção seguiu as diretrizes do protocolo PRISMA, garantindo transparência e rastreabilidade do processo (PAGE et al., 2021). A próxima seção apresenta a etapa de análise de dados.

3.3. Análise dos resultados

Os dados dos artigos selecionados foram extraídos e organizados em uma planilha eletrônica. Essa etapa incluiu a codificação de informações, como as tecnologias emergentes identificadas, suas funções principais, os benefícios esperados com a adoção e os obstáculos à adoção. A análise foi conduzida com base no método Gioia, o que permitiu a construção de categorias analíticas em três níveis: conceitos de primeira ordem, temas de segunda ordem e

dimensões agregadas. Este estudo combinou técnicas indutivas e dedutivas para categorizar os dados extraídos dos textos analisados. A abordagem de pesquisa indutiva considera a análise sistemática para a obtenção de interpretações confiáveis dos dados, visando revelar novos conceitos e teorias persuasivas (GIOIA; PITRE, 1990). Ao identificar fragmentos de texto, os pesquisadores buscaram estabelecer códigos para os textos analisados que se referissem às transformações na indústria alimentar impulsionadas por tecnologias emergentes. Cada código foi discutido minuciosamente entre os pesquisadores para garantir sua aderência e relevância para a pesquisa.

Com o auxílio do *software* Excel no processo de codificação, os fragmentos de texto foram devidamente identificados. Esses fragmentos foram agrupados em códigos de primeira ordem que apresentavam relação direta com os construtos buscados. De forma dedutiva, esses códigos de primeira ordem foram categorizados em códigos de segunda e terceira ordem, que representam, respectivamente, temas e dimensões. Os recursos que aumentam o rigor qualitativo de um estudo de pesquisa começam pela organização dos dados em categorias de primeira e de segunda ordem, o que facilita sua estruturação subsequente (GIOIA et al., 2013).

A partir do exposto e com base na leitura dos artigos selecionados na RSL, identificaram-se 656 fragmentos de texto. Esses fragmentos foram categorizados em 20 códigos de primeira ordem. Posteriormente, os códigos de primeira ordem foram agrupados em códigos de segunda ordem ou temas que representam. Quatro códigos de segunda ordem foram definidos. Finalmente, os temas foram organizados em três códigos de terceira ordem ou dimensões. As dimensões representam os objetivos diretos da pesquisa, que consistem na identificação das transformações ocorrendo na indústria alimentar, impulsionadas por tecnologias emergentes.

4. Resultados

Inicialmente, realizou-se uma análise descritiva dos artigos selecionados para a RSL. A Tabela 3 apresenta os principais resultados descritivos da RSL. Ela fornece uma visão geral das principais características dos artigos selecionados, incluindo sua distribuição ao longo do tempo, os periódicos em que foram publicados, as áreas temáticas, os métodos de pesquisa e as abordagens teóricas adotadas. Além disso, a tabela resume os principais contextos industriais abordados nos estudos, bem como o foco geográfico de cada um. Esses resultados descritivos oferecem um panorama geral de como a pesquisa sobre transformações na indústria alimentícia evoluiu e ajudam a contextualizar as análises a seguir.

Tabela 3 – Análise descritiva dos estudos da RSL

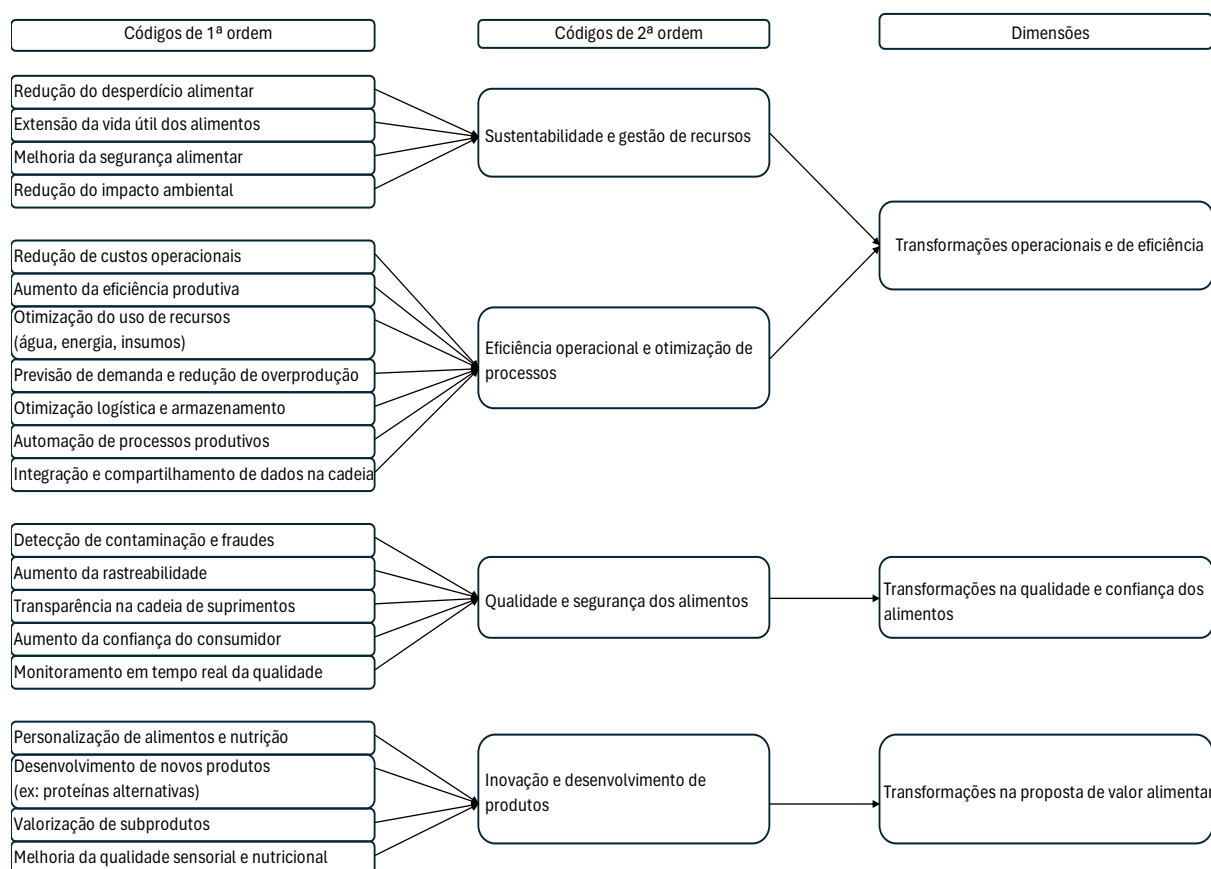
Categoria	(# de artigos)
Distribuição temporal	2025 (22), 2024 (18), 2023 (10), 2022 (11), 2021 (5), 2020 (3), 2019 (3).
Distribuição por periódicos	Frontiers in Sustainable Food Systems (5), Journal of Cleaner Production (4), Trends in Food Science & Technology (4), Foods (4), Sustainability (4), Annual Review of Food Science and Technology (2), Sensors (2), Food Control (2), Critical Reviews in Food Science and Nutrition (2), Discover Food (2), Science of the Total Environment (2), Outros (39).
Área temática	Ciência e tecnologia de alimentos (23), Ciência e tecnologia – outros tópicos (11), Engenharia e ciências ambientais (7), Nutrição e dietética (5), Agricultura (4), Química (4), Negócios e economia (3), Ciência da computação (2), Outros (13).
Métodos de pesquisa	Métodos mistos (33), Conceitual (17), Estudo de caso (6), Revisão sistemática da literatura – RSL (6), Delphi (3), Matemático (2), Survey (2), Análise bibliométrica (2), Multicritério (1).
Teorias aplicadas	Abordagem de sistemas (8), Abordagem de economia circular (7), Triple Bottom Line – TBL (3), Theory of Change – ToC (3), Abordagem de bioeconomia circular (2), Teoria da informação assimétrica (2), Economia dos custos de transação – TCE (1), Resiliência da cadeia de suprimentos – SCRES (1), Teoria da liderança de opinião (1), Modelo de inovação da hélice quádrupla (1), Teoria da inovação induzida (1), Teoria dos valores de dados (1), Visão baseada em recursos – RBV (1), Visão baseada em práticas – PBV (1), Teoria da orientação ao cliente (1), Inovação em modelo de negócios – BMI (1), Teoria dos pontos de alavancagem (1), Teoria crítica (1).
Contexto da indústria alimentar	Sustentabilidade (11), Segurança alimentar e segurança dos alimentos (9), Gestão de desperdício de alimentos (7), Soluções de embalagem (4), Pesquisa em proteínas vegetais (4), Impressão 3D de alimentos (2), Contexto geral (35).
Contexto geográfico	Europa (10), Ásia (4), América do Norte (2), África (2), sem foco geográfico (55).

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

A análise dos benefícios das tecnologias emergentes na indústria alimentar foi conduzida com base no método Gioia. Esse procedimento permitiu estruturar os dados em três níveis analíticos: códigos de primeira e de segunda ordem e dimensões agregadas. Foram identificados 20 constructos de primeira ordem a partir dos estudos analisados. Esses constructos representam os principais benefícios associados à adoção de tecnologias emergentes na indústria alimentar, mantendo proximidade com a terminologia empregada na literatura.

A análise dos 72 artigos evidenciou predominância de tecnologias digitais na literatura. Essas tecnologias estão associadas a ganhos de eficiência, de rastreabilidade e de monitoramento em tempo real. Tecnologias físicas e biológicas também foram identificadas, embora com menor frequência. Essas tecnologias estão mais relacionadas à inovação em produtos, processos e sustentabilidade. Com base nessa análise, foi possível estruturar os benefícios das tecnologias emergentes e compreender como se traduzem em transformações na indústria alimentar. A Figura 2 apresenta a estrutura de código adotada nesta pesquisa.

Figura 2 –Estrutura de codificação da metodologia Gioia



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Os 20 constructos de primeira ordem indicam os benefícios associados às tecnologias emergentes, mantendo a proximidade com a linguagem dos estudos analisados. Esses benefícios foram agrupados em quatro temas de segunda ordem, com base em similaridades funcionais e interpretativas: (i) sustentabilidade e gestão de recursos, (ii) eficiência operacional e otimização de processos, (iii) qualidade e segurança dos alimentos e (iv) inovação e desenvolvimento de produtos.

Em seguida, os códigos de segunda ordem foram classificados em três dimensões, que representam as principais mudanças estruturais provocadas pelas tecnologias emergentes na indústria alimentícia: (i) melhorias operacionais e de eficiência, (ii) avanços na qualidade e na confiança dos alimentos e (iii) mudanças na proposta de valor alimentar. As próximas seções detalham os achados dessas principais transformações estruturais e seus respectivos benefícios.

4.1. Transformações operacionais e de eficiência

A primeira dimensão refere-se às transformações operacionais e de eficiência na indústria alimentar. Essa dimensão resulta da combinação dos temas de sustentabilidade, gestão de recursos, eficiência operacional e otimização de processos. No âmbito da sustentabilidade, destacam-se benefícios como a redução do desperdício alimentar, a prolongação da vida útil dos produtos e a diminuição do impacto ambiental. Esses resultados indicam uma maior capacidade da indústria de utilizar recursos de forma mais eficiente e sustentável.

Em relação à eficiência operacional, foram identificados benefícios como a redução de custos, o aumento da produtividade, a automação de processos e a otimização logística. Além disso, tecnologias emergentes permitem a previsão de demanda e a integração de dados ao longo da cadeia, contribuindo para a redução de ineficiências e desperdícios. Em conjunto, esses resultados evidenciam que as tecnologias emergentes promovem a reconfiguração dos processos produtivos e logísticos. Essa transformação aumenta a eficiência operacional e reforça práticas mais sustentáveis na indústria alimentar.

4.2. Transformações na qualidade e confiança dos alimentos

A segunda dimensão corresponde às transformações na qualidade e na confiança dos alimentos. Essa dimensão está associada ao tema da qualidade e da segurança dos alimentos. Os principais benefícios identificados incluem a melhoria da segurança alimentar, a detecção de contaminações e fraudes e o monitoramento em tempo real da qualidade dos produtos. Além disso, tecnologias emergentes ampliam a rastreabilidade e a transparência ao longo da cadeia de suprimentos. Esses avanços contribuem para o aumento da confiança do consumidor, uma vez que proporcionam maior visibilidade sobre a origem, o processamento e a qualidade dos alimentos. De forma geral, essa dimensão evidencia que as tecnologias emergentes fortalecem os mecanismos de controle e de governança da cadeia alimentar. Como resultado, há uma melhoria significativa na qualidade percebida e na confiabilidade dos produtos alimentares.

4.3. Transformações na proposta de valor alimentar

A terceira dimensão refere-se às transformações na proposta de valor alimentar, associadas ao tema da inovação e ao desenvolvimento de produtos. Entre os principais benefícios identificados estão a personalização de alimentos e de nutrição, o desenvolvimento de novos produtos, como proteínas alternativas, e a valorização de subprodutos. Também se

destacam melhorias na qualidade sensorial e nutricional dos alimentos. Esses resultados indicam que as tecnologias emergentes ampliam a capacidade de inovação da indústria alimentar. Além disso, permitem o desenvolvimento de produtos mais alinhados às novas demandas dos consumidores, como saúde, sustentabilidade e conveniência. Dessa forma, essa dimensão evidencia uma mudança na forma como o valor é criado e entregue ao consumidor. A inovação deixa de ser incremental e passa a desempenhar um papel central na redefinição da oferta de produtos alimentares.

5. Considerações finais

Este estudo teve como objetivo identificar os principais benefícios das tecnologias emergentes na indústria alimentar e analisar como esses benefícios se traduzem em transformações estruturais no setor. Para isso, adotou-se uma abordagem baseada em Revisão Sistemática da Literatura, combinada ao método Gioia, permitindo estruturar os resultados em diferentes níveis analíticos e avançar na compreensão das mudanças em curso na indústria alimentar.

Os resultados deste estudo permitem avançar na compreensão do papel das tecnologias emergentes na indústria alimentar. Mais do que identificar benefícios isolados, a análise evidencia que esses benefícios se articulam em padrões estruturados que refletem transformações mais amplas no setor. Em resposta à RQ1, os achados indicam que os benefícios das tecnologias emergentes vão além dos ganhos operacionais pontuais. Esses benefícios abrangem eficiência produtiva, sustentabilidade, qualidade dos alimentos e inovação em produtos. Essa diversidade indica que o impacto das tecnologias é multidimensional e abrange diversos aspectos da cadeia agroalimentar.

No entanto, as principais contribuições deste estudo estão relacionadas à RQ2. Os resultados demonstram que os benefícios identificados não ocorrem de forma isolada. Ao contrário, eles se organizam em três dimensões que refletem transformações estruturais na indústria alimentar. A primeira dimensão, relacionada às transformações operacionais e de eficiência, evidencia que as tecnologias emergentes estão redefinindo a organização dos processos de produção. Esses achados reforçam argumentos da literatura sobre digitalização e Indústria 4.0, que apontam para ganhos em automação, integração e uso eficiente de recursos. Além disso, a integração entre eficiência e sustentabilidade sugere uma convergência entre o desempenho operacional e as práticas sustentáveis.

A segunda dimensão, associada às transformações na qualidade e na confiança dos

alimentos, destaca o papel das tecnologias na melhoria dos mecanismos de controle e de transparência. Esses resultados dialogam com estudos que enfatizam a importância da rastreabilidade e da segurança alimentar em cadeias alimentares complexas. Ao aumentar a visibilidade e a confiabilidade das informações, as tecnologias contribuem para fortalecer a governança da cadeia e a confiança do consumidor.

A terceira dimensão, relacionada às transformações na proposta de valor alimentar, evidencia uma mudança na lógica de inovação do setor. Os resultados indicam que as tecnologias emergentes ampliam a capacidade de desenvolver novos produtos e de atender às demandas específicas dos consumidores. Esse movimento está alinhado à literatura sobre inovação orientada ao consumidor e personalização, indicando uma transição de modelos produtivos padronizados para soluções mais flexíveis e personalizadas.

De forma integrada, essas três dimensões revelam que as tecnologias emergentes atuam como catalisadoras de transformações simultâneas na indústria alimentar. Essas transformações não se limitam ao nível operacional, mas também impactam a qualidade dos produtos e a forma como o valor é criado e percebido. Os resultados desta pesquisa contribuem para superar a fragmentação da literatura. Estudos anteriores tendem a analisar tecnologias de forma isolada ou focar em aplicações específicas. Em contraste, este estudo propõe uma visão integradora ao demonstrar que diferentes tecnologias convergem em padrões comuns de transformação.

É importante destacar que este estudo apresenta algumas limitações a serem consideradas. Primeiramente, a análise baseia-se exclusivamente em dados secundários provenientes de uma revisão sistemática da literatura, o que implica dependência da qualidade e do escopo dos estudos selecionados. Além disso, embora a busca tenha sido conduzida em bases reconhecidas, como Scopus e Web of Science, e sem restrição temporal, a inclusão apenas de artigos em inglês pode ter limitado o acesso a contribuições relevantes em outros idiomas. Outra limitação refere-se ao uso do método Gioia aplicado a dados secundários, o que pode envolver interpretações dos autores na categorização. Finalmente, o estudo não contempla validação empírica dos resultados, o que abre oportunidades para pesquisas futuras que explorem, por meio de estudos de caso ou de abordagens quantitativas, como se manifestam os benefícios identificados na prática e como contribuem para transformações na indústria alimentar.

Os achados também reforçam a necessidade de uma abordagem sistêmica para compreender as mudanças em curso na indústria alimentar. A interação entre eficiência, qualidade e inovação sugere que a adoção de tecnologias deve ser analisada como parte de um

processo mais amplo de reconfiguração do setor. Nesse contexto, os resultados deste estudo abrem diversas oportunidades para pesquisas futuras. Em primeiro lugar, recomenda-se a realização de estudos empíricos que investiguem como os benefícios das tecnologias emergentes se manifestam na prática, considerando diferentes contextos organizacionais e segmentos da indústria alimentar. Abordagens como estudos de caso e *surveys* podem contribuir para validar e aprofundar as dimensões de transformação identificadas.

Além disso, pesquisas futuras podem explorar diferenças entre tipos de tecnologia, analisando, de forma comparativa, o papel das tecnologias digitais, físicas e biológicas na geração de benefícios e na promoção de transformações estruturais. Esse aprofundamento pode contribuir para uma compreensão mais detalhada dos mecanismos de impacto de cada grupo tecnológico.

Outra agenda relevante refere-se à análise de contextos geográficos específicos. Considerando que grande parte dos estudos adota uma abordagem global ou conceitual, investigações focadas em países ou regiões podem revelar particularidades institucionais, regulatórias e culturais que influenciam a adoção e os impactos das tecnologias emergentes. Além disso, estudos futuros podem incorporar perspectivas teóricas específicas, como a visão baseada em recursos (RBV), a economia dos custos de transação (TCE) ou abordagens sistêmicas, a fim de aprofundar a compreensão dos fatores que condicionam a adoção e os efeitos das tecnologias emergentes no setor.

Referências

AGUNBIADE, Adedoyin O. et al. Potentials of 3D extrusion-based printing in resolving food processing challenges: A perspective review. **Journal of food process engineering**, v. 45, n. 4, p. e13996, 2022.

AÏT-KADDOUR, Abderrahmane et al. Transforming plant-based waste and by-products into valuable products using various “Food Industry 4.0” enabling technologies: A literature review. **Science of the Total Environment**, v. 955, p. 176872, 2024.

AKHILA, P. et al. Historical developments in food science and technology. **Journal of Nutrition Research**, v. 10, n. 1, p. 36-41, 2022.

ALEM FONSECA, Mariel; TSOLAKIS, Naoum; KITTIPANYA-NGAM, Pichawadee. Breaking the cycle of inertia in food supply chains: a systems thinking approach for innovation and sustainability. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 29, n. 3, p. 414-443, 2024.

AMENTAE, Tadesse Kenea; GEBRESENBET, Girma. Digitalization and future agro-food supply chain management: a literature-based implications. **Sustainability**, v. 13, n. 21, p. 12181, 2021.

ARECHE, F. et al. Role of biotechnology in food security: A review. **SABRAO J. Breed. Genet**, v. 55, n. 5, p. 1496-1509, 2023.

ARSHAD, Rai Naveed et al. Food loss and waste reduction by using Industry 4.0 technologies: examples of promising strategies. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. vvaf034, 2025.

AUGUSTIN, M. A. et al. Towards a new venture science model for transforming food systems. **Global Food Security**, v. 28, p. 100481, 2021.

BHAT, Mansoor Ahmad et al. Advances in smart food authentication for enhanced safety and quality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 155, p. 104800, 2025.

ÇAKMAKÇI, Songül; POLATOĞLU, Bilgehan; ÇAKMAKÇI, Ramazan. Foods of the future: challenges, opportunities, trends, and expectations. **Foods**, v. 13, n. 17, p. 2663, 2024.

CAMARÉNA, Stéphanie. Artificial intelligence in the design of the transitions to sustainable food systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 271, p. 122574, 2020.

CHANDAN, Anulipt; JOHN, Michele; POTDAR, Vidyasagar. Achieving UN SDGs in food supply chain using blockchain technology. **Sustainability**, v. 15, n. 3, p. 2109, 2023.

CHAPMAN, James et al. Challenges and opportunities of the fourth revolution: a brief insight into the future of food. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 10, p. 2845-2853, 2022.

CHEN, Lu et al. Large-scale cultured meat production: Trends, challenges and promising biomanufacturing technologies. **Biomaterials**, v. 280, p. 121274, 2022.

CORIGLIANO, Orlando; ALGIERI, Angelo. A comprehensive investigation on energy consumptions, impacts, and challenges of the food industry. **Energy Conversion and Management: X**, v. 23, p. 100661, 2024.

DAKHIA, Zohra; RUSSO, Mariateresa; MERENDA, Massimo. AI-enabled IoT for food computing: Challenges, opportunities, and future directions. **Sensors**, v. 25, n. 7, p. 2147, 2025.

DEROSSI, Antonio et al. Could 3D food printing help to improve the food supply chain resilience against disruptions such as caused by pandemic crises?. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 9, p. 4338-4355, 2021.

DHAL, Sambandh Bhusan; KAR, Debashish. Leveraging artificial intelligence and advanced food processing techniques for enhanced food safety, quality, and security: a comprehensive review. **Discover Applied Sciences**, v. 7, n. 1, p. 75, 2025.

DÖRNYEI, Krisztina Rita et al. Sustainable food packaging: An updated definition following a holistic approach. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 7, p. 1119052, 2023.

GALANAKIS, Charis M. The future of food. **Foods**, v. 13, n. 4, p. 506, 2024.

GIOIA, Dennis A.; CORLEY, Kevin G.; HAMILTON, Aimee L. Seeking qualitative rigor in inductive research: Notes on the Gioia methodology. **Organizational research methods**, v. 16, n. 1, p. 15-31, 2013.

GIOIA, Dennis A.; PITRE, Evelyn. Multiparadigm perspectives on theory building. **Academy of management review**, v. 15, n. 4, p. 584-602, 1990.

GURUSWAMY, Selvakumar et al. Toward better food security using concepts from industry 5.0. **Sensors**, v. 22, n. 21, p. 8377, 2022.

HARIKRISHNAN, S. et al. Artificial intelligence in sustainable food design: Technological, ethical consideration, and future. **Trends in Food Science & Technology**, v. 163, p. 105152, 2025.

HASSOUN, Abdo et al. Exploring the role of green and Industry 4.0 technologies in achieving sustainable development goals in food sectors. **Food Research International**, v. 162, p. 112068, 2022.

HASSOUN, Abdo et al. Unveiling the relationship between food unit operations and food industry 4.0: A short review. **Heliyon**, v. 10, n. 20, 2024.

HASSOUN, Abdo. Food sustainability 4.0: Harnessing fourth industrial revolution technologies for sustainable food systems. **Discover Food**, v. 5, n. 1, p. 171, 2025.

IQBAL, Babar et al. Sustainable food systems transformation in the face of climate change: strategies, challenges, and policy implications: B. Iqbal et al. **Food Science and Biotechnology**, v. 34, n. 4, p. 871-883, 2025.

ISAAC-BAMGBOYE, Folayemi Janet et al. Upcycling technologies for food waste management: safety, limitations, and current trends. **Green Chemistry Letters and Reviews**, v. 18, n. 1, p. 2533894, 2025.

KALPANA, S. et al. Intelligent packaging: Trends and applications in food systems. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 145-157, 2019.

KITCHENHAM, B. et al. Large-scale software engineering questions—expert opinion or empirical evidence?. **IET software**, v. 1, n. 5, p. 161-171, 2007.

KRAMER, Michael Paul; BITSCH, Linda; HANF, Jon. Blockchain and its impacts on agri-food supply chain network management. **Sustainability**, v. 13, n. 4, p. 2168, 2021.

KRUPITZER, Christian; STEIN, Anthony. Unleashing the potential of digitalization in the agri-food chain for integrated food systems. **Annual review of food science and technology**, v. 15, 2024.

KUMAR, Mukesh et al. Enablers to achieve zero hunger through IoT and blockchain technology and transform the green food supply chain systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 405, p. 136894, 2023.

LAMM, Kevan W.; IDUN, Andrews; LU, Peng. Critical Issues Faced by Industries Associated with Food Science and Technology: A Delphi Analysis. **Foods**, v. 13, n. 24, p. 4149, 2024.

LIBERTY, Jacob Tizhe. Genomic synergy in food traceability: Enhancing global food safety and security. **Ecological Genetics and Genomics**, v. 34, p. 100324, 2025.

LICZMAŃSKA-KOPCEWICZ, Katarzyna; WIŚNIEWSKA, Agnieszka; NOCELLA, Giuseppe. Willingness to implement innovative solutions for creating information-based added value in food value chains. **Journal of Cleaner Production**, v. 446, p. 141284, 2024.

LIU, Fuguo et al. Future foods: Alternative proteins, food architecture, sustainable packaging, and precision nutrition. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 63, n. 23, p. 6423-6444, 2023.

MAC CLAY, Pablo; FEENEY, Roberto; SELLARE, Jorge. Technology-driven transformations in agri-food global value chains: The role of incumbent firms from a corporate venture capital perspective. **Food Policy**, v. 127, p. 102684, 2024.

MANGLA, Sachin Kumar et al. A framework to assess the challenges to food safety initiatives in an emerging economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 284, p. 124709, 2021.

MARVIN, Hans JP et al. Digitalisation and artificial intelligence for sustainable food systems. **Trends in Food Science & Technology**, v. 120, p. 344-348, 2022.

MISRA, N. N. et al. Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies. **Food Research International**, v. 97, p. 318-339, 2017.

MISRA, Nandan Nitish et al. IoT, big data, and artificial intelligence in agriculture and food industry. **IEEE Internet of things Journal**, v. 9, n. 9, p. 6305-6324, 2020.

MOHAPATRA, Soumya et al. Application of blockchain technology in the agri-food system: a systematic bibliometric visualization analysis and policy imperatives. **Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies**, v. 15, n. 2, p. 288-310, 2025.

NAMKHAH, Zahra et al. Advancing sustainability in the food and nutrition system: a review of artificial intelligence applications. **Frontiers in Nutrition**, v. 10, p. 1295241, 2023.

NASEEM, Sobia; RIZWAN, Muhammad. The role of artificial intelligence in advancing food safety: A strategic path to zero contamination. **Food Control**, v. 175, p. 111292, 2025.

NEWMAN, Lenore et al. Agriculture for the Anthropocene: novel applications of technology and the future of food. **Food Security**, v. 15, n. 3, 2023. NIYIGABA, Theoneste et al. Advances in fermentation technology: A focus on health and safety. **Applied Sciences**, v. 15, n. 6, p. 3001, 2025.

ONYEAKA, Helen et al. Artificial intelligence in food system: Innovative approach to minimizing food spoilage and food waste. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 21, p. 101895, 2025.

ORJUELA-GARZON, William Alejandro; SANDOVAL-ALDANA, Angelica; MENDEZ-ARTEAGA, Jonh Jairo. Systematic literature review of barriers and enablers to implementing food informatics technologies: unlocking agri-food chain innovation. **Foods**, v. 13, n. 21, p. 3349, 2024.

PAGE, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **bmj**, v. 372, 2021.

PAKSERESHT, Ashkan et al. The intersection of blockchain technology and circular economy in the agri-food sector. **Sustainable Production and Consumption**, v. 35, p. 260-274, 2023.

PAUDEL, Devendra et al. COVID-19 pandemic, climate change, and conflicts on agriculture: A trio of challenges to global food security. **Sustainability**, v. 15, n. 10, p. 8280, 2023.

PAVÓN LOSADA, Juan Antonio et al. Food packaging business models as drivers for sustainability in the food packaging industry. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 9, p. 1563904, 2025.

PENNELL, Jordan et al. Mapping the AI landscape in food science and engineering: a bibliometric analysis enhanced with interactive digital tools and company case studies. **Food Engineering Reviews**, v. 17, n. 3, p. 465-489, 2025.

Qian, C., Murphy, S. I., Orsi, R. H., & Wiedmann, M. (2023). How can AI help improve food safety?. *Annual Review of Food Science and Technology*, 14(1), 517-538.

RAJAN, Sneha Soundara; WANI, Khalid Mehmood. A review of smart food and packaging technologies: revolutionizing nutrition and sustainability. **Food and Humanity**, v. 4, p. 100593, 2025.

RANJBARI, Meisam et al. A Typology of Circular Economy Startups in Agri-Food Supply Chains: An Analysis of 79 Innovative Startups. **Business Strategy and the Environment**, v. 34, n. 7, p. 9301-9320, 2025.

REARDON, Thomas; TIMMER, C. Peter. Transformation of markets for agricultural output in developing countries since 1950: How has thinking changed?. **Handbook of agricultural economics**, v. 3, p. 2807-2855, 2007.

REJEB, Abderahman; REJEB, Karim; HASSOUN, Abdo. The impact of machine learning applications in agricultural supply chain: a topic modeling-based review. **Discover Food**, v. 5, n. 1, p. 141, 2025.

RIZWAN ABID, Hafiz Muhammad; UR RAHMAN, Hafiz Ubaid; KHALID, Nauman. Emerging trends and applications of cyber security and artificial intelligence tools in detecting food frauds. **Food Reviews International**, v. 41, n. 8, p. 2388-2405, 2025.

ROCHA, Geneci da Silva Ribeiro; DE OLIVEIRA, Letícia; TALAMINI, Edson. Blockchain applications in agribusiness: A systematic review. **Future Internet**, v. 13, n. 4, p. 95, 2021.

RUGJI, Jerina et al. Utilization of AI–reshaping the future of food safety, agriculture and food security—a critical review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 65, n. 26, p. 5136-5180, 2025.

SADIGOV, Rahim. Rapid growth of the world population and its socioeconomic results. **The Scientific World Journal**, v. 2022, n. 1, p. 8110229, 2022.

SENTURK, Seyda; SENTURK, Fatmana; KARACA, Hakan. Industry 4.0 technologies in agri-food sector and their integration in the global value chain: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 408, p. 137096, 2023.

SICA, Daniela et al. The role of digital technologies for the LCA empowerment towards circular economy goals: a scenario analysis for the agri-food system. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 29, n. 8, p. 1486-1509, 2024.

SIDDAWAY, Andy P.; WOOD, Alex M.; HEDGES, Larry V. How to do a systematic review: a best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses. **Annual review of psychology**, v. 70, n. 1, p. 747-770, 2019.

SILVA, Vivian Lara; SERENO, Alberto M.; DO AMARAL SOBRAL, Paulo Jose. Food industry and processing technology: on time to harmonize technology and social drivers. **Food Engineering Reviews**, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2018.

SINGH, Kumari Amita et al. Advancing food systems with industry 5.0: A systematic review of smart technologies, sustainability, and resource optimization. **Sustainable futures**, v. 9, p. 100694, 2025.

SMETANA, Sergiy; AGANOVIC, Kemal; HEINZ, Volker. Food supply chains as cyber-physical systems: a path for more sustainable personalized nutrition. **Food Engineering Reviews**, v. 13, n. 1, p. 92-103, 2021.

TANER, Oznur Oztuna. Sustainable food and agriculture production: reducing food waste through technological advancements and assessing its economic impact. **Research on World Agricultural Economy**, p. 144-165, 2024.

TANG, Andrews et al. Assessing blockchain and IoT technologies for agricultural food supply chains in Africa: A feasibility analysis. **Heliyon**, v. 10, n. 15, 2024.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

TYAGI, Sapna et al. Transforming food systems: A comprehensive review and research agenda for digital technologies in circular and sustainable SC. **Journal of Global Information Management (JGIM)**, v. 32, n. 1, p. 1-33, 2024.

UBBINK, Job; LEVINE, Allen S. From processed foods to ultraprocessed foods: Evolution of an industry model and impact on dietary quality, health, and society. **Annual review of food science and technology**, v. 16, n. 1, p. 1-24, 2025.

VAHDANJOO, Mahdi; SØRENSEN, Claus Grøn; NØRREMARK, Michael. Digital transformation of the agri-food system. **Current Opinion in Food Science**, v. 63, p. 101287, 2025.

WANG, Gaofeng et al. Digital technology increases the sustainability of cross-border agro-food supply chains: A review. **Agriculture**, v. 14, n. 6, p. 900, 2024.

WILKINSON, John. **O Mundo dos Alimentos em Transformação-Finalista Prêmio Jabuti Acadêmico 2024**. Editora Appris, 2023.

WÜNSCHE, Julia Francesca; FERNQVIST, Fredrik. The potential of blockchain technology in the transition towards sustainable food systems. **Sustainability**, v. 14, n. 13, p. 7739, 2022.

XU, Jie et al. Blockchain: A new safeguard for agri-foods. **Artificial intelligence in agriculture**, v. 4, p. 153-161, 2020.

ZARBÀ, Carla et al. The innovative role of blockchain in agri-food systems: A literature analysis. **Food Control**, v. 164, p. 110603, 2024.