



IMPRESSÃO 3D DE ALIMENTOS: AVANÇOS TECNOLÓGICOS, APLICAÇÕES, DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

IMPRESIÓN 3D DE ALIMENTOS: AVANCES TECNOLÓGICOS, APLICACIONES, DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

3D FOOD PRINTING: TECHNOLOGICAL ADVANCES, APPLICATIONS, CHALLENGES, AND PERSPECTIVES FOR THE FOOD INDUSTRY

Thamirys Lorrane Santos Lima¹; Rerisson do Nascimento Alves²; Cássia Moanna Fernandes de Oliveira³; Raimunda Valdenice da Silva Freitas⁴; Romário Oliveira de Andrade⁵

Apresentação: Comunicação Oral

DOI: <https://doi.org/10.31692/VIIICIAGRO.0175>

RESUMO

A impressão tridimensional de alimentos tem se destacado como uma das principais inovações tecnológicas aplicadas à indústria alimentícia, reunindo conceitos da manufatura aditiva, automação e personalização de produtos. Essa tecnologia possibilita a produção de alimentos camada por camada a partir de modelos digitais, permitindo maior controle sobre o formato, a composição nutricional e as características sensoriais dos produtos, além de contribuir para a redução de desperdícios e o uso mais eficiente de matérias-primas. Nesse contexto, objetivou-se com o presente estudo, realizar uma revisão da literatura sobre os avanços tecnológicos, as aplicações, os desafios e as perspectivas da impressão 3D de alimentos para a indústria alimentícia. A pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica, de natureza qualitativa e descritiva, desenvolvida a partir de consultas às bases de dados Scopus, Web of Science, ScienceDirect, PubMed e Google Scholar, utilizando descritores relacionados ao tema em português e inglês. Foram selecionados estudos recentes e de reconhecida relevância científica, possibilitando a análise dos principais aspectos relacionados ao funcionamento da tecnologia, aos materiais utilizados, às propriedades reológicas das formulações e às diferentes aplicações no setor alimentício. Os estudos analisados demonstram que a impressão 3D apresenta elevado potencial para o desenvolvimento de alimentos personalizados, alimentos funcionais, produtos destinados à nutrição clínica, alimentação de idosos, gastronomia de alta complexidade e formulações à base de proteínas alternativas, além de representar uma estratégia promissora para o aproveitamento de subprodutos agroindustriais e para a promoção da sustentabilidade. Entretanto, também foram identificados desafios relacionados à estabilidade das formulações, à velocidade de produção, aos custos dos equipamentos, à ausência de regulamentações específicas e à aceitação dos consumidores. Conclui-se que a impressão 3D de alimentos constitui uma tecnologia com elevado potencial de inovação para o setor alimentício, capaz de contribuir para sistemas produtivos mais sustentáveis, eficientes e personalizados. Contudo, sua consolidação

¹ Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, lorrannealimentos24@gmail.com

² Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, rerisson-alves@hotmail.com

³ Engenheira de Alimentos, Universidade Federal de Campina Grande, moannafernandes@gmail.com

⁴ Bolsista de Pós-Doutorado Júnior do CNPQ, Universidade Federal da Paraíba, valdenice2006@yahoo.com.br

⁵ Doutor em Engenharia de Processos, Fundação de Apoio à Pesquisa do Rio Grande do Norte (FAPERN), romarioandradeufpb@gmail.com.

em larga escala dependerá do avanço das pesquisas científicas, do desenvolvimento tecnológico e da superação das limitações técnicas, econômicas e regulatórias ainda existentes.

Palavras-Chave: Alimentos personalizados, impressão tridimensional de alimentos, manufatura aditiva.

RESUMEN

La impresión 3D de alimentos se ha consolidado como una de las principales innovaciones tecnológicas aplicadas a la industria alimentaria, combinando conceptos de fabricación aditiva, automatización y personalización de productos. Esta tecnología permite la producción capa a capa de alimentos a partir de modelos digitales, lo que posibilita un mayor control sobre la forma, la composición nutricional y las características sensoriales de los productos, además de contribuir a la reducción de residuos y a un uso más eficiente de las materias primas. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo realizar una revisión bibliográfica sobre los avances tecnológicos, las aplicaciones, los retos y las perspectivas de la impresión 3D de alimentos para la industria alimentaria. La investigación se caracteriza por ser una revisión bibliográfica cualitativa y descriptiva, desarrollada a partir de consultas a las bases de datos Scopus, Web of Science, ScienceDirect, PubMed y Google Scholar, utilizando descriptores relacionados con el tema en portugués e inglés. Se seleccionaron estudios recientes de reconocida relevancia científica, lo que permitió analizar los principales aspectos relacionados con el funcionamiento de la tecnología, los materiales utilizados, las propiedades reológicas de las formulaciones y las diferentes aplicaciones en el sector alimentario. Los estudios analizados demuestran que la impresión 3D presenta un alto potencial para el desarrollo de alimentos personalizados, alimentos funcionales, productos destinados a la nutrición clínica, nutrición para personas mayores, gastronomía de alta complejidad y formulaciones basadas en proteínas alternativas, además de representar una estrategia prometedora para el aprovechamiento de subproductos agroindustriales y para la promoción de la sostenibilidad. Sin embargo, también se identificaron desafíos relacionados con la estabilidad de las formulaciones, la velocidad de producción, los costos de los equipos, la ausencia de regulaciones específicas y la aceptación del consumidor. Se concluye que la impresión 3D de alimentos constituye una tecnología con alto potencial de innovación para el sector alimentario, capaz de contribuir a sistemas de producción más sostenibles, eficientes y personalizados. No obstante, su consolidación a gran escala dependerá del avance de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la superación de las limitaciones técnicas, económicas y regulatorias existentes.

Palabras Clave: Alimentos personalizados, impresión 3D de alimentos, fabricación aditiva.

ABSTRACT

3D food printing has emerged as a key technological innovation in the food industry, integrating concepts of additive manufacturing, automation, and product customization. This technology enables the production of food layer-by-layer from digital models, allowing for greater control over product shape, nutritional composition, and sensory characteristics, while also contributing to waste reduction and more efficient raw material usage. In this context, the present study aimed to review the literature regarding technological advancements, applications, challenges, and future prospects of 3D food printing within the food industry. The research is a qualitative and descriptive bibliographic review based on searches in the Scopus, Web of Science, ScienceDirect, PubMed, and Google Scholar databases, using relevant keywords in both Portuguese and English. Recent studies of recognized scientific relevance were selected, enabling an analysis of key aspects such as the technology's operation, materials used, the rheological properties of formulations, and various applications within the food sector. The analyzed studies demonstrate that 3D printing holds significant potential for developing personalized foods, functional foods, products for clinical nutrition and elderly care, complex culinary creations, and alternative protein-based formulations; it also represents a promising strategy for utilizing agro-industrial by-products and promoting sustainability. However, challenges were also identified regarding formulation stability, production speed, equipment costs, the lack of specific regulations, and consumer acceptance. It is concluded that 3D food printing is a technology with high innovation potential for the food sector, capable of contributing to more sustainable, efficient, and personalized production systems.

Nevertheless, its large-scale adoption will depend on further scientific research, technological development, and the overcoming of existing technical, economic, and regulatory limitations.

Keywords: Personalized foods, 3D food printing, additive manufacturing.

INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos vem passando por uma profunda transformação impulsionada pelos princípios da Indústria 4.0, caracterizada pela integração entre sistemas digitais, automação, inteligência artificial, internet das coisas (IoT), análise de dados e manufatura inteligente (Hassoun et al., 2025). Nesse contexto, novas tecnologias têm sido incorporadas às etapas de processamento, produção e desenvolvimento de alimentos, promovendo maior eficiência, flexibilidade e personalização dos produtos. Entre essas inovações, destaca-se a impressão tridimensional (3D) de alimentos, considerada uma das tecnologias emergentes com maior potencial para redefinir os modelos convencionais de fabricação, ao permitir a produção de alimentos camada por camada com elevado grau de precisão, reduzindo desperdícios e ampliando as possibilidades de desenvolvimento de produtos adaptados às necessidades específicas dos consumidores (Sun et al., 2015; Derossi et al., 2018).

A impressão 3D, também denominada manufatura aditiva, consiste em um processo de fabricação no qual objetos tridimensionais são construídos pela deposição sucessiva de camadas de material, seguindo um modelo digital previamente elaborado. Diferentemente dos métodos convencionais de fabricação, nos quais frequentemente ocorre remoção ou conformação de materiais, a manufatura aditiva possibilita elevado controle sobre a geometria, composição e estrutura dos produtos, favorecendo maior eficiência produtiva e liberdade de design. Embora inicialmente desenvolvida para aplicações nos setores industrial, aeroespacial e biomédico, essa tecnologia tem expandido rapidamente sua utilização para o segmento alimentício, impulsionada pelos avanços nos sistemas de impressão, no desenvolvimento de biomateriais alimentares ("food inks") e no crescente interesse por alimentos personalizados e funcionais (Chauhan et al., 2025; Said et al., 2025).

No setor alimentício, a impressão 3D representa uma abordagem inovadora capaz de transformar a forma como os alimentos são projetados, produzidos e consumidos. A tecnologia permite elaborar produtos com geometrias complexas, texturas específicas, controle preciso da composição nutricional e formulações adaptadas a diferentes públicos, incluindo crianças, idosos, atletas e pacientes com necessidades alimentares especiais. Além disso, possibilita a incorporação de ingredientes funcionais, proteínas alternativas, compostos bioativos e matérias-primas provenientes de subprodutos agroindustriais, ampliando as oportunidades para o desenvolvimento de alimentos de maior valor agregado e alinhados às tendências contemporâneas de alimentação saudável e

sustentável (Balaji et al., 2026; Ehsan et al., 2025).

Além da personalização nutricional, a impressão 3D tem sido apontada como uma estratégia promissora para promover maior sustentabilidade nos sistemas alimentares. A utilização eficiente das matérias-primas, a redução das perdas durante o processamento, o aproveitamento de resíduos e coprodutos agroindustriais e a possibilidade de produção sob demanda contribuem para minimizar desperdícios ao longo da cadeia produtiva. Paralelamente, a tecnologia favorece a descentralização da produção e pode reduzir custos logísticos em determinadas aplicações, acompanhando os princípios da economia circular e da manufatura sustentável. Esses aspectos tornam a impressão 3D uma ferramenta estratégica diante dos desafios relacionados ao crescimento populacional, à segurança alimentar e à necessidade de sistemas produtivos mais eficientes e ambientalmente responsáveis (Bisht et al., 2026; Padhiary et al., 2024).

Apesar do expressivo avanço científico observado nos últimos anos, a ampla adoção da impressão 3D de alimentos ainda enfrenta importantes limitações técnicas, econômicas e regulatórias. Entre os principais desafios destacam-se a obtenção de formulações com propriedades reológicas adequadas à impressão, a estabilidade estrutural após a deposição das camadas, a manutenção das características sensoriais e nutricionais dos alimentos, a baixa velocidade de produção, os elevados custos dos equipamentos e a ausência de regulamentações específicas para diferentes aplicações comerciais. Somam-se a esses fatores as questões relacionadas à aceitação do consumidor, que ainda representa um dos principais obstáculos para a consolidação da tecnologia no mercado alimentício (Raut et al., 2026).

Apesar dos avanços alcançados, a impressão 3D de alimentos ainda enfrenta desafios tecnológicos, regulatórios e mercadológicos que limitam sua ampla aplicação na indústria alimentícia. Nesse contexto, a sistematização das evidências científicas torna-se fundamental para compreender o estágio atual de desenvolvimento dessa tecnologia, bem como suas principais aplicações, limitações e perspectivas. Assim, este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre a impressão 3D de alimentos, analisando seus avanços tecnológicos, aplicações, desafios e perspectivas para a indústria alimentícia.

METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa, de caráter descritivo, desenvolvida por meio de revisão de literatura. Esse tipo de abordagem permite reunir, analisar e discutir conhecimentos científicos já publicados, contribuindo para a compreensão dos avanços, aplicações e desafios relacionados à impressão 3D de alimentos. A pesquisa bibliográfica foi realizada por meio de consultas em bases de dados científicas, incluindo Scopus, Web of Science,

ScienceDirect, PubMed e Google Scholar. Foram utilizados descritores relacionados ao tema, em português e inglês, como: “impressão 3D de alimentos”, “3D food printing”, “food printing” e “additive manufacturing in food”.

Foram selecionadas publicações com maior relevância científica e aderência ao tema, priorizando artigos publicados nos últimos anos, principalmente em periódicos nacionais e internacionais da área de ciência e tecnologia de alimentos. Foram incluídos estudos que abordavam os fundamentos da impressão 3D de alimentos, tecnologias utilizadas, materiais empregados e aplicações no setor alimentício. A análise dos materiais selecionados ocorreu por meio de leitura exploratória e interpretativa, permitindo a organização das informações em categorias temáticas. A partir disso, foi possível sistematizar e discutir os principais aspectos relacionados à impressão 3D de alimentos, fornecendo embasamento teórico para o desenvolvimento deste estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 Conceitos e evolução da impressão tridimensional de alimentos

A impressão tridimensional (3D) de alimentos surgiu como uma inovação transformadora na indústria alimentícia, com grande potencial para alterar a forma como os consumidores percebem e experimentam os alimentos. O conceito está em constante evolução, impulsionado pelos avanços no desenvolvimento de materiais de impressão mais criativos e adequados ao consumo. Os alimentos produzidos por meio dessa tecnologia têm ganhado destaque por suas possibilidades de design diferenciadas, voltadas para proporcionar experiências gastronômicas personalizadas e ajustadas às necessidades de diferentes grupos sociais. Essa personalização inclui a adição de compostos bioativos com benefícios à saúde, a formulação de dietas equilibradas, a modulação de nutrientes e a exclusão de elementos prejudiciais (Bisht et al., 2024; Bezerra et al., 2025).

A tecnologia de impressão 3D, também conhecida por Fabrico Aditivo, refere-se a processos que, em comparação com as tecnologias tradicionais, subtrativas e formativas, produzem objetos físicos camada a camada com base em designs realizados em *softwares* de CAD (Alves, 2025). Ainda de acordo com Zhu et al., (2023) e Martins et al., (2026), a impressão 3D de alimentos, consiste em uma técnica baseada na deposição aditiva de camadas sucessivas de material comestível, que permite criar estruturas complexas, controlar a composição nutricional e reduzir desperdícios alimentares.

Desta forma, a impressão 3D, inicialmente desenvolvida para a engenharia e prototipagem industrial, tem vindo a ser adaptada ao setor alimentar, oferecendo novas possibilidades de personalização, sustentabilidade e eficiência produtiva, permitindo uma reformulação do conceito de confeitaria culinária, em que a criatividade do chef é complementada pela precisão digital,

proporcionando novas experiências sensoriais e estéticas ao consumidor (Mantihal et al., 2020; Varvara et al., 2021).

Nos últimos anos, o interesse acadêmico e industrial pela impressão 3D de alimentos tem aumentado substancialmente, com estudos a destacar o seu potencial na nutrição personalizada, na redução do desperdício alimentar e na adaptação a necessidades dietéticas específicas. A tecnologia é também vista como uma oportunidade de inovação no âmbito da gastronomia contemporânea, permitindo aos profissionais de cozinha explorar novos paradigmas criativos e produtivos (Mantihal et al., 2020; Varvara et al., 2021; Silva et al., 2024).

A evolução da impressão 3D de alimentos pode ser dividida em três fases principais: a fase experimental, a fase de prototipagem funcional e a fase de aplicação comercial. Na fase inicial, entre 2005 e 2015, o foco incidiu na adaptação de impressoras 3D convencionais ao uso de materiais comestíveis, explorando parâmetros como viscosidade, temperatura e tempo de extrusão. Posteriormente, os investigadores concentraram-se na melhoria da precisão, estabilidade e segurança alimentar dos sistemas, culminando no desenvolvimento de equipamentos específicos para alimentos (Godoi et al., 2016; Mantihal et al., 2020; Le-Bail et al., 2020; Martins et al., 2026).

Mais recentemente, a investigação tem-se centrado na integração de tecnologias complementares, como a impressão 4D, a robótica colaborativa e a inteligência artificial, com o objetivo de otimizar processos e personalizar experiências alimentares. Estudos recentes apontam para o uso crescente da impressão 3D em contextos hospitalares, educacionais e de alta gastronomia, demonstrando que a tecnologia está a transitar do laboratório para ambientes profissionais e comerciais (Mantihal et al., 2020; Escalante-Aburto et al., 2021; Liu et al., 2025; Manivelkumar & Kalpana, 2025; Martins et al., 2026).

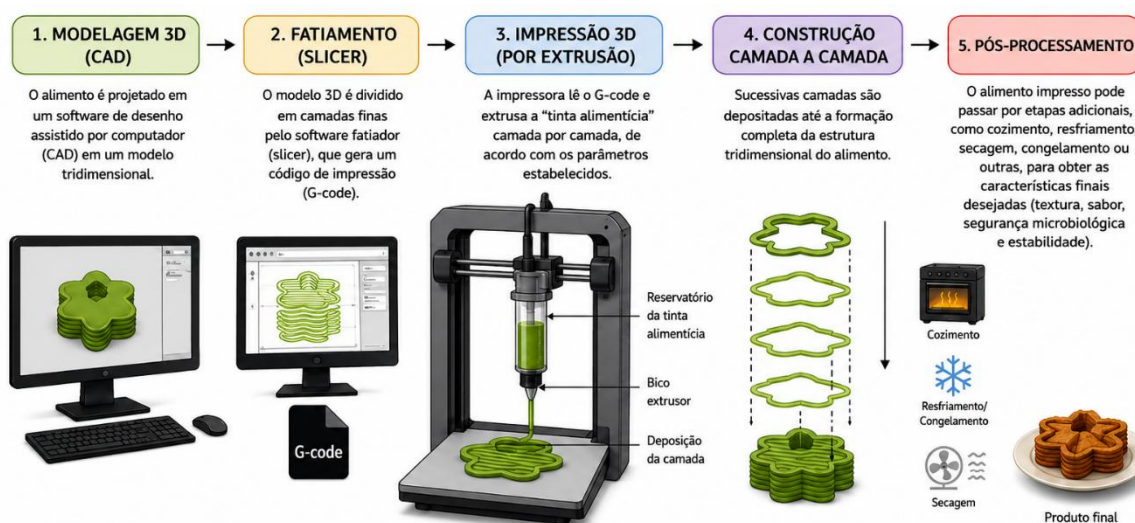
2.2 Funcionamento da impressão 3D de alimentos e tecnologias utilizadas

A impressão 3D de alimentos segue o mesmo princípio da impressão 3D tradicional, porém com uma diferença fundamental: no lugar de plásticos ou metais, os ingredientes utilizados são comestíveis. O processo começa com a preparação dos alimentos, que são inseridos em cápsulas ou cartuchos. Esses ingredientes, que podem variar entre massas, purês, chocolates e proteínas vegetais, são extrudidos em camadas finas, conforme um design pré-determinado por um software especializado. Inicialmente, têm-se a elaboração do modelo tridimensional do alimento em um software CAD. Posteriormente, esse modelo é processado por um programa denominado slicer, responsável por dividir o objeto em centenas de camadas bidimensionais e gerar um arquivo de instruções (G-code), que controla automaticamente os movimentos da impressora, incluindo velocidade de impressão, altura das camadas, vazão de extrusão e temperatura de operação. Essas

instruções orientam todo o processo de fabricação do alimento de forma automatizada (Sun et al., 2018; Agunbiade et al., 2022).

Entre as diferentes tecnologias disponíveis para impressão 3D de alimentos, a extrusão é atualmente a mais empregada devido à sua simplicidade operacional, baixo custo relativo e capacidade de processar uma ampla variedade de formulações alimentícias. Nesse sistema, a tinta alimentícia é impulsionada através de um bico extrusor utilizando mecanismos de pistão, parafuso sem-fim ou pressão pneumática. À medida que o material é depositado camada por camada, ocorre a formação gradual da estrutura tridimensional planejada digitalmente. Após a deposição de cada camada, o material deve apresentar estabilidade estrutural suficiente para sustentar o peso das camadas subsequentes sem sofrer deformações ou colapso. Dessa forma, as propriedades reológicas da formulação representam um dos fatores mais importantes para o sucesso da impressão, influenciando diretamente a extrudabilidade, a resolução da impressão e a fidelidade geométrica do produto (Sun et al., 2018; Tan et al., 2018; Agunbiade et al., 2022;). Observa-se na Figura 1, o funcionamento da impressão 3D de alimentos por extrusão.

Figura 1: Funcionamento da impressão 3D de alimentos por extrusão.



Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio de inteligência artificial (Genspark AI), 2026.

As propriedades reológicas consideradas essenciais incluem viscosidade adequada para permitir a extrusão, elevada tensão de escoamento (yield stress), comportamento pseudoplástico e predominância do módulo elástico (G') sobre o módulo viscoso (G''), permitindo que o alimento mantenha sua forma logo após a deposição. Formulações com viscosidade muito baixa tendem a perder definição e espalhar-se sobre a plataforma de impressão, enquanto materiais excessivamente viscosos podem provocar entupimento do bico extrusor e falhas durante o processo (Agunbiade et al.,

2022; Tan et al., 2018).

2.3 Materiais utilizados na impressão 3D de alimentos

A seleção dos materiais utilizados na impressão 3D de alimentos representa um dos fatores mais determinantes para a qualidade estrutural, sensorial e funcional do produto final. Diferentemente da manufatura aditiva aplicada a polímeros ou metais, a impressão de alimentos exige formulações com propriedades reológicas específicas, capazes de permitir extrusão contínua, deposição uniforme e manutenção da forma após a impressão. Nesse contexto, a escolha dos materiais depende não apenas da composição química, mas também de propriedades como viscosidade, coesão, elasticidade, capacidade de gelificação e estabilidade estrutural (Jiang et al., 2019). A Figura 2 apresenta os principais materiais utilizados na impressão 3D de alimentos e as propriedades tecnológicas essenciais para sua aplicação.

Figura 2: Principais materiais utilizados na impressão 3D de alimentos e propriedades reológicas essenciais para impressão.



Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio de inteligência artificial (Genspark AI), 2026.

Entre os materiais mais utilizados, o chocolate se destaca como um dos sistemas alimentares mais explorados na impressão 3D devido à sua elevada plasticidade térmica e excelente capacidade de solidificação controlada. O chocolate apresenta comportamento dependente da temperatura, permitindo fusão em temperaturas moderadas e recristalização rápida após deposição, o que favorece a produção de geometrias complexas. Entretanto, parâmetros como temperagem, cristalização lipídica e viscosidade precisam ser rigorosamente controlados para evitar defeitos estruturais, como colapso ou deformação das camadas impressas (Kim et al., 2021).

Massas alimentícias, incluindo massas de panificação, biscoitos e produtos à base de cereais, também têm sido amplamente utilizadas na impressão 3D. Esses materiais apresentam boa capacidade de extrusão quando formulados com adequada proporção entre água, amido e proteínas estruturantes. A interação entre glúten, amido e umidade influencia diretamente a estabilidade dimensional do produto impresso. Formulações com elevada fluidez podem comprometer a retenção da forma, enquanto massas excessivamente rígidas dificultam a extrusão, exigindo equilíbrio entre processabilidade e estabilidade estrutural (Agunbiade et al., 2022).

Purês vegetais e de frutas constituem outra classe importante de materiais para impressão 3D de alimentos, especialmente em aplicações voltadas à nutrição personalizada e alimentação clínica. Purês de batata, cenoura, abóbora e frutas processadas oferecem vantagens como fácil digestibilidade e versatilidade nutricional. Contudo, devido ao alto teor de água, esses sistemas frequentemente requerem agentes espessantes ou gelificantes, como gomas, amidos modificados ou hidrocolóides, para melhorar a consistência e a estabilidade durante e após a impressão (Zhu et al., 2023).

No contexto das proteínas, tanto as de origem animal quanto vegetal têm ganhado destaque no desenvolvimento de alimentos impressos com maior valor nutricional. Ingredientes proteicos, como caseína, proteínas do soro, proteínas de ervilha e soja, são empregados em formulações destinadas à produção de alimentos personalizados e alternativas proteicas sustentáveis. As proteínas contribuem para a formação de redes estruturais por meio de interações intermoleculares, promovendo maior resistência mecânica e melhor retenção da forma. Além disso, proteínas vegetais têm sido amplamente estudadas para formulação de carnes vegetais impressas em 3D (Moyo et al., 2024).

Hidrogéis e géis alimentícios desempenham papel essencial na impressão 3D por fornecerem estrutura, viscosidade e estabilidade ao sistema alimentar. Materiais como alginato, gelatina, carragena, pectina e goma xantana são frequentemente incorporados às formulações para ajustar propriedades reológicas e melhorar a precisão de impressão. Esses componentes permitem controlar parâmetros como tensão de escoamento e comportamento viscoelástico, fundamentais para assegurar extrusão adequada e deposição uniforme camada por camada. A utilização de hidrogéis também amplia as possibilidades de incorporação de compostos bioativos e ingredientes funcionais (Quin et al., 2025).

A incorporação de ingredientes funcionais representa uma das aplicações mais promissoras da impressão 3D de alimentos. Compostos como vitaminas, minerais, probióticos, fibras alimentares e antioxidantes podem ser integrados às formulações com alto nível de precisão, possibilitando o desenvolvimento de alimentos com benefícios nutricionais personalizados. Para isso, os materiais utilizados precisam apresentar compatibilidade físico-química, estabilidade

durante o processamento e manutenção da funcionalidade após impressão (Abedini et al., 2024). Dessa forma, a combinação entre propriedades nutricionais e características reológicas adequadas constitui o principal desafio na formulação de materiais para impressão 3D de alimentos.

2.4 Aplicações da impressão 3D de alimentos

A impressão 3D de alimentos tem expandido rapidamente suas aplicações em diferentes segmentos da indústria alimentícia, da nutrição clínica à gastronomia de alta complexidade. Essa tecnologia permite o desenvolvimento de produtos personalizados em termos de formato, textura, composição nutricional e propriedades sensoriais, promovendo avanços significativos na forma como alimentos podem ser produzidos e consumidos. Sua principal vantagem está na combinação entre automação, personalização e precisão no uso de ingredientes, características cada vez mais valorizadas no setor alimentício contemporâneo (Rinshana et al., 2025).

Uma das aplicações mais relevantes está na produção de alimentos personalizados, ajustados às necessidades nutricionais individuais. A impressão 3D permite controlar com precisão a composição dos alimentos, possibilitando formulações específicas em termos de proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas e minerais. Essa personalização atende demandas de grupos com necessidades especiais, como atletas, crianças, gestantes e indivíduos com restrições alimentares. Além disso, essa abordagem favorece o conceito de nutrição de precisão, alinhado às tendências atuais em saúde e alimentação personalizada (Chauhan et al., 2025).

Na nutrição clínica, a impressão 3D tem demonstrado grande potencial para melhorar a alimentação de pacientes hospitalizados e indivíduos com condições alimentares específicas. Pessoas com disfagia, por exemplo, frequentemente necessitam de alimentos com textura modificada para facilitar mastigação e deglutição. A impressão 3D permite produzir alimentos visualmente atrativos, com textura controlada e composição nutricional adequada, contribuindo para melhorar a aceitação alimentar, o estado nutricional e a qualidade de vida desses pacientes (Lorenz et al., 2022).

A alimentação de idosos constitui outro campo promissor para aplicação da tecnologia. O envelhecimento está frequentemente associado à perda de apetite, dificuldades de mastigação, disfagia e necessidade de suplementação nutricional. Nesse contexto, alimentos impressos em 3D podem ser formulados para apresentar textura macia, elevada densidade nutricional e aparência visual mais atrativa. Essa combinação pode contribuir para maior adesão alimentar, prevenção da desnutrição e melhoria da ingestão nutricional em populações idosas (Rodrigues et al., 2024).

Na gastronomia, a impressão 3D vem sendo utilizada para criação de produtos com design inovador, geometrias complexas e alto grau de personalização estética. Restaurantes, chefs e empresas de confeitaria têm explorado a tecnologia para produzir alimentos visualmente sofisticados,

ampliando possibilidades criativas antes limitadas por técnicas tradicionais de processamento. Chocolates, sobremesas decorativas, massas e preparações gourmet figuram entre os principais exemplos. A capacidade de criar estruturas detalhadas com alta precisão agrega valor sensorial e comercial aos produtos (Lourenço et al., 2025).

Outra aplicação de grande relevância está no desenvolvimento de alimentos funcionais e alternativas proteicas sustentáveis, incluindo carnes vegetais. A impressão 3D possibilita estruturar proteínas vegetais em arquiteturas complexas que simulam textura, aparência e experiência sensorial de carnes convencionais. Essa tecnologia favorece o avanço de produtos plant-based, alinhando inovação alimentar com sustentabilidade ambiental. Além disso, a incorporação de compostos bioativos permite o desenvolvimento de alimentos funcionais voltados à promoção da saúde e prevenção de doenças crônicas (Villacís-Chiriboga et al., 2025).

A impressão 3D também apresenta aplicações estratégicas em contextos extremos, como alimentação espacial e sistemas alimentares de longa duração. Agências como a NASA investigam o uso da tecnologia para produção de alimentos em missões espaciais prolongadas, visando reduzir desperdícios, otimizar recursos e garantir flexibilidade nutricional aos tripulantes (Santos et al., 2025). Nesse cenário, a impressão 3D surge como ferramenta promissora para produção descentralizada de alimentos em ambientes com limitações logísticas. Assim, a tendência é que essa tecnologia continue ampliando sua presença em diferentes setores, consolidando-se como uma inovação estratégica no futuro da alimentação.

CONCLUSÕES

A impressão tridimensional de alimentos vem se consolidando como uma tecnologia inovadora com potencial para transformar diferentes etapas da cadeia produtiva de alimentos, oferecendo novas possibilidades de personalização, inovação e sustentabilidade. Os estudos analisados demonstram que essa tecnologia permite desenvolver alimentos com formatos diferenciados, composição nutricional ajustada às necessidades dos consumidores e maior aproveitamento de matérias-primas, atendendo às demandas atuais por produtos mais funcionais, personalizados e produzidos de forma eficiente.

Entretanto, a ampla adoção dessa tecnologia ainda depende da superação de desafios importantes, como o desenvolvimento de formulações com propriedades reológicas adequadas, o aumento da velocidade de impressão, a redução dos custos dos equipamentos, a definição de regulamentações específicas e a ampliação da confiança e da aceitação por parte dos consumidores. Esses fatores representam etapas fundamentais para que a impressão 3D deixe de ser predominantemente uma tecnologia de pesquisa e passe a integrar, de forma mais expressiva, os

processos industriais. Espera-se que os avanços científicos e tecnológicos observados nos próximos anos contribuam para ampliar sua viabilidade comercial e consolidar sua aplicação em diferentes segmentos do setor, tornando essa tecnologia cada vez mais presente na produção de alimentos.

REFERÊNCIAS

ABEDINI, A.; SOHRABVANDI, S.; SADIGHARA, P.; HOSSEINI, H.; FARHOODI, M.; ASSADPOUR, E.; ZHANG, F.; SEYYEDI-MANSOUR, S.; JAFARI, S. Personalized nutrition with 3D-printed foods: A systematic review on the impact of different additives. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 328, art. 103181, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2024.103181>.

AGUNBIADE, A. O., SONG, L., AGUNBIADE, O. J., OFOEDU, C. E., CHACHA, J. S., DUGUMA, H. T. & GUINE, R. P. Potentials of 3D extrusion-based printing in resolving food processing challenges: A perspective review. **Journal of food process engineering**, v. 45, n. 4, e13996, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.13996>Identificador de Objeto Digital (DOI)

AGUNBIADE, A. O.; SONG, L.; AGUNBIADE, O. J.; OFOEDU, C. E.; CHACHA, J. S.; DUGUMA, H. T.; HOSSAINI, S. M.; RASAQ, W. A.; SHORSTKII, I.; OSUJI, C. M.; OWUAMANAM, C. I.; OKPALA, C. O. R.; KORZENIOWSKA, M.; GUINE, R. P. F. Potentials of 3D extrusion-based printing in resolving food processing challenges: A perspective review. **Journal of Food Process Engineering**, v. 45, n. 4, e13996, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.13996>

ALVES, Eduardo Luís Abreu. **Design de uma impressora 3D alimentar**. 2025. Dissertação (Mestrado em Design Industrial e de Produto) – Universidade do Porto, Porto, 2025.

BALOJI, M.; VASHISHTH, R.; DAS, U. Plant-based functional foods for healthy aging: current trends, bioactive compounds, and future perspectives. **Journal of Functional Foods**, v. 138, art. 107155, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2026.107155>.

BEZERRA, I. P., GASQUES, M. G. P., SAKANAKA, L. S., & SHIRAI, M. A. Tecnologia de impressão 3d em espumas de bebidas. **Revista Técnica da Agroindústria**, v. 2, n.2, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17942450>

BISHT, A.; HUSSAIN, M.; ABDI, G. Impact of 3D food printing techniques on waste reduction and personalized nutrition in the digital age: A review. **Applied Food Research**, v. 6, n. 1, art. 101867, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2026.101867>.

BISHT, B., BEGUM, J. S., DMITRIEV, A. A., KURBATOVA, A., SINGH, N., NISHINARI, K. & KUMAR, V. Unlocking the potential of future version 3D food products with next generation microalgae blue protein integration: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 147, 104471, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104471>

CHAUHAN, P.; KAUSHAL, M.; VAIDYA, D.; GUPTA, A.; KASHYAP, S.; SUTHAR, P. Personalized nutrition to intelligent foods with 3D and 4D printing. **Applied Food Research**, v. 5, n. 1, art. 100863, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100863>

DEROSSI, A.; CAPORIZZI, R.; AZZOLLINI, D.; SEVERINI, C. Application of 3D printing for customized food: A case on the development of a fruit-based snack for children. **Journal of Food Engineering**, v. 220, p. 65-75, 2018. DOI: [10.1016/j.jfoodeng.2017.05.015](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.05.015)

EHSAN, M.; SHANKAR, A.; CHOCHAN, J. S. et al. Three-dimensional (3D) food printing applications, techniques, and consumer acceptance. **eFood**, v. 6, p. 1-15, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/efd2.70106>

ESCALANTE-ABURTO, A., SANTIAGO, G. T. D., ÁLVAREZ, M. M., & CHUCK-HERNÁNDEZ, C. Advances and prospective applications of 3D food printing for health improvement and personalized nutrition. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 20, n. 6, p. 5722–5741, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12849>

GODOI, F. C., PRAKASH, S., & BHANDARI, B. R. 3d printing technologies applied for food design: Status and prospects. **Journal of Food Engineering**, v. 179, p. 44–54, 2016. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.01.025>

HASSOUN, A. Food sustainability 4.0: harnessing fourth industrial revolution technologies for sustainable food systems. **Discover Food**, v. 5, art. 171, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00461-z>.

JIANG, H.; ZHENG, L.; ZOU, Y.; TONG, Z.; HAN, S.; WANG, S. 3D food printing: main components selection by considering rheological properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 59, n. 14, p. 2335-2347, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018>.

KIM, S. W.; WOO, J. H.; KIM, H. W.; PARK, H. J. Formulation and evaluation of cold-extruded chocolate ganache for three-dimensional food printing. **Journal of Food Engineering**, v. 314, art. 110785, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110785>.

LE-BAIL, A., MANIGLIA, B. C., & LE-BAIL, P. Recent advances and future perspective in additive manufacturing of foods based on 3D printing. **Current Opinion in Food Science**, v. 35, p. 54–64, 2020. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.01.009>

LIU, P., ZHU, Q., KIM, H. (MARKHAM), SIDDIQUE, A., & HWANG, J. (2025). What motivates consumers to visit a 3D-printed food restaurant?: Focusing on the technology readiness index. **International Journal of Hospitality Management**, v. 130, 104254, 2025. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2025.104254>

MANIVELKUMAR, K. N., & KALPANA, C. A. A Systematic Review on 3D Food Printing: Progressing from Concept to Reality. **Amerta Nutrition**, v. 9, n. 1, p. 176–185, 2025. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.20473/amnt.v9i1.2025.176-185>

LORENZ, T.; ISKANDAR, M. M.; BAEGHBALI, V.; NGADI, M. O.; KUBOW, S. 3D food printing applications related to dysphagia: A narrative review. **Foods**, v. 11, n. 12, art. 1789, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11121789>.

LOURENÇO, M.; CLERICI, M. T. P. S.; SILVA, L. R.; NOLASCO, M. V. F. M. Impressão 3D de alimentos: Uma revisão sobre a história, funcionalidade e desafios no desenvolvimento de produtos. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 1, e1714147902, 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v14i1.47902>.

MANTIHAI, S., KOBUN, R., & LEE, B.-B. 3D food printing of as the new way of preparing food: A review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 22, 100260, 2020. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100260>

MARTINS, J. A., TEIXEIRA, S., NUNES, T., & ROQUE, V. M. G. De la tradición a la innovación: la

perspectiva de los chefs y profesionales de cocina portugueses sobre la impresión 3d de alimentos. **Journal of Tourism and Heritage Research**, v. 9, p.1, v. 150-169, 2026.

MOYO, H. Innovations in plant-based proteins: Nutritional value and consumer acceptance. v. 8, p. 412-434, 2024.

PADHIARY, M.; BARBHUIYA, J. A.; ROY, D.; ROY, P. 3D printing applications in smart farming and food processing. **Smart Agricultural Technology**, v. 9, art. 100553, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100553>.

QIN, Z.; YANG, Y.; ZHANG, Z.; LI, F.; HOU, Z.; LI, Z.; SHI, J.; SHEN, T. A critical review: Gel-based edible inks for 3D food printing: Materials, rheology–geometry mapping, and control. **Gels**, v. 11, art. 780, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/gels11100780>.

RAUT, S.; PAWASE, P. A.; KHALID, S.; SHINGOTE, A. B.; PATGHARE, A. M.; ROUT, S.; BASHIR, O.; ABDI, G. Recent advances in 3D food printing: A critical review of emerging technologies, material innovations, and novel applications. **Applied Food Research**, v. 6, n. 1, art. 101773, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2026.101773>.

RINSHANA, P. F.; MURUGESAN, B.; KIM, Y. H.; ALAGUTHEVAR, R.; RHIM, J. W. Advances in 3D food printing technology: innovation and applications in the food industry. **Food Science and Biotechnology**, v. 34, n. 2, p. 403-421, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10068-024-01779-7>.

RODRIGUES, J. C.; HADDAD, M. F.; LIMA, L. T.; FIGUEIREDO, R. O. Desafios e estratégias para uma nutrição adequada na terceira idade. **Revista Foco**, v. 17, p. 1-15, 2024.

SAID, L. B.; AYADI, B.; ALHARBI, S.; DAMMAK, F. Recent advances in additive manufacturing: A review of current developments and future directions. **Machines**, v. 13, art. 813, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/machines13090813>.

SANTOS, B. O. C.; NONIS, M. R.; DIAS, D. A. M. Desafios nutricionais em ambientes de microgravidade: Uma visão da alimentação no espaço. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 6, e2714648970, 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v14i6.48970>.

SILVA, F.; PEREIRA, T.; MENDES, S.; GORDO, L., & GIL, M. M. Consumer's perceptions and motivations on the consumption of fortified foods and 3D food printing. **Future Foods**, v. 10, 100423, 2024. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100423>

SUN, J., ZHOU, W., YAN, L., HUANG, D., & LIN, L. Y. Extrusion-based food printing for digitalized food design and nutrition control. **Journal of Food Engineering**, v. 220, p. 1-11, 2018. DOI: [10.1016/j.jfoodeng.2017.02.028](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.02.028)

SUN, J.; PENG, Z.; YAN, L. 3D food printing—An innovative way of mass customization in food fabrication. **International Journal of Bioprinting**, v. 1, n. 1, p. 27-38, 2015.

TAN, C., TOH, W. Y., WONG, G., & LI, L. Extrusion-based 3D food printing—Materials and machines. **International Journal of Bioprinting**, v. 4, n. 2, 143, 2018. DOI: [10.18063/IJB.v4i2.143](https://doi.org/10.18063/IJB.v4i2.143)

VARVARA, R.-A., SZABO, K., & VODNAR, D. C. 3D Food Printing: Principles of Obtaining Digitally-Designed Nourishment. **Nutrients**, v. 13, n. 10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13103617>

VILALACÍS-CHIRIBOGA, J.; SHARIFI, E.; ELÍASDÓTTIR, H. G.; HUANG, Z.; JAFARZADEH, S.; ABDOLLAHI, M. Hybrid plant-based meat alternatives structured via co-extrusion: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 160, p. 1-13, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105013>.

ZHU, W., ISKANDAR, M. M., BAEGHBALI, V., & KUBOW, S. Three-Dimensional Printing of Foods: A Critical Review of the Present State in Healthcare Applications, and Potential Risks and Benefits. **Foods**, v. 12, n. 17, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12173287>

ZHU, W.; ISKANDAR, M.; BAEGHBALI, V.; KUBOW, S. Three-dimensional printing of foods: A critical review of the present state in healthcare applications, and potential risks and benefits. **Foods**, v. 12, art. 3287, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12173287>.