

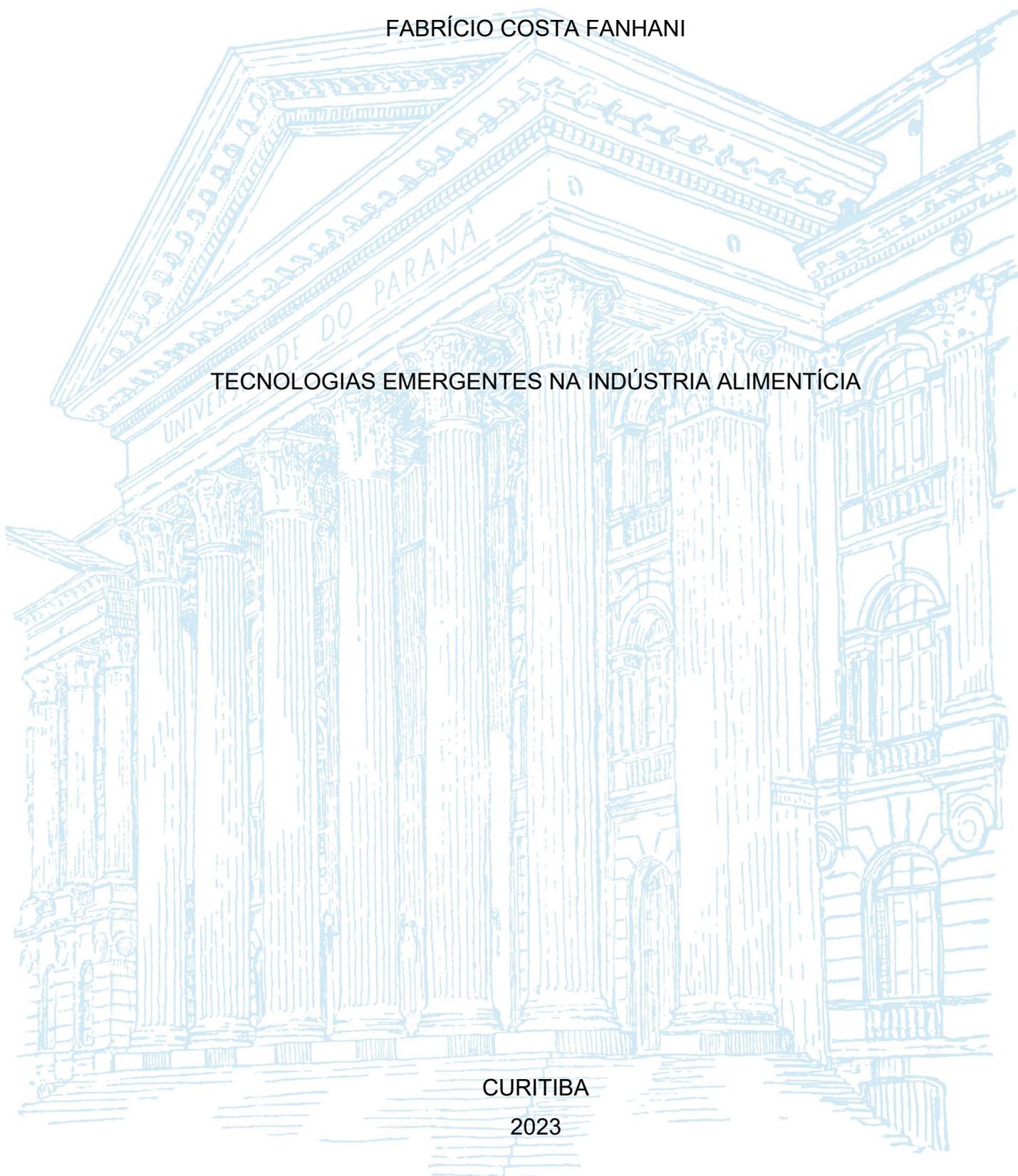
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FABRÍCIO COSTA FANHANI

TECNOLOGIAS EMERGENTES NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

CURITIBA

2023



FABRÍCIO COSTA FANHANI

TECNOLOGIAS EMERGENTES NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Farmácia, Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Farmácia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Rocha Garcia

CURITIBA

2023

TERMO DE APROVAÇÃO

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por estar presente em todos os momentos, e por me proporcionar vida, saúde e determinação para alcançar meus objetivos e por ter permitido que eu chegasse até aqui.

Aos meus Pais, Fábio Correia Fanhani Filho e Alessandra Costa Fanhani pelo amor, incentivo e apoio incondicional. A minha família, meu irmão, amigos e professores, e todos aqueles que me ajudaram diretamente e indiretamente a concluir este trabalho.

Agradeço ao Orientador Prof. Dr. Carlos Eduardo Rocha Garcia, pelos ensinamentos, pelo tempo que reverteu em meu auxílio e pela paciência em todas os momentos.

A Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de fazer o curso. A todos pela colaboração, compreensão e estímulo que me ofereceram.

A minha gratidão!

“Sem mudança não há inovação, criatividade, ou incentivo para a melhora. Aqueles que a iniciam terão uma melhor oportunidade de administrar a mudança que é inevitável.”
William Pollard

RESUMO

Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre tecnologias emergentes na Indústria Alimentícia com o objetivo de levantar dados e artigos referentes as tecnologias que se destacam frente ao avanço tecnológico. Dentre elas estão a nanotecnologia e biotecnologia, impressão 3D de alimentos, carne cultivada em laboratório e a utilização de Inteligência Artificial. A nanotecnologia tem mostrado importantes resultados quanto a produção de embalagens inteligentes, as quais têm a capacidade de detectar patógenos e outras substâncias, consideradas nocivas tanto ao alimento quanto ao consumidor. A biotecnologia, tem demonstrado ser uma importante aliada no desenvolvimento de ingredientes mais saudáveis, com menos calorias e maior teor de nutrientes. A impressão em 3D é outra tecnologia emergente que vem sendo aplicada na indústria alimentícia, permitindo a criação de alimentos personalizados, com texturas e formas exclusivas. A inteligência artificial (IA) tem sido amplamente aplicada na gestão da cadeia produtiva de alimentos, contribuindo para a prevenção de fraudes, rastreabilidade de produtos e garantia da segurança alimentar. E por fim o cultivo de carne em laboratório vem se destacando como uma alternativa sustentável à produção convencional de carne, esta que é uma das atividades mais impactantes ao meio ambiente. A fim de alcançar esse objetivo, foram realizadas pesquisas bibliográficas, utilizando uma abordagem utilizando ferramentas bibliográficas de bases de dados eletrônicas como Scielo, ScienceDirect, Google Scholar e PubMed. Durante o desenvolvimento do estudo, foram identificados e analisados os principais desafios relacionados a revisão bibliográfica sobre Nanotecnologia e Biotecnologia, Impressão 3D de alimentos, Carne Cultivada em Laboratório e a utilização de Inteligência Artificial, bem como apresentação às seus referentes Legislações. Os resultados obtidos demonstram que apesar do grande interesse econômico e contínuo desenvolvimento, as tecnologias emergentes apresentam um grande potencial a ser explorado. Porém, ainda necessitam de mais debates do Governo, quanto a legislação e fomento sobre sua importância com a população em geral. Além disso, foram propostas recomendações e sugestões para as questões legais e de incentivo a educação das futuras gerações quanto ao tema proposto. Em suma, este trabalho contribui para o avanço do conhecimento em Farmácia e Tecnologia de Alimentos e oferece insights importantes para as futuras questões das novas tecnologias que poderão pautar a alimentação a nível mundial.

Palavras-chave: Tecnologias Emergentes; Nanotecnologia; Biotecnologia; Inteligência Artificial; Cultivo de Carne.

ABSTRACT

This work presents a literature review on Emerging Technologies in the Food Industry, aiming to gather data and articles related to technologies that stand out in the face of technological advancements. Among them are Nanotechnology and Biotechnology, 3D Printing of food, Cultivated Meat, and the use of Artificial Intelligence. Nanotechnology has shown important results in the production of smart packaging, which can detect pathogens and other substances harmful to both food and consumers. Biotechnology has been a valuable ally in the development of healthier ingredients with fewer calories and higher nutrient content. 3D printing is another emerging technology being applied in the food industry, allowing for the creation of personalized foods with unique textures and shapes. Artificial Intelligence (AI) has been widely applied in the management of the food supply chain, contributing to fraud prevention, product traceability, and ensuring food safety. Finally, lab-grown meat is emerging as a sustainable alternative to conventional meat production, which has significant environmental impacts. To achieve this goal, bibliographic research was conducted using electronic databases such as Scielo, ScienceDirect, Google Scholar, and PubMed. Throughout the study, the main challenges related to the literature review on Nanotechnology and Biotechnology, 3D Printing of food, Cultivated Meat, and the use of Artificial Intelligence were identified and analyzed, along with their respective legislations. The obtained results demonstrate that despite the great economic interest and continuous development, Emerging Technologies still require further discussion and government involvement regarding legislation and public awareness. Furthermore, recommendations and suggestions were proposed regarding legal issues and the promotion of education among future generations on this topic. In summary, this work contributes to advancing knowledge in Pharmacy and Food Technology and offers valuable insights for addressing future issues related to new technologies that may shape global food trends.

Palavras-chave: Emerging Technologies; Nanotechnology; Biotechnology; Artificial Intelligence; Cultivated Meat.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LEIS REFERENTES A BIOTECNOLOGIA NO BRASIL.....	31
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.3 METODOLOGIA.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 TECNOLOGIAS EMERGENTES NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS.....	14
2.1.1 NANOTECNOLOGIA E BIOTECNOLOGIA NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA	14
2.1.2 IMPRESSÃO 3D DE ALIMENTOS	17
2.1.3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ALIMENTOS.....	20
2.1.4 CULTIVO DE CARNE EM LABORATÓRIO	22
2.1.5 OUTRAS TECNOLOGIAS.....	25
2.2 DESAFIOS ENFRENTADOS PELA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA	27
2.2.1 REGULAMENTAÇÕES E NORMAS DE SEGURANÇA ALIMENTAR	27
2.2.1.1 NANOTECNOLOGIA.....	27
2.2.1.2 BIOTECNOLOGIA.....	29
2.2.1.3 IMPRESSÃO 3D DE ALIMENTOS	32
2.2.1.4 CULTIVO DE CARNE EM LABORATÓRIO	33
2.2.1.5 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS.....	34
2.2.2 BARREIRAS CULTURAIS E DE ACEITAÇÃO DO CONSUMIDOR	34
2.3 OPORTUNIDADES TRAZIDAS PELAS TECNOLOGIAS EMERGENTES	36
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A indústria alimentícia fornece alimentos que são necessários para a sobrevivência da população, assim sendo um dos ramos da indústria mais importante e indispensável para a sociedade. Entretanto, essa indústria acaba por enfrentar inúmeros desafios relacionados à produção, à segurança alimentar e à sustentabilidade ambiental.

A indústria de alimentos tem sido um dos setores mais impactados pelas tecnologias emergentes nas últimas décadas (KAMINAGAKURA *et.al*, 2020; BRUNTON, 2020). A fim de atender à crescente demanda de uma população mundial em constante expansão, diversas soluções tecnológicas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de melhorar a eficiência, qualidade e segurança dos alimentos (BUMBUDSANPHAROKE *et.al*, 2020; KAMINAGAKURA *et.al*, 2020; BRUNTON, 2020). Neste contexto, a nanotecnologia e a biotecnologia, a impressão em 3D, a inteligência artificial e o cultivo de carne em laboratório surgem como algumas das tecnologias mais promissoras.

A nanotecnologia tem mostrado importantes resultados quanto a produção de embalagens inteligentes, as quais têm a capacidade de detectar patógenos e outras substâncias, consideradas nocivas tanto ao alimento quanto ao consumidor, além da possibilidade de criação de aditivos alimentares com propriedades específicas, como o aprimoramento da textura e do sabor dos alimentos (BARTHOLOMEU, 2019; BOURNE, 2020; GALANAKIS *et.al*, 2018). A biotecnologia, por sua vez, tem demonstrado ser uma importante aliada no desenvolvimento de ingredientes mais saudáveis, com menos calorias e maior teor de nutrientes (CHEN, 2019; DEMIRBAS e BOCKSTALLER, 2019).

A impressão em 3D é outra tecnologia emergente que vem sendo aplicada na indústria alimentícia, permitindo a criação de alimentos personalizados, com texturas e formas exclusivas (HE&LI, 2018). Outro ponto relevante se dá devido a

utilização de tal tecnologia para produção de moldes e utensílios para cozinhas e equipamentos, contribuindo para a melhoria dos processos produtivos.

A inteligência artificial (IA) tem sido amplamente aplicada na gestão da cadeia produtiva de alimentos, contribuindo para a prevenção de fraudes, rastreabilidade de produtos e garantia da segurança alimentar (MARTÍNEZ et.al, 2021). Além disso, a inteligência artificial tem permitido a criação de sistemas de previsão de demanda e otimização de processos produtivos, o que pode resultar em uma maior eficiência e redução de custos (MARTÍNEZ et.al, 2021; REISCH e MUELLER, 2019).

Por fim, o cultivo de carne em laboratório vem se destacando como uma alternativa sustentável à produção convencional de carne, esta que é uma das atividades mais impactantes ao meio ambiente (POST, 2017). Essa tecnologia utiliza células animais para produzir carne artificial, que apresenta vantagens ambientais e pode contribuir para a redução do consumo de carne de origem animal (POST, 2017).

Apesar das inúmeras oportunidades que as tecnologias emergentes apresentam para a indústria alimentícia, é preciso levar em consideração os desafios que essas tecnologias também podem trazer. Dentre eles, destacam-se a necessidade de regulamentação adequada, a garantia da segurança alimentar e a aceitação por parte dos consumidores.

1.1 JUSTIFICATIVA

Com o avanço da tecnologia, surgem novas oportunidades para melhorar a eficiência e a qualidade da produção de alimentos, além de oferecer soluções para alguns dos problemas enfrentados pela indústria alimentícia. A nanotecnologia, a biotecnologia, a impressão em 3D, a inteligência artificial e o cultivo de carne em laboratório são algumas das tecnologias emergentes que podem revolucionar a indústria alimentícia.

No entanto, essas tecnologias também apresentam desafios e riscos, como a possibilidade de contaminação ou efeitos negativos no meio ambiente. Por isso, é importante avaliar criticamente essas tecnologias e entender suas implicações para a indústria alimentícia.

Diante desse contexto, este trabalho se propõe a realizar uma revisão crítica das tecnologias emergentes na indústria alimentícia, analisando seus desafios e oportunidades. Espera-se que este estudo possa contribuir para o avanço do conhecimento sobre o assunto e para a promoção de uma indústria alimentícia mais segura, eficiente e sustentável.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão crítica dos desafios e oportunidades oferecidos pelas tecnologias emergentes na indústria alimentícia. Para tanto, foram selecionados artigos publicados entre os anos de 2010 e 2023, que abordam o tema sob diferentes perspectivas, incluindo a regulamentação, a segurança alimentar, a inovação e as tendências de mercado.

1.3 METODOLOGIA

O presente trabalho tem como ponto central um levantamento documental científico, fazendo necessário a utilização de ferramentas bibliográficas de bases de dados eletrônicas como Scielo, ScienceDirect, Google Scholar e PubMed, levantando a utilização e aplicação de tecnologias emergentes na Indústria de Alimentos e seus benefícios a saúde. O rastreamento bibliográfico ocorreu com a utilização de termos como: '3D food printing', 'Food Industry', 'Nanotechnology and Biotechnology', 'Artificial Intelligence', Tecnologias Emergentes/ 'Emerging Technologies' e 'Cultured meat' visando filtrar os dados de forma ágil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TECNOLOGIAS EMERGENTES NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

2.1.1 NANOTECNOLOGIA E BIOTECNOLOGIA NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

A nanotecnologia tem se mostrado uma ferramenta com imenso potencial para o desenvolvimento de novos produtos e processos na indústria alimentícia. Tomando como base a aplicação de nanopartículas, se torna viável a melhoria de diversos elementos de produtos alimentícios como a qualidade, segurança e funcionalidade dos alimentos. Nesta revisão bibliográfica, serão abordados alguns estudos que investigaram a aplicação da nanotecnologia na indústria de alimentos, bem como as perspectivas e desafios associados a essa tecnologia.

Segundo Hammes (2020) existem estudos que investigam a utilização de nanopartículas de prata na conservação de alimentos. Os resultados indicaram que a utilização dessas nanopartículas foi capaz de inibir o crescimento de microrganismos, prolongando a vida útil dos alimentos. Além disso, a adição de nanopartículas de prata não afetou significativamente as características sensoriais dos alimentos.

O estudo realizado por Kuswandi (2019), por sua vez, investiga a utilização de nanopartículas de dióxido de titânio na detecção de alimentos adulterados. Os resultados mostraram que a presença de dióxido de titânio foi capaz de aumentar a sensibilidade e a seletividade do sensor, permitindo a detecção de adulterantes em concentrações muito baixas.

O estudo realizado por Hong (2018) investigou a utilização de nanopartículas de sílica na encapsulação de compostos bioativos, como o resveratrol. Os resultados indicaram que as nanopartículas de sílica foram capazes de proteger o resveratrol da degradação, aumentando sua estabilidade e biodisponibilidade.

Outra aplicação da nanotecnologia na indústria de alimentos é a utilização de nano cápsulas para a liberação controlada de ingredientes ativos. Um estudo

realizado por Chang *et. al* (2017) investigou a utilização de nano cápsulas de quitosana para a liberação controlada de antioxidantes em alimentos. Os resultados indicaram que a utilização dessas nano cápsulas foi capaz de aumentar a eficácia dos antioxidantes, prolongando sua atividade antioxidante.

A nanotecnologia também pode ser utilizada para melhorar a funcionalidade dos alimentos. Em um estudo realizado por Yang *et. al* (2019), foi investigada a utilização de nanopartículas de celulose na produção de embalagens alimentícias. Os resultados indicaram que a adição de nanopartículas de celulose foi capaz de melhorar a barreira a gases e umidade das embalagens, aumentando a vida útil dos alimentos.

Além das aplicações mencionadas acima, a nanotecnologia também pode ser utilizada na produção de alimentos funcionais, na detecção de contaminantes e na redução de desperdício alimentar. No entanto, apesar dos benefícios potenciais da nanotecnologia na indústria de alimentos, ainda existem preocupações com relação à segurança e regulamentação dessa tecnologia.

Em contrapartida, a nanotecnologia também apresenta alguns desafios e preocupações em relação à segurança dos alimentos e à saúde humana. Alguns estudos mostram que algumas nanopartículas podem apresentar efeitos tóxicos em determinadas condições, como a sua acumulação em tecidos do corpo humano e o potencial de causar danos ao DNA (YANG *et al.*, 2019; SHANG *et al.*, 2020). Por isso, é importante que os fabricantes de alimentos que utilizam a nanotecnologia garantam a segurança dos produtos por meio de avaliações de risco adequadas e seguindo as regulamentações de cada país.

Além disso, a produção em larga escala de nanopartículas para uso em alimentos pode ter impactos ambientais significativos, como o uso excessivo de recursos naturais e a liberação de poluentes no meio ambiente (KHAN *et al.*, 2021). Portanto, é essencial que os fabricantes adotem práticas sustentáveis de produção para minimizar esses impactos.

A biotecnologia tem sido amplamente utilizada na indústria alimentícia para melhorar a produção e qualidade dos alimentos. A produção de enzimas é uma das aplicações mais relevantes da biotecnologia na indústria de alimentos, pois as enzimas têm a capacidade de catalisar reações químicas, tornando a produção de alimentos mais eficiente. Essas enzimas podem ser produzidas por meio de microrganismos geneticamente modificados ou por meio de processos fermentativos (FAOSTAT, 2017).

Além disso, a biotecnologia é utilizada na produção de alimentos funcionais, que são alimentos enriquecidos com compostos bioativos capazes de promover benefícios à saúde, como prevenção de doenças crônicas e melhoria da função imunológica. Alguns exemplos de alimentos funcionais incluem iogurtes com probióticos, pães enriquecidos com fibras e sucos com vitaminas e minerais adicionados (ZIELINSKA e NOWAK, 2017).

Outra aplicação da biotecnologia na indústria alimentícia é a produção de carne cultivada em laboratório a partir de células de animais vivos. Essa tecnologia é uma alternativa ao consumo de carne convencional, pois é produzida sem a necessidade de abate de animais, além de reduzir a emissão de gases de efeito estufa associados à produção de carne convencional (POST et al., 2012).

Por fim, a biotecnologia também tem sido utilizada na produção de alimentos transgênicos, que são organismos geneticamente modificados para apresentar características específicas, como resistência a pragas e doenças, melhor qualidade nutricional ou maior produtividade. Esses alimentos geram controvérsias quanto à segurança alimentar e ambiental, mas representam uma alternativa para a produção de alimentos em larga escala (BECKMANN et al., 2016).

Em relação aos desafios da aplicação da biotecnologia na indústria alimentícia, destaca-se a regulamentação e o monitoramento dos alimentos geneticamente modificados, além de questões éticas relacionadas ao uso de organismos vivos em processos industriais (FAO, 2019).

2.1.2 IMPRESSÃO 3D DE ALIMENTOS

A impressão 3D, a qual é uma forma de Manufatura Aditiva (FORNASIER, KNEBEL e VIERO DA SILVA, 2022), é uma tecnologia emergente que tem sido utilizada em uma variedade de setores, incluindo o setor de alimentos (KILLERBY, O'CALLAGHAN e SHEEHAN, 2018; SCHUBERT, DONOSO e LANGEVELD, 2014). Por meio dessa abordagem, é possível criar objetos em três dimensões adicionando material em camadas sucessivas usando um arquivo digital como base construído no formato e tamanho necessários, e dimensionado por um programa computadorizado de desenho digital (CAD) (BAIANO, 2020). A personalização, a rapidez na fabricação e a capacidade de criar componentes complexos são algumas das vantagens da impressão 3D (MARSHALL e BUZBY, 2018; BAIANO, 2020; SLOAN, 2011).

A impressão 3D de alimentos é realizada em três etapas: construção do modelo 3D, impressão dos objetos e pós-tratamento (BAIANO, 2020). A construção do modelo 3D é realizada através do projeto do modelo por meio do CAD ou digitalização de uma amostra da peça (BAIANO, 2020). Segundo Baiano (2020) e Guo et al. (2019) o modelo é convertido em um arquivo de Linguagem de Triângulo Padrão e fatiado em camadas. Os códigos G e M são gerados para cada camada e transferidos para a impressora, fornecendo informações de controle numérico e comandos auxiliares (GUO et al., 2019). Os códigos G são utilizados na linguagem de controle numérico para fornecer informações aos motores da impressora 3D, como a região de impressão, velocidade e eixo (NACHAL, KARTHIK e ANANDHARAMAKRISHNAN, 2019; BAIANO, 2020). Por outro lado, os códigos M são comandos auxiliares que auxiliam no processo de impressão (NACHAL, KARTHIK e ANANDHARAMAKRISHNAN, 2019; BAIANO, 2020). Após essas etapas o objeto 3D é impresso e está pronto para operações adicionais.

Uma vantagem incontestável da tecnologia de impressão de alimentos é a ampla gama de fontes alimentares que podem ser utilizadas, incluindo materiais alimentares tradicionais e não tradicionais, como insetos e subprodutos vegetais e animais (BAIANO, 2020; BAKARICH et al., 2017; YANG et al., 2018). Porém, um dos desafios da impressão 3D na indústria alimentícia é a utilização de materiais

comestíveis que possam ser impressos e que mantenham suas propriedades sensoriais, como sabor e textura (WILTGEN, 2021; PINNA et al., 2016; CHEN et al., 2019).

No caso da impressão 3D de alimentos, é necessário realizar dois tipos distintos de processamento da matéria-prima, que diferem dos processamentos utilizados em materiais não comestíveis (<https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/19460/209209216026>). O primeiro tipo de processamento refere-se à preparação e proporções específicas da matéria-prima para a extrusão, que é a construção do objeto desejado por meio da adição gradual da matéria-prima durante o processo de impressão. Essa etapa é conhecida como pré-processamento (WILTGEN, 2021). O segundo tipo de processamento é dito como pós-processamento o qual inclui uma forma de secar, cozinhar ou mesmo congelar o alimento conforme a necessidade do tipo de matéria prima utilizada na construção do objeto impresso em 3D (WEGRZYN, et al. 2012; LIM, 2017; WILTGEN, 2021).

A tecnologia de impressão de alimentos permite o uso de uma ampla variedade de fontes de alimentos, incluindo insetos e subprodutos vegetais e animais (BAIANO, 2020). Os ingredientes podem ser líquidos, em pó ou culturas de células (SUN, 2019). Os materiais líquidos são depositados por extrusão ou impressão a jato de tinta, os pós são depositados e aquecidos ou um aglutinante é usado e as culturas de células são usadas para imprimir produtos alimentícios, como carne (SUN, 2019; GODOI, PRAKASH e BHANDARI, 2016). Os ingredientes imprimíveis iniciais incluem massa de pão, queijo, chocolate etc., enquanto os ingredientes tradicionais requerem intensificadores de fluxo. Ingredientes alternativos incluem proteínas e fibras de insetos, algas etc. Resíduos agrícolas e alimentares também podem ser usados na impressão 3D (BAIANO, 2020; GODOI, PRAKASH e BHANDARI, 2016; TAN et al, 2018).

Nos últimos anos vários estudos estão disponíveis sobre a otimização de formulações de ingredientes e parâmetros de impressão para a produção de alimentos impressos em 3D. Segundo Liu et al. (2017), as técnicas disponíveis no setor alimentício são os seguintes quatro tipos: impressão baseada em extrusão,

impressão seletiva por sinterização, impressão por jato de ligante e impressão por jato de tinta. Dentro de cada método existem seus prós e contras, porém, todos visam produzir alimentos de alta qualidade e atraentes visualmente para a população.

Huang et al. (2019) demonstram que a impressão 3D de alimentos pode ser útil em diversos setores, dentre estes: culinária personalizada, assistência médica e o setor de alimentos. Essa tecnologia pode ser usada no setor de alimentos para produzir alimentos personalizados em massa de acordo com as necessidades únicas dos clientes. Huang et. al (2019) complementa afirmando que na área médica podemos utilizar a impressão 3D de alimentos para produzir alimentos com texturas alteradas para pacientes com problemas e/ou dificuldades de deglutição.

Como levantado anteriormente uma área promissora para a impressão 3D de alimentos é a personalização de alimentos. Tal afirmação é corroborada por Lee et al. (2021), o qual afirma que a tecnologia permite a fabricação de alimentos personalizados com base nas preferências e necessidades nutricionais de cada pessoa. Sendo assim a impressão 3D pode fornecer soluções personalizadas para pessoas com dietas, alergias ou restrições alimentares.

No entanto, existem diversos desafios a serem resolvidos na impressão 3D de alimentos. Ciesielski et al. (2019) levanta questionamentos quanto a manutenção da qualidade e a questões de contaminação sendo essas preocupações significativas em relação à segurança alimentar. Além disso os autores levantam a questão da disponibilidade de ingredientes adequados para impressão 3D de alimentos.

Existem aplicações práticas da utilização da Impressão 3D para a rotina das pessoas, como demonstrado por HAMILTON, ALICI E PANHUIS, (2018) Vegemite e Marmite em técnicas de impressão 3D para criar estruturas alimentares e circuitos comestíveis em pães. As autoras complementam afirmando que essa abordagem tem potencial para aplicações em missões espaciais, cuidados para idosos e hospitais, permitindo a modificação de sabor, nutrição e textura através da

incorporação de aditivos alimentares. Também é uma forma atrativa de ensinar sobre circuitos eletrônicos e impressão 3D em atividades educacionais.

Outro desafio é a questão da segurança alimentar, uma vez que a impressão 3D pode criar objetos com formatos complexos que podem dificultar a limpeza e a esterilização (WILTGEN, 2021; BAIANO, 2020). Além disso, ainda há poucos estudos sobre a degradação dos materiais utilizados na impressão 3D e seu possível impacto na saúde.

2.1.3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ALIMENTOS

A inteligência artificial (IA) é uma tecnologia que permite a criação de algoritmos capazes de aprender e tomar decisões, simulando a capacidade humana de raciocínio e solução de problemas. Na indústria de alimentos, a IA tem se mostrado uma ferramenta promissora na melhoria da eficiência na produção e distribuição de alimentos, além de contribuir para a redução de desperdícios e garantir a segurança alimentar.

A IA pode ser aplicada em diferentes etapas da produção e distribuição de alimentos, desde a seleção de ingredientes até o controle de qualidade dos produtos finais. O uso de sensores e dispositivos conectados à internet das coisas (IoT), a IA é capaz de monitorar e coletar dados em tempo real sobre processos produtivos e logísticos, permitindo a tomada de decisões mais rápidas e precisas.

De acordo com Arora et al. (2021), a aplicação de inteligência artificial na indústria alimentícia tem se mostrado promissora, permitindo a análise de grandes quantidades de dados e a identificação de padrões que seriam difíceis de detectar por meio de métodos convencionais. Os autores destacam a importância da integração entre as diferentes áreas da indústria alimentícia, como produção, distribuição e varejo, para que os benefícios da inteligência artificial possam ser maximizados.

Além disso, a inteligência artificial tem sido utilizada para aprimorar a qualidade e segurança dos alimentos. Segundo Huang et al. (2020), a análise de imagens por meio de deep learning tem sido empregada para a detecção de contaminantes em alimentos, como bactérias e fungos, tornando os processos de inspeção mais eficientes e precisos. A utilização de sensores e dispositivos conectados à internet das coisas também tem sido explorada para monitorar a temperatura, umidade e outras variáveis que podem afetar a qualidade dos alimentos durante o transporte e armazenamento.

A inteligência artificial (IA) tem sido cada vez mais utilizada na indústria alimentícia, desde a produção até a distribuição de alimentos. Segundo Zhang et al. (2019), a IA pode ser aplicada na produção de alimentos por meio do controle de qualidade, otimização de processos e tomada de decisão em tempo real. Além disso, a IA também pode ser utilizada na gestão de estoques e logística de distribuição de alimentos, permitindo uma maior eficiência na cadeia de suprimentos (Bianchi et al., 2019).

A aplicação da IA na produção de alimentos permite uma maior precisão no controle de processos e na detecção de possíveis falhas, reduzindo o desperdício de alimentos e aumentando a eficiência na produção (Zhang et al., 2019). Além disso, a IA pode ser utilizada para o desenvolvimento de novos produtos, identificação de tendências de consumo e personalização de alimentos de acordo com as preferências dos consumidores (Bianchi et al., 2019).

No entanto, a implementação da IA na indústria alimentícia também apresenta desafios, como a necessidade de grandes investimentos em tecnologia e infraestrutura, além da falta de padronização nos dados e sistemas utilizados na cadeia de produção e distribuição de alimentos (Kamruzzaman et al., 2021).

A inteligência artificial tem sido cada vez mais aplicada na indústria alimentícia para melhorar a produção e distribuição de alimentos. Por meio do uso de técnicas de machine learning e análise de dados, é possível prever a demanda por determinados produtos, otimizar o uso de ingredientes, reduzir o desperdício de alimentos e melhorar a eficiência dos processos produtivos.

Por fim, a inteligência artificial tem sido aplicada na criação de novos produtos alimentícios, por meio da identificação de combinações de ingredientes que possam gerar sabores e texturas únicas. Segundo Jawa et al. (2021), o uso de técnicas de machine learning tem permitido a criação de novos sabores e produtos que atendam às demandas específicas dos consumidores, como alimentos veganos e sem glúten.

2.1.4 CULTIVO DE CARNE EM LABORATÓRIO

A carne cultivada em laboratório, também conhecida como carne cultivada ou carne de laboratório, tem sido uma das tecnologias mais discutidas na indústria alimentícia nos últimos anos (Bhat et al., 2015). A carne cultivada é produzida pelo cultivo de células animais em um ambiente controlado sem a necessidade de matar animais (STEPHENS et al., 2018). Essa tecnologia promete ser uma solução sustentável na produção de carne que reduz a necessidade de criação de animais para abate e os impactos ambientais associados à pecuária (HOCCQUETTE, 2016; MATTICK, 2018; MATTICK et al, 2015).

O cultivo in vitro é um processo no qual células são retiradas de um animal vivo por meio de biópsia, sem causar qualquer tipo de sofrimento ao doador. Após a coleta, as amostras são transferidas para um meio nutritivo em um biorreator, onde são fornecidos fatores ideais de crescimento, como temperatura controlada e ambiente adequado. Em poucas semanas, é possível obter um volume significativo de carne cultivada (Bhat et al., 2017; KADIM et al. 2015).

Embora ainda esteja em fase de desenvolvimento, a carne cultivada tem o potencial de revolucionar a indústria alimentícia, oferecendo uma alternativa mais sustentável e ética para a produção de carne (CHRIKI e HOCQUETTE, 2020; MATTICK, 2018) . Contudo, obstáculos técnicos, como elevado custo de produção por exemplo, precisam ser superados para a viabilização de produção e comercialização em quantidade significativa (HOCQUETE, 2016).

Estima-se que a produção anual de carne aumentará de 228 milhões de toneladas em 2000 para 465 milhões de toneladas até 2050 (OLIVEIRA E MENDONÇA, 2022). No contexto atual, torna-se indispensável buscar alternativas para a produção de alimentos, como a carne, diante das projeções futuras. Essa necessidade crescente aproxima cada vez mais a ideia pioneira de Van Eelen, formulada décadas atrás, da realidade (BHAT et al., 2017). Com o intuito de abordar e solucionar essas questões, a engenharia de tecidos está se tornando cada vez mais relevante ao propor projetos ambiciosos de produção de carne cultivada em laboratório (in vitro) (MATTICK et al, 2015). Essa abordagem é vista como uma solução promissora para lidar com problemas relacionados ao desmatamento, poluição atmosférica e ineficiências do sistema de produção convencional. (OLIVEIRA E MENDONÇA, 2022)

A produção de carne cultivada é justificada com base em argumentos que envolvem a segurança alimentar a longo prazo, o bem-estar animal e a preservação ambiental (SINGH et al., 2020). No entanto, existem opiniões divergentes na comunidade científica sobre certos benefícios potenciais, o que significa que o consumo dessa carne dependerá das diferentes perspectivas individuais e coletivas em relação a esses valores (HOCQUETE, 2016; CHRKI e HOCQUETTE, 2020).

De acordo com Verbeke et al. (2015), a produção de carne cultivada pode acarretar consequências sociais adversas, como a redução das atividades agropecuárias, perda de meios de subsistência nas áreas rurais e até mesmo a extinção de tradições sociais. Singh e colaboradores (2020) corroboram a afirmação de Verbeke et al. (2015) ao citar que é possível observar que a produção convencional de carne através de animais de criação está associada a sérios problemas ambientais, saúde humana, questões éticas e religiosas, impacto no meio ambiente, recursos terrestres e energéticos.

Segundo Mattick et al. (2015), embora a produção de carne cultivada apresente impactos positivos, como uma redução significativa no uso de energia (entre 7% e 45%, exceto em aves), uma diminuição de 78% a 96% nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), uma redução de 99% no uso de terra e uma diminuição de 82% a 96% no consumo de água (dependendo do produto

comparado), é importante considerar que, por ser uma tecnologia nova, podem surgir consequências inesperadas ao longo do tempo. A transição para métodos *in vitro* resultará em uma redução de 96% nas emissões de gases de efeito estufa associadas à criação de gado, alimentação, transporte e processamento de animais (Meatfree, 2015).

Segundo Manpreet (2018), a produção convencional de carne apresenta um alto consumo de energia, água, terra e antibióticos, resultando em uma baixa taxa de rendimento em comparação com a agricultura celular. A carne cultivada em laboratório, sendo uma alternativa segura e livre de doenças, atende à crescente demanda por carne, reduzindo simultaneamente danos ambientais e a carga de doenças em humanos (SINGH et al., 2020).

Em contrapartida, de acordo com Chriki e Hocquette (2020) a resistência aos antibióticos é reconhecida como um dos principais problemas enfrentados pela pecuária. Em comparação, a carne cultivada é mantida em um ambiente controlado, o que permite uma supervisão rigorosa para detectar e interromper qualquer sinal de infecção. No entanto, se os antibióticos forem adicionados ocasionalmente para prevenir a contaminação inicial e doenças, esse argumento perde parte de sua força persuasiva.

Segundo as conclusões de Sharma (2015), a carne cultivada não apenas visa reduzir os impactos ambientais, como a emissão de gases do efeito estufa, mas também contribui para a saúde humana. Ao contrário da carne tradicional, a carne cultivada oferece a possibilidade de controlar os componentes lipídicos, como os níveis de gordura e hormônios, o que pode ajudar a prevenir ou minimizar problemas relacionados a doenças cardiovasculares, morbidade e diabetes.

Apesar de existir desafios, a tecnologia de cultivo de carne em laboratório tem atraído um grande interesse e investimento de empresas e investidores, com o objetivo de trazer ao mercado produtos mais sustentáveis e éticos (CHRIKI e HOCQUETTE, 2020). A carne cultivada pode ser um exemplo de como a biotecnologia pode trazer inovação e soluções sustentáveis para a indústria alimentícia.

2.1.5 OUTRAS TECNOLOGIAS

A tecnologia de barreira ativa é um método de conservação de alimentos que tem sido cada vez mais utilizada na indústria alimentícia (MARTINAZZO et al. 2020). Essa tecnologia consiste em utilizar filmes plásticos que apresentam propriedades específicas para aumentar a vida útil dos alimentos, protegendo-os de fatores externos que podem afetar sua qualidade, como a umidade, oxigênio, luz e micro-organismos (CÉSAR, MORI e BATALHA 2009; MARTINAZZO et al. 2020).

As embalagens ativas são divididas em dois sistemas: absorvedores e emissores, e devem atender a uma série de requisitos. Isso inclui a seleção adequada do material da embalagem, levando em consideração as reações que podem ocorrer no alimento, como estabilidade relacionada aos fatores intrínsecos (atividade de água, umidade, acidez, composição, pH) e extrínsecos (presença de roedores, insetos, microrganismos, composição gasosa, luz, ambiente e temperatura) (MARTINAZZO et al. 2020; ZANANDREA, RODRIGUES, e ALENCAR, 2018).

As embalagens ativas devem cumprir a legislação vigente, ser atóxicas, proporcionar proteção sanitária, ser compatíveis com os alimentos e não representar riscos ao consumidor, como a liberação de substâncias indesejáveis. As dimensões dos sachês/pads de absorção/emissão devem ser menores em relação à embalagem e ao produto, a concentração do composto ativo deve ser proporcional ao volume, massa e validade do produto, as taxas de emissão/absorção devem ser ajustadas de acordo com a permeabilidade da embalagem, e a taxa de ação do composto ativo deve estar alinhada com a validade do produto e possíveis alterações ao longo de sua vida útil (shelf-life). (MARTINAZZO, et al., 2020; SARANTÓPOULOS & COFCEWICZ, 2016).

Essa tecnologia é especialmente útil para alimentos que são altamente perecíveis, como frutas e vegetais, pois pode prolongar a vida útil desses produtos, reduzindo o desperdício e permitindo que eles sejam armazenados e transportados por períodos mais longos (VILELA et al., 2018).

Além disso, a tecnologia de barreira ativa também pode ser utilizada para reduzir a utilização de conservantes químicos em alimentos, uma vez que a própria embalagem é responsável por proteger o alimento de fatores que podem afetar sua qualidade. (SARANTÓPOULOS; COFCEWICZ, 2016).

Apesar de sua eficácia, a tecnologia de barreira ativa também apresenta alguns desafios, como o aumento de custos de produção e a necessidade de garantir que os filmes plásticos utilizados sejam seguros e não afetem negativamente a qualidade do alimento (RODRIGUEZ-AGUILERA; OLIVEIRA, 2009). No entanto, as vantagens dessa tecnologia têm levado muitas empresas a investir em pesquisas e desenvolvimento para aprimorar sua utilização na indústria alimentícia (BATTISTI et al., 2017)

O blockchain é uma inovação tecnológica recente que se refere a um banco de dados ou registro público, distribuído e universal. Ele proporciona consenso e confiança na comunicação direta entre as partes envolvidas, eliminando a necessidade de intermediários (Pilkington, 2016). O blockchain, também conhecido como "o protocolo da confiança", busca descentralizar os dados como medida de segurança. Cada transação validada é adicionada a um bloco criptografado, sendo necessário o consenso de diversos participantes envolvidos na transação para validar a adição desse novo bloco à cadeia do blockchain (Swan, 2015).

No Setor de alimentos, o blockchain surge como uma tecnologia importante para proporcionar aos elos envolvidos (produtor, indústria, varejo, consumidor) na cadeia, maior veracidade, segurança, e precisão das informações dos produtos desde a fazenda até a mesa (SANTOS, 2019). O uso do blockchain na rastreabilidade da cadeia de produção de alimentos permite que os participantes insiram informações identificáveis, auditáveis e imutáveis na rede, gerando confiança no processo de rastreabilidade. As redes varejistas estão adotando essa tecnologia para garantir a segurança e rastreabilidade dos alimentos, utilizando recursos de criptografia para assegurar a precisão e veracidade dos dados desde a origem até o consumidor final. Isso aumenta a confiança tanto dos compradores quanto dos vendedores (SANTOS, 2019).

Em 2017, a Nestlé, Unilever e Tyson Foods uniram-se a um projeto da IBM para melhorar a segurança na cadeia de suprimentos utilizando o blockchain. Essa tecnologia foi aplicada para rastrear milhares de operações na produção e distribuição de alimentos, permitindo a identificação da fonte de contaminação de um lote de produtos (IBM, 2017; SANTOS, 2019) . Em 2018, a BR Foods, em parceria com a IBM e o Carrefour, lançou o projeto Food Tracking, que utiliza o blockchain para fornecer informações sobre a procedência dos alimentos ao consumidor, abrangendo todas as etapas da cadeia produtiva, comercial e logística (IBM, 2017; SANTOS, 2019).

2.2 DESAFIOS ENFRENTADOS PELA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

2.2.1 REGULAMENTAÇÕES E NORMAS DE SEGURANÇA ALIMENTAR

2.2.1.1 NANOTECNOLOGIA

A nanotecnologia, como já citado anteriormente, tem sido amplamente utilizada e pesquisada na indústria de alimentos, porém, é necessário que existam regulamentações e normas de segurança para garantir a proteção do consumidor e evitar possíveis danos à saúde.

No caso do Brasil, o Poder Executivo tem tomado diversas iniciativas voltadas para o desenvolvimento científico e entendimento dos nanomateriais para futura regulamentação. Para fazer cumprir e controlar essas atividades, foram criados o Comitê Consultivo de Nanotecnologia e o Comitê Interdepartamental de Nanotecnologia, dentro do qual foi criado um Grupo de Trabalho Regulatório (FERNANDES e OLIVEIRA, 2019). Além disso, foi adotado o Sistema Nacional de Laboratórios de Nanotecnologia e identificado e criado o Centro Nacional de Pesquisas em Nanotecnologia e Nanotoxicologia. (MCTI, 2014; FERNANDES e OLIVEIRA, 2019).

Por meio desses comitês, o Brasil firmou acordos internacionais com diversos países, dentre eles a União Europeia com o objetivo de cooperar e compartilhar experiências em pesquisa em nanotecnologia e regulamentações

específicas. (MCTI, 2014). As atividades científicas dos grupos de trabalho e comitês criados pelo poder executivo são baseadas em regulamentações internacionais, em particular as 107 normas técnicas ISO existentes para nanotecnologia (ISO, 2018), bem como a legislação dos EUA e a legislação da Comunidade Europeia.

Quanto ao Poder Legislativo, entre os anos de 2005 e 2019 foram registrados 4 Projetos de Lei com o objetivo de regulamentar a utilização da Nanotecnologia, junto com o destino de rejeitos, em território nacional (FERNANDES e OLIVEIRA, 2019). Porém, todas os projetos de Lei acabaram sofrendo arquivamento, não sendo levado adiante a criação de um Marco Regulatório para o setor da Nanotecnologia (FERNANDES e OLIVEIRA, 2019).

Cabe ressaltar que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde, responsável pela regulamentação, fiscalização e controle de alimentos e aditivos alimentares, também realiza pesquisas voltadas para a nanotecnologia, mas atualmente abrange apenas cosméticos e medicamentos. (OLIVEIRA; MARINHO; FUMAGALI, 2015). Sendo assim a ANVISA instituiu em 10 de junho de 2013, através da Portaria n. 993, o Comitê Interno de Nanotecnologia que possui a finalidade de elaborar diagnósticos institucionais da vigilância sanitária sobre a nanotecnologia e sobre os produtos que utilizam essa tecnologia, bem como o estudo das regulações internacionais e comunitárias sobre a temática. (ANVISA, 2013). Como resultado de seu trabalho de nanotecnologia, a ANVISA publicou seu primeiro "Diagnóstico Institucional de Nanotecnologia da ANVISA" em 25 de março de 2014, identificando tópicos que requerem ação regulatória.

Ainda em 2014, a ANVISA criou a Portaria Nº 1.358, DE 20 DE AGOSTO DE 2014, que institui o Comitê Interno de Nanotecnologia da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA e dá outras providências. A resolução traz as atribuições do Comitê Interno de Nanotecnologia em conjunto com a criação de Gerências responsáveis pelo controle e monitoramento sanitários, dentro destas uma Gerência específica para a área de Alimentos.

Nesse sentido, as tentativas de regulação de tecnologias emergentes, tal como a nanotecnologia, é tema polêmico e demasiadamente debatido no cenário

nacional e internacional (BECK, 2011), porém, quando analisamos o cenário regulatório nacional ainda carecemos de Regulamentações específicas quanto a utilização da nanotecnologia na indústria de alimentos (FERNANDES e OLIVEIRA, 2019).

2.2.1.2 BIOTECNOLOGIA

A biotecnologia tem sido amplamente utilizada na indústria de alimentos para melhorar a qualidade dos produtos, aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção (LIPPSTEIN, 2019). No entanto, como toda tecnologia, se faz necessário que haja regulamentação e normas de segurança alimentar que garantam a proteção do consumidor.

A regulamentação em biotecnologia tem como foco principal a biossegurança, que se refere ao conjunto de medidas e procedimentos destinados a controlar e minimizar os riscos decorrentes da exposição, manipulação e uso de organismos vivos (NETO, 2013).

No Brasil, o sistema de regulação da segurança alimentar é abordado de forma descentralizada, por meio de diferentes entidades e órgãos. O Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (Sisan), o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), o Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS) e a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) desempenham papéis importantes nesse contexto. Essas entidades trabalham de forma conjunta para regular e monitorar a segurança alimentar no país, garantindo a proteção da saúde pública e a qualidade dos alimentos. Cada uma delas possui atribuições específicas e contribui para o controle e fiscalização dos aspectos relacionados à segurança alimentar e nutricional, bem como à biossegurança (NETO, 2013).

A Lei nº 11.105, também conhecida como Lei de Biossegurança, foi promulgada em 24 de março de 2005 com o objetivo de regular todas as atividades relacionadas ao uso de organismos geneticamente modificados (OGM) no Brasil (SANTOS e ROMEIRO, 2019). Essa legislação abrange diversos aspectos, como

pesquisa em contenção, experimentação em campo, transporte, importação, produção, armazenamento e comercialização de OGM. A Lei de Biossegurança estabelece as diretrizes para todas as atividades relacionadas a organismos geneticamente modificados (OGM), e cria o Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS) e reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) (LIPPSTEIN, 2019; GENOVA, 2021)

Vale ressaltar, que no âmbito da biotecnologia, a regulamentação atual no Brasil é abrangida pelo Decreto nº 6.041, de 8 de fevereiro de 2007 (FIESP, 2023). Esse decreto define os conceitos relacionados à biotecnologia e identifica as áreas estratégicas e os órgãos públicos envolvidos, bem como os objetivos pretendidos com o desenvolvimento dessa política. Desde sua promulgação, a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia não sofreu nenhuma alteração ou inclusão legislativa, apenas teve os artigos 4º e 9º revogados pelo Decreto nº 9.784, de 2019, que tratava do Comitê Nacional de Biotecnologia (LIPPSTEIN, 2019; GENOVA, 2021).

No que tange as legislações vigentes sobre a Biotecnologia podemos ainda citar os Decreto nº 6.041 (8/2/2007), Decreto nº 2.519 (16/3/98), Decreto nº 4.074 (4/1/2002), Decreto nº 4.339 (22/8/2002), Decreto nº 4.680 (24/4/2003), Decreto nº 5.591 (22/11/2005), Decreto nº 5.950 (31/10/2006), Decreto nº 75.572 (8/4/1975), Decreto nº 635 (21/8/1992) e Decreto nº 2.366 (5/11/1997) (FIESP, 2023). Podemos citar também o Ato Normativo nº 127 (5/3/1997), e as Leis demonstradas na Figura 1.

Lei	Disposição
Lei nº 6.938 (31/8/1981)	seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
Lei nº 8.078 (11/9/1990)	Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências.
Lei nº 9.279 (14/5/1996)	Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial.
Lei nº 9.456 (25/4/1997)	Institui a Lei de Proteção de Cultivares, e dá outras providências.
Lei nº 9.610 (19/2/1998)	Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
Lei nº 9.782 (26/1/1999)	a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, e dá outras providências.
Lei nº 10.196 (14/2/2001)	maio de 1996, que regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial, e dá outras
Lei nº 10.603 (17/12/2002)	submetida para aprovação da comercialização de produtos e dá outras providências.

Figura 1: Leis referentes a Biotecnologia no Brasil (AUTOR, 2023)

As Leis nº 10.973/04, conhecida como Lei de Inovação Tecnológica, e nº 11.196/05, chamada de Lei do Bem, têm como objetivo impulsionar o desenvolvimento, a pesquisa e a inovação tecnológica, especialmente no campo da biotecnologia. A Lei de Inovação Tecnológica estabelece medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, visando capacitar o país, promover a autonomia tecnológica e impulsionar o sistema produtivo nacional e regional. Por sua vez, a Lei do Bem oferece incentivos fiscais com tributação diferenciada para empresas que promovam a inovação tecnológica. Ambas essas leis fazem parte das estratégias do governo para impulsionar a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico (LIPPSTEIN, 2019).

Quanto as normas e regulamentações sobre biotecnologia na indústria de alimentos se faz importante salientar que de modo geral visam garantir a segurança alimentar em conjunto com as Boas Práticas de Fabricação, evitando possíveis riscos à saúde dos consumidores em (ANVISA, 2023). Dessa forma, é fundamental que as empresas da indústria alimentícia sigam as normas estabelecidas pelos órgãos reguladores para garantir a qualidade dos alimentos produzidos.

2.2.1.3 IMPRESSÃO 3D DE ALIMENTOS

A tecnologia de impressão 3D tem o potencial de revolucionar muitos setores, incluindo a forma como os produtos chegam aos consumidores (FORNASIER, KNEBEL, e VIERO DA SILVA, 2021). A impressão 3D de alimentos é uma tecnologia emergente e, como tal, a legislação relacionada a essa área ainda está em desenvolvimento. A regulamentação específica para a impressão 3D de alimentos pode variar de acordo com cada país, e no Brasil não é diferente.

No entanto, tal tecnologia necessita de uma estrutura legal e regulatória - um código administrativo deve ser preferido a uma legislação abrangente, porque o processo de regulamentação requer ampla participação da indústria por meio de um processo de notificação e comentários, e os reguladores são mais capazes de fazer isso. Criando e mudando rapidamente as regras do desenvolvimento tecnológico (NIELSON, 2015; FORNASIER, KNEBEL, e VIERO DA SILVA, 2021).

Todavia, resta questionar qual órgão ou sistema jurídico é aquele ao qual os consumidores recebem proteção legal frente as diferentes opções de tecnologias disponíveis (MANSTAN; MCSWEENEY, 2020). Embora em muitos casos/estudos recentes seja demonstrado que a recepção geral do público é boa, quanto ao uso da impressão de alimentos (MANSTAN; MCSWEENEY, 2020).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é responsável pela regulamentação de alimentos e vigilância sanitária nacional (ANVISA, 2023). Embora ainda não exista uma legislação específica para a impressão 3D de alimentos, as empresas que utilizam essa tecnologia devem cumprir as normas vigentes para produção e distribuição de alimentos.

Isso inclui a adesão aos princípios das Boas Práticas de Fabricação (BPF), que fornecem diretrizes para garantir a segurança e a qualidade dos alimentos produzidos (ANVISA, 2023). Além disso, é importante que as empresas sigam padrões de rotulagem de alimentos que forneçam informações claras e precisas sobre ingredientes, alérgenos e valor nutricional dos produtos (ANVISA, 2023).

A legislação e os regulamentos podem evoluir com o tempo, à medida que a tecnologia avança e mais pesquisas são realizadas. As empresas de impressão 3D de alimentos são aconselhadas a manter-se atualizadas com as diretrizes e consultar os órgãos reguladores, como a ANVISA, para garantir que estejam em conformidade com os regulamentos atuais.

2.2.1.4 CULTIVO DE CARNE EM LABORATÓRIO

A produção de carne cultivada ainda enfrenta desafios regulatórios em relação à segurança alimentar, e é importante entender as regulamentações e normas que regem essa tecnologia no Brasil. O desafio regulatório da carne cultivada é significativo, pois os animais são a matéria-prima, muitos ingredientes não são food grade, o produto é desenvolvido em uma planta industrial e o processo entrega um produto cárneo (EMBRAPA, 2022).

A Anvisa e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) podem ser os órgãos reguladores na questão da utilização e produção de carne cultivada, mas que a Anvisa seja o principal (EMBRAPA, 2022). A produção e comercialização de alimentos são regulamentadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que tem como objetivo garantir a segurança alimentar e a proteção da saúde da população (ANVISA, 2023). Atualmente, a ANVISA não possui regulamentação específica para a carne cultivada, o que gera incertezas e lacunas regulatórias em relação a sua produção e comercialização (ANVISA, 2023)

No entanto, existem algumas normas e regulamentações que podem ser aplicadas à carne cultivada, como a Resolução RDC nº 460/2020, que estabelece as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para alimentos em geral. Além disso, a produção de carne cultivada também deve seguir as normas de rotulagem e identificação de alimentos, que são regulamentadas pela Resolução RDC nº 727/2022 (ANVISA, 2023).

Em suma, a regulamentação da carne cultivada no Brasil ainda é incipiente, mas existem normas e regulamentações gerais que devem ser seguidas para garantir a segurança alimentar como As Boas Práticas de Fabricação (ANVISA,

2019). Se faz fundamental que as discussões sobre a regulamentação da carne cultivada avancem para garantir a segurança dos consumidores e a viabilidade dessa tecnologia na indústria alimentícia.

2.2.1.5 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

A Inteligência Artificial (IA) vem sendo utilizada em diversos setores, incluindo a indústria de alimentos, com o objetivo de otimizar processos e aumentar a eficiência na produção e distribuição de alimentos. No entanto, é importante ressaltar que o uso da IA deve estar em conformidade com as regulamentações e normas de segurança alimentar estabelecidas no Brasil.

Uma das referências relevantes é o Projeto de Lei (PL) nº 2338/2023, conhecido como Marco Legal da Inteligência Artificial (BRASIL, 2023). Esse projeto de lei tem como objetivo estabelecer princípios, diretrizes e regras para o uso da IA no Brasil, abordando questões como transparência, responsabilidade, privacidade, ética e segurança (BRASIL, 2023). O projeto está em tramitação no Congresso Nacional e ainda não foi convertido em lei.

Além disso, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e o Ministério da Economia têm discutido a elaboração de uma estratégia nacional de IA, que pode abranger diretrizes e orientações para seu uso em diferentes setores, incluindo a indústria de alimentos (DIVINO E JESUS, 2020).

Embora não haja uma legislação específica, a aplicação da IA na indústria de alimentos deve obedecer às leis e regulamentos existentes, como as normas de segurança alimentar, as regras de proteção ao consumidor e as diretrizes de boas práticas de fabricação (ANVISA, 2019). As indústrias devem sempre estar atentas sobre as normas vigentes e acompanhar as discussões em andamento para futuras regulamentações específicas relacionadas à IA.

2.2.2 BARREIRAS CULTURAIS E DE ACEITAÇÃO DO CONSUMIDOR

A utilização de tecnologias emergentes na indústria de alimentos pode encontrar determinada resistência do consumidor brasileiro devido a barreiras culturais e de aceitação (VERBEKE et al. 2015). Por exemplo, a utilização de carne cultivada em laboratório pode ser vista como um desvio das práticas alimentares tradicionais (CHRIKI e HOCQUETTE, 2020). Da mesma forma, a impressão 3D de alimentos pode ser vista como uma forma artificial de produção de alimentos.

Para lidar com essas barreiras, a indústria de alimentos deve considerar as preocupações do consumidor e buscar formas de comunicar de forma clara e transparente os benefícios e segurança das tecnologias emergentes. Além disso, a legislação nacional estabelece normas de rotulagem e informações obrigatórias que devem ser consideradas na introdução de novos produtos alimentares.

No Brasil, a Lei de Defesa do Consumidor (Lei nº 8.078/1990) estabelece a obrigatoriedade de informação clara e adequada sobre os produtos alimentares, incluindo ingredientes, prazos de validade e formas de armazenamento (BRASIL, 2022). Além disso, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é responsável por regulamentar e fiscalizar a produção e comercialização de alimentos, incluindo a utilização de tecnologias emergentes (BRASIL, 1999).

A Resolução RDC nº 275/2002, da ANVISA, estabelece as Boas Práticas de Fabricação para a Indústria de Alimentos sobre procedimentos operacionais padronizados aplicados aos estabelecimentos produtores ou industrializadores de alimentos e a lista de verificação das boas práticas de fabricação em estabelecimentos produtores/industrializadores de alimento (ANVISA, 2023). Além disso, a Resolução RDC nº 26/2015 estabelece as diretrizes para rotulagem de alimentos embalados e obriga a informação clara sobre a presença de ingredientes alergênicos (ANVISA, 2015).

Dessa forma, a utilização de tecnologias emergentes na indústria de alimentos no Brasil deve considerar não apenas os aspectos técnicos e financeiros, mas também as barreiras culturais e de aceitação do consumidor, seguindo as normas e regulamentações estabelecidas pela legislação nacional (JÚNIOR et al. 2023); KADIM et al. 2015; VERBEKE et al. 2015).

2.3 OPORTUNIDADES TRAZIDAS PELAS TECNOLOGIAS EMERGENTES

Tomando como base os tópicos anteriormente tratados, podemos então afirmar que as tecnologias emergentes na indústria de alimentos, como impressão 3D, nanotecnologia, biotecnologia, cultivo de carne em laboratório e inteligência artificial, trazem diversas oportunidades para a produção de alimentos mais seguros, saudáveis, sustentáveis e personalizados. Essas tecnologias permitem a criação de novos produtos e processos, bem como a otimização dos já existentes.

Por exemplo, a impressão 3D de alimentos pode permitir a personalização dos produtos para atender a necessidades específicas dos consumidores, como restrições alimentares ou preferências individuais (BAIANO, 2020; GODOI, PRAKASH e BHANDARI, 2016; TAN et al, 2018). A nanotecnologia pode ser aplicada na produção de embalagens inteligentes que possam prolongar a vida útil dos alimentos, além de permitir a incorporação de nutrientes e compostos bioativos aos alimentos (YANG et al., 2019; SHANG et al., 2020; KHAN et al, 2020). A biotecnologia possibilita a criação de ingredientes e aditivos mas podendo ser mais saudáveis e naturais, além de facilitar a produção de alimentos funcionais e probióticos. Já o cultivo de carne em laboratório oferece uma alternativa mais sustentável e ética para a produção de proteína animal, reduzindo a necessidade de abate de animais e os impactos ambientais associados à pecuária (MATTICK et al, 2015). E a inteligência artificial pode ser aplicada em diversas etapas da produção de alimentos, desde o monitoramento de culturas até a otimização de processos produtivos.

No Brasil, existem diversas iniciativas governamentais e privadas para incentivar a utilização dessas tecnologias na indústria de alimentos. A Lei de Inovação (Lei nº 10.973/2004) estabelece incentivos à inovação tecnológica nas empresas, como a concessão de incentivos fiscais e a criação de parcerias com universidades e centros de pesquisa (BRASIL, 2016). Além disso, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) tem investido em programas de fomento à pesquisa e inovação em diversas áreas, incluindo a de alimentos.

No entanto, a implementação dessas tecnologias na indústria de alimentos enfrenta algumas barreiras culturais e de aceitação do consumidor. O esforço conjunto de empresas, governo e sociedade para informar e educar os consumidores sobre as vantagens e segurança dessas tecnologias, além de promover a transparência e a ética na utilização delas.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, a revisão da literatura sobre as tecnologias emergentes do setor de alimentos mostra um cenário desafiador e promissor. A forma como os alimentos são produzidos, processados, distribuídos e consumidos pode ser significativamente alterada por tecnologias como impressão 3D, nanotecnologia, biotecnologia e cultivo de carne em laboratório.

Além de melhorar a qualidade e a segurança dos alimentos, as tecnologias emergentes permitem o desenvolvimento de novos produtos e ingredientes, reduzir o desperdício e o impacto ambiental, e personalizar os alimentos de acordo com as preferências dos consumidores.

A adoção dessas tecnologias traz consigo desafios que como acompanhar os avanços tecnológicos e garantir a segurança dos alimentos, regulamentos, leis e normas de segurança alimentar precisam ser estabelecidos e atualizados. Além disso, é necessário levar em consideração a receptividade dos consumidores, superar obstáculos culturais e acadêmicos, e garantir que essas tecnologias sejam acessíveis e justas.

A fim de avaliar os efeitos positivos e negativos das novas tecnologias na indústria de alimentos, uma abordagem fundamental é necessária. Se faz necessário encontrar um equilíbrio entre inovação e sustentabilidade, é necessário levar em consideração questões morais, socioeconômicas e ambientais.

Em resumo, as tecnologias emergentes têm o potencial de revolucionar a indústria de alimentos, ao mesmo tempo em que beneficiam os consumidores e os produtores. No entanto, é imperativo que essas tecnologias sejam usadas de forma

responsável, levando em consideração a segurança alimentar, a sustentabilidade, a ética e o bem-estar do meio ambiente e dos consumidores.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Consulta Pública nº 821 de 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2020/anvisa-abre-consulta-publica-sobre-regulacao-da-carne-cultivada>. Acesso em: 06 maio 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Dispõe sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para alimentos. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/fiscalizacao-de-alimentos/legislacao-de-alimentos/resolucao-rdc-n-12-de-02-de-janeiro-de-2001>. Acesso em: 06 maio 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). BIBLIOTECA DE ALIMENTOS. Dispõe documentos que reúnem todas as normas vigentes sobre Alimentos. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/regulamentacao/legislacao/bibliotecas-tematicas/arquivos/biblioteca-de-alimentos>. Acesso em: 05 de maio de 2023.

ARORA, S. et al. Artificial intelligence in the food industry: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 20, n. 2, p. 465-489, 2021. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4024154. Acesso em 10 de mai. 2023

BAKARICH, S. E.; GORKIN III, R.; GATELY, R.; PANHUIS, N.; SPINKS, G. M., 3D Printing of Tough Hydrogel Composites with Spatially Varying Materials Properties. **Additive Manufacturing**, v. 14, pp.24-30, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2016.12.003>. Acesso em 20 mai. 2023

BARTHOLOMEU, D.; FERREIRA, D.; SOUZA, J. M.; RIBEIRO, A. Desenvolvimento de embalagens inteligentes com nanotecnologia. **Revista de Tecnologia e Inovação em Alimentos**, v. 3, n. 1, p. 34-45, 2019.

BATTISTI, R.; FRONZA, N.; VARGAS Jr, A.; SILVEIRA, S. M.; DAMAS, M. S. P.; QUADRI, M. G. N. Gelatin-coated paper with antimicrobial and antioxidant effect for beef packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 11, p. 115-124, 2017.

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco**. Trad. Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011

BECKMANN, J. S. et al. Opportunities and challenges for sustainable food production systems using genomic and biotechnological approaches. **Trends in Food Science & Technology**, v. 56, p. 17-23, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.11.009>. Acesso em: 30 abr. 2023

BHAT, Z. Fayaz; KUMAR, S.; BHAT, F. H. (2017). In vitro meat: A future animal-free harvest. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, vol. 57. n 4, p. 782- 789. Disponível em: 10.1080/10408398.2014.924899. Acesso em 26 de mai. 2023

BIANCHI, F., COSENZA, B., & POZZI, M. (2019). Artificial Intelligence in Food Supply Chain: **Literature Review and Research Trends**. *Sustainability*, 11(14), 3959. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.19523331>. Acesso em: 29 de abr. 2023

BOURNE, M. C.; LORCA, A. A. Nanotechnology applications in food systems. In: *Sustainable Nanotechnology and the Environment: Advances and Achievements*. Elsevier, 2020. p. 405-429.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução RDC nº 24, de 8 de junho de 2015. Dispõe sobre as Boas Práticas de Fabricação de alimentos. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/regulados/alimentos/legislacao/resolucoes/rdc-24-2015>. Acesso em: 06 maio 2023.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução RDC nº 26, de 26 de novembro de 2015. Dispõe sobre a rotulagem de alimentos embalados. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/ptbr/assuntos/regulados/alimentos/rotulagem/resolucoes/rdc-55-2012>. Acesso em: 01 de jun. 2023

BRASIL. **Conselho Nacional de Biossegurança**. (2005). Política Nacional de Biossegurança: princípios e diretrizes. Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005. **Código de Defesa do Consumidor**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078.htm. Acesso em: 06 maio 2023.

BRUNTON, Nigel P.; MCGILL, Colm; WILSON, Richard H. Future directions in food processing: Impact on flavor and health. *Food Research International*, v. 134, p. 1-9, abr. 2020.

BUMBUDSANPHAROKHE, N., & KO, S. (2020). Current applications and future prospects of nanotechnology in the food industry. *Food Science and Biotechnology*, 29(3), 313-328.

CÉSAR, A. S.; MORI, C.; BATALHA, M. O. Inovações tecnológicas de embalagens nas indústrias de alimentos: estudo de caso da adoção de embalagem ativa em empresas de torrefação de café. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 9, n. 2, p. 355-378, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/rbi.v9i2.8649005>. Acesso em: 26 de mai. 2023

CHEN, L.; CHEN, J.; HAO, Z. Application of biotechnology in food industry: A review. *Food Science and Human Wellness*, v. 8, n. 2, p. 134-140, 2019. Disponível em: 10.1007/s40011-021-01320-4. Acesso em: 10 de mai. 2023

CHEN, Y., ZHENG, X., YIN, H., & WANG, Y. (2017). Progress and challenges in the engineering of non-transgenic genome-edited crops. *Nature Plants*, 3(10), 1-6. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41438-021-4>. Acesso em: 10 de mai. 2023

CHRIKI S.r, HOCQUETTE Jean-François. The Myth of Cultured Meat: A Review. **Frontiers in Nutrition**, v. 7, 2020. ISSN 2296-861X. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2020.00007>. Acesso em: 01 de jun. 2023

Ciesielski, S., Kamil, P., & Grzesiak, W. (2019). 3D Printing of Food - A Review. **Food Technology and Biotechnology**, 57(4), 415-423.

DEMIRBAS, A., & BOCKSTALLER, C. (2019). Application of biotechnology in the food industry. **Food Science and Technology International**, 25(1), 3-17.

FAO. The state of food and agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction. Rome: FAO, 2019.

FAOSTAT. Food and agriculture data. **FAO, 2017**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 14 abr. 2023.

FORNASIER, M. de O.; KNEBEL, N.; VIERO DA SILVA, F. IMPRESSÃO 3D: OPORTUNIDADES, RISCOS E REGULAÇÃO. **Revista Paradigma**, [S. I.], v. 30, n. 1, p. 192–217, 2022. Disponível em: <https://revistas.unaerp.br/paradigma/article/view/1954>. Acesso em: 02 de jun. 2023

GALANAKIS, C. M. (2018). The technology of foodsaving: Nanotechnology in the food industry. **Academic Press**. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-010>. Acesso em: 18 mai. 2023

GODOI, F. C.; PRAKASH, S.; BHANDARI, B. R. 3D Printing Technologies Applied for Food Design: Status and Prospects. **J. Food Eng.** 2016, 179, 44–54. Disponível em 10.1016/j.jfoodeng.2016.01.025. Acesso em 10 de abr. 2023

GUO, C.; ZHANG, M.; BHANDARI, B. Model Building and Slicing in Food 3D Printing Processes: A Review. **Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.** 2019, 18, 1052–1069. Disponível em 10.1111/1541-4337.12443. Acesso em: 10 de abr. 2023

HAMMES, I. S.. **APLICAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA EM PRODUTOS AGRÍCOLAS E SEUS EFEITOS NO MEIO AMBIENTE: UMA REVISÃO**. 2020. 61 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Alimentos, Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/218816>. Acesso em: 20 maio 2023.

HE, Z.; LI, J.. 3D printing of food: A current state-of-the-art review. **Journal of Food Engineering**, v. 220, p. 13-26, jul. 2018.

Huang, J., Zhou, W., Chen, Q., Yang, J., Yu, Y., Luo, L., & Wang, H. (2019). 3D Food Printing: A Review. **Journal of Food Engineering**, 267, 109684.

HUANG, X. et al. Advances in machine learning for food quality and safety. **Trends in Food Science & Technology**, v. 97, p. 68-78, 2020.

JAWA, A. et al. Machine learning approaches in creating novel food products: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, n. 1, p. 1-10, 2021.

KADIM, I.T.; MAHGOUB, O.; BAQIR, S.; FAYE, B.; PURCHAS, R. Cultured meat from muscle stem cells: A review of challenges and prospects. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, n. 2, p. 222-233, 2015. ISSN 2095-3119. Disponível em: <10.1016/S2095-3119(14)60881-9.>. Acesso em: 05 de jun. 2023

KAMINAGAKURA, E.; KOIKE, T.; NAKAMURA, T. Future Prospects of Food Production: Overview of Current and Future Trends. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 9, p. 2449-2456, 2020.

KAMRUZZAMAN, M., RAHMAN, M. R., & SHAIK, A. N. (2021). Artificial Intelligence in Food Industry: Recent Developments, Applications, and Future Prospects. *Foods*, 10(1), 122.

KHAN, A. et al. The Sustainability of Nanotechnology in Food Packaging: A Global Review. **Journal of Cleaner Production**, v. 307, p. 127188, 2021.

KILLERBY, T., O'CALLAGHAN, K., & SHEEHAN, E. (2018). Food printing: A potential game changer for the food industry?. **Trends in Food Science & Technology**, 78, 155-166.

KUSWANDI, B. (2020). Active and intelligent packaging, safety, and quality controls, Fresh-cut Fruits and Vegetables, 243-294. doi: 10.1016/B978-0-12-816184-5.00012-4.

LIM, Y. (2017). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. **International Journal of Engineering and Technology (IJET)**, 9(2), 144-148.

LIU, Z.; ZHANG, M.; BHANDARI, B.; WANG, Y. 3D Printing: Printing Precision and Application in Food Sector. **Trends Food Sci. Technol.** 2017, 69, 83–94. Disponível em: 10.1016/j.tifs.2017.08.018. Acesso em: 18 abr. 2023

MARSHALL, L. J., & BUZBY, J. C. (2018). The potential economic benefits of 3D food printing for the US food system. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, 43(1), 141-158.

MARTINAZZO, J., PIAZZA, S. P., SCHERER, G. C., & PIETA, L. (abr./jun. de 2020). Embalagens ativas: uma tecnologia promissora na conservação de alimentos. **Brazilian Journal of Food Research**, 11(2), 171- 194. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa/article/view/10672>. Acesso em: 01 de jun. 2023

MARTÍNEZ, J. L.; BAUTISTA, J.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A. The role of artificial intelligence and blockchain technologies in food traceability. **Journal of Food Engineering**, v. 289, p. 110–118, 2021.

MATTICK, C. S. Cellular agriculture: the coming revolution in the production of Foods. **Atomic Scientists Newsletter**, Vol. 74, NO. 1, Pg. 32 – 35, 2018.

MATTICK, C. S.; LANDIS, A. E.; ALLENBY, B. R. (2015). A case for systemic environmental analysis of cultivated meat. **Journal of Integrative Agriculture**, 14 (1) 249–254.

MCTI. Diálogos setoriais entre Brasil e União Europeia: Regulação da nanotecnologia no Brasil e na União Europeia. Brasília: MCTI, 2014.

NACHAL, N.; MOSES, J. A.; KARTHIK, P.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Applications of 3D Printing in Food Processing. **Food Eng. Rev.** 2019, 11, 123–141. DOI: 10.1007/s12393-019-09199-8.

OLIVEIRA D. E, C. A.; MENDONÇA, L. P. de. A Carne Cultivada e seu Impacto no Meio Ambiente: **Uma Revisão Integrativa. Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 3, n. 1, Março de 2022.

ONG, Y. S., TAN, W. S., ZHANG, Y., & LIM, Y. M. (2020). Additive Manufacturing and Food Printing. **International Journal of Bioprinting**, 6(1), 242.

OPARA, U. L. (2019). Artificial intelligence and robotics for food engineering: Opportunities and challenges. **Trends in Food Science & Technology**, 86, 266-279.

Overview from Optics to Organs. *Br. J. Ophthalmol.* 2014, 98, 159–161. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2013-304446.

POST, M J. Cultured meat from stem cells: challenges and prospects. **Meat Science**, v. 132, p. 79-87, 2017.

REISCH, L. A.; MÜLLER, Matthias J. Artificial intelligence in the food industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 352-355, maio 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2023>. Acesso em: 20 mai. 2023

RODRIGUEZ-AGUILERA, R.; OLIVEIRA, C. J. Review of design engineering methods and applications of active and modified atmosphere packaging systems. **Food Engineering Reviews**, v. 1, n. 1, p. 66-83, 2009.

SARANTÓPOULOS, C.; COFCEWICZ, L. S. Embalagens ativas para produtos perecíveis. Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens. **Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 1-12, 2016.

SCHUBERT, C.; VAN LANGEVELD, M. C.; DONOSO, L. A. Innovations in 3D printing: a 3D overview from optics to organs. **British Journal of Ophthalmology**, v. 98, p. 159-161, 2014. Disponível em: <https://bjo.bmj.com/content/98/2/159>. Acesso em 26 de mai. 2023

SHANG, Y. et al. Toxicity of Inorganic Nanoparticles in Food and Food Products: A Review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 100, p. 38-53, 2020.

SINGH, R. (2017).The wave bioreactor story. **Silo.Tips**. 28-9282-57. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/296658612/The-Wave-Bioreactor-Story>. Acesso em: 05 de jun. 2023

SLOAN M. Customize Food Online. Disponível em: <http://mashable.com/2011/01/24/customize-food-online/>. Acesso em: 28 de mai. 2023

STEPHENS, N. et al. Comparative life cycle environmental impacts of three meat substitutes: Beyond Burger, Perdue Chicken, and Beef. **Sustainability**, v. 11, n. 5, p. 1428, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agry.2010.03>. Acesso em 05 de abr. 2023

STEPHENS, N.; SILVIO, L. D.; DUNSFORD, I.; ELLIS, M.; GLENCROSS, A.; SEXTON, A. Bringing cultured meat to market: technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. **Trends in Food Science & Technology**, v. 78, p. 155-16, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.010>. Acesso em 01 de jun. 2023

SUN, J.; ZHOU, W.; HUANG, D.; FUH, J. Y. H.; HONG, G. S. An Overview of 3D Printing Technologies for Food Fabrication. **Food Bioprocess**. Tech. 2015, 8(8), 1605–1615. Disponível em: 10.1007/s11947-015-1528-6. Acesso em 29 de mai. 2023

SUN, J. et al. Emerging technologies for meat production. **Meat Science**, v. 132, p. 167-181, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9781118350676.ch>. Acesso em 10 de mai. 2023

Tan, C.; Toh, W. Y.; Wong, G.; Li, L. Extrusion-based 3D Food Printing – Materials and Machines. **Int. J. Bioprint**. 2018, 4(2), 143–156. Disponível em: 10.18063/ijb.v4i2.143. Acesso em: 20 de abr.2023

VERBEKE, W.; MARCU, A.; RUTSAERT, P.; GASPAR, R.; SEIBT, B.; FLETCHER, D.; BARNETT, J. ‘Would you eat cultured meat?’: Consumers’ reactions and attitude formation in Belgium, Portugal and the United Kingdom. **Meat Science**, v. 102, p. 49-58, 2015. Disponível em:10.1016/j.meatsci.2014.11.013 Acesso em: 20 de abr. 2023

WILTGEN, F. Perspectivas da manufatura aditiva na construção de alimentos. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 13, n. 4, set. 2021. Disponível em: < <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/19460> >. Acesso em01 de jun. 2023

YANG, F.; ZHANG, M.; BHANDARI, B.; LIU, Y.,Investigation on Lemon Juice Gel as Food Material for 3D Printing and Optimization of Printing Parameters. **LWT**, v.87, pp.67-76, 2018

YANG, Y. et al. Safety Assessment of Nanomaterials in Food: Current Status and Future Prospects. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 1, p. 280-295, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nantod.2021.101116>. Acesso em 03 de mai. 2023

ZANANDREA, A. C. V.; RODRIGUES, B. M.; ALENCAR, A. S. Ensino e aprendizagem de Biologia: estudo de caso da exposição “O Brasil na Antártica” realizada na Universidade Veiga de Almeida. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 4, n. 3, p. 487-500, 23 out. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.21674/2448-0479.43.487-500> . Acesso em 07 de jun. 2023

Zhang, X., Ji, Z., & Wang, X. (2019). Intelligent Control and Optimization of Food Production Processes. **In Handbook of Food Process Design** (pp. 315-338). Springer.

ZHANG, Y.; LUO, Y.; ZHANG, L. Review of research and development trends in the field of food printing. **Journal of Food Engineering**, v. 262, p. 1-12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jifs.1539>. Acesso em 01 de jun. 2023

ZIELINSKA, D. and NOWAK, A. F. Is biotechnology helping or harming food security? **Journal of Elementology**, v. 22, n. 3, p. 807-818, 2017.m: 10 jun. 2023.