

UniAmérica
Centro Universitário

+ descomplica

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIÃO DAS AMÉRICAS - DESCOMPLICA

CAMPUS NUTRIMENTAL

CHRISTIANE PAZ REHBEIN

SUBSTITUIÇÃO DE ADITIVOS ALIMENTARES POR EMBALAGENS ATIVAS
E INTELIGENTES

São José dos Pinhais - PR

2024

CHRISTIANE PAZ REHBEIN

SUBSTITUIÇÃO DE ADITIVOS ALIMENTARES POR EMBALAGENS ATIVAS
E INTELIGENTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos, do Centro Universitário União das Américas – UniAmérica Descomplica, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Nutrição.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luana Cristina Paludo

São José dos Pinhais - PR

2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que foi a minha força e me guiou em cada passo dessa jornada. Sua sabedoria e amor incondicional me sustentaram, e sem Ele, nada seria possível, toda honra e glória a Deus.

Aos meus amados, meu esposo Rodrigo do Nascimento Oliveira e meus filhos Álvaro Rehbein da Silva, Luiz Miguel Freitas do Nascimento e Maria Clara Rehbein do Nascimento, minhas palavras não conseguem expressar o quanto sou grata por cada momento de paciência, compreensão e amor que me dedicaram. Rodrigo, você foi meu pilar, sempre me apoiando com sabedoria, carinho e presença constante. Aos meus filhos, que com sua energia e alegria me inspiraram a seguir em frente, mesmo nos momentos mais difíceis, sou eternamente grata por cada sorriso e por me lembrarem todos os dias do que realmente importa.

Agradeço também à minha mãe, Neiva Paz Rehbein, e à minha irmã, Ana Paula Paz Rehbein, que com seu amor e presença, foram fontes de força e carinho. A presença de meu pai, Wilson Rehbein, e meu irmão, Adriano Andrade, permanece viva em meu coração, e sei que eles ficariam profundamente felizes com essa minha conquista. Foram eles que me ensinaram o verdadeiro significado de perseverança.

Aos meus incentivadores, Filippo Cambria e Gabriele Corbari, meus chefes e donos da empresa Unika, minha imensa gratidão pela confiança, incentivo e por me proporcionarem um ambiente de crescimento e aprendizado constante.

À minha orientadora, Luana Cristina Paludo, meu profundo agradecimento por toda paciência, dedicação e orientação ao longo dessa jornada. Seu apoio e ensinamentos foram fundamentais para o desenvolvimento.

E, por fim, aos meus pastores, Felipe Rolim e Ana Paula Rolim, que com suas orações e apoio espiritual me fortaleceram e me ajudaram a manter a fé firme. Também agradeço aos amigos que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo seu apoio incondicional, compreensão e amizade.

Essa jornada não teria sido possível sem o amor, o apoio e os ensinamentos de cada um de vocês.

"A ciência de hoje determina o alimento de amanhã; que seja o conhecimento a impulsionar a qualidade e a segurança para todos."

RESUMO

As embalagens tradicionais desempenham a função básica de proteger os alimentos contra deterioração, enquanto as embalagens ativas e inteligentes têm a função de interagir com os produtos alimentícios e o ambiente interno da embalagem para aumentar a vida útil e preservar as qualidades organolépticas e nutricionais dos alimentos. Este estudo aborda o uso de embalagens ativas e inteligentes como alternativas inovadoras para reduzir o uso de aditivos alimentares na indústria alimentícia. Para a elaboração desse estudo, realizou-se uma revisão bibliográfica em diferentes bases de artigos como Google Acadêmico, SciELO e Research Rabbitapp. As palavras-chave utilizadas foram “embalagens inteligentes para alimentos”, “aditivos alimentares”, “embalagens ativas”, “conservação de alimentos”, “aditivos e riscos à saúde”, “uso de embalagens ativas na substituição de aditivos” e “consumo de aditivos alimentares e efeitos à saúde”. Foram analisados 36 artigos, selecionados com base em sua relevância, qualidade metodológica e contribuição para o tema proposto. O período escolhido foi entre os anos de 2016 e 2024 para garantir que a pesquisa estivesse alinhada com os avanços mais recentes, considerando estudos atualizados das embalagens ativas e inteligentes e dos aditivos alimentares. A pesquisa evidencia os diferentes tipos de embalagens ativas, incluindo sistemas emissores e absorvedores, os quais oferecem benefícios como a modificação da atmosfera interna, o controle de umidade, e a liberação de conservantes e antimicrobianos. Com o uso de substâncias ativas, as embalagens podem, significativamente, reduzir a necessidade de aditivos alimentares químicos, diminuindo riscos à saúde e promovendo produtos mais naturais e seguros. As embalagens inteligentes monitoram as condições de qualidade dos alimentos e fornecem informações cruciais para garantir maior segurança alimentar. O estudo também destaca as aplicações práticas dessas tecnologias, como a utilização de reguladores de umidade, sistemas de remoção de etileno e absorvedores de dióxido de carbono, além de soluções baseadas em antioxidantes sintéticos e naturais.

Palavras-chave: Embalagens inteligentes; Aditivos alimentares; Embalagens ativas; aditivos e riscos à saúde.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. OBJETIVOS.....	8
1.1.1 Geral.....	8
1.2.1. Específicos.....	9
2. METODOLOGIA	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
3.1 ASPECTOS TECNOLÓGICOS E IMPACTOS NA SAÚDE HUMANA DOS ADITIVOS ALIMENTARES.....	10
3.1.1 Definição do que são aditivos alimentares e o uso na indústria alimentícia	10
3.1.2 Aditivos mais comuns utilizados e os riscos à saúde humana	11
3.1.2.1 Conservantes.....	11
3.1.2.2 Antioxidantes.....	12
3.1.2.3 Corantes.....	13
3.1.2.4 Aromatizantes.....	15
3.1.2.5 Edulcorantes.....	15
3.1.2.6 Acidulantes.....	16
3.1.2.7 Realçadores de sabor.....	17
3.1.2.8 Estabilizantes.....	17
3.1.2.9 Emulsificantes.....	18
3.1.2.10 Espessantes.....	18
3.1.2.11 Resumo dos Aditivos Alimentares mais utilizados na Indústria e seus Impactos à saúde.....	18
3.2 ALTERNATIVA: EMBALAGENS ATIVAS E INTELIGENTES.....	19
3.2.1 Função das Embalagens na Indústria Alimentícia: Alternativas Inovadoras para Redução de Aditivos Alimentares	19
3.2.2 Benefícios e aplicações das Embalagens Ativas e Inteligentes	20
3.2.2.1 Embalagens ativas.....	20

3.2.2.1.1 Embalagens ativas com sistemas absorvedores.....	21
3.2.2.1.1.1. Reguladores de umidade.....	21
3.2.2.1.1.2. Sistemas de remoção de etileno.....	22
3.2.2.1.1.3. Catadores de dióxido de carbono.....	23
3.2.2.1.2. Embalagens ativas com sistemas emissores.....	24
3.2.2.1.2.1 Embalagem ativa microbiana.....	24
3.2.2.1.2.2 - Antioxidantes sintéticos e eliminadores de oxigênio.....	26
3.2.2.2 Embalagens inteligentes.....	29
4. CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

Os aditivos alimentares se tornaram indispensáveis nos alimentos industrializados por sua capacidade de garantir a conservação e vida útil. Porém, com o passar dos tempos, estudos associaram a utilização dos aditivos a efeitos prejudiciais à saúde, como câncer, alergias e outras enfermidades (Abreu, 2019). Segundo Santos, De Oliveira Calixto e Da Silva Neumann (2023), dentre as substâncias químicas utilizadas atualmente como aditivos alimentares os corantes foram considerados os mais genotóxicos, induzindo danos ao DNA.

O uso de aditivos também levanta preocupações relacionadas a impactos ambientais, pois, resíduos alimentares que contêm aditivos podem desativar enzimas, prejudicando a produção de metano, essencial para recuperação de energia da biomassa por digestão anaeróbica, e os aditivos podem promover a resistência a antibióticos, ameaçando a saúde pública (Qing Xu *et al.*, 2023).

Dessa forma, o estudo para substituir aditivos alimentares por embalagens ativas e inteligentes surge como uma solução inovadora, pois essas embalagens têm a função de detectar, monitorar, controlar e registrar as mudanças na qualidade do alimento, tanto internamente como externamente e representam um avanço na busca por soluções sustentáveis, além de permitir a rastreabilidade e ajuda no aumento de vida útil do alimento. O papel essencial das embalagens na indústria alimentícia é garantir a qualidade e a segurança dos alimentos, não somente, mas também fornecer aos consumidores informações importantes sobre os alimentos (Janjarasskul; Suppakul, 2017).

Neste contexto, é objetivo desta revisão analisar as possibilidades da substituição de aditivos alimentares por embalagens inteligentes, estudando seus benefícios, desafios e impactos, buscar entender como essas tecnologias podem melhorar a qualidade e vida útil dos alimentos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Estudar o contexto das publicações científicas sobre o consumo de aditivos alimentares e as possíveis consequências para a saúde. Além disso, analisar a viabilidade da substituição deles por embalagens ativas e inteligentes na conservação de alimentos, considerando seus benefícios e desafios.

1.2.1. Específicos

- Identificar os aditivos alimentares usados na indústria alimentícia e avaliar seus riscos à saúde humana.
- Analisar as propriedades e os mecanismos de ação das embalagens ativas e inteligentes.

2. METODOLOGIA

O trabalho de conclusão de curso foi realizado por meio de uma revisão bibliográfica. A pesquisa foi realizada nas bases de dados Researchrabbittapp, SciELO (Scientific Electronic Library Online), Google Acadêmico e Portal de Periódicos da Capes. As palavras-chave utilizadas foram: “embalagens inteligentes para alimentos”, “aditivos alimentares”, “embalagens ativas”, “conservação de alimentos”, “aditivos e riscos à saúde”, “uso de embalagens ativas na substituição de aditivos” e “consumo de aditivos alimentares e efeitos à saúde”. Os artigos selecionados foram publicações nacionais e internacionais e a revisão foi delimitada a estudos publicados entre 2016 à 2024, para garantir a atualização das informações.

Os artigos selecionados foram aqueles que apresentaram relevância para o tema, qualidade metodológica e a contribuição para o entendimento das vantagens e desafios da substituição de aditivos por embalagens ativas e inteligentes. A partir da análise dos dados coletados, foram comparados os métodos tradicionais de conservação com aditivos e as soluções oferecidas pelas embalagens ativas e inteligentes, destacando os pontos fortes e limitações de cada um.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ASPECTOS TECNOLÓGICOS E IMPACTOS NA SAÚDE HUMANA DOS ADITIVOS ALIMENTARES.

3.1.1 Definição do que são aditivos alimentares e o uso na indústria alimentícia.

Segundo a ANVISA (RDC nº 778/2023; BRASIL, 2023, p. 2)., aditivo alimentar é definido como:

Todo ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento.

Os aditivos alimentares apresentam funções e necessidades de aplicações diferentes, como intensificar o sabor dos alimentos, preservar a cor, promover homogeneização, evitar oxidações e conservar o alimento, aumentando o prazo de validade. Existem diversas classes desses compostos químicos, que varia conforme sua função: conservante, estabilizante, corante, acidulante, emulsificante, adoçante, entre outras. O uso de aditivos alimentares é necessário na indústria de alimentos para entregar ao consumidor final alimentos de qualidade, com segurança e prazo de validade extenso, além disso a indústria utiliza os aditivos para reduzir custos de fabricação (Fontes, 2022).

Os aditivos são regulamentados por especificações em cada país, no Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) é a responsável, enquanto na União Europeia, a EC 1333/2008 estabelece diretrizes semelhantes. A FAO e a OMS, por meio do JECFA, um comitê científico que tem por objetivo avaliar os efeitos e toxicidade relacionadas ao consumo dos aditivos alimentares, reunindo essas informações para compor o Codex Alimentarius, um material que reúne diretrizes sobre os aditivos e serve legislações fabricação (Fontes, 2022).

Há uma classificação específica para os aditivos, que serão utilizados para cada tipo de alimento, na forma correta e necessária. Dentre os principais, nesta classificação de aditivos, estão: conservantes, antioxidantes, corantes,

aromatizantes, edulcorantes, acidulantes, realçadores de sabor, estabilizantes, emulsificantes e espessantes (Vincenzi *et al.* 2021). Na sequência, serão abordadas as diversas classificações dos aditivos alimentares e seus efeitos na saúde, proporcionando uma compreensão mais aprofundada sobre o impacto desses compostos na alimentação e saúde dos consumidores.

3.1.2 Aditivos mais comuns utilizados e os riscos à saúde humana

3.1.2.1 Conservantes

Os conservantes são substâncias usadas nos alimentos para preservar suas características, com a função de impedir ou retardar as mudanças provocadas por micro-organismos. Para definir qual conservante utilizar é necessário considerar fatores como o efeito no paladar, custo e eficiência, facilidade na aplicação e os tipos de microrganismos que deseja controlar (Vincenzi *et al.* 2021).

A aplicação em alimentos na maioria é através de aditivos sintéticos, como os nitritos, nitratos, sulfitos e benzoatos. Esses aditivos são os que apresentam maiores riscos à saúde quando consumidos em excesso, provocando danos à pele e complicações gastrointestinais em virtude de alergias e intolerâncias (Fontes, 2022).

Os benzoatos como Benzoato de sódio (210) está relacionado às dermatites de contato (Fontes, 2022). Os sulfitos como Sulfito de cálcio (227), Sulfito sódico (221), Metabissulfito potássico (224) e ácido benzoico (211), esses estão relacionados a problemas de saúde como asma e anafilaxias (Fontes, 2022) e transtorno de déficit de atenção com hiperatividade (Souza *et al.* 2019). Os sulfitos podem ocasionar uma reação anafilática, por exemplo, o dióxido de enxofre gasoso, é produzido pelo contato com agentes sulfitantes, podendo causar diarreia, dor abdominal, cefaleia e broncoconstrição que é a contração da musculatura dos brônquios, o que dificulta a passagem de ar pelas vias aéreas e compromete a respiração, principalmente para indivíduos asmáticos (Souza *et al.* 2019).

Os Nitratos são substâncias cancerígenas, desencadeando neoplasias como as gastrointestinais. Importante ressaltar que o nitrito é mais tóxico que o nitrato, porém o nitrato é reduzido em nitrito na corrente sanguínea (De Almeida *et al.* 2023). A utilização em excesso deste, pode desencadear metahemoglobinemia (condição médica na qual a quantidade de metemoglobina no sangue está aumentada, o que interfere na capacidade de transportar oxigênio de forma eficaz), também relacionadas ao aumento da pressão arterial e ao surgimento de doenças cardíacas, ação vasodilatadora, cefaleia. Seu consumo a longo prazo desencadeia doenças no aparelho circulatório, tumores de esôfago, estômago, reto, mama, ovário e cólon (Souza *et al.* 2019).

Dos conservantes sintéticos, os mais aplicados são os ácidos orgânicos, como os ácidos sórbico, acético e propiônico, pois não estão associados com riscos à saúde (Fontes, 2022). O sorbato de potássio, por exemplo, atualmente está sendo utilizado em produtos cárneos, para substituir o uso de nitritos e nitratos para inibir a bactéria *Clostridium botulinum* que é responsável pela doença do botulismo (Vincenzi *et al.* 2021).

Cada conservante é específico para determinado tipo de alimento, deve-se seguir as legislações a respeito do seu uso e quantidade máxima permitida para ingestão, pois quando consumido à longo prazo ou ingerido uma dose superior ao que é determinado pelos órgãos controladores, pode ocasionar problemas de saúde ao ser humano (Vincenzi *et al.* 2021).

3.1.2.2 Antioxidantes

Os antioxidantes são substâncias utilizadas para evitar ou controlar a oxidação lipídica, preservando o sabor, cor, textura e prolongando a vida de prateleira (Porto *et al.* 2020). São utilizados para preservar os alimentos por meio do retardamento da deterioração, rancidez e descoloração, principalmente em alimentos ricos em gorduras (Souza *et al.* 2019).

Os antioxidantes podem ser os naturais e sintéticos, dentre os naturais os mais conhecidos são os ácidos orgânicos, antocianinas e carotenoides. Dentre os ácidos orgânicos está o ácido ascórbico (vitamina C), se a ingestão diária desse antioxidante for superior a dez gramas, poderá ocasionar o

surgimento de cálculos renais. Os carotenoides em concentrações elevadas podem modificar as propriedades de membranas biológicas, facilitando a adesão de toxinas ao oxigênio ou metabólitos. Os polifenóis podem alterar funções fisiológicas no organismo, podendo causar efeitos adversos no trato gastrointestinal, alterações das funções das plaquetas e a competição com glicose para transporte transmembrana, dentre outras reações adversas (Souza *et al.* 2019).

Os Antioxidantes sintéticos mais aplicados pela indústria são BHA (butil-hidroxi-anisol), BHT (butil-hidroxi-tolueno) e TBHQ (terc-butilhidroquinona) e o PG (propil galato), encontrados em alimentos ricos em óleos e gorduras, tais como biscoitos, margarina, manteiga, salgadinhos, entre outros (Franco, 2019).

Estudos demonstram que doses elevadas de BHT podem desencadear problemas hepáticos e o BHA ativa o aumento da excreção urinária de ácido ascórbico, retardo de crescimento infantil e elevação da mortalidade perinatal e pode desencadear urticária crônica e dermatites (Souza *et al.* 2019; Fontes, 2022).

Estes antioxidantes sintéticos também são considerados fatores de transtorno de déficit de atenção e hiperatividade em crianças, assim como induz danos no estômago, cólon, bexiga e cérebro, podendo, em longo prazo, desenvolverem neoplasias (Souza *et al.* 2019).

O antioxidante eritorbato de sódio (INS 316), usado na fabricação de linguiças, para estabilizar a cor e aumentar tempo de prateleira, se a ingestão for excessiva pode acarretar o desenvolvimento de doenças crônicas, como hipertensão arterial, acidente vascular cerebral, hipertrofia ventricular esquerda e doenças renais, a ingestão diária do brasileiro é três vezes superior a indicada (Porto *et al.* 2020).

Os antioxidantes desempenham um papel importante na preservação dos alimentos, garantindo maior estabilidade e vida útil ao retardar a oxidação lipídica. No entanto, o uso prolongado ou de quantidades excessivas, pode acarretar riscos para a saúde, sua aplicação na indústria alimentícia deve ser cuidadosamente monitorada, considerando os limites seguros de consumo e os efeitos adversos à saúde (Souza *et al.* 2019).

3.1.2.3 Corantes

Os corantes são substâncias utilizadas nos alimentos para intensificar a cor que já possuem melhorando suas características físicas (Souza *et al.* 2019). São aditivos alimentares, responsáveis por conferir, intensificar ou restaurar a cor de um alimento ou bebida (Guimarães *et al.* 2023).

Segundo Dias *et al.* (2018), estudos toxicológicos sobre o consumo em excesso de corantes artificiais indicam efeitos indesejáveis ou adversos como ocorrência de reações tóxicas que causam alergias, alterações comportamentais e potencial carcinogênico, além das intoxicações por substâncias como chumbo, mercúrio e arsênico. Levando em consideração que são substâncias que apenas tem a função de colorir, sem agregar valor nutritivo e podendo causar danos à saúde, torna-se desnecessária a sua utilização no ponto de vista nutricional.

O uso do corante tartrazina pode ocasionar predisposição a reações alérgicas como urticária, rinite, asma, bronquite e angioedema e redução da imunidade, além de estar associada a sintomas de hiperatividade, aumento da quantidade de eosinófilos no sangue e inibição da síntese de tromboxano. O corante amarelo crepúsculo pode causar reações alérgicas, inibição da síntese de tromboxanos, complicações nos vasos sanguíneos que levam a vasculites, manchas na pele indolores e problemas gástricos.

O corante carmin pode causar incidência de asma, sensibilização, anafilaxia e reações. O corante vermelho 40, por sua vez, alergias na pele, problemas respiratórios e hiperatividade, alguns corantes vermelhos podem interferir na coagulação sanguínea. O azul brilhante pode desencadear eczema, asma e hiperatividade em crianças, e deve ser evitado por pessoas que possuem alergia às purinas. O corante amaranto está relacionado a atividade carcinogênica e deve ser evitado por pessoas sensíveis à aspirina. O vermelho eritrosina pode causar aumento do hormônio tireoidiano. O indigotina efeitos colaterais como náuseas, vômitos, hipertensão, alergias e problemas respiratórios. O vermelho ponceau pode desencadear anemias, doenças renais e vasculites (Souza *et al.* 2019).

Isto mostra que o uso de corantes artificiais pode não ser uma alternativa viável, considerando a preocupação crescente com a saúde e os

riscos potenciais associados ao seu consumo excessivo. Embora tenham um papel estético importante na aparência dos alimentos, sua ausência de valor nutricional e os efeitos adversos à saúde reforçam a necessidade de buscar alternativas mais seguras, como corantes naturais ou a redução de aditivos alimentares, promovendo um consumo de alimentos mais saudáveis (Dias *et al.* 2018).

3.1.2.4 Aromatizantes

Os aromatizantes são aditivos que podem ser naturais, idêntico ao natural e artificiais e são aplicados ao alimento para intensificar sabor (Fontes, 2022). A classe dos aromatizantes é a mais encontrada em alimentos voltados ao público infantil, o uso de aromatizantes está relacionado com a melhoria sensorial dos produtos, agradando o paladar (Braga *et al.* 2021).

Marques *et al.* (2021) declararam em sua pesquisa que os aromatizantes, se utilizados em baixa quantidade, não tem risco à saúde humana. Se utilizados em alta dosagem podem provocar ações de irritabilidade e toxicidade celular crônica.

Os aromatizantes são importantes na melhoria sensorial dos alimentos, especialmente em produtos voltados para o público infantil, ao intensificar sabores e prazer ao paladar. No entanto, seu uso deve ser cauteloso, pois, embora em baixas quantidades sejam considerados seguros, o consumo em doses elevadas pode causar efeitos adversos, como irritabilidade e toxicidade celular crônica. Isso destaca a necessidade de regulamentações rigorosas e de consumo consciente com proteção à saúde dos consumidores (Marques *et al.* 2021).

3.1.2.5 Edulcorantes

Os edulcorantes são utilizados para substituir o açúcar nos alimentos industrializados, conferem o sabor doce sem que o consumidor tenha problema com a ingestão de açúcar, seja pelos efeitos de doenças como o diabetes ou pelo controle de calorias para manter uma dieta alimentar (Fontes, 2022).

A frutose é um adoçante e edulcorante, seu uso contínuo pode gerar resistência à insulina, complicações vasculares, renais, oculares, obesidade,

aumento do LDL-colesterol, triglicerídeos, massa gorda total e visceral e acumulação de gordura no fígado e músculo. Em contrapartida, o uso contínuo de sorbitol pode trazer complicações do diabetes, como retinopatia, neuropatia e nefropatia diabética, pode ocasionar a perda de minerais pelo organismo, principalmente do cálcio, contribuindo para a formação de cálculos renais (Souza *et al.* 2019).

Os edulcorantes manitol, lactitol e xilitol tem efeito laxativo e seu uso excessivo pode levar a problemas como falência hepática e distúrbios glicêmicos. Já o aspartame tem relação com o aumento da chance de desenvolvimento de tumor cerebral, reações alérgicas, leucemia, doença de Parkinson e Alzheimer. Enquanto, o ciclamato e a sacarina são contraindicados para quem tem doença renal e hipertensão e a combinação dos dois edulcorantes está associada ao desenvolvimento de câncer de bexiga (Souza *et al.* 2019).

Portanto, mesmo que os edulcorantes sejam usados como alternativa ao açúcar em alimentos industrializados, é importante considerar os riscos à saúde associados ao seu consumo prolongado ou excessivo. Seus impactos na saúde, incluem desde distúrbios metabólicos e complicações renais até doenças graves, como câncer e neurodegeneração, destacam a importância de um uso moderado e criterioso e a importância em promover a conscientização sobre seus efeitos e buscar alternativas que conciliem segurança, funcionalidade e saúde do consumidor, incentivando pesquisas para o desenvolvimento de substitutos mais seguros e eficazes (Souza *et al.* 2019)

3.1.2.6 Acidulantes

Segundo Fontes (2022) os acidulantes são utilizados na indústria alimentícia para aumentar a acidez, promovendo sabor ácido e utilizado para reduzir o pH, o que ajuda na estabilidade microbiológica. Os acidulantes intensificam a cor e modificam a textura, reduzindo o sabor doce, imitando o sabor de algumas frutas.

O ácido cítrico é um dos mais utilizados para promover sabor e para evitar escurecimento em polpas de frutas, esse ácido orgânico é utilizado na fabricação de produtos de panificação, doces, refrigerantes e na composição

de sabores artificiais (Fontes, 2022). Segundo Silva *et al.* (2019) alguns sintomas provocados pela administração de grandes doses de ácido cítrico aumentam a atividade geral, aparecendo hiperpneia, vaso dilatação periférica, salivação, convulsões crônicas e tônicas. Enquanto, o ácido fosfórico, é um ácido que tem por função conservar o alimento, assim como intensificar o sabor, porém podem causar, principalmente em crianças a descalcificação dos dentes e dos ossos, levando ao enfraquecimento (Silva *et al.* 2019).

Os acidulantes desempenham um papel importante na indústria alimentícia, contribuindo para a melhoria do sabor, estabilidade e aparência dos produtos. No entanto, o uso deve ser cuidadosamente balanceado para garantir benefícios tecnológicos sem comprometer a saúde, especialmente em populações mais vulneráveis como as crianças (Silva *et al.* 2019)

3.1.2.7 Realçadores de sabor

Segundo Fontes (2022) os realçadores de sabor são aditivos utilizados para realçar o sabor dos alimentos, tornando os alimentos mais saborosos e palatáveis, não modificam o alimento, somente tem a finalidade de realçar o sabor. O mais utilizado é o glutamato monossódico (GMS).

Segundo Domingues *et al.* (2016) o composto GMS é muito apreciado na culinária, principalmente da culinária oriental, mas está sendo apontado como importante gatilho de dores de cabeça, hipertensão e obesidade. O glutamato é considerado uma excitotoxina, pois ele superestimula as células nervosas, é fisiologicamente utilizado como neurotransmissor e seu consumo diário ou frequente tem sido associado à certas doenças neurológicas como: Alzheimer, Parkinson, dificuldade de aprendizado, hiperatividade, enxaquecas e grande risco de desenvolvimento de câncer do aparelho digestivo.

Mesmo sendo considerado seguro em quantidades moderadas, é importante conscientizar-se de que o consumo frequente e em quantidades elevadas de GMS pode causar danos à saúde.

3.1.2.8 Estabilizantes

Os estabilizantes são utilizados para manter a mistura homogênea de duas ou mais substâncias que não se misturam de forma homogênea quando

combinadas em um alimento. Assim, uma mistura, terá as mesmas características de cor, textura e sabor. Os estabilizantes são em sua grande maioria polissacarídeos obtidos naturalmente e por essa razão não estão relacionados a danos à saúde dos consumidores (Fontes, 2022).

3.1.2.9 Emulsificantes

Os emulsificantes são utilizados para unir duas fases imiscíveis de um alimento, proporciona a emulsão entre uma fase lipídica e uma outra não lipídica, são geralmente aplicados em produtos os chocolates, sorvetes, pastas e massas em geral (Fontes, 2022)

3.1.2.10 Espessantes

Os espessantes são utilizados para aumentar a viscosidade, sem variar o sabor do alimento, com a utilização desses aditivos pode-se chegar a uma viscosidade desejada que não teria naturalmente ao misturar os ingredientes de um determinado alimento. Alguns tipos de espessantes também se comportam como estabilizantes, essas são substâncias que possuem a capacidade de suprir as duas funções, são geralmente utilizados na produção de produtos lácteos, molhos, geleias e bolos (Fontes, 2022).

3.1.2.11 Resumo dos Aditivos Alimentares mais utilizados na Indústria e seus Impactos à saúde

No Quadro 1: Mostra classe, função e exemplos dos aditivos alimentares e possíveis riscos à saúde.

Quadro 1

Classe	Função	Exemplos	Riscos à Saúde
Conservantes	Prevenir deterioração microbiana (Souza <i>et al.</i> 2019)	Nitritos, nitratos, benzoatos e sulfitos	Alergias, neoplasias gastrointestinais, dermatites de contato, asma e anafilaxias, transtorno de déficit de atenção com hiperatividade. (Souza <i>et al.</i> 2019)
Antioxidantes	Prevenir oxidação lipídica (Souza <i>et al.</i> 2019)	BHA, BHT, TBHQ e PG	Problemas hepáticos, urticária, dermatites, câncer e retardo de crescimento infantil.

			(Porto <i>et al.</i> 2020).
Corantes	Intensificar ou restaurar a cor (Souza <i>et al.</i> 2019).	Tartrazina, amarelo crepúsculo, Carmin, Vermelho 40, azul brilhante, Amarantho, Vermelho ponceau, Indigotina e Eritrozina	Urticária, rinite, asma, bronquite, angioedema, redução da imunidade, hiperatividade, problemas gástricos, câncer, anemias, doenças renais e vasculites (Souza <i>et al.</i> 2019).
Aromatizantes	Intensificar o sabor (Fontes, 2022)	Aromatizantes naturais, idênticos ao natural e artificiais	Irritabilidade e toxicidade celular crônica (Marques <i>et al.</i> 2021)
Edulcorantes	Substituir o açúcar (Fontes, 2022).	Frutose, sorbitol, aspartame, ciclamato, sacarina	Resistência à insulina, complicações vasculares, renais, oculares, obesidade, complicações vasculares, tumor cerebral, reações alérgicas, leucemia, doença de Parkinson e Alzheimer (Souza <i>et al.</i> 2019).
Acidulantes	Aumentar a acidez (Fontes, 2022)	Ácido cítrico, ácido fosfórico	Descalcificação dos dentes, problemas gastrointestinais, hiperpneia, vaso dilatação periférica, salivação, convulsões crônicas e tônicas (Silva <i>et al.</i> 2019).
Realçadores de Sabor	Realçar o sabor (Fontes, 2022).	Glutamato monossódico (GMS)	Doenças neurológicas, câncer do aparelho digestivo, gatilho de dores de cabeça, hipertensão, obesidade, Alzheimer e Parkinson (Domingues <i>et al.</i> 2016)
Estabilizantes	Manter a mistura homogênea (Fontes, 2022).	Polissacarídeos naturais	Geralmente seguros (Fontes, 2022).
Emulsificantes	Unir fases imiscíveis (Fontes, 2022).	Utilizados em chocolates, sorvetes, pastas	Geralmente seguros (Fontes, 2022).
Espessantes	Aumentar a viscosidade (Fontes, 2022).	Utilizados em produtos lácteos, molhos, geleias	Geralmente seguros (Fontes, 2022).

Fonte: A autora (2024).

3.2 ALTERNATIVA: EMBALAGENS ATIVAS E INTELIGENTES

3.2.1 Função das Embalagens na Indústria Alimentícia: Alternativas Inovadoras para Redução de Aditivos Alimentares.

Segundo Silva *et al.* (2021) a função básica das embalagens é proteger o alimento contra ações químicas, físicas ou microbiológicas e garantir a sua integridade comercial, agindo como uma barreira contra o meio externo. As embalagens modernas de alimentos, além das funções básicas de contenção, proteção e comercialização do produto, tem função ativa que permite que as embalagens desempenhem um papel dinâmico na preservação dos alimentos, essas embalagens inovadoras têm interação entre embalagem e o ambiente interno, para fornecer proteção ativa aos alimentos (Drago *et al.* 2020).

O aumento da necessidade por produtos saudáveis, seguros e frescos impulsionou o desenvolvimento de tecnologias inovadoras para preservar e garantir a qualidade dos alimentos da maneira mais natural possível. Assim, pesquisas em ciência e engenharia de materiais levaram ao desenvolvimento de embalagens ativas, que buscam aumentar a vida útil dos produtos alimentícios, preservando suas características originais (Martinazzo *et al.* 2020).

Segundo Drago *et al.* (2020) a inovação em embalagens de alimentos é representada pelo avanço das tecnologias de embalagem ativas e inteligentes, que tem a função de entregar produtos alimentícios mais seguros e com qualidade. As embalagens ativas contêm componentes ativos na embalagem com o objetivo de interagir com os alimentos para melhorar a vida útil e manter a qualidade do produto, evitando a deterioração acelerada, o desperdício e a ocorrência de surtos alimentares (Nascimento *et al.* 2021). As embalagens inteligentes, por sua vez, têm a função de monitorar as condições dos alimentos, fornecendo informações sobre a qualidade do produto (Drago *et al.* 2020).

Segundo Nascimento *et al.* (2021) O uso de substâncias ativas nas embalagens pode diminuir a necessidade de aditivos químicos diretamente nos alimentos, promovendo uma melhor interação com os elementos-alvo e evitando reações indesejadas durante o processamento.

Isso reforça a importância de estudar e adotar esses tipos de embalagens, especialmente na busca por alternativas mais eficazes e

sustentáveis para a conservação de alimentos. Essas embalagens oferecem vantagens significativas em relação às convencionais, incluindo a possibilidade de reduzir ou até eliminar o uso de conservantes nas formulações alimentícias, promovendo produtos mais naturais e seguros para o consumo.

3.2.2 Benefícios e aplicações das Embalagens Ativas e Inteligentes

3.2.2.1 Embalagens ativas

Segundo Drago *et al.* (2020) as embalagens ativas incorporam componentes ativos que interagem com o alimento ou com o seu ambiente para manter ou prolongar a qualidade e a vida útil do produto, tem a função de modificar ativamente a atmosfera dentro da embalagem, absorvendo oxigênio ou liberando conservantes. As mesmas interagem com os alimentos para melhorar sua durabilidade, ajudando a evitar a deterioração acelerada e reduzindo o desperdício de alimentos, o uso de substâncias ativas nas embalagens pode diminuir a necessidade de aditivos químicos diretamente nos alimentos (Nascimento *et al.* 2021).

O principal objetivo da embalagem ativa é prevenir a contaminação microbiana e química, bem como manter as propriedades visuais e organolépticas dos alimentos (Drago *et al.* 2020). Esses benefícios tornam as embalagens ativas uma solução inovadora e essencial para atender às demandas da indústria alimentícia moderna (Nascimento *et al.* 2021).

A incorporação de substâncias ativas em embalagens pode ser feita de duas formas: em um recipiente acoplado ao alimento ou diretamente no material da embalagem, permitindo liberação controlada e aumentando a segurança do consumidor (Nascimento *et al.* 2021). A biotecnologia oferece mecanismos para obter propriedades ativas, divididas em absorvedores e emissores (Nascimento *et al.* 2021). As embalagens com sistemas emissores incorporam substâncias ao material da embalagem, como por exemplo, dióxido de carbono, etanol, antioxidantes, antimicrobianos, conservantes e estes são liberados gradativamente ao alimento (Braga; Silva, 2017). Existem diversos tipos de embalagens ativas, que serão descritas nos próximos subtópicos.

3.2.2.1.1 Embalagens ativas com sistemas absorvedores

As embalagens ativas com sistemas absorvedores visam remover os compostos indesejáveis do espaço livre da embalagem ou ao redor do alimento, tais como: oxigênio, etileno, dióxido de carbono, água e outros compostos específicos que aceleram a degradação do produto alimentício (Braga; Silva, 2017). As embalagens ativas incluem diferentes mecanismos de sistemas de absorvedores, sendo eles os reguladores de umidade, sistemas de remoção de etileno e catadores de dióxido de carbono, que contribuem na prolongação da vida útil e qualidade de frutas e vegetais embalados (Peron *et al.* 2022)

3.2.2.1.1.1. Reguladores de umidade

Absorventes de umidade são embalagens ativas, que controlam o excesso de umidade para prolongar a vida útil dos alimentos. Com a diminuição da atividade de água, há a inibição da proliferação microbiana e inibição de mudanças indesejadas na qualidade dos alimentos, principalmente em alimentos secos. O principal objetivo dos absorventes de umidade é a redução da atividade da água dos alimentos usando substratos ou substâncias higroscópicas, proporcionando um ambiente menos adequado para o crescimento e deterioração de mofo, levedura e bactérias (Drago *et al.* 2020).

Os eliminadores de umidade podem ser definidos como “controladores de umidade relativa”, que reduz a umidade no espaço livre, enquanto os “removedores de umidade” absorvem líquidos exsudados dos alimentos e são normalmente colocados no fundo de produtos frescos e embalagens de carnes. Exemplos de absorvedores são almofadas, lençóis, tabuleiros e cobertores absorventes. Sachês contendo dessecantes como óxido de cálcio, cloreto de cálcio, peneiras moleculares, argilas naturais e sílica gel são geralmente empregados para controle de umidade em alimentos com baixo nível de umidade (Drago *et al.* 2020).

Os compostos inorgânicos usados como dessecantes incluem materiais como sílica gel, bentonita, sulfato de cálcio, peneiras moleculares, que são capazes de reter quantidades crescentes de água à medida que a umidade

aumenta, ou óxidos metálicos, como óxidos de cálcio, bário e magnésio, que reagem irreversivelmente com a água, fornecendo os óxidos correspondentes. Os absorventes de base orgânica utilizados são frutose, sorbitol e celulose e amido modificado (Drago *et al.* 2020).

3.2.2.1.1.2. Sistemas de remoção de etileno

O etileno é um hidrocarboneto insaturado puro, inodoro e incolor. É um hormônio produzido naturalmente pelas plantas, importante em seu ciclo de crescimento, taxa de respiração, embriogênese somática, germinação de sementes, crescimento e desenvolvimento de raízes (Drago *et al.* 2020). A ação do Etileno leva a um processo de amadurecimento apropriado que prepara produtos frescos para o mercado, porém a aceleração do amadurecimento e a degradação da clorofila podem causar uma deterioração da qualidade e reduzir o prazo de validade durante o armazenamento pós-colheita de produtos frescos (Peron *et al.* 2022).

A redução do etileno na atmosfera da embalagem por sistemas ativos pode retardar efeitos indesejados nesses produtos (Peron *et al.* 2022). A remoção do etileno pode ser realizada por absorvedores de etileno, que absorvem e retêm fisicamente suas moléculas (Drago *et al.* 2020).

Braga e Silva (2017), figura 1, avaliaram o efeito de um sistema de absorvedor de etileno em banana. Na figura a mostra (a) exemplo da banana (fruta) que após ser acondicionada em embalagem convencional contendo um sachê absorvedor de etileno no interior da embalagem reduziu o nível de etileno ao redor da fruta, preservou a integridade, qualidade e consistência por



(a)



(b)

mais tempo quando comparada a banana que foi embalada sem presença do sachê (b).

Figura 1 – Efeito de um sistema absorvedor na banana.
Fonte: Braga e Silva, (2017).

3.2.2.1.1.3. Catadores de dióxido de carbono

A presença de dióxido de carbono em embalagens de alimentos é geralmente benéfica, porém em alguns alimentos a atividade microbiana continua durante o armazenamento e distribuição e essa atividade microbiana produz altos níveis de CO₂ dentro da embalagem, causando mudanças indesejáveis como descoloração, sabor desagradável e degradação do tecido (Drago *et al.* 2020).

Exemplos de alimentos que a qualidade é afetada pelo excesso de dióxido de carbono são batata, alface, cebola, pepino, couve-flor, alcachofra, damasco, pêssigo, maçã, cenoura e café torrado (Peron *et al.* 2022). Para remover o excesso foram desenvolvidos removedores colocados na embalagem do alimento na forma de sachês (Drago *et al.* 2020).

O óxido de cálcio e os agentes hidratantes, como o gel de sílica, contidos em sachês porosos, permitem a reação entre a água e o óxido de cálcio, formando hidróxido de cálcio, que finalmente reage com o CO₂ produzindo carbonato de cálcio. Outros absorvedores consistem em hidróxido de sódio, hidróxido de potássio na forma de sachês ou grânulos ou absorvedores físicos (zeólitas, carvão ativado) na forma de esferas e pó (Drago *et al.* 2020).

3.2.2.1.2. Embalagens ativas com sistemas emissores

Nas embalagens ativas com sistemas emissores é incorporado substâncias ao material da embalagem, como por exemplo, dióxido de carbono, etanol, antioxidantes, antimicrobianos, conservantes e estes são liberados gradativamente ao alimento (Braga; Silva, 2017).

3.2.2.1.2.1 Embalagem ativa microbiana

Segundo Drago *et al.* (2020) existem várias tecnologias desenvolvidas para impedir a atividade microbiana através das embalagens e pode ser uma ferramenta eficaz para melhorar a segurança alimentar, estender a vida útil dos alimentos e reduzir o desperdício de alimentos e perdas econômicas. Os sistemas de emissores ativos na embalagem fornecem a liberação controlada de compostos que garantem o nível certo de umidade, evitando a proliferação de microrganismos e deterioração (Braga; Silva, 2017).

O dióxido de carbono é usado em embalagens de atmosfera modificada para prolongar a vida útil dos alimentos, pois tem efeito antimicrobiano, porém deve cuidar da concentração para evitar deformação da embalagem (Drago *et al.* 2020). São utilizados sachês que liberam CO₂ e removem O₂ para manter um ambiente favorável. As soluções comerciais para essa liberação controlada de CO₂ incluem compostos como o carbonato de ferro (II) e misturas de bicarbonato de sódio com ácidos cítricos ou ácido ascórbico (Drago *et al.* 2020).

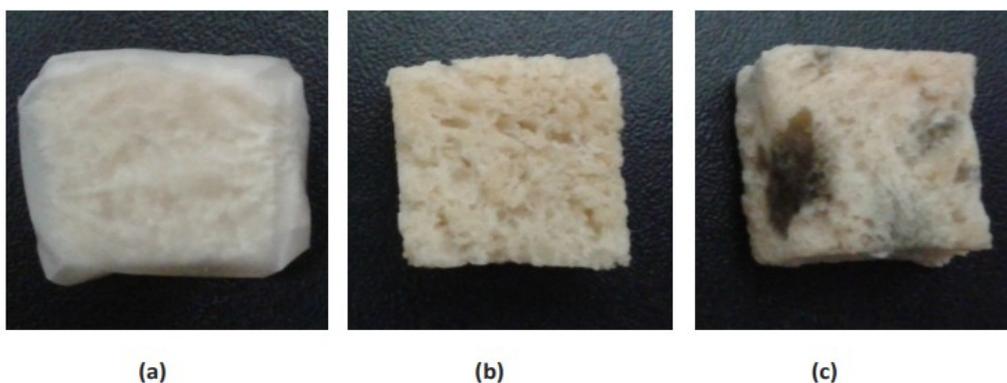
O etanol é um agente antimicrobiano com a função de inibir o crescimento de leveduras, bactérias e fungos, são utilizados sachês ou filmes emissores contendo etanol de grau alimentício que fornecem a troca de etanol com vapor de água no espaço livre da embalagem. A principal desvantagem dos emissores de etanol é a incorporação nos alimentos, que pode ser reduzida a valores insignificantes pelo aquecimento do produto, se não forem aquecidos podem conter etanol e para mascarar o odor do etanol, são adicionados sabores aos sachês (Drago *et al.* 2020).

Os conservantes como dióxido de cloro e dióxido de enxofre em sachês e almofadas na parte interna das embalagens são agentes voláteis com ação antimicrobiana (Drago *et al.* 2020). Conservantes não voláteis com atividade antimicrobiana incluem ácidos fracos e seus sais, como acetato, sorbato, benzoato e propionato. (Van Long; Joly; Dantigny, 2016).

Drago *et al.* (2020) aponta estudos com nanopartículas inorgânicas compostas de íons metálicos de prata, cobre, ouro, platina, selênio e óxidos metálicos como TiO₂, ZnO, MgO e CuO para a produção de embalagens ativas pela incorporação de tais materiais em almofadas adsorventes ou filmes

plásticos, porém há algumas preocupações relacionadas aos potenciais efeitos tóxicos na saúde humana devido à migração para alimentos.

Braga e Silva (2017), na Figura 2, avaliaram um sistema emissor antimicrobiano na forma de filme antimicrobiano de prata. A prata carregada positivamente apresenta um efeito antimicrobiano eficaz contra diversos patógenos, incluindo bactérias e fungos. Na Figura 2, observa-se: (a) uma fatia de pão embalada com filme antimicrobiano, (b) a mesma fatia após 15 dias de estocagem com o filme antimicrobiano e (c) um pão embalado com filme convencional. Os resultados mostram que o filme antimicrobiano foi eficaz em manter a qualidade do pão, preservando sua integridade e reduzindo o



crescimento microbiano em comparação com o filme convencional.

Figura 2 – Filme antimicrobiano no pão.

Fonte: Braga e Silva (2017).

3.2.2.1.2.2 - Antioxidantes sintéticos e eliminadores de oxigênio

A maioria dos produtos alimentícios são sensíveis ao oxigênio, responsável por mudanças indesejáveis nas propriedades organolépticas, como modificações de cor, desenvolvimento de sabores estranhos, bem como deterioração das propriedades nutricionais. Além disso, este auxilia no crescimento microbiano, por isso, alguns métodos são utilizados para minimizar o oxigênio no espaço livre das embalagens de alimentos. A embalagem a

vácuo e a atmosfera modificada são dois métodos eficazes em prolongar a vida útil de alguns alimentos, porém reduz em 0,5 – 2% o volume de oxigênio, enquanto eliminadores podem alcançar valores mais baixos (Drago *et al.* 2020).

O controle dos níveis de oxigênio é obtido usando antioxidantes sintéticos e eliminadores de oxigênio, embalados em sachês, tampas de garrafas, rótulos, filmes plásticos e bandejas (Drago *et al.* 2020). Uma das soluções mais utilizadas são os eliminadores metálicos, que fazem a remoção de oxigênio por meio de reações químicas. Entretanto, pode ocorrer a contaminação dos alimentos devido à quebra acidental, ou interferências com detectores de metais e à inibição do aquecimento por fornos de micro-ondas (Dey; Neogi, (2019).

Os antioxidantes sintéticos geralmente utilizados são compostos fenólicos como hidroxitolueno butilado, hidroxianisol butilado e terc-butil-hidroquinona e galato de propila, que são eliminadores de radicais livres e doadores de hidrogênio. São utilizados em embalagens ativas de alimentos para evitar a oxidação lipídica (Hayouka *et al.*, 2018)

3.2.2.1.2.3 - Agentes para Embalagens Ativas de Produtos Naturais

Segundo Drago *et al.* (2020) estudos mostram que o uso de agentes naturais para a fabricação de embalagens ativas de alimentos é uma tendência, pois agentes antioxidantes e antimicrobianos naturais são mais seguros do que sintéticos.

As bacteriocinas, como pediocinas, nisinas e enterocinas, são peptídeos antimicrobianos produzidos por bactérias, especialmente os lácticos, e são atrativos para a indústria alimentícia devido à sua ação contra patógenos sem alteração do sabor, odor ou cor dos alimentos (Bagde; Vigneshwaran, 2019). Esses compostos, reconhecidos como seguros, apresentam eficácia contra bactérias Gram-positivas e algumas Gram-negativas, sendo inativadas pelo sistema digestivo, o que minimiza seu impacto na microbiota intestinal (Drago *et al.* 2020).

A nisina, amplamente aceita na indústria, é usada em diversos alimentos e mostra estabilidade em filmes poliméricos mesmo sob altas temperaturas,

embora sua eficácia caia em temperaturas extremas (Drago *et al.* 2020). Bacteriocinas e enzimas antimicrobianas, como a lisozima e a glicose oxidase, são aplicadas em embalagens ativas, geralmente imobilizadas ou revestidas para preservar sua estabilidade antimicrobiana (Drago *et al.* 2020).

Segundo Drago *et al.* (2020) os fitoquímicos são originados pelo metabolismo secundário das plantas, podendo auxiliá-las a resistir a infecções causadas por bactérias, fungos e vírus. São substâncias bioativas com ação antioxidante e são considerados conservantes naturais com potencial antimicrobiano e antioxidante em alimentos. Temos o exemplo os óleos essenciais, extrato de plantas, ervas e especiarias. Os óleos essenciais são substâncias voláteis e exercem atividade antimicrobiana devido à alta concentração de compostos fenólicos (até 85%), que provocam danos aos sistemas enzimáticos bacterianos (Otoni *et al.* 2016).

Uma das desvantagens destes fitoquímicos é devido ao seu forte sabor que pode alterar as características organolépticas dos alimentos, sua incorporação em filmes pode ser preferível ao seu uso direto como aditivo alimentar (Costa *et al.* 2023). Exemplos de fontes naturais de óleos essenciais propostas para aplicações de embalagens ativas são alho, canela, capim-limão, orégano, alecrim, tomilho e bergamota (Drago *et al.* 2020).

Materiais de embalagem antioxidantes e antibacterianos com óleos essenciais podem ser produzidos por mistura direta, adsorção, revestimento ou uso de transportadores para criar pequenos sacos que liberam compostos ativos. Outra opção é a embalagem de atmosfera modificada com óleos essenciais na forma gasosa (Filipe *et al.* 2022). Segundo Rodrigues *et al.* (2022) os óleos essenciais podem ser incorporados em materiais hidrofílicos por técnicas de emulsificação ou homogeneização, criando emulsões que, após a secagem, fixam as gotículas lipídicas na matriz polimérica. As emulsões de Pickering, estabilizadas por biopolímeros em vez de surfactantes, oferecem maior estabilidade, maior capacidade de carga e liberação sustentada, protegendo os compostos de fatores externos como a oxidação.

Muitas plantas, ervas e especiarias são consideradas fontes potenciais de antioxidantes devido à grande quantidade de ácidos fenólicos, carotenoides e polifenóis em seus extratos, que podem ser adicionados aos materiais de

embalagem, resultando em uma extensão da vida útil dos alimentos (Drago *et al.* 2020).

Os carotenoides são antioxidantes poderosos, eliminando radicais livres e oxigênio, enquanto os compostos fenólicos possuem atividades antimicrobianas variadas, como desestabilização de membranas e inibidores de enzimas microbianas. Estudos mostram que os carotenoides, como a fucoxantina, têm ação antimicrobiana contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Além disso, misturas de compostos naturais demonstram efeitos sinérgicos, potencializando ações antioxidantes e antimicrobianas, o que atrai interesse na incorporação de extratos naturais em embalagens ativas. Resíduos agroindustriais, como borra de café, cascas de maçã e sementes de uva, são fontes ricas em compostos antioxidantes e podem ser valorizados para aplicações sustentáveis (Drago *et al.* 2020).

3.2.2.1.2.4 – Materiais de mudança de fase

Segundo Da Silva (2020) manter uma cadeia de frio é essencial para a segurança e qualidade dos alimentos refrigerados, mas as embalagens tradicionais possuem baixa eficiência térmica. Os materiais de mudança de fase (PCM) estão ganhando destaque por serem incorporados em embalagens primárias, ajudando a evitar variações indesejadas de temperatura e, conseqüentemente, alterações microbianas, físicas e químicas nos alimentos. Os PCMs absorvem ou liberam calor ao mudar de estado sólido para líquido ou vice-versa e, embora amplamente usados na construção e armazenamento de energia térmica, só recentemente foram aplicados ao setor de alimentação. Esses materiais devem atender aos requisitos térmicos, físicos e satisfazer alguns aspectos econômicos.

Materiais de mudança de fase (PCMs) são compostos usados em embalagens para manter a temperatura ideal e evitar interferências nos alimentos (Drago *et al.* 2020). Eles podem ser classificados como orgânicos (parafínicos e não parafínicos), inorgânicos (metálicos e hidratos de sal) e eutéticos (Drago *et al.* 2020). Cada tipo possui vantagens e desafios, como custo, super-resfriamento, corrosividade e estabilidade. O encapsulamento é essencial para evitar vazamentos, proteger o PCM e controlar a liberação de

energia (Drago *et al.* 2020). As técnicas incluem polimerização, coacervação e secagem por concentração. Apesar do potencial em embalagens de alimentos, os PCMs são mais aplicados em recipientes refrigerados e outros setores, como construção e têxteis. Pesquisas recentes exploram biopolímeros como zeína e alginato para maior sustentabilidade (Drago *et al.* 2020).

3.2.2.2 Embalagens inteligentes

Segundo Teixeira, Soares e Stringheta (2021), as embalagens inteligentes estão relacionadas a comunicação ao consumidor, pois fornecem um feedback dinâmico sobre a qualidade real do produto. Para informar ao consumidor sobre a situação atual do alimento, dispositivos, como indicadores, sensores ou portadores de dados, são inseridos ou incorporados ao corpo da embalagem. Isto, para que possam interagir com os componentes internos e externos dos alimentos e do ambiente em que estão condicionados, e fornecer como resultado uma resposta imediata.

A embalagem inteligente é definida como ciência e tecnologia que usa a função de comunicação para facilitar a tomada de decisões para estender a vida útil, melhorar a segurança, garantir a qualidade, fornecer informações e alertar sobre quaisquer problemas monitorando mudanças no ambiente interno e externo das embalagens (Drago *et al.* 2020).

Segundo Drago *et al.* (2020) o desenvolvimento embalagens inteligentes que fornecem informações sobre as condições tanto do produto alimentar como da integridade da embalagem, permite uma cadeia de abastecimento mais segura e eficiente, evitando transportes e logísticas desnecessárias e reduzindo o desperdício alimentar. As embalagens inteligentes podem também contribuir para melhorar as metodologias de 'Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo' (APPCC) e 'Análise da Qualidade e Pontos Críticos de Controlo' (QACCP), utilizadas para controlar, detectar, prevenir, reduzir e eliminar quaisquer problemas que podem comprometer a qualidade e segurança alimentar (Drago *et al.* 2020).

As principais tecnologias para sistemas de embalagens inteligentes são três: indicadores, sensores e portadores de dados. Os indicadores e sensores têm a função principal de fornecer informações relativas à qualidade do

produto, enquanto a classe de portadores de dados está mais envolvida na gestão da logística da cadeia de suprimentos. Esses sistemas podem ser colocados na embalagem primária, interna ou externa, na embalagem secundária ou terciária (Drago *et al.* 2020).

Segundo Drago *et al.* (2020) Indicadores em embalagens inteligentes fornecem informações visuais sobre a qualidade e segurança de alimentos, geralmente por mudanças irreversíveis de cor. Eles incluem indicadores de tempo-temperatura (TTIs), frescor e gás. TTIs monitoram a temperatura ao longo da cadeia de suprimentos, importante para evitar desperdícios, utilizando mudanças físicas, químicas ou biológicas, como alteração de cor ou deformação. Indicadores de frescor detectam deterioração por metabólitos ou gases gerados por microrganismos, usando corantes sensíveis ao pH ou naturais, mas enfrentam desafios como falsos resultados e questões regulatórias. Indicadores de gás avaliam mudanças na composição interna da embalagem, como oxigênio e dióxido de carbono, sendo úteis em atmosferas modificadas. Sustentáveis e eficientes, esses dispositivos ainda requerem melhorias para maior segurança e padronização industrial.

Sensores em embalagens inteligentes monitoram propriedades químicas, biológicas e físicas para garantir a qualidade e segurança dos alimentos, gerando sinais quantificáveis. Eles incluem sensores químicos, eletroquímicos, ópticos, biossensores e até sensores comestíveis, com aplicações que vão desde a detecção de gases da deterioração até patógenos e condições de armazenamento. Sensores químicos identificam moléculas específicas, como gases, enquanto os eletroquímicos utilizam reações redox para medir concentrações de analitos. Sensores ópticos e biossensores empregam mudanças visuais ou reações biológicas para detectar contaminantes e deterioração. Já os sensores comestíveis, feitos de materiais naturais e biodegradáveis, apresentam inovação ao unir segurança alimentar e sustentabilidade, mas todos os tipos enfrentam desafios como custo, integração e padronização para produção em larga escala (Drago *et al.* 2020).

Segundo Drago *et al.* (2020) Os dispositivos portadores de dados, como códigos de barras e etiquetas eletrônicas, são usados em embalagens inteligentes para rastrear produtos, prevenir roubos e combater falsificações,

mas não monitoram a qualidade dos alimentos. Os códigos de barras evoluíram para versões mais avançadas, como os códigos QR, que armazenam mais informações. As etiquetas eletrônicas, por sua vez, permitem a transferência de dados a longas distâncias e podem ser ativas (com bateria, maior alcance e custo) ou passivas (alimentadas externamente, menor alcance e custo). Apesar dos avanços, essas etiquetas complementam, mas não substituem os códigos de barras.

Em resumo, as embalagens inteligentes desempenham um papel fundamental na comunicação com o consumidor, oferecendo informações importantes sobre a qualidade e segurança dos alimentos, além de garantir a integridade da embalagem. A combinação de tecnologias, como indicadores, sensores e dispositivos portadores de dados, permite um monitoramento dinâmico e em tempo real das condições do produto e do ambiente. Esses sistemas não apenas otimizam a gestão logística, reduzindo desperdícios e melhorando a eficiência da cadeia de suprimentos, mas também colaboram com metodologias de segurança alimentar, como APPCC e QACCP, para prevenir problemas que possam comprometer a qualidade dos alimentos. Embora existam desafios na integração e padronização dessas tecnologias, os avanços contínuos prometem tornar as embalagens inteligentes ainda mais eficientes e sustentáveis, beneficiando tanto a indústria quanto os consumidores (Drago *et al.* 2020).

4. CONCLUSÃO

As embalagens ativas e inteligentes representam uma solução promissora para os desafios enfrentados pela indústria alimentícia, principalmente no que diz respeito à redução do uso de aditivos alimentares. A integração dessas tecnologias na produção de alimentos pode levar a uma diminuição significativa de substâncias químicas indesejáveis nos produtos, beneficiando tanto a saúde dos consumidores quanto o meio ambiente, por meio da diminuição do desperdício de alimentos.

As embalagens ativas, ao interagir com os alimentos e seu ambiente, oferecem a possibilidade de prolongar a vida útil, manter as propriedades nutricionais e sensoriais dos produtos e reduzir o impacto ambiental. Além

disso, a evolução das embalagens inteligentes, que permitem o monitoramento em tempo real das condições de armazenamento, abre novas possibilidades para garantir a qualidade e segurança dos alimentos até o momento do consumo. O avanço dessas tecnologias deve ser considerado uma prioridade para a indústria alimentícia moderna, visto seu potencial de melhorar a qualidade dos alimentos e reduzir os impactos negativos dos aditivos tradicionais, promovendo uma alimentação mais saudável e sustentável.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Gabriella Bueno de. **Análise cienciométrica sobre aditivos alimentares e sua relação com o câncer**. 2019. Dissertação (Graduação) – Curso de Farmácia, da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2019.
- BAGDE, Priyanka; VIGNESHWARAN, Nadanathangam. Improving the stability of bacteriocin extracted from *Enterococcus faecium* by immobilization onto cellulose nanocrystals. **Carbohydrate polymers**, [S. l.], v. 209, p. 172-180, 01 abr. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014486171930027X>. Acesso em: 15 nov. 2024.
- BRAGA, Lilian Rodrigues; SILVA, Fabrício Machado. Embalagens ativas: uma nova abordagem para embalagens alimentícias. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 8, n. 4, p. 170-186, out./dez. 2017. Disponível em: <https://revistas.utfpr.edu.br/rebrapa/article/view/4602>. Acesso em: 15 nov. 2024.
- BRAGA, Luiza Vargas Mascarenhas; SILVA, Alessandro Rangel Carolino Sales; ANASTÁCIO, Lucilene Rezende. Levantamento de aditivos alimentares em produtos alimentícios voltados para o público infantil e seus impactos na saúde. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 28, p. 1-8. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/51561>. Acesso em: 15 nov. 2024.
- BRASIL. **Resolução da diretoria colegiada - Rdc nº 778, de 1º de março de 2023**. Publicada no DOU nº 46, de 8 de março de 2023. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/6561857/RDC_778_2023_.pdf/a89bb838-62e4-4471-a28f-ff28e3e97241. Acesso em: 19/11/2024.
- COSTA, Renata Cerruti da et al. **Embalagens biodegradáveis de poli(hidroxibutirato-co-hidroxivalerato) /nanopartículas de argila/óleos essenciais para aplicação como filmes antimicrobianos em alimentos**. 2023. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Florianópolis, 2023.

CURADO, Habylla Thalya Alves Madureira et al. As implicações da alimentação e seus distúrbios no TDAH em crianças. **Revista Educação em Saúde**, [S. l.], v. 7, p. 83-87, 2 jul. 2019. Disponível em:

<https://core.ac.uk/download/pdf/234552454.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2024.

DA SILVA, Carla Daniella Pereira. **Avaliação do Desempenho de uma Embalagem Termo-ativa Para Produtos Alimentares Refri Gerados Utilizando Materiais de Mudança de Fase**. 2020. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa, Tecnologias de Produção e Transformação Agroindustrial, 2020.

DE ALMEIDA, Katcilanya Menezes et al. Análise dos conservantes e suas consequências pro grupo infantil. **Revista Contemporânea**, [S. l.], v. 3, n. 9, p. 15428-15442, 25 set. 2023. Disponível em:

<https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/1534>. Acesso em: 15 nov. 2024.

DE MELO BARROS, Dayane et al. Potencial Utilização de Sistemas Antimicrobianos Naturais como Conservantes Alimentares / Potencial Uso de Sistemas Antimicrobianos Naturais como Conservantes de Alimentos. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, [S. l.], v. 6, pág. 40476–40491, 24 jun. 2020. Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/12158>. Acesso em: 15 nov. 2024.

DEY, Aishee; NEOGI, Sudarsan. Oxygen scavengers for food packaging applications: A review. **Trends in Food Science & Technology**, [S. l.], v. 90, p. 26-34, ago. 2019. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224418305818>. Acesso em: 15 nov. 2024.

DIAS, Leila Patrícia Ferreira et al. **Efeitos nocivos causados pelo consumo de corantes alimentares na infância: uma revisão integrativa**. 2018. Monografia (Curso de Graduação em Nutrição) – Centro de Educação e Saúde / UFCG, Cuité, 2018.

DOMINGUES, George et al. Mais sabor e menos saúde com glutamato monossódico. **Revista de trabalhos acadêmicos-Universo Campos dos Goytacazes**, [S. l.], v.2, n. 6, 2016. Disponível em:

https://web.archive.org/web/20180505050246id_/http://www.revista.universo.edu.br/index.php?journal=1CAMPOSDOSGOYTACAZES2&page=article&op=viewFile&path%5B%5D=2683&path%5B%5D=1853. Acesso em: 25 nov. 2024.

DRAGO, Emanuela et al. Inovações em conceitos de embalagens inteligentes para alimentos: uma revisão abrangente. **Foods**, [S. l.], v. 9, n. 11, p. 1628, 07 nov. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/11/1628>. Acesso em: 15 nov. 2024.

FILIPPE, Ana Caroline Januario et al. Aplicação de óleo essencial na conservação natural de mangas: uma revisão. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 17, p. e135111738856, 23 dez. 2022. Disponível

em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/38856>. Acesso em: 15 nov. 2024.

FONTES, Nathan de Menezes. **Aditivos alimentares: abordagem sobre as classes, aplicações, regulações e riscos à saúde dos consumidores**. 2022. Monografia (graduação em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022.

FRANCO, Rafael; NAVARRO, Gemma; MARTÍNEZ-PINILLA, Eva. Antioxidants versus food antioxidant additives and food preservatives. **Antioxidants**, [S. l.], v. 8, n. 11, p. 542, 11 nov. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3921/8/11/542#>. Acesso em: 15 nov. 2024.

GUIMARÃES, Rita de Cássia Avellaneda et al. Corantes artificiais: uma revisão. **Multitemas**, [S. l.], v. 28, n. 69, p. 67–82, 04 out. 2023. Disponível em: <https://multitemasucdb.emnuvens.com.br/multitemas/article/view/3776>. Acesso em: 15 nov. 2024.

JANJARASSKUL, Theeranun; SUPPAKUL, Panuwat. Embalagem ativa e inteligente: A indicação de qualidade e segurança. **Críticas críticas em ciência e nutrição de alimentos**, [S. l.], v. 58, n. 5, p. 808–83, 28 jun. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1225278>. Acesso em: 19 nov. 2024.

MARQUES, Tatiane Santos et al. **Uso de aditivos químicos em produtos destinados a alimentação infantil**. 2021. Dissertação (Mestrado em Tecnologia em Alimentos) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

MARTINAZZO, Janine et al. Embalagens ativas: Uma tecnologia promissora na conservação de alimentos. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 11, n. 2, p. 171-194, abr./jun. 2020. Disponível em: <https://revistas.utfpr.edu.br/rebrapa/article/view/10672>. Acesso em: 15 nov. 2024.

MILLER, Mark D. et al. Potential impacts of synthetic food dyes on activity and attention in children: a review of the human and animal evidence. **Environmental Health**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 45, 29 abr. 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12940-022-00849-9>. Acesso em: 15 nov. 2024.

NASCIMENTO, Sara Santos et al. Prospecção tecnológica sobre embalagens ativas para alimentos. **Cadernos de prospecção**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 1310–1325, 01 out. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/42633>. Acesso em: 15 nov. 2024.

OTONI, Caio G. et al. Trends in antimicrobial food packaging systems: Emitting sachets and absorbent pads. **Food Research International**, [S. l.], v. 83, p. 60-73, maio 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996916300631>. Acesso em: 15 nov. 2024.

PAULA NETO, Heitor A. et al. Effects of food additives on immune cells as contributors to body weight gain and immune-mediated metabolic dysregulation. **Frontiers in immunology**, [S. l.], v. 8, p. 1478, 05 nov. 2017. Disponível em : <https://www.frontiersin.org/journals/immunology/articles/10.3389/fimmu.2017.01478/full>. Acesso em 15 nov. 2024.

PERON, Taciane et al. Embalagens ativas: uma alternativa para vegetais minimamente processados?. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 10, p. e469111033043, 07 ago. 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33043>. Acesso em: 15 nov. 2024.

PORTO, Bruna Castro et al. Aditivos em produtos cárneos embalados. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 11, n. 3, p. 12-26, jul./set. 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa/article/view/14631>. Acesso em: 15 nov. 2024.

RODRIGUES, Juliana Pereira et al. **Desenvolvimento e caracterização de biocompósito para uso no tratamento de mamão (Carica Papaya L.) pós-colheita**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de alimentos, 2022.

SANTOS, Aiana Alves; DE OLIVEIRA CALIXTO, Shara Jany Alves; DA SILVA NEUMANN, Karine Rodrigues. Riscos dos corantes alimentares na infância: uma revisão integrativa. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, [S. l.], v. 9, n. 1, 25 jul. 2023. Disponível em: <http://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/1159>. Acesso em: 15 nov. 2024.

SILVA, Ivo Diego de Lima et al. Avaliação das potencialidades dos extratos vegetais de jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) e cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) para uso em embalagens ativas antimicrobianas e antioxidantes. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 01, p. e12924, 26 jan. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/DGfRZfN7KN3cTDF6VzFFdnb/?lang=pt>. Acesso em; 15 nov. 2024.

SILVA, Natiele Bezerra et al. Aditivos químicos em alimentos ultraprocessados e os riscos à saúde infantil. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, São Paulo, n. 21, p. e542-e542, 19 mar. 2019. Disponível em: <https://acervomais.com.br/index.php/saude/article/view/542>. Acesso em: 15 nov. 2024.

SOUZA, BA de et al. Aditivos alimentares: Aspectos tecnológicos e impactos na saúde humana. **Revista Contexto & Saúde**, Ijuí, v. 19, n. 36, p. 5-13, 11 jul. 2019. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoesaude/article/view/7736>. Acesso em: 15 nov. 2024.

TEIXEIRA, Samiris Côcco; SOARES, Nilda de Fátima Ferreira; STRINGHETA, Paulo César. Desenvolvimento de embalagens inteligentes com alteração colorimétrica incorporadas com antocianinas: uma revisão crítica. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 24, p. e2021033, 01 out. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/wfx6cTwKwNMHn9KW8YPhsVP/>. Acesso em 15 nov. 2024.

VAN LONG, N. Nguyen; JOLY, Catherine; DANTIGNY, Philippe. Active packaging with antifungal activities. **International journal of food microbiology**, [S. l.], v. 220, p. 73-90, 2 mar. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160516300022>. Acesso em: 15 nov. 2024.

VINCENZI, Daniella; MENDES, Leticia de Jesus; MOTA, Vinícius Medeiros. Aditivos como conservantes químicos. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 7, n. 9, p. 821–849, 30 set. 2021. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/2283>. Acesso em: 15 nov. 2024.

QING XU et al. Insights sobre a ocorrência, destino, impactos e controle de aditivos alimentares na digestão anaeróbica de resíduos alimentares: uma revisão. **Ciência e tecnologia ambiental**, [S. l.], v. 57, e. 17, p. 6761-7102, 2 maio 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c06345>. Acesso em 15 nov. 2024.