

TECNOLOGIA E O USO DO POLIESTER NAS EMBALAGENS DE ALIMENTOS

AUTORES

Victor Hugo Porto MATTOSINHOS

Discente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

Geisa Simplício de Oliveira PAZZOTI

Docente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

RESUMO

A indústria de embalagens desempenha um papel crucial na garantia da segurança, qualidade e durabilidade dos alimentos. O aumento constante no valor bruto da produção de embalagens reflete a crescente importância desse setor. A escolha adequada dos materiais de embalagem é fundamental e envolve a consideração de fatores como barreiras a gases, odores, umidade e resistência a impactos. A nanotecnologia oferece a oportunidade de melhorar as propriedades dos materiais de embalagem, resultando em embalagens aprimoradas, ativas, bioativas e inteligentes. No entanto, questões de toxicidade relacionadas ao comportamento das partículas na escala nanométrica precisam ser abordadas.

PALAVRAS - CHAVE

Embalagem, tecnologia, poliéster e alimentos

1. INTRODUÇÃO

A embalagem desempenha um papel vital na indústria de alimentos, influenciando a segurança, qualidade e durabilidade dos produtos. A embalagem adequada não apenas protege os alimentos contra contaminação, deterioração e perda de nutrientes, mas também facilita o transporte e o armazenamento (BALDWIN et al, 2019). Segundo a ABRE (Associação Brasileira de Embalagens) no ano de 2017 o valor bruto da produção física de embalagens atingiu R\$ 71,5 bilhões, um aumento de aproximadamente 5,1% em relação ao ano anterior. O setor de embalagens plásticas apresentou a maior participação desse montante, correspondendo a 38,85% do total. Com o aumento correspondente, surge a exigência de investigações mais detalhadas focadas na melhoria dos procedimentos de conversão de plástico em embalagens, além de pesquisas que incentivem o aprimoramento da excelência dos itens resultantes dessas operações.

Dentre as embalagens plásticas rígidas, semirrígidas e flexíveis existentes, destacam-se as rígidas devido à sua vasta aplicação. Embalagens plásticas rígidas são aquelas de formato fixo não dependentes da forma física do produto acondicionado. Nessa classificação se enquadram frascos, potes, garrafas, tanques, garrafões, baldes, tampas, bombonas, entre outros. A fabricação da embalagem rígida é possível por meio do processamento de uma mistura mecânica de resinas (blendas termoplásticas) ou empregando-se processos de extrusão e sopro, de injeção e sopro e de extrusão de chapas para transformação (OLIVEIRA et al., 2008).

Os processos de moldagem por sopro são os mais utilizados no mercado, portanto é de suma importância serem abordados nesse trabalho. Neste contexto, questões ligadas à conversão da matéria-prima têm um impacto direto na excelência do produto acabado. Portanto, compreender as funções de cada fase do procedimento de criação da embalagem é de extrema relevância para melhorar o resultado das embalagens de plástico e assegurar que os produtos atendam às especificações do projeto.

Bucci (2020), ressalta que ao especificar uma embalagem plástica, é crucial considerar diversos critérios ao escolher o material adequado. Isso envolve avaliar a capacidade de bloqueio de gases, odores, aromas, vapor de água, microrganismos, sujeira, umidade, bem como as condições de processamento e armazenamento do produto embalado, custos de material e processamento, viabilidade de processamento do polímero, rigidez, propriedades de vedação, resistência química, estabilidade dimensional, propriedades óticas, resistência a impactos e compressão, transparência ou capacidade de bloqueio de luz, requisitos relacionados à segurança alimentar e opções de gerenciamento de resíduos de embalagens após o consumo. A abrangência desses fatores desempenha um papel fundamental no processo de preservação do produto e na determinação de sua vida útil.

Considerando a relevância da indústria de embalagens plásticas no cenário brasileiro, este estudo concentra-se em examinar as tecnologias utilizadas na produção dos materiais, focando na utilização do polímero nas embalagens. Abrangendo desde as características das resinas termoplásticas empregadas como matéria-prima até os procedimentos para avaliar a excelência do produto final.

2. METODOLOGIA

Este artigo trata-se de uma revisão de literatura bibliográfica com base na busca de livros, apostilas e artigos científicos indexados nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico e biblioteca Scielo. Foram utilizados para esta busca as seguintes descrições: embalagem, tecnologia, poliéster e alimentos.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Polímero é um composto, quer seja de origem orgânica ou inorgânica, que possui um peso molecular elevado e apresenta estruturas repetitivas (chamadas de monômeros) interligadas por ligações primárias fortes e estáveis. Os plásticos, por sua vez, são exemplos de polímeros orgânicos, que são sintéticos ou derivados de substâncias orgânicas, e podem ser moldados de várias maneiras quando submetidos a condições específicas de temperatura e pressão. Os polímeros podem ser classificados de diferentes maneiras, dependendo do objetivo de quem os classifica, as formas mais comuns de classificação são: do ponto de vista da estrutura química; do método de preparação; das características tecnológicas e do comportamento mecânico (MANRICH, 2005).

Com relação à classificação do ponto de vista das características tecnológicas, os polímeros são classificados em termoplásticos e termofixos. Os termoplásticos são polímeros que podem ser fundidos e solidificados repetidas vezes, com pouca ou nenhuma variação em suas propriedades básicas, enquanto os termofixos são polímeros que, após sofrerem o processo de cura (ligações cruzadas), não podem ser fundidos ou dissolvidos sem a ocorrência da degradação de sua estrutura química (MANRICH, 2005).

No entanto, do ponto de vista estrutural, os polímeros podem ser classificados em homopolímeros e copolímeros. Os homopolímeros são constituídos por uma única espécie de monômero enquanto os copolímeros são formados pela polimerização de dois ou mais monômeros. A copolimerização produz polímeros com propriedades químicas e físicas intermediárias entre aquelas dos monômeros constituintes da sua estrutura molecular (OLIVEIRA et al., 2008).

3.1 POLIPROPILENO (PP)

Segundo Sarantópoulos et al. (2002), o polipropileno homopolímero exibe uma densidade específica em torno de $0,9 \text{ g/cm}^3$, uma faixa de ponto de fusão cristalina entre 140 e 150°C e possui propriedades como uma alta barreira ao vapor de água, uma barreira média a gases, resistência sólida a óleos, gorduras e substâncias químicas, além de demonstrar boa resistência à abrasão e estabilidade térmica. Além disso, é resiliente ao fissuramento sob tensão (stress cracking). No entanto, ele é suscetível à degradação oxidativa em temperaturas elevadas, o que requer a incorporação de aditivos antioxidantes durante seu processo de produção.

De acordo com Lan et al. (2012), a adição do monômero etileno à copolimerização do propileno resulta na redução da rigidez, no aumento da resistência à tração e na diminuição tanto da temperatura de transição vítrea (T_g) quanto da temperatura de fusão cristalina (T_m). Existem dois tipos fundamentais de copolímeros de PP: o randômico e o heterofásico. O copolímero randômico contém entre 0,5% e 4% de etileno e exibe maior transparência. Por outro lado, o copolímero heterofásico é menos transparente do que o homopolímero, mas apresenta uma resistência ao impacto superior, especialmente em temperaturas abaixo do ponto de congelamento.

3.2 POLIETILENO (PE)

Oliveira et al. (2008) afirma que o polietileno é o termoplástico mais empregado na fabricação de embalagens por se tratar de um material com boa resistência mecânica, química e térmica. Porém, esse polímero não é ideal para aplicações que requerem impermeabilidade a gases, como oxigênio, nitrogênio e gás carbônico. Os polietilenos podem ser lineares ou ramificados, homo ou copolímeros. No caso de copolímeros, o outro

comonômero pode ser um alceno, como o propeno, buteno, hexeno, octeno, entre outros. Os polietilenos são muito resistentes à água. O polietileno de alta densidade (PEAD) por ser mais cristalino, apresenta menor taxa de permeabilidade ao vapor d'água que o polietileno de baixa densidade (PEBD). O polietileno linear de baixa densidade (PELBD), por sua vez, situa-se entre os dois extremos. Dessa forma, o PEBD é utilizado como filme, na fabricação de tampas flexíveis ou em frascos colapsáveis. O PEAD, por sua vez, tem aplicação expressiva nas embalagens plásticas rígidas pela maior rigidez e resistência mecânica, a exemplo de frascos, garrafas, baldes, paletes, caixas e engradados (OLIVEIRA et al., 2008).

3.3 POLICLORETO DE VINILA (PVC)

O PVC ocupa a posição de segunda resina plástica mais comercializada, com destaque para a sua expressiva presença no mercado da construção civil. Esse termoplástico apresenta uma notável versatilidade na fabricação de diversos tipos de embalagens, graças à sua capacidade de adaptação à plastificação, sua quase inquebrabilidade e sua resistência tanto a substâncias químicas quanto à penetração de água. Além disso, é relevante mencionar a disponibilidade do PVC em formas transparentes ou em uma ampla gama de cores. (GENNADIOS, 2002). Oliveira et al. (2008) afirma que o PVC rígido tende a degradar e descolorir à temperatura de transformação. Logo esse polímero é sempre utilizado na forma de um composto, ou seja, com uma mistura de aditivos como plastificantes, estabilizantes, modificadores de impacto, auxiliares de processamento, lubrificantes, pigmentos e cargas.

3.4 POLITEREFTALATO DE ETILENO (PET)

Amplamente reconhecido como “poliéster,” o politereftalato de etileno (PET) é um material amplamente empregado na indústria de embalagens, sendo aplicado em recipientes rígidos, como garrafas e frascos, bem como em filmes biorientados. Essa popularidade é justificada pelas suas notáveis características, que incluem sua notável robustez mecânica, brilho e transparência. Através do processo de injeção, é viável alcançar um acabamento de alta precisão para a parte superior da embalagem, incluindo a formação adequada da rosca e da superfície de vedação. Isso desempenha um papel crucial na garantia do desempenho superior dos sistemas de fechamento das embalagens de PET. A estrutura amorfa da embalagem proporciona a transparência desejada e a flexibilidade necessária para garantir uma resistência ao impacto adequada, a qual é significativamente aprimorada pelo processo de biorientação durante o sopro (KUMAR et al. 2019).

Na produção de bandejas e blisters transparentes, também são utilizados tipos de polímero conhecidos como APET (polietileno tereftalato amorfo). Isso possibilita um desempenho eficaz no processo de extrusão de chapas e na termoformação, preservando a alta transparência, mesmo em chapas de maior espessura. (OLIVEIRA et al., 2008).

3.5. NANOTECNOLOGIA

No ano de 1960, os materiais poliméricos eram considerados caros. Objetivando baixar os custos de manufatura, os fabricantes passaram a utilizar cargas minerais fibrosas ou particuladas, de baixo custo, no seu desenvolvimento. O método se propagou de tal maneira que o uso de cargas, termo técnico como ficou conhecido

esse tipo de recurso na produção de polímeros, tornou-se frequente, pois estas cargas fornecem corpo e conferem novas propriedades aos materiais. A adição de cargas (fase dispersa/descontínua) à matriz polimérica (fase contínua) origina um novo material com características diferentes, denominado compósito. A matriz polimérica tem a função de manter a integridade estrutural do compósito, em virtude das suas propriedades de coesão, já a fase dispersa desempenha o papel de transferir tensões que, por sua vez, atuam como um reforço ou enchimento do material, conferindo um melhor desempenho mecânico da matriz, portanto, modificando suas propriedades. Entretanto, essa adição de cargas à matriz polimérica também promove impactos negativos como: diminuição da resistência ao impacto, menor resistência à tração, maior densidade e maior rigidez que precisam ser controlados (RABELLO, 2000).

Segundo Drexler (2004), o conceito da nanotecnologia foi proposto em 1959, por Richard Feynman e desde então, pesquisas indicam que as propriedades de muitos materiais, podem ser melhoradas com a adição de nanocompósitos durante o desenvolvimento. Embalagens com aplicações nanotecnológicas adquirem melhores propriedades físico-químicas, redução da hidrofobicidade, além de proporcionar uma melhor biodegradabilidade, o que gera valor agregado aos produtos (SILVESTRE; DURACCIO; CIMMINO, 2011). Tais embalagens podem ser classificadas, genericamente, como: embalagens aprimoradas, cujos nanocompostos podem alterar suas propriedades e aumentar a validade comercial do alimento; embalagens ativas pela adição de nanocompostos, como por exemplo, nanopartículas de óxido metálicos ou de metais com propriedades antimicrobianas; embalagens bioativas, incorporando compostos bioativos capazes de prevenir ou reduzir riscos de doenças e embalagens inteligentes, incorporadas com nanosensores para monitorar e relatar as condições dos alimentos acondicionados ou do ambiente ao redor (DREXLER, 2004).

Apesar das vantagens, a aplicação da nanotecnologia no setor de embalagens esbarra com sérias questões referentes ao surgimento da toxicidade atribuída ao comportamento das partículas na escala nanométrica. Estas partículas podem migrar das embalagens para o alimento, causando possíveis danos aos consumidores e ao meio ambiente (CHAU; WU; YEN, 2007). Logo, a aplicação desta tecnologia demanda de regulamentação específica para o setor.

3.6. EMBALAGENS APRIMORADAS

Algumas características críticas das embalagens estão relacionadas com propriedades como flexibilidade, barreira a gases e a umidade, estabilidade térmica e radiação UV do material a ser utilizado (CHAU; WU; YEN, 2007), bem como outras situações que podem reduzir a validade comercial do alimento embalado e por em risco a saúde do consumidor. Entretanto, estas podem ser monitoradas pela inclusão de sensores que detectam microrganismos patogênicos, micotoxinas e proteínas específicas como a gliadina e glutenina.

3.7. EMBALAGENS BIOATIVAS

Incorporando compostos bioativos capazes de prevenir ou reduzir riscos de doenças, o termo “embalagens bioativas” tem sido utilizado, genericamente, como referência a embalagens que interagem de forma desejável com o alimento e apresentam em sua composição polímeros de origem biológica ou natural. As nanodispersões e nanocápsulas são os mecanismos ideais para o carregamento destes ingredientes funcionais (COMA, 2008).

A tecnologia de incorporação destas substâncias em pequenas vesículas ou materiais com paredes em nano escala, é o que chamamos de nanoencapsulação. Estes novos nanomateriais oferecem diversas vantagens,

como sistema de entrega de compostos lipofílicos, proteção contra degradação durante o processamento ou durante a passagem pelo trato gastrointestinal, controle da liberação em local específico, maior compatibilidade com outros componentes de alimentos, maior absorção, proteção de compostos bioativos como vitaminas, antioxidantes, proteínas e lipídeos. Lopez-rubio, Gavara, Lagaron (2006) propuseram uma nova abordagem para os sistemas de liberação com nanodispersões e nanoencapsulamento, associados aos materiais de embalagens. Nesta nova concepção, as embalagens bioativas ou funcionais seriam, mais precisamente, materiais de embalagem que retêm princípios bioativos desejáveis em condições ótimas, até a sua eventual migração para o produto alimentício. Assim, a principal diferença entre as conhecidas tecnologias de embalagens ativas e a concepção de bioativas deve-se principalmente à manutenção da qualidade e/ou aumento da segurança dos alimentos embalados, podendo estender a validade comercial de produtos alimentícios, no primeiro caso, enquanto as embalagens bioativas têm um impacto direto na saúde do consumidor, através da geração de alimentos embalados mais saudáveis.

Estes novos sistemas híbridos de embalagem e atividade funcional, possibilitam a inclusão de prebióticos, probióticos, fitoquímicos, óleos marinhos, alimentos sem lactose e vitaminas encapsuladas, que visam proporcionar uma alternativa mais eficiente em fornecer alimentos com segurança e com características benéficas a saúde humana. Ainda neste contexto de fornecer alimentos embalados mais saudáveis, há relatos da imobilização de enzimas específicas, que catalisam reações, produzindo resultados considerados benéficos do ponto de vista nutricional, por exemplo, ao diminuir a concentração de um constituinte alimentar não-desejado e/ou produzir uma substância alimentar benéfica para a saúde do consumidor. Com relação ao descrito, pode ser citado para incorporação em filmes de embalagens as enzimas β -galactosidase e a lactase, que hidrolisam a lactose presente no leite; e a colesterol-redutase a fim de hidrolisar o colesterol (CUNHA, SOARES, ASSIS, 2007). Neste contexto, o leite UHT convencional poderia ser acondicionado e armazenado em embalagens contendo estas enzimas hidrolíticas imobilizadas, e após um período de atividade enzimática, este leite poderia ser considerado com baixos níveis ou livre de lactose.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho explorou a importância crítica das tecnologias de embalagem de alimentos na indústria alimentícia. A embalagem desempenha um papel multifacetado, influenciando a segurança, qualidade, durabilidade e preservação dos alimentos. Além disso, a indústria de embalagens é um setor em constante crescimento, como evidenciado pelo aumento constante no valor bruto da produção física de embalagens.

Os materiais de embalagem desempenham um papel fundamental na garantia da qualidade e segurança dos alimentos, sua escolha envolve a consideração de uma ampla gama de fatores, que desempenham um papel crucial na preservação dos alimentos e na determinação de sua vida útil.

As embalagens bioativas representam uma abordagem promissora para o desenvolvimento de alimentos mais saudáveis, com a inclusão de compostos bioativos e enzimas que têm um impacto direto na saúde do consumidor. Em um cenário de crescente demanda por alimentos seguros e de qualidade, a indústria de embalagens desempenha um papel vital.

A aplicação da nanotecnologia na indústria de embalagens tem potencial para melhorar significativamente as propriedades dos materiais. No entanto, a segurança dessas tecnologias deve ser considerada com cuidado, devido às possíveis questões de toxicidade associadas ao comportamento das partículas na escala nanométrica.

A pesquisa contínua e a inovação nesse campo são cruciais para atender às necessidades em constante evolução dos consumidores e para garantir a qualidade e a segurança dos alimentos. Além disso, é importante que regulamentações adequadas sejam desenvolvidas para garantir a segurança e a conformidade com as tecnologias emergentes, como a nanotecnologia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM (ABRE) **Estudo macroeconômico da embalagem abre/ fgv**. 2017. Disponível em: <https://www.abre.org.br/dados-do-setor/ano2017/>. Acesso em: Novembro de 2023.

BALDWIN, U. S. et al. **Securities and exchange commission**, United States District Court. p. 2, 2019.

BUCCI, R. et al. Sensory evaluation of bread packed in biodegradable and conventional plastic bags during storage. **Journal of Sensory Studies**, p. 16-28, 2020.

CHAU, C. F.; WU, S. H.; YEN, G. C. The development of regulations for food nanotechnology. **Trends in Food Science & Technology**, p. 8-15, 2007.

COMA, V. Bioactive packaging technologies for extend shelf life of meat based products. **Meat Science**, p. 10-15, 2008.

CUNHA, L. R.; SOARES, N. F. F.; ASSIS, F. C. C. **Desenvolvimento e avaliação de embalagens ativas com incorporação de lactase**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, p. 5-8, 2007.

DREXLER, K. E. Nanotechnology: From Feynman to Funding. Bulletin Of Science, **Tecknology & Society**, p. 11-15, 2014.

GENNADIOS, A. **Protein-based films and coatings**. CRC Press, p. 4-5, 2002.

KUMAR, P. et al. Sustainable packaging: A review. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, v. 2 p.8-10, 2019.

LOPES RUBIO, A., GAVARA, R.; LAGARON, J. M. **Bioactive packaging**: turning foods into healthier foods through biomaterials, v. 1 p. 46-58, 2006.

LAN, Y. et al. Application of active packaging films containing antimicrobials for enhancing shelf life and microbial safety of fresh meat products. **Meat Science**, p. 12-24, 2012.

MANRICH, S. **Processamento de Termoplásticos**: rosca única, extrusão e matrizes, injeção e molde, 1. ed. - São Paulo: Artliber Editora, p. 5-8, 2005.

OLIVEIRA, L. M. et al. **Embalagens Plásticas Rígidas**: Principais Polímeros e Avaliação da Qualidade. Campinas, SP:ITAL/CETEA, p. 4, 2008.

RABELLO, M. **Aditivação de polímeros**. São Paulo: Editora Artiber, v. 2, p. 17-20, 2000.

SARANTÓPOULOS, G. L. et al. **Embalagens Plásticas Flexíveis**, CETEA/ITAL, p. 20-38, 2002.

SILVESTRE, C.; DURACCIO, D.; CIMMINO, S. Food packanging based on polymer nanomaterials. **Progress in Polymer Science, J. Colloid Interface Sci**, v. 2 p. 60-61, 2011.