

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Maria Alves Reinisch

**PRINCIPAIS EMBALAGENS DE ALIMENTOS POR SEGMENTAÇÃO DA
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: UMA ABORDAGEM ATUAL E SUSTENTÁVEL**

Florianópolis

2022

Maria Alves Reinisch

**PRINCIPAIS EMBALAGENS DE ALIMENTOS POR SEGMENTAÇÃO DA
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: UMA ABORDAGEM ATUAL E SUSTENTÁVEL**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Federal de
Santa Catarina como requisito para a obtenção do
título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de
Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Isabela Maia Toaldo
Fedrigo.

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Reinisch, Maria Alves
Principais embalagens de alimentos por segmentação da
indústria alimentícia: : uma abordagem atual e sustentável
/ Maria Alves Reinisch ; orientador, Isabela Maia Toaldo
Fedrigo , 2022.
52 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agrárias, Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos,
Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Ciência e Tecnologia de Alimentos. I. Toaldo Fedrigo
, Isabela Maia. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.
III. Título.

Maria Alves Reinisch

**PRINCIPAIS EMBALAGENS DE ALIMENTOS POR SEGMENTAÇÃO DA
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: UMA ABORDAGEM ATUAL E SUSTENTÁVEL**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos” e aprovado em sua forma final pelo curso de Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Florianópolis, 07 de março de 2022.

Prof. Dra. Ana Carolina de Oliveira Costa
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Isabela Maia Toaldo Fedrigo
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dra. Carlise Beddin Fritzen Freire
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dra. Silvani Verruck
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

As embalagens são essenciais para a manutenção da qualidade do alimento, bem como para informar o consumidor sobre o produto, auxiliar no transporte e na manutenção das características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais para o cumprimento de sua vida útil. Entre os diferentes setores da indústria alimentícia, diversos materiais são utilizados, sendo os principais os plásticos, vidro, metais e papéis. Suas combinações também podem ser usadas e diversas novas tecnologias já são aplicadas para o aumento de vida útil e melhoria da preservação dos atributos e propriedades dos alimentos, através do uso de embalagens ativas e inteligentes. Uma preocupação do governo, da população e das indústrias fabricantes é a quantidade de resíduos sólidos gerada pelo uso de embalagens. Tal problema pode ser reduzido através da reciclagem, uso de embalagens com materiais mais sustentáveis e até mesmo biodegradáveis. Esta pesquisa apresenta uma compilação de dados e informações da literatura sobre os diferentes tipos de embalagens utilizados nos principais setores da indústria de alimentos, bem como reúne dados sobre estudos e tecnologias atuais e sustentáveis aplicadas às embalagens de alimentos. A pesquisa foi realizada por meio de revisão bibliográfica em bases de dados como Google Acadêmico e Science Direct, além de consultas a legislações brasileiras, trabalhos técnicos e bases governamentais, como ANVISA e EMBRAPA.

Palavras-chave: Embalagens. Materiais. Segmento de alimentos. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Packaging is essential for maintaining the quality of food, as well as informing the consumer about the product, assisting in the transport and in the maintenance of the physicochemical, microbiological and sensorial characteristics for the fulfillment of its shelf life. Among the different sectors of the food industry, several materials are used, the main being plastics, glass, metals and papers. Their combinations can also be used, and several recent technologies are already applied to increase shelf life and improve the preservation of food attributes and properties, through the use of active and intelligent packaging. A concern of the government, the population and the manufacturing industries is the amount of solid waste generated by the use of packaging. Such problems can be reduced through recycling, use of packaging with more sustainable and even biodegradable materials. This research presents a compilation of data and information from the literature on the distinct types of packaging used in the main sectors of the food industry, as well as gathering data on current and sustainable studies and technologies applied to food packaging. The research was carried out through a bibliographic review in databases such as Google Scholar and Science Direct, in addition to consultations with Brazilian legislation, technical works and government databases, such as ANVISA and EMBRAPA.

Keywords: Packaging. Materials. Food segment. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Caixas cartonadas para cereais, sacos de PEBD e arroz embalado em saco de PELBD.....	19
Figura 2: Caixas de madeira como embalagens secundárias para transporte de frutas <i>in natura</i> , saco de juta para hortaliças e frutas <i>in natura</i> e bandeja em EPS (isopor) cobertas com filme de PVC para alface	23
Figura 3: Sacos de papel Kraft para pães frescos, saco de PP para pães fatiados e embalagem de BOPP metalizado usado para biscoitos.....	26
Figura 4: Saco encolhível de PVDC para carnes frescas, embalagem secundária de papelão para hambúrguer e carnes defumadas embaladas em EVOH.	29
Figura 5: Embalagens <i>Tetra Pak</i> para leites e bebidas lácteas, embalagem de papel com revestimento laminado para manteiga e embalagem de PA/EVOH/PE/PVDC para queijo.....	32
Figura 6: Caixa plástica como embalagem terciária para garrafas de bebidas, latas de alumínio e garrafas de PE com tampas em PP	35
Figura 7: Embalagem PET para óleos, garrafa de vidro para azeite de oliva e latas em laminado de aço	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Palavras-chave utilizadas na busca de materiais para elaboração da revisão bibliográfica.....	15
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais embalagens e seus respectivos materiais, de acordo com a segmentação da indústria.....	42
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BOPP - Polipropileno biorientado

CPP - Polipropileno não orientado ou PP cast

EPS Poliestireno expandido

EVA - Copolímeros de etileno e vinil acetato ou acetato de vinila

EVOH - Copolímero de etileno e álcool vinílico

PA - Poliamida

PBAT - Poli butileno adipato co-tereftalato

PE - Polietileno

PEAD - Polietileno de alta densidade

PEBD - Polietileno de baixa densidade

PEBDL - Polietileno de baixa densidade linear

PET - Polietileno tereftalato

PLA - Políácido láctico

PP - Polipropileno

PS - Poliestireno

PVC - Cloreto de polivinil

PVDC - Cloreto de polivinilideno

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	METODOLOGIA	15
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
4.1	EMBALAGENS PARA CEREAIS E DERIVADOS	16
4.2	EMBALAGENS PARA FRUTAS, HORTALIÇAS E DERIVADOS.....	19
4.3	EMBALAGENS PARA PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO.....	23
4.4	EMBALAGENS PARA CARNES, PESCADOS E DERIVADOS	26
4.5	EMBALAGENS PARA LEITE E DERIVADOS	30
4.6	EMBALAGENS PARA BEBIDAS.....	33
4.7	EMBALAGENS PARA ÓLEOS COMESTÍVEIS	35
4.8	SUSTENTABILIDADE EM EMBALAGENS PARA ALIMENTOS	37
5	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

As embalagens estão presentes em diversos setores, entre eles destacam-se as indústrias de alimentos, que têm como principal função contribuir para proteção e conservação do alimento, além de vender o produto, sendo o veículo de informação ao consumidor. Diferentes materiais são utilizados na fabricação de embalagens para alimentos, sendo os mais notáveis: plásticos, metais, vidros e celulosos. Cada material possui diferentes características para conservar o produto, as principais são propriedade de barreira a gases, aromas, luz, água e microrganismos, e resistência mecânica (LANDIM *et al.*, 2015).

Segundo a RDC 259/2002, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2002), a embalagem é o recipiente ou pacote destinado a garantir a conservação e facilitar o transporte e manuseio dos alimentos. As embalagens de alimentos devem cumprir requisitos como: ausência de toxicidade; proteção sanitária; não causar dificuldade com sua abertura e fechamento; sustentar o peso do produto; prover formatos e tamanhos; e possuir características de viabilidade econômica e ambiental, com características que visem sua fácil eliminação posteriormente ao uso (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

Nos diferentes setores da indústria alimentícia, são empregados os mais diversos tipos de materiais de embalagem para alimentos. Na indústria de cereais são utilizados comumente sacos de PEAD (polietileno de alta densidade) e, como embalagem secundária, caixas de papel-cartão. A grande maioria do papel ou papel-cartão utilizado contém fibras de celulose recuperadas. O filme de PEAD oferece resistência ao rasgo e à rigidez. Esse material também é amplamente utilizado na indústria de frutas e vegetais, na forma de sacos e filmes coextrusados termoformados. Utiliza-se, para os produtos frescos, bandejas plásticas termoformadas de poliéster cristalizado ou PP (polipropileno). Já para os congelados, são utilizados sacos de PE (polietileno). Nos produtos de panificação, há grande preocupação com o ganho e a perda de umidade própria do produto, sendo essencial o cuidado com a atividade de água. Os plásticos PE, PP e o BOPP (polipropileno biaxialmente biorientado) oferecem barreira à água. Diversos tipos de embalagens podem ser utilizados, suas variações dependem do produto. Por exemplo, para bolos e torradas, pode se optar por sacos formados em *flow pack* horizontal; já para pães,

produtos de confeitaria e bolos, as bandejas termoformadas são mais utilizadas (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2002, JORGE, 2013).

Para carnes e derivados, bem como para pescados, embalagens com vácuo e atmosfera modificada são as escolhidas. Filmes de PVC (cloreto de polivinil) ou PVDC (cloreto de polivinilideno) são encolhidos ao redor da carne em bandejas de EPS (poliestireno expandido, ou isopor), em embalagens convencionais (MCMILLIN, 2008). Já para derivados de carnes e pescados, como produtos enlatados, o alumínio é principalmente utilizado por sua barreira a gases, umidade e à luz. Embalagens de metal também são utilizadas para óleos comestíveis, porém atualmente, o PET é o material mais utilizado. Embalagens metálicas são igualmente usadas em bebidas, como latas de duas peças embutidas-estiradas nos materiais de alumínio e em folha de flandres. Porém, mais recentemente, grande parte das bebidas carbonatadas é acondicionada em garrafas de PET (polietileno tereftalato) (JORGE, 2013).

Para produtos como o leite, embalagens multicamadas com sete tipos de materiais são utilizadas, com camadas de PE, papel-cartão, PE, folha de alumínio e mais duas de PE. Cada camada atua para manter a integridade e proteção (SANTOS; YOSHIDA, 2011). Já para seus derivados, como queijos e manteigas, as necessidades de proteção são semelhantes, com cuidado principalmente em relação à permeabilidade, sendo que estruturas à base de PVDC (cloreto de polivinilideno, copolímero muito parecido com o PVC) — com função geralmente de película final, servindo como vedação do produto — atendem a este requisito (JORGE, 2013).

Na literatura atual sobre embalagens e suas aplicações, é notória a falta de dados compilados que facilitem uma busca abrangente em relação a toda a indústria de alimentos. Dessa forma, a proposta deste trabalho é apresentar uma revisão completa e concisa quanto às características relevantes que abrangem as embalagens utilizadas nos principais setores da indústria alimentícia. Este estudo de revisão visa atender à necessidade de um material bibliográfico que reúna informações sobre embalagens por segmentação da indústria alimentícia para orientar e auxiliar a atuação de profissionais e estudantes nas diferentes áreas da Tecnologia, Ciência e Engenharia de Alimentos.

Além disso, no contexto socioeconômico atual, com crescentes preocupações com o impacto ambiental, a consciência da emissão de gases de efeito estufa e seus

efeitos adversos, observou-se a necessidade de reunião de dados representativos sobre a sustentabilidade aplicada a embalagens. Por mais que o seu uso traga diversos benefícios, como conservação, praticidade, armazenamento e transporte, sua utilização desordenada gera um grande volume de resíduos sólidos que são associados ao impacto ambiental (LANDIM *et al.*, 2015). Dessa forma, alternativas menos prejudiciais à vida terrestre, com menor emissão de poluentes e utilização mais eficaz de recursos, podem se tornar mais acessíveis ao conhecimento e estudo de profissionais da área e interessados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma revisão da literatura acerca de embalagens de alimentos de forma simplificada e por segmento da indústria alimentícia, visando auxiliar a pesquisa e a atuação de estudantes de Ciências de Alimentos e áreas afins, além de trabalhadores e pesquisadores da área de alimentos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar um compêndio de informações sobre embalagens de alimentos contendo dados sobre suas aplicações dentro das indústrias de: cereais, frutas e hortaliças e seus produtos derivados, panificação, carnes, pescados e derivados, leites e derivados, óleos e bebidas;
- Reunir informações sobre os materiais mais utilizados nas diferentes embalagens e suas aplicações;
- Compilar as legislações brasileiras que se aplicam a esses produtos;
- Revisar informações sobre segurança alimentar e ambiental especificamente para embalagens;
- Revisar novas tendências tecnológicas no mercado de embalagens;
- Observar e apresentar as lacunas de informações consideradas mais relevantes acerca das embalagens de alimentos.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi por meio de revisão da literatura de forma remota com consultas em bancos de dados, como Google Acadêmico e Science Direct, além de consultas a trabalhos técnicos e bases governamentais como ANVISA e EMBRAPA. Para realização da busca, serão empregadas palavras-chave e combinações de palavras-chave, conforme apresentado no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1: Palavras-chave utilizadas na busca de materiais para elaboração da revisão bibliográfica:

Palavras-chave e combinações em português	Palavras-chave e combinações em inglês
Embalagens e indústria de cereais	Packaging and cereal industry
Embalagens e indústria de frutas e hortaliças	Fruit and vegetable packaging and industry
Embalagens e indústria de panificação	Packaging and bakery industry
Embalagens e indústria de carnes	Packaging and meat industry
Embalagens e indústria de pescados	Packaging and fish industry
Embalagens e indústria de leites	Packaging and milk industry
Embalagens e indústria de óleos	Packaging and oil industry
Embalagens e indústria de bebidas	Packaging and beverage industry
Embalagens e sustentabilidade	Packaging and sustainability
Embalagens e novas tendências	Packaging and new trends
Embalagens e tecnologias atuais e novas	Packaging and current and recent technologies

Fonte: A própria autora (2022).

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 EMBALAGENS PARA CEREAIS E DERIVADOS

Os cereais, também chamados de grãos, são membros da família das monocotiledôneas *Gramineae*. Os grãos mais comumente usados na alimentação são trigo, centeio, sorgo, milho, cevada, painço, aveia e arroz. Trigo, arroz e milho são os cereais mais relevantes industrialmente, devido às grandes quantias de colheita. O trigo é utilizado na produção de cereais matinais, farinhas e produtos de panificação, bem como o arroz, que também possui uso para fabricação de bebidas alcólicas e cereais matinais. O centeio possui maior uso na indústria de panificação, e aveia, cevada, milho e sorgo são mais comumente usados para fabricação de ração animal (CHINNADURAI; SEQUEIRA, 2016).

Segundo a RDC n. 263 de 2005 (BRASIL, 2005) produtos de cereais são os produtos obtidos a partir de partes comestíveis de cereais, podendo ser submetidos a processos de maceração, moagem, extração, tratamento térmico ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos. Já os cereais processados são os produtos obtidos de cereais que passaram por processamento, tais como laminação, extrusão, cilindramento. As farinhas são produtos obtidos de partes comestíveis de cereais (uma ou mais espécies), e os farelos resultam de processamento de grãos de cereais.

Como requisitos, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), esses produtos devem ser obtidos, processados, embalados, armazenados, transportados e conservados em condições que não produzam, desenvolvam e/ou agreguem substâncias físicas, químicas ou biológicas que coloquem em risco a saúde do consumidor (BRASIL, 2005). Para isso, as embalagens desempenham papel essencial para a manutenção da segurança e integridade do alimento.

Quanto à função ou nível da embalagem, podem ser definidas em primárias e secundárias. Sendo a primária a que está em contato direto com o produto e, quando única no produto, normalmente contém as informações de rotulagem e demais dados definidos por legislação. As secundárias, por sua vez, são responsáveis pela proteção física e mecânica durante a distribuição do produto (JORGE, 2013). Embalagens

secundárias são normalmente empregadas para cereais matinais, como caixas cartonadas (BARÃO, 2011).

A embalagem deve ser resistente à perfuração e atuar como barreira ao vapor d'água, preservando as características de aroma e evitando a entrada de odores externos. Tradicionalmente, para os derivados de cereal como cereais matinais, se utilizavam embalagens em revestimentos supercalandrados, encerados e glassine. Caixas de papelão eram usadas externamente para cereais matinais para bloquear a luz, o que retarda processos oxidativos e protege contra a quebra (CHINNADURAI; SEQUEIRA, 2016). Essas caixas também são utilizadas para cereais *in natura*, como aveia, e derivados, como amido de milho.

Para cereais *in natura*, tais como arroz e milho, o PEBD (polietileno de baixa densidade) e o PELBD (polietileno linear de baixa densidade) são amplamente aplicados. Eles possuem características semelhantes quimicamente ao polietileno de alta densidade, porém suas características físico-mecânicas diferem. Estas embalagens são plásticas flexíveis, ou seja, aderem à forma do alimento e podem ser fabricadas em diferentes tamanhos, medidas e cores (BARÃO, 2011).

Atualmente, com o avanço tecnológico nas indústrias, para cereais *in natura* e derivados, como amidos e féculas, é utilizada como embalagem primária a combinação de materiais de embalagem com outros materiais de alta barreira, que podem reduzir significativamente a adsorção, dessorção e difusão de gases e vapor de água. Por exemplo, o PEAD coextrusados com copolímero de etileno e acetato de vinila substitui o uso dos forros de papel glassine nas embalagens (CHINNADURAI; SEQUEIRA, 2016). Revestimento de cloreto de PVDC em PP orientado, laminação PET em PP/PE coextrusados e a metalização de alumínio em PET são outros materiais de uso comercial aplicados para cereais matinais.

Já como embalagem secundária, as cartonadas provenientes de material celulósico são comumente utilizadas em derivados de cereais, como amido de milho. Outros exemplos são embalagens de papel, papel-cartão e papelão ondulado. Estas se caracterizam principalmente pela estrutura, resistência mecânica e barreira à luz, porém tornam a embalagem primária um item essencial, já que são materiais porosos, permitindo a passagem de gases e vapor d'água, formados pelo entrelaçamento das fibras de celulose (SANTOS; YOSHIDA, 2011). Entretanto, embalagens primárias de papel ainda são bastante usadas no varejo para a venda de farinha a granel, apesar de estas serem permeáveis ao oxigênio e à umidade (HEMERY *et al.*, 2020).

Apesar de conter cerca de apenas 3% de gorduras, a oxidação lipídica em cereais e seus produtos é um fator preocupante, podendo modificar o aroma e sabor do produto. A aplicação de filmes de embalagens para cereais matinais e *snacks* à base de cereais (tais como barras de cereal, *snacks* à base de arroz e farinha de trigo e aveia) incorporados com vitamina E se provou como antioxidante tão eficaz quanto BHT (hidroxitolueno butilado) e BHA (beta-hidroxiácidos) ou qualquer outro antioxidante de polímero sintético, sendo seguro para conter a rancidez nestes produtos derivados de cereais, com baixa a média atividade de água (aw) (CHINNADURAI; SEQUEIRA, 2016).

Como avanços em embalagens para cereais *in natura* existem diversos estudos envolvendo o uso de embalagens com atmosfera modificada. Em estudo de Qaisrani e Beckett (2003 *apud* SIVARANJANI *et al.*, 2021) temos a técnica de aplicação de ozônio em cereais *in natura* (arroz, trigo e grãos de trigo e milho) demonstrada como promissora. Essa técnica é aplicável para material sensível ao calor e mostrou-se eficaz para a inativação microbiana, preservando a qualidade do alimento diferentemente de outras tecnologias, como processamento de alta pressão e o tratamento térmico (o que pode ocasionar a modificação dos grãos devido à aplicação de temperaturas elevadas).

Em uma revisão bibliográfica realizada por Zhu (2018), a aplicação de ozônio em embalagens para os cereais *in natura* trigo, arroz e milho demonstrou-se uma técnica econômica e segura, pois qualquer excesso de ozônio automaticamente decompõe-se para produzir oxigênio, não deixando resíduos nos alimentos. Além disso, houve inativação microbiana, destruição de micotoxinas e insetos. Na Figura 1, pode-se observar três tipos de embalagens utilizadas na indústria de cereais e derivados.

Figura 1: Caixas cartonadas para cereais, sacos de PEBD e arroz embalado em saco de PELBD.



Fonte: Google Imagens, 2022.

4.2 EMBALAGENS PARA FRUTAS, HORTALIÇAS E DERIVADOS

Frutas, ou frutos, são constituintes de algumas plantas utilizadas como alimento humano e são elas que protegem e carregam as sementes. Já as hortaliças são grupos de vegetais dos quais partes como raízes, caules, folhas, flores, frutos e sementes são consumidos como alimento. Segundo a Resolução 272 da ANVISA (BRASIL, 2005), produtos de vegetais são aqueles obtidos de suas partes comestíveis, incluindo sementes oleaginosas, que foram submetidos a processamento, tais como secagem, desidratação, cocção, salga ou fermentação, podendo ter líquido adicionado com sal, açúcar, especiarias e outros temperos. Os produtos de frutas são aqueles elaborados com a fruta inteira, em parte ou suas sementes, que passaram por processamento, como secagem, cocção, fermentação ou concentração, entre outros processos que os tornam seguros para consumo. Podem ter líquido de cobertura e adições de sal, açúcar e especiarias (BRASIL, 2005).

As condições de obtenção, armazenamento, transporte e embalagem devem garantir que não produzam ou agreguem substâncias prejudiciais à saúde do consumidor. Embalagens de materiais como madeira, papelão, plástico, juta (formada por fibras têxteis vegetais) e nylon (um polímero do tipo poliamida) são utilizadas para acondicionar frutas e hortaliças *in natura*. Essas embalagens também são empregadas no transporte e para a apresentação desses alimentos no varejo (LUENGO; CALBO, 2006).

Embalagens adequadas para frutas e hortaliças são essenciais para diminuir as perdas pós-colheita no Brasil. Cerca de 20-30% das hortaliças e frutas não chegam do campo ao consumidor final, por conta de danos durante a armazenagem e

transporte. O manuseio incorreto e embalagens inapropriadas, aliados aos danos mecânicos são algumas das causas desse problema (LUENGO; CALBO, 2006). Em prognóstico realizado pela Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (DERAL, 2020), que reuniu dados da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura) em 2017, demonstrou-se que a produção mundial de frutas colhidas, por exemplo, alcançou volume de 865,2 milhões de toneladas.

Para frutas e hortaliças minimamente processadas, deve se considerar que as embalagens devem ter alta permeabilidade a gases como o etileno, e que sejam mais permeáveis ao gás carbônico que ao oxigênio, de modo a permitir as trocas gasosas dos vegetais. Microfuros podem auxiliar para cumprir esses requisitos e aumentar a vida útil desses produtos (CARNER, 2012; CLIFF *et al.*, 2010; KARTAL, ADAY *apud* PILON, 2017). As embalagens utilizadas para esses produtos minimamente processados são filmes flexíveis, bandejas rígidas com tampas de material PET ou PS (poliestireno); ou termosseladas, formadas por dois tipos de polímeros (PET/PE, PVC/PE, PS/PE): bandejas com filmes termoencolhíveis ou esticáveis e *flow-pack* (também são conhecidas como “envelopamento”, pois envolvem automaticamente o produto com as extremidades superiores e inferiores lacradas e seladas). O BOPP (embalagem plástica flexível que possui barreira ao vapor e resistência mecânica) é o filme polimérico mais usado. Também são comumente utilizados embalagens de PE com densidades diferentes, PP (monocamada ou laminado), PVC, PS e EVA (copolímeros de etileno e vinil acetato) (PILON, 2017).

Como embalagens secundárias para frutas e hortaliças, temos o uso de caixas de madeira para o transporte até o varejo. Os tipos utilizados são caixa “K” (para produtos como abobrinha, alcachofra, batata-doce, berinjela, beterraba), caixa “M”, “torito” e engradado. Caixas de madeira também são bastante usadas para produtos como alho, uva e mamão. Apesar de serem reutilizáveis, elas possuem superfície áspera e são de difícil higienização, além de poderem sofrer abrasão e tornar o ambiente próprio para desenvolvimento de fungos e bactérias. As caixas de papelão também são comumente utilizadas para o transporte de frutas e hortaliças *in natura*, e também possibilitam a impressão da marca e outras informações pertinentes. Porém, possuem uso único recomendado e podem absorver umidade, o que dificulta a preservação dos produtos acondicionados. Sacos de nylon e juta são normalmente

utilizados para batata e cebola, mas não fornecem proteção contra danos mecânicos (LUENGO; CALBO, 2006). Cada vez mais, embalagens de madeira e papelão para o transporte desses alimentos vêm sendo substituídas por caixas de material plástico, rígidas e de fácil higienização, geralmente constituídas por polietileno de alta densidade.

Para produtos processados de frutas e verduras, como compotas e geleias, tais como abacaxi e pêssego em calda, geleia de maçã e framboesa, se utilizam embalagens plásticas de PP e as de vidro. Segundo a Portaria n. 27 do Ministério da Saúde (BRASIL, 1996), os vidros são materiais sólidos que possuem uma estrutura atômica molecular não cristalina, produzidos através de sistema em que uma massa é fundida sem cristalizá-la. Podem ser retornáveis ou não, e não podem passar para o alimento substâncias indesejáveis, através da migração, tóxicas ou contaminantes. Para conservas de hortaliças, como beterraba e cebola, se utilizam comumente as embalagens de vidro. Elas são vantajosas pois possibilitam uma boa limpeza e esterilização, processamento térmico necessário para esses produtos. Para os doces de consistência cremosa, utilizam-se vidros com tampa metálica (MACHADO, MATTA, 2006).

Para frutas em caldas, as embalagens mais utilizadas, além do vidro, são as latas fabricadas com folha-de-flandres, um laminado de aço revestido com estanho em ambos os lados (TORREZAN, 2000). A portaria n. 28 do Ministério da Saúde (BRASIL, 1996) descreve sobre as embalagens metálicas, de materiais ferrosos ou não ferrosos revestidos exclusivamente com revestimentos metálicos. Elas não podem passar ao alimento substâncias nocivas ou tóxicas acima dos limites propostos por legislação e não podem causar mudanças nas características sensoriais dos alimentos. Podem ter revestimentos poliméricos e empregar materiais para sua fabricação, tais como: aços e ligas inoxidáveis, ferro, alumínio, estanho, níquel, cobre, latão etc.

As embalagens ativas e inteligentes estão ganhando espaço como uma nova alternativa tecnológica para manter as hortaliças e frutas minimamente processadas com maior vida útil. Elas asseguram a qualidade do produto e proporcionam informações ao consumidor final. A definição de embalagem ativa é que ela interage com o produto e o ambiente para manter a qualidade e as características sensoriais. Já as embalagens inteligentes tornam possível monitorar as características do armazenamento do produto, incluindo o quanto ele está fresco. Essas embalagens

podem absorver oxigênio, etileno, realizar controle de umidade, integrar o tempo e temperatura, indicar presença de gases voláteis e até mesmo radiofrequência (SUPPAKUL *et al.*, 2013; DAI-NELLI *et al.*, 2008; HAN, FLOROS, 2007 *apud* PILON, 2017). A marca Eleve, empresa do Grupo NL Frutas e Legumes de Minas Gerais, já produz frutas e hortaliças sanitizadas em duas opções de embalagens ativas: bandejas com atmosfera modificada passiva (sem injeção de gás) e bandejas com atmosfera modificada (com injeção de gás). Esses produtos já estão disponíveis em grandes redes de supermercados brasileiros, como Carrefour e Extra.

Em um estudo realizado por Oliveira *et al.* (2008), o escurecimento enzimático de maçãs foi avaliado através do uso de embalagens ativas com antioxidantes. Este processo de escurecimento ocorre por causa da enzima polifenoloxidase (PPO), que catalisa a oxidação de compostos fenólicos, tornando o fruto escuro e podendo modificar suas características sensoriais. Os filmes para a embalagem foram produzidos através do polímero celulósico sobre um filme de PVC esticado em uma superfície de vidro. Para agir contra o escurecimento, foram usados os agentes sulfito e cisteína, ambos compostos redutores. Os resultados demonstraram que sulfito em concentração de 1% e cisteína a partir de 15% foram eficientes na inibição do escurecimento das maçãs.

Em estudo realizado por Ward (2016) na Turquia, relatou-se o uso de EAM (Embalagem de Atmosfera Modificada) para conservação de cerejas. Essa fruta se beneficia de concentrações de oxigênio entre 5-10%, e de gás carbônico entre 10-15%. Essa combinação reduz a deterioração, mantém a cor e o caule e preserva as características sensoriais, causando, por consequência, menor desperdício na cadeia de abastecimento. Durante os últimos 15 anos, a Turquia utilizou embalagens com atmosfera modificada nessas condições para enviar cerejas por toda a Europa. O autor também relata que, nos EUA, grande parte dos brócolis ainda é embarcado no gelo. Quando uma embalagem com atmosfera modificada é usada, até 33% mais brócolis podem ser embalados no mesmo espaço do contêiner, enquanto reduz o peso bruto total em 30% em comparação com os brócolis embalados em gelo. Isso fez com que se reduzissem em até 40% os custos de logística e as emissões de carbono. Além disso, o uso de EAM demonstrou reduzir a carga microbiana, aumentando a segurança alimentar dos brócolis.

Em estudo de Cai *et al.* (2021), um filme ativo de polietileno revestido com zeína/gelatina foi desenvolvido e foram avaliados seus efeitos sobre as qualidades e

composições voláteis de frutas com diferentes taxas de respiração. O filme se provou eficaz para retardar o crescimento de microrganismos e a perda de peso de morangos e longan (fruta tradicionalmente utilizada na medicina chinesa) durante o armazenamento. Em outro estudo, realizado por Tao, Sedman e Ismail (2021) com pimentão verde congelado, embalagens ativas com adesivos de celulose com óleo de canela e orégano aplicados demonstraram ser eficazes para redução de *Listeria monocytogenes* e *L. grayi*, contaminantes patógenos que podem tornar o alimento não seguro para consumo humano. Na Figura 2, se destacam três tipos de embalagens utilizadas para frutas e hortaliças.

Figura 2: Caixas de madeira como embalagens secundárias para transporte de frutas *in natura*, saco de juta para hortaliças e frutas *in natura* e bandeja em EPS (isopor) cobertas com filme de PVC para alface.



Fonte: Google Imagens, 2022.

4.3 EMBALAGENS PARA PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO

Os produtos de panificação estão entre os alimentos básicos mais importantes consumidos diariamente em todo o mundo. Em 2021, pão e outros produtos de panificação acumularam cerca de US \$ 1.172,65 bilhões em receitas globalmente e, somente na China, cerca de US \$ 250,203 bilhões foram gerados (STATISTA, 2020 *apud* QIAN *et al.*, 2021). Porém, vários produtos de panificação, tais como pães e bolos, possuem vida útil limitada, de 3 a 5 dias quando em temperatura ambiente e sem adição de conservantes. Os principais fatores que afetam e contribuem para a deterioração desses produtos são: composição nutricional; teor de oxigênio; teor de umidade; atividade de água (*aw*); pH; ingredientes; condições de processamento e armazenagem e propriedades da embalagem (QIAN *et al.*, 2021).

Produtos de panificação englobam uma grande variedade de alimentos, como pães doces e salgados, bolos, biscoitos, massas recheadas, pizzas, entre outros

produtos, como *muffins* e *donuts*, e são em geral comercializados frescos. Outros fatores que levam esses produtos à perda de qualidade são a retrogradação do amido, perda ou ganho de umidade e crescimento microbiológico de fungos e bactérias. Por isso, além do uso de conservantes utilizados industrialmente, a embalagem adequada é essencial para manter a qualidade desses produtos da indústria até a mesa do consumidor final. Há muitas possibilidades de embalagens para os produtos de panificação frescos, sendo que, em geral, são utilizados os sacos de papel e os de plástico, tais como películas esticáveis. As embalagens plásticas predominam entre os produtos de panificação industrializados. Embalagens semelhantes ao papel *kraft* natural mas com menor resistência mecânica são utilizadas normalmente para produção de saquinhos simples para utilização em pães diretamente em setores de padaria, por exemplo (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2002).

Para pães do tipo bisnaguinha são usados sacos de três soldas amarrados ou termossoldados, em equipamentos *form-fill-seal* verticais, ou em *flow packs* horizontais para produtos como bolos e torradas. Bandejas termoformadas são usadas para pães, produtos de confeitaria e bolos. Os pães de forma, por exemplo, são embalados em sacos monocamadas de PE, PP ou BOPP (oferecem barreiras ao vapor d'água) ou sacos laminados como BOPP/BOPP, BOPP/PP, BOPP/PE, em que uma das extremidades é termosselada ou utilizado um fecho plástico. Alguns pães com crosta, como o francês, podem ser embalados em sacos de PEBD com microperfurações, que permitem saída de vapor d'água (SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA, CANAVESI, 2002; JORGE, 2013).

Para produtos como biscoitos, as embalagens são formadas de combinação de camada metálica e de polímero, como BOPP metalizado, e outros tipos de combinações multicamadas, pois elas aumentam as proteções de barreira, tornando-as mais eficientes e práticas. Isso garante a proteção contra a luz, possibilidade de solda e maior resistência à abertura do produto, além de possuir baixo custo (TRIBST; SOARES; AUGUSTO, 2008 *apud* BARÃO, 2011). Como possuem longa vida de prateleira, biscoitos são normalmente embalados em filmes de celulose que são revestidos com PEBD ou copolímero de PVC/PVDC (com quantidades de 20% a 30% de PVC). O PVDC possui função de película final, servindo como vedação ao produto. Para bolos, que são mais suscetíveis do que pães a danos mecânicos, são usados sacos de papelão resistentes à gordura com janelas transparentes de celofane (QIAN *et al.*, 2021).

Atualmente, o uso de embalagens ativas desempenha papel importante na preservação e manutenção da qualidade, segurança, vida útil e características sensoriais dos produtos de panificação. Podem ser empregadas embalagens antimicrobianas, antioxidantes, embalagens que emitem etanol ou que absorvem umidade (QIAN *et al.*, 2021). A emissão de etanol, por exemplo, pode ser realizada através de sachês e é utilizada para estender a validade de produtos de panificação e confeitaria, como pães e bolos, que se degradam rapidamente devido à alta atividade de água e tornam o meio propício para desenvolvimento de microrganismos contaminantes, como fungos e bactérias. Estes sachês funcionam sendo colocados dentro da embalagem e absorvem a umidade difundindo vapor de etanol, o que faz inibir o crescimento de contaminantes microbianos. Podem também ser usados absorvedores de água para produtos de panificação frescos. Eles funcionam através de um umectante que é colocado entre duas camadas de filme plástico e diminuem a umidade relativa e o crescimento microbiano dentro da embalagem (QIAN *et al.*, 2021; SARANTÓPOULOS, COFCEWICZ, 2016).

A incorporação de óleos essenciais em polímeros biodegradáveis produz embalagens funcionais, sustentáveis e que aumentam a vida útil dos produtos por causa de suas capacidades antimicrobianas. Em estudo realizado por Klinmalaia *et al.* (2021), o carvacrol (monoterpenoide fenol naturalmente encontrado nos óleos essenciais de orégano, segurelha e tomilho) foi adicionado em misturas de filmes produzidas com PLA (poliácido láctico) e PBAT (poli butileno adipato co-tereftalato). Estas embalagens foram utilizadas para pão de forma branco e bolo de manteiga, sem conservantes. Os resultados deste estudo provaram que os filmes contendo carvacrol a 2 e 5% apresentaram retardo no crescimento e esporulação de *Penicillium sp.* e *Rhizopus sp.*, ambos microrganismos patogênicos, proporcionando maior vida de prateleira para pães e bolos embalados em até 4 dias.

Em outro estudo, de Heras-Mozos *et al.* (2018), filmes antimicrobianos com extrato de alho foram utilizados como embalagem ativa de pão de forma fatiada sem conservantes, para prolongar sua vida útil. Os resultados provaram que o filme de PE revestido com zeína com 0,5% de extrato de alho retardou o crescimento fúngico no pão em 30 dias. Na Figura 3, pode-se observar três tipos de embalagens comumente utilizadas na indústria de panificação e derivados.

Figura 3: Sacos de papel Kraft para pães frescos, saco de PP para pães fatiados e embalagem de BOPP metalizado usado para biscoitos.



Fonte: Google Imagens, 2022.

4.4 EMBALAGENS PARA CARNES, PESCADOS E DERIVADOS

Segundo a RDC 272 da ANVISA (BRASIL, 2019), carnes são as partes musculares comestíveis de animais abatidos e aptos para consumo, constituídos por tecidos moles que envolvem o esqueleto e incluem gordura, tendões, vasos, nervos e aponeuroses, pele dos suínos e aves. Já as carnes *in natura* são as que não recebem tratamento de conservação além do resfriamento, sendo mantidas resfriadas ou congeladas e sem adição de ingredientes. Já os produtos cárneos processados são aqueles industrializados preparados mantendo como base a carne ou seus subprodutos comestíveis, podendo ou não ser adicionados de ingredientes permitidos por legislação. Produtos frescos industrializados não recebem aditivos e não passam por processos térmicos como cozimento ou secagem. Já os derivados de carnes são aqueles em que ocorrem processamentos diversos, que alteram as propriedades e características sensoriais da carne, tais como moagem, condimentação, salga, defumação e cozimento. Os derivados cárneos que mais se destacam são os embutidos, como presuntos, apresuntados, salames, linguiças e *nuggets* derivados de carne bovina ou de aves (NASSU; TULLIO, 2007).

Para carnes e pescados *in natura*, o EPS (isopor) é usado em bandejas pré-moldadas. Já as PA (poliamidas, um tipo de polímero termoplástico) são utilizadas como embalagens flexíveis e bandejas para manutenção de produtos a vácuo e com atmosfera modificada. Para esse tipo de produto também se utiliza o PVC. A permeabilidade do PVC depende do grau de plastificação: quando ele é muito

plastificado, e na forma de filme estirável, ele é escolhido para embalar carnes frescas, por causa da alta permeabilidade ao gás oxigênio. Para embalar carnes defumadas, se utiliza comumente o PVDC (cloreto de polivinilideno) colorido em vermelho ou laranja, já que esse plástico tem característica de pouca permeabilidade aos gases e vapor d'água. Esse material é aplicado na forma de filme envolvente em torno do alimento, e como revestimento de filmes como PP orientado, película celulósica, papel, PET e PA (JORGE, 2013).

Para produtos processados à base de carne, como hambúrgueres e *nuggets*, por exemplo, se utilizam embalagens primárias (envoltórios plásticos) e secundárias (caixa de papelão). Tais produtos à base de carne vermelha, aves, suína ou de pescados, como hambúrgueres e bacon fatiado, também podem ser comercializados em embalagens a vácuo tipo *skin pack*, que dão apelo visual e tempo de vida de prateleira parecido com os embalados à vácuo. Para produtos cárneos processados, como os curados e defumados, são utilizadas estruturas contendo PA, PET, EVOH (copolímero de etileno e álcool vinílico) e PVDC, em combinações com outros substratos, como PEBD, EVA, PEBDL (polietileno de baixa densidade linear, com uma considerável quantidade de ramificações curtas feitas por copolimerização de etileno), ionômero e PEBDL metalocênico (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2002; MENEZES; ALEXANDRINO, 2014). Entre outros produtos processados à base de carnes e pescados, temos os patês de fígado ou atum, por exemplo, apresentados em embalagens multicamadas metalizadas, bem como em embalagens simples de polipropileno. Já em patês finos com denominações *gourmet*, há a utilização comum de embalagens de vidro.

Para carnes vermelhas, de aves e pescados congelados, a preocupação com desidratação deve ser levada em conta, e, por isso, embalagens termoencolhíveis à base de poliolefinas (macromoléculas formadas pela polimerização de unidades de monômeros de olefinas, também conhecidas como termoplásticos) especiais são selecionadas. Resistência mecânica também é essencial para garantir a integridade do produto durante o armazenamento e transporte. Cortes primários e secundários de bovinos e suínos congelados são geralmente embalados em PEBD ou PEBDL e em estruturas multicamadas que incluem EVA. Para cortes nobres congelados, embalagens multicamadas que incluem materiais de barreira ao oxigênio, como PA, PVDC e/ou EVOH, com o acondicionamento a vácuo, são escolhidas (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2002).

Para carnes e pescados em conserva são utilizadas embalagens metálicas, com materiais como alumínio, pois elas tornam possível a esterilização, processo utilizado para este tipo de alimento industrializado. Essa embalagem é usada na forma de latas de duas ou três peças, tais como os utilizados para conservas de pescados como sardinha e arenque, nos formatos redondos, retangulares, ovais, troncocônicas ou trapezoidais. Para as tampas das latas são utilizadas folhas de flandres escolhidas de acordo com seu grau de dureza. Para carnes embaladas a vácuo, são necessários materiais com baixa permeabilidade ao oxigênio e que facilitem a termossoldagem. Para isso, se utilizam laminados (embalagens com estruturas com barreiras, podendo ser compostas de combinação de diversos materiais, têm aspecto metalizado e possuem espessuras finas) PA/PE e PET/PE, pois estes materiais mantêm sua qualidade em baixas temperaturas, que são necessárias para prolongar a vida útil desse tipo de alimento. As embalagens multicamadas também são utilizadas na indústria de carnes, pescados e derivados, e sua composição varia de acordo com o produto a ser embalado, podendo contar com propriedades conjugadas de transparência ou opacidade, resistência mecânica, rigidez ou flexibilidade e barreira contra gases e umidade (JORGE, 2013). Embalagens plásticas multicamadas metalizadas podem ser observadas em produtos derivados esterilizados, como patês de carne e atum.

Embalagens de atmosfera modificada são utilizadas para carnes *in natura*, onde a composição gasosa se altera durante o armazenamento por causa das transformações bioquímicas da carne, metabolismo microbiano e características de permeabilidade da embalagem. Alguns exemplos de mistura gasosa nesse tipo de embalagem são: para carnes vermelhas, proporção de oxigênio de 60%, de gás carbônico de 25-35% e de nitrogênio de 5-15 (modificam características microbiológicas, que provocam oxidação e rancificação, aumentando a vida útil de 2-4 dias para 5-12 dias); já para carne de frango, se utiliza as proporções de 8, 60 e 32% para oxigênio, gás carbônico e nitrogênio respectivamente, modificando características microbiológicas e aumentando a vida útil de 7 para 17-37 dias. Outros tipos de tecnologias empregadas para carnes são uso de etiquetas inteligentes, fabricadas com tintas que são sensíveis às mudanças bioquímicas e indicam, por exemplo, liberação de amônio no interior da embalagem, o que significa deterioração da carne fresca (SANTOS; YOSHIDA, 2011).

Em estudo de Pizato *et al.* (2011), foram avaliadas cor e textura de frangos *in natura* embalados em atmosfera modificada gasosa. Os frangos foram embalados em sacos plásticos de alta densidade de EVOH à base de nylon-polietileno, de cinco camadas, denominadas de coextrusão multicamadas, e foram injetadas misturas de gases em proporções diferentes de oxigênio, gás carbônico e nitrogênio. Os autores demonstraram que os melhores resultados de análise de cor e textura (menor escurecimento e menor força de corte) foram obtidos na embalagem com 100% de gás carbônico. Em outro estudo, de Cordeiro *et al.* (2017), foi avaliada a estabilidade oxidativa de carne ovina com revestimento à base de zeína (proteína do glúten do milho muito utilizada na produção de filmes plásticos flexíveis e transparentes) combinada com diferentes plastificantes, como ácidos oleicos e óleos, durante 36 dias. O revestimento com melhor estabilidade oxidativa foi o de base de zeína com plastificantes de óleos de alecrim, azeite com alecrim e pimenta rosa, sendo promissores para utilização em carnes ovinas revestidas para garantir maior qualidade de conservação em embalagem durante o armazenamento.

Na Figura 4, apresenta-se três tipos de embalagens usadas na indústria de carnes e derivados, como hambúrguer e embutidos defumados.

Figura 4: Saco encolhível de PVDC para carnes frescas, embalagem secundária de papelão para hambúrguer e carnes defumadas embaladas em EVOH.



Fonte: Google Imagens, 2022.

4.5 EMBALAGENS PARA LEITE E DERIVADOS

No Brasil, a indústria de laticínios tem a representatividade de segundo segmento mais importante da indústria de alimentos. Apenas em 2018, o consumo foi de 166,4 litros por habitante, sendo o leite fluído o alimento mais consumido, seguido de queijos. Com grande importância econômica, os lácteos prestam função nutricional importante na dieta humana, sendo fonte de proteínas, minerais e vitaminas. O leite pode ser consumido na forma de bebida e nas suas diversas formas derivadas, tais como: manteigas, queijos, iogurte, bebida láctea, leite condensado, leite fermentado, doce de leite, leite em pó ou creme de leite (SIQUEIRA, 2019).

O mercado de queijos no Brasil, por exemplo, vem obtendo grande crescimento impulsionado pelo aumento de vendas nos mercados e redes de *fast food*, com grande crescimento de venda de queijos industrializados. No país, são comercializados diversos tipos de queijo, como os queijos muçarela, minas frescal, queijo prato, provolone, minas padrão e queijo ralado (CHALITA *et al.*, 2009).

A preocupação com a qualidade dos produtos lácteos e a manutenção da sua vida útil, através da conservação de suas características nutritivas e sensoriais, são pontos essenciais ao consumidor e, conseqüentemente, para a indústria, bem como para o produtor, visto que as condições de manutenção e sanidade do produto devem iniciar desde o local de produção inicial. As embalagens desempenham função essencial para a manutenção da integridade de produtos lácteos e seus derivados.

Diversos tipos de embalagens e materiais são utilizados para lácteos e seus derivados. Desde 1880, o vidro se utiliza para acondicionar e transportar leite de forma higiênica. Atualmente, o mais comum para leite fluidos e produtos como creme de leite são as embalagens *Tetra Pak*, formadas por embalagem cartonada, camadas de polietileno e folha de alumínio. As embalagens metálicas, que podem ser de três peças (com corpo, tampa e fundo) ou de duas peças (onde corpo e fundo são únicos), são mais utilizadas para derivados, como o leite condensado e o leite em pó. As latas de três peças são usualmente fabricadas em folhas de flandres, e as de duas peças podem ser em folha de flandres, cromada e folha de alumínio. Para o leite em pó, deve-se considerar o uso de embalagens com total barreira ao vapor d'água, pois a umidade pode provocar alterações na aglomeração do pó. Segundo a legislação brasileira, o uso de folha não revestida apenas é possível para produtos alimentícios desidratados,

tais como leite em pó, pois nesse caso a interação entre alimento e embalagem praticamente não existe (JORGE, 2013; SANTOS, YOSHIDA, 2011).

Para manteiga, deve-se ter ciência da importância do cuidado com a perda de umidade e seus compostos aromáticos, pois seu mau armazenamento pode alterar seu aroma, provocando rancificação e transferindo compostos de sabor estranhos ao produto. Embalagens de papel com revestimento laminado podem ser usadas para tais propósitos e para a venda no varejo de barras de manteiga frescas. Devido à característica gordurosa, as necessidades de embalagem da manteiga são semelhantes às dos queijos, onde materiais com permeabilidade baixa ao vapor de água devem ser empregados. A vida útil desses derivados lácteos é também limitada pelo crescimento de bactérias, principalmente as bactérias ácido lácticas, leveduras e fungos. No caso de queijos, alguns tipos de leveduras produtoras de gás carbônico, podem acarretar o estufamento da embalagem. As embalagens de PVDC podem ser utilizadas para prestar essa função de proteção, sendo usadas normalmente embalagens de celofane/PVDC/PE, PET/PVDC/PE, PA/PVDC/PE, PA/EVOH/PE/PVDC e outras com alumínio. O PVDC também é utilizado na forma de filme envolvente, revestimento de filmes e pode ser pigmentado em cores como laranja ou vermelho, para uso no acondicionamento de queijos defumados. Para queijos, também podem ser utilizadas poliamidas, na forma flexível, e bandejas com utilização de vácuo e atmosfera modificada (JORGE, 2013; SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2002).

Já os plásticos, como garrafas PET, também são utilizados em embalagens simples ou complexas para produtos como leite pasteurizado e esterilizado, os leites longa vida e para iogurtes e bebidas lácteas. O PEAD, material produzido em pressão próxima à atmosférica, também é usado para fabricar este tipo de garrafa de leite esterilizado, através da extrusão-sopro. O PVC, na forma de filme termorretrátil, é utilizado em potes para manteigas e achocolatados. Para os derivados lácteos como iogurtes, materiais como o PS são utilizados para fabricação de copos para armazenar esses produtos, pois possuem propriedades de barreira térmica, ideais para a sua conservação. Já para as tampas são utilizados materiais plásticos com camada de alumínio, com a vantagem de atoxicidade e resistência à corrosão. O PPBO (polipropileno biorientado) é um filme utilizado em embalagens, fitas adesivas, rótulos e etiquetas, sendo aplicado em embalagens expostas a ambientes com alta umidade,

tais como requeijão e iogurtes, permitindo impressão dos dados de sua rotulagem de maneira bem definida e com alta qualidade (JORGE, 2013; YOSHIDA, 2011).

Embalagens com atmosfera modificada vêm sendo utilizadas principalmente na indústria de queijos, onde a alteração da composição dos gases que envolvem os alimentos, através principalmente da adição de gás carbônico ou nitrogênio, podem reduzir as alterações físico-químicas, o crescimento microbiano e as reações de oxidação durante o armazenamento, em comparação com produtos sem esses controles ou até mesmo embalados à vácuo. Em estudo de Silva *et al.* (2021), queijo do tipo minas frescal em embalagens de polietileno/nylon de baixa densidade foram armazenados em diferentes concentrações de CO₂/N₂. O queijo embalado com aplicação de gás carbônico apresentou maior sobrevivência probiótica, menor acidez titulável e redução da atividade proteolítica (que causa decomposição proteica), quando comparado ao embalado à vácuo e com nitrogênio.

Em outro estudo foram avaliadas as propriedades físicas e funcionais de filmes à base de gelatina feitos a partir da pele do peixe cação, enriquecidos com extratos orgânicos de sementes de *Lepidium sativum* (agrião-de-jardim), aplicados em queijos do tipo ricota durante o armazenamento. As análises finais demonstraram alto poder antioxidante da embalagem ativa, além de estabilização da cor, da peroxidação e do crescimento de bactérias em comparação com a amostra não embalada após seis dias de armazenamento (SALEM, 2021). Na Figura 5, vemos três tipos de embalagens mais utilizadas na indústria de laticínios.

Figura 5: Embalagens *Tetra Pak* para leites e bebidas lácteas, embalagem de papel com revestimento laminado para manteiga e embalagem de PA/EVOH/PE/PVDC para queijo.



Fonte: Google Imagens, 2022.

4.6 EMBALAGENS PARA BEBIDAS

A produção de bebidas no país corresponde a aproximadamente 4% do valor adicionado (representatividade em contribuição econômica deste setor) da indústria de transformação brasileira, sendo os refrigerantes o principal item deste ramo, seguido pelas cervejas. Estes dois setores representam 82% do volume produzido e 76% do valor total das vendas de bebidas no Brasil. Atrás destes segmentos, ficam as indústrias de fabricação de aguardentes e outras bebidas destiladas, vinhos e águas envasadas (CERVIERI JÚNIOR, 2014).

Segundo denominação do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2021), bebidas compostas são aquelas fabricadas na forma de suco, polpa ou extrato vegetal, podendo se apresentar na forma preparada sólida (para ser dissolvida) ou líquida. Já uma bebida gaseificada é aquela que possui adição de dióxido de carbono conforme limites estabelecidos em legislação. As bebidas preparadas de extratos vegetais devem conter quantias mínimas definidas do fruto ou sementes utilizados para sua fabricação e corresponder a padrões químicos e físicos de qualidade para serem seguras ao consumidor. Há também os chás, bebidas obtidas pela maceração ou infusão de folhas e brotos, folhas, hastes, pecíolos e pedúnculos de erva-mate ou de outros vegetais. Já os refrescos são bebidas não fermentadas e não alcoólicas, obtidas a partir do ingrediente vegetal diluído em água. Além disso, existem os refrigerantes, bebidas gaseificadas obtidas pela dissolução de ingrediente vegetal com açúcar e saturado de dióxido de carbono.

A principal função da embalagem de bebidas é proteger e manter a qualidade e o prazo de validade dos constituintes do produto, mas também atrair o consumidor para o item. Diferentes tipos de embalagens são aplicadas na indústria de bebidas. Embalagens metálicas, feitas a partir de folhas de aço e de alumínio, possuem vantagens de barreira total à umidade e a gases e são invioláveis, além de terem alta resistência ao choque térmico e à pressão interna, e por isso são empregadas para bebidas fermentadas. Quando utilizado o alumínio, este possui alta empregabilidade em embalagens multicamadas, encontrando-se em latas para bebidas, refrigerantes, cervejas e sucos. Devido à resistência do material, é principalmente empregado em latas de bebidas carbonatadas, como os refrigerantes. Também são empregadas para acondicionar sucos e preparados de frutas. Além disso, por ser moldável e versátil, o

alumínio possui a vantagem de conveniência através do transporte de bebidas em menores quantidades. Para cerveja e bebidas carbonatadas são utilizadas latas de duas peças embutidas-estiradas em alumínio e em folha de flandres, sendo este último material empregado para as tampas e fundos das latas (SANTOS, YOSHIDA, 2011; JORGE, 2013).

As embalagens plásticas possuem grande representatividade nos materiais empregados para acondicionar bebidas, sendo o PET o material mais utilizado, devido à sua resistência à deformação e proteção contra umidade, além de possuir baixo custo. Ele é empregado em bebidas diversas, tais como sucos, cervejas, águas minerais e refrigerantes. O PEAD também é utilizado para esses produtos (SANTOS; YOSHIDA, 2011), bem como garrafas de PE com tampas em PP. O uso de embalagens plásticas terciárias (embalagem com função de auxílio no transporte e manuseio seguro de mercadorias ou embalagens agrupadas) é empregado no transporte de garrafas de bebidas. O PEN (polietileno naftalato) é um material de elevado interesse no mercado de bebidas, tendo propriedades de barreira a gases muito superiores ao PET (10 a 15 vezes maior) e maior barreira ao vapor d'água, porém, custa de 3 a 4 vezes mais. Para que possa ser mais viável sua utilização, ele é empregado combinado com o PET através de copolimerização, usado em bebidas carbonatadas por causa da sua baixa permeabilidade a gases (JORGE, 2013).

O vidro é outro material amplamente utilizado para acondicionar bebidas. Nas garrafas âmbar de cervejas são incluídos pigmentos que absorvem a luz UV, assim como é feito nas garrafas de refrigerantes PET verde e âmbar, auxiliando a manutenção da qualidade e vida útil do produto através da proteção contra a luz. Em produtos como a cerveja, a garrafa de vidro retornável demonstra grande importância. Mesmo que esse tipo de embalagem gaste mais água para sua lavagem e exija logística de retorno, a opção ainda é utilizada em 58% da indústria e diminui o custo repassado ao consumidor (SANTOS, YOSHIDA, 2011; CERVIERI JÚNIOR, 2014).

Através do avanço tecnológico na indústria de embalagens, vêm se utilizando a incorporação em materiais poliméricos (nanocompósitos), que procuram melhorar as propriedades de proteção de barreira mecânica. Materiais como nanocompósitos de argila melhoram as barreiras a gases em polímeros, por exemplo, e já são aplicados em embalagens de bebidas carbonatadas e cervejas em geral, onde, diminuindo a perda de gás carbônico, conseguem o aumento representativo de mais de seis meses de vida de prateleira (SANTOS; YOSHIDA, 2011).

De 2010 a 2015, a taxa de crescimento de incorporação de embalagens ativas para alimentos foi de 10,5%, sendo deste total, 19% utilizadas para a indústria de embalagens de bebidas. Podem ser utilizados diferentes tipos de substâncias, tais como antimicrobianos e antioxidantes, que aumentam a vida útil e criam uma maior barreira ao meio externo. Controladores de umidade, odor e gases também podem ser adicionados, sistemas que são mais utilizados em plásticos do que em metais, geralmente, na forma de revestimentos. Por exemplo, um sintético de denominação LAE (cloridrato de etil-dodecanoil-arginato), derivado de ácido láurico, L-arginina e etanol, já está sendo adicionado como revestimento em embalagem *Tetra Pak* para estender a vida de prateleira de bebidas à base de leite e sucos. Outro uso de substâncias ativas é através da difusão de vanilina a partir de filmes de quitosana/metil celulose para embalagens de água, sucos de abacaxi e melão, que mostraram um efeito inibitório contra diferentes microrganismos patogênicos (RAMOS; VALDÉS; GARRIGÓS, 2016). Na Figura 6, estão apresentadas três tipos de embalagens com maior utilização na indústria de bebidas.

Figura 6: Caixa plástica como embalagem terciária para garrafas de bebidas, latas de alumínio e garrafas de PE com tampas em PP.



Fonte: Google Imagens, 2022.

4.7 EMBALAGENS PARA ÓLEOS COMESTÍVEIS

Segundo a RDC 481/2021 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2021), os óleos vegetais são aqueles compostos de glicerídeos de ácidos graxos, podendo também ser constituídos de outros lipídios, como fosfolipídios, compostos insaponificáveis e ácidos graxos livres, e são líquidos na temperatura de 25°C. Eles podem ser fabricados a partir de canola, girassol, coco, gergelim, linhaça, entre diversas outras espécies vegetais. Eles podem ser obtidos através de processos de prensagem a frio (processos mecânicos sem aplicação de calor), por refinação

(para retirar ácidos graxos livres, pigmentos e outros compostos indesejáveis) ou serem virgens.

As embalagens são essenciais para manutenção da integridade dos óleos comestíveis, já que, por serem produtos sensíveis à luz, eles podem se degradar através da foto-oxidação, que causa rancidez, tornando o produto escuro e alterando suas características sensoriais, diminuindo seu tempo de prateleira e a aceitação do consumidor. Inicialmente, as embalagens utilizadas para óleos eram as de folhas de flandres, e foi a partir de 1980 que se começou a utilizar as garrafas plásticas de PET, para acondicionar principalmente óleos de girassol e canola (FREITAS; BARBOSA; FRANCA, 2000).

Embalagens metálicas são usualmente utilizadas para os diversos tipos de óleos comestíveis, podendo ser usada folha de flandres ou folha cromada. Esta última apresenta muita resistência à sulfuração (processo de descoloração que ocorre internamente nas latas durante o acondicionamento de produtos alimentícios) e, através do envernizamento, protege adequadamente os óleos de baixa acidez, na forma do corpo de latas retangulares. A folha cromada é utilizada como alternativa à folha de flandres também devido ao menor custo na sua fabricação; em vez de estanho, é utilizada a aplicação eletrolítica de camada de cromo metálico e óxido de cromo, juntamente com um filme de óleo. Folhas não revestidas feitas de laminados de aço, que possuem menor custo, porém menor resistência à corrosão, são permitidas para uso pela legislação brasileira em óleos, porque a interação embalagem/alimento praticamente não existe. Essas folhas são utilizadas para os óleos comestíveis na forma de embalagens cilíndricas (JORGE, 2013; SANTOS, YOSHIDA, 2011).

Outros materiais, como o vidro, são utilizados normalmente para óleos de maior valor comercial, o azeite de oliva, por exemplo. Materiais plásticos, como o PVC, também são utilizados como embalagem de óleos comestíveis — óleo de soja, canola, girassol e milho —, mas a maioria é envasada no Brasil em embalagens PET, que desempenham uma barreira ideal contra oxigênio e odores (JORGE, 2013). Porém, estas embalagens normalmente não oferecem uma barreira adequada contra a luz. Uma alternativa para contornar esse problema é a utilização de embalagens que

bloqueiam a luz através do uso de pigmentação, como a utilização do âmbar ou verde em vidros para azeite de oliva.

Para embalagens poliméricas, se utiliza o uso de absorvedores UV; por exemplo, o aditivo hidroxibenzofenona, usado na fabricação do plástico, protege contra raios UV que favorecem a oxidação dos óleos comestíveis. Esses absorvedores UV são frequentemente utilizados em PVC, PE e PP (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2002).

Na Figura 7, estão expostos três tipos de embalagens utilizadas na indústria de óleos comestíveis.

Figura 7: Embalagem PET para óleos, garrafa de vidro para azeite de oliva e latas em laminado de aço.



Fonte: Google Imagens, 2022.

4.8 SUSTENTABILIDADE EM EMBALAGENS PARA ALIMENTOS

O mercado mundial de embalagens está em constante crescimento. Em 2020, especialistas do setor avaliaram este mercado em US \$939,9 bilhões e estava previsto para crescer a uma taxa anual composta de crescimento de 2,3% até 2025, atingindo um valor de US \$1,05 trilhão. Esse setor é segmentado em embalagens papel-cartão, flexíveis (representados por 64% de plásticos), plásticos rígidos, metais, vidros e outros, como madeira e têxteis. Entre esses materiais, materiais como papel e metais têm alta taxa de reciclagem, pois são provenientes de fontes sustentáveis de matéria-prima; porém, os plásticos se tornam uma preocupação para a ecologia global, por terem origem em bases petroquímicas provenientes de fontes não renováveis/biodegradáveis (STARK; MATUANA, 2021).

Os materiais plásticos vêm substituindo diversos materiais, tais como madeira, aço e vidro, principalmente no que diz respeito às embalagens terciárias de caixas para transporte de frutas, verduras e garrafas de bebidas. Segundo a ABRE (Associação Brasileira de Embalagem), em 2014, os plásticos já representavam cerca de 37,47% do total de materiais produzidos para embalagem. O PET tem sido amplamente utilizado pois possui custos muito menores de produção e transporte do que o vidro para bebidas; porém, leva a um descarte em proporções imensas e que impactam o meio ambiente, pois não há correto descarte ou reciclagem desse material, além da existência de sistemas de coleta de lixo ineficazes. Somente em 2016, a produção de embalagens PET foi de 840 mil toneladas no Brasil. O vidro, por outro lado, correspondia a apenas 4,86%, em 2012, da produção de embalagens no Brasil, segundo dados da ABIVIDRO (Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro), e mesmo tendo tempo de meia-vida no ambiente indeterminado, possui impacto menor devido ao fato de poder ser completamente reciclado e reutilizado (LANDIM *et al.*, 2016).

Outro ponto de preocupação referente aos materiais plásticos é a migração de compostos tóxicos das embalagens para o alimento em contato. Autores como Arvanitoyannis e Kotsanopoulos (2014) e Arvanitoyannis e Bosnea (2004), relatam sobre os fenômenos de migração e os processos envolvidos, tais como difusão. No Brasil, isso levou à regulamentação de normas, tais como a Resolução RDC nº 589 (BRASIL, 2021), que altera a Resolução nº 105, de 19 de maio de 1999, surgiu para controle dos monômeros e polímeros autorizados para a elaboração de embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos.

Organizações não governamentais, governo, empresas e comunidades vêm demonstrando sua preocupação em diminuir o impacto do uso de embalagens causada pela imensa produção de resíduos sólidos. Algumas abordagens são consideradas para tratar esse problema, tais como a expansão do conceito dos 6R: repensar, reutilizar, reparar, reduzir, repor e reciclar. Reduzir seria, por exemplo, a utilização de menos peso do sistema de material de embalagem, diminuindo posteriormente a quantidade produzida de resíduos ou utilizando materiais alternativos. A utilização de embalagens mais leves também é

um critério visualizado pela sustentabilidade, pois isso reduz gastos energéticos com o transporte e gera menor quantidade de descartes de lixo em aterro. A empresa sueca Ecolean, por exemplo, que trabalha com laticínios e bebidas, reduziu em 50% o peso de suas embalagens modificando os materiais das garrafas e caixas assépticas, através do uso de uma película fina composta de PE e PP e giz. Após essas modificações, a quantidade total de resíduos que a empresa gerou foi menor do que 200 kg ao fabricar 100 000 embalagens de Ecolean air (embalagens de 1 litro), contra cerca de 800 e 600 kg de resíduos gerados para garrafas PET e caixas assépticas, respectivamente (RAMOS; VALDÉS; GARRIGÓS, 2016).

A reutilização de embalagens é uma alternativa eficaz para melhoria da sustentabilidade frente à excessiva geração de resíduos sólidos por embalagens de alimentos. Além dos benefícios ambientais, também são econômicos e diminuem a emissão de gases de efeito estufa, consumo de energia e água e matérias-primas. A reutilização é mais utilizada para embalagens de bebidas, como vidros para refrigerantes e vinhos e garrafas de cerveja. Dependendo do material de embalagem, a reciclagem pode ser feita de maneira orgânica, onde as partes biodegradáveis são tratadas com microrganismos, ou mecânica, processando os resíduos para fabricação de novas embalagens, com as vantagens de diminuição de consumo energético e criação de novos empregos relativos a esse processo. Porém, alguns materiais não podem ser facilmente recicláveis, devido à contaminação no descarte, como papelão e papel; já embalagens de vidro, aço, alumínio e monocamada PET podem ser reutilizadas, devido ao processamento térmico que sofrem e que torna o material seguro ao consumidor. Plástico reciclado pode gerar a economia de até 50% de energia com seu uso (JORGE, 2013).

O alumínio é o material mais reciclado no Brasil, onde 95,7% das latas de alumínio utilizadas em bebidas são recicladas, contra apenas 28,3% da média mundial. Em 2011, o país registrou 473 mil toneladas de alumínio recicladas, o que correspondia a 36,4% do consumo doméstico, e em 2012 esse valor aumentou para 508 mil toneladas. Já para as embalagens de papel no país, cerca de 1,3 milhão de toneladas/ano de papelão ondulado são reciclados. O vidro é o

material mais produtivo em termos numéricos, 1 kg de embalagem de vidro representa 1 kg de material para novas embalagens; no Brasil, 46% das embalagens de vidro são recicladas e, por ano, são mais de 400 mil toneladas. Em relação aos materiais plásticos, um estudo realizado através do Plano de Incentivo à Cadeia do Plástico (PICPlast) relatou que apenas 23,1% dos resíduos plásticos foram reciclados após o consumo no Brasil. (SANTOS, YOSHIDA, 2011; LANDIM *et al.*, 2016; ABIPLAST, 2021).

A ABEAÇO, Associação Brasileira de Embalagem de Aço, uma entidade sem fins lucrativos que reúne diversos setores produtivos do setor de latas de aço no país, surgiu com objetivo de promover e fortalecer a imagem das embalagens de aço e dar suporte aos seus fabricantes. Esse interesse é facilmente explicável, pois o aço é um material 100% reciclável, com redução de níveis de CO₂ (nas últimas 3 décadas a diminuição foi de 50%) em sua produção e possibilidade de limitar o uso de combustíveis fósseis, além de atualmente existirem estudos tecnológicos para diminuir o peso das latas, para que a quantidade de resíduos criados seja menor na sua cadeia produtiva. Por ano, 385 milhões de toneladas de aço são recicladas no Brasil, 47% das latas são recicladas, o que, em números, representa 200 mil toneladas de aço retornando ao processo de fabricação. Existem outras vantagens na reciclagem do aço, como o consumo de energia três vezes menor em comparação à fabricação do alumínio e consumo de água cerca de nove vezes menor do que o usado na fabricação do papel. A PROLATA, uma iniciativa da ABEAÇO, tem o intuito de envolver cooperativas de catadores e a criação de Centros Prolata de Reciclagem nas principais capitais, para recebimento de grandes volumes de latas pós-consumo e instalação de pontos de entrega voluntária (ABEAÇO, 2021).

Uma alternativa para controlar os riscos causados pela enorme quantidade de resíduos produzidos pelo descarte de plástico são os polímeros biodegradáveis ou biopolímeros. Eles são polímeros extraídos de biomassa (matéria orgânica de origem vegetal ou animal usada com a finalidade de produzir energia) e sintetizados a partir de monômeros, produzidos a partir de micro-organismos. O plástico biodegradável é um plástico que se degrada naturalmente devido à ação de microrganismos, como bactérias, fungos e algas, produzidos através de fontes

renováveis e com propriedades semelhantes à de plásticos como PET, PP e PE. Em 2019, 53% dos bioplásticos no mundo (1,14 milhão de toneladas) já eram usados para a fabricação de embalagens, e são usados nos seus diversos setores como embalagens rígidas e embalagens flexíveis. Eles também podem ser usados em embalagens com atmosfera modificada para frutas e vegetais *in natura* (SHAIKH; YAQOOB; AGGARWAL, 2021).

O PLA, ou Poli (ácido láctico), é um tipo de polímero biodegradável obtido por fontes renováveis, tais como o milho. Se origina através da fermentação de bactérias *Lactobacillus sp.*, açúcares simples e biomassa, que geram ácido láctico, e que, por polimerização, é transformado em PLA. Em 2017, a produção desse material mundialmente foi de 370 mil toneladas. Diversas pesquisas estão sendo realizadas para que o uso desse material seja ampliado na indústria de alimentos, através da diminuição dos custos para a sua produção. Ele é muito vantajoso, pois gera economia de energia e possui propriedades similares ao PET. Além disso, estudos demonstraram que PLA é um material economicamente viável para a fabricação de embalagens de alimentos e é seguro do ponto de vista da saúde, através de estudos que verificaram a migração de ácido láctico para os alimentos embalados com este material. Ele já é utilizado em produtos como: copos para bebidas; garrafas; filmes flexíveis; bandejas termoformadas; embalagens rígidas e papéis revestidos (DE OLIVEIRA; BORGES, 2020).

Em estudo de Liu *et al.* (2021), é relatado o uso de outro tipo de biopolímero relevante para a indústria de alimentos, a celulose, que pode ser obtida de fontes naturais e de biorresíduos e resíduos agrícolas. Tanto a celulose quanto seus derivados estão entre os polímeros mais abundantes e já utilizados na indústria de embalagens. Possui vantagens de sustentabilidade ambiental, além de ter baixo custo de produção, ser não corrosiva e não tóxica. A celulose e seus derivados podem ser misturados a agentes antibacterianos através de filmes compostos. Celulose contendo metilciclopropeno provou-se eficaz para impedir a produção de etileno, responsável pelo amadurecimento, que, por consequência, causa a deterioração de frutas e hortaliças frescas. Além disso, a celulose pode incorporar substâncias antimicrobianas, ser usada como estabilizante e aumentar a

vida de prateleira, quando utilizada em embalagens para hortaliças. Outros usos da celulose em embalagens para alimentos são encontrados em embalagens para queijos e carnes, como carne moída e peito de frango, através do uso de nanopapel fabricado com celulose bacteriana, e aplicação de carboximetilcelulose em suas embalagens, respectivamente.

Na Tabela 1 são apresentadas as principais embalagens e seus respectivos materiais, de acordo com a segmentação da indústria:

Tabela 1 – Principais embalagens e seus respectivos materiais, de acordo com a segmentação da indústria:

Indústria	Tipo de embalagem	Materiais
Cereais e derivados	Papéis	Papel, papel-cartão e papelão ondulado
	Plásticos	PEAD, PELBD, PET, PP, PP/PE, PVC e PEBD.
Frutas, hortaliças e derivados	Madeira	Caixa de madeira.
	Metal	Folha de flandres.
	Papel	Caixa de papelão.
	Plástico	BOPP, EPS, EVA, PE, PET, PET/PE, PS, PS, PS/PE, PVC e PVC/PE.
	Têxtil	Juta e nylon.
Panificação	Vidro	Vidro.
	Papel	Papel Kraft.
	Plásticos	BOPP, BOPP/BOPP, BOPP/PE, BOPP/PP, PE, PEBD, PP e PVC/PVDC.
Carnes, pescados e derivados	Metais	Alumínio e folha de flandres.
	Plásticos	EPS, EVA, EVOH, PA, PA/PE, PEBD, PELBD, PET, PET/PE, PP, PVC e PVDC.
	Vidro	Vidro.
Leites e derivados	Metais	Alumínio e folha de flandres.
	Papéis	Cartonada e papel revestido.

	Plásticos	Celofane/PVDC/PE,PA/EVOH/PE/PVD, PA/PVDC/PE, PET, PET/PVDC/PE, PPBO, PVC e PVDC.
	Vidro	Vidro.
Bebidas	Metais	Aço, alumínio e folha de flandres.
	Plásticos	PE, PEAD, PEN,PET e PP.
	Vidro	Vidro
Óleos comestíveis	Metais	Aço, Folha de flandres e folha cromada.
	Plásticos	PET e PVC.
	Vidro	Vidro.

5 CONCLUSÃO

As embalagens desempenham papel essencial em toda cadeia produtiva de alimentos, para produtos *in natura*, processados, bebidas e outros. Diversos materiais são utilizados, dependendo de suas propriedades físicas e de barreira. Elas podem ser classificadas em primárias, secundárias e terciárias, quanto à sua função ou nível. Esta pesquisa compilou informações sobre os usos de embalagens em diferentes segmentos da indústria de alimentos, considerando os diferentes materiais de embalagem relevantes para o setor de alimentação, com suas principais características e funções de uso. Além disso, novas tendências em tecnologia para embalagens, tais como as ativas, foram descritas nos tópicos em que se aplicam.

Com os estudos observados, foi possível compilar informações concisas sobre as embalagens nos setores da indústria de alimentos, além de demonstrar a importância delas e suas diferentes aplicações. A segurança alimentar, bem como a sustentabilidade, foram temas incluídos nesta pesquisa, dos quais foram encontrados diversos materiais de revisão bibliográfica, bem como pesquisas laboratoriais sobre os usos de embalagens ativas e biodegradáveis, sendo possível demonstrar sua importância e utilização, como pretendido.

Pouco material foi encontrado em alguns tópicos, como para bebidas e óleos, principalmente no que diz respeito às novas tecnologias aplicadas nestes setores com o intuito de melhoria de características sensoriais e vida útil desses produtos. A realização, análise e compilação de um número ainda maior de estudos, técnicos e atuais, se mostram interessantes como perspectivas futuras para que os tópicos estudados contemplem ainda mais conteúdos relevantes sobre o uso de embalagens, principalmente no que diz respeito à sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- ABEACO.ORG. **Sustentabilidade**. Disponível em: <http://abeaco.org.br/sustentabilidade/>. Acesso em: 7 fev. 2022.
- ARVANITOYANNIS, I. S.; BOSNEA, L. **Migration of Substances from Food Packaging Materials to Foods**. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(2), 63 76, 2004. doi:10.1080/10408690490424621
- ARVANITOYANNIS, I. S.; KOTSANOPOULOS, K. V. **Migration Phenomenon in Food Packaging**. *Food Package Interactions, Mechanisms, Types of Migrants, Testing and Relative Legislation A Review*. *Food and Bioprocess Technology*, 7(1), 21 36, 2014. doi:10.1007/s11947-013-1106-8
- BARÃO, Mariana M. Zanon. **Embalagens para produtos alimentícios**. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR. 2011. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- BRASIL. Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 259, de 20 de setembro de 2002. Regulamento técnico para rotulagem de alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 set. 2002. Seção 1. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0259_20_09_2002.html. Acesso em: 15 nov. 2021.
- BRASIL. Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 set. 2005. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html. Acesso em: 20 nov. 2021.
- BRASIL. Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 272, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 22 set. 2005. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0272_22_09_2005.htm. Acesso em: 07 dez. 2021.
- BRASIL. Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 589, de 20 de dezembro de 2021. Altera a Resolução nº 105, de 19 de maio de 1999, que aprova as disposições gerais para embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 22 dez. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-589-de-20-de-dezembro-de-2021-369277867>. Acesso em: 15 mar. 2022.
- BRASIL. Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

Resolução RDC n. 481, de 15 de março de 2021. Dispõe sobre os requisitos sanitários para óleos e gorduras vegetais. **Diário Oficial Da União**, 17 mar. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-481-de-15-de-marco-de-2021-309012789>. Acesso em: 7 fev. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 123, de 13 de maio de 2021. Regulamento técnico de identidade e qualidade para bebida composta, chá, refresco, refrigerante, soda e, quando couber, os respectivos preparados sólidos e líquidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 maio, 2021.

Seção 1, p. 5.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da diretoria colegiada n. 272, de 14 de março de 2019. Estabelece os aditivos alimentares autorizados para uso em carnes e produtos cárneos. Brasília, DF: **Ministério da Saúde**, 2019. Disponível em: http://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/67378977/do1-2019-03-18-resolucao-diretoria-colegiada-rdc-n-272-de-14-de-marco-de-2019-67378770. Acesso em: 10 dez. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria n. 27, de 18 de março de 1996. Aprova o regulamento técnico sobre embalagens e equipamentos de vidro e cerâmica em contato com alimentos, conforme Anexo da presente Portaria. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 1996. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1996/prt0027_18_03_1996.html. Acesso em: 17 dez. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria n. 28, de 18 de março de 1996. Aprova o regulamento técnico sobre embalagens e equipamentos metálicos em contato com alimentos, conforme anexo da presente Portaria. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 1996. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1996/prt0028_18_03_1996.html. Acesso em 17 dez. 2021.

CAI, J. *et al.* Volatile composition changes of fruits in a biopolymer-coated polyethylene active packaging: effects of modified atmosphere and packaging-shaped bacterial community. **Food Research International**, College of Food Science, South China Agricultural University, p. 1-14, 2 dez. 2021.

CERVIERI JÚNIOR., O. *et al.* O setor de bebidas no Brasil. **BNDES Setorial**, n. 40, p. 93-130, 2014.

CHALITA, M. A. N.; SILVA, R. O. P.; PETTI, R. H. V.; SILVA, C. R. L. Algumas considerações sobre a fragilidade das concepções de qualidade no mercado de queijos no Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39, n. 6, p. 77-88, 2009.

CHINNADURAI, K.; SEQUEIRA, V. Packaging of Cereals, Snacks, and Confectionery. **Reference Module in Food Sciences**, Menomonie, WI, USA, 2016.

CORDEIRO, C. S., *et al.* Estabilidade oxidativa de carne ovina com revestimentos à base de zeínas. Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE). *In: Workshop da rede de nanotecnologia aplicada ao agronegócio*, v. 9, 2017, São Carlos. **Anais**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, p. 169-172, 2017.

DE OLIVEIRA, A. C. S.; BORGES, S. V. Poli (ácido lático) aplicado para embalagens de alimentos: uma revisão. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 15, n. 1, 2020. Disponível em: <http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/view/713/501>. Acesso em: 7 fev. 2022.

ESTUDO APONTA que 23,1% dos resíduos plásticos pós-consumo foram reciclados em 2020 no Brasil. **ABIPLAST Notícias**, 26 nov. 2021. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/noticias/estudo-aponta-que-231-dos-residuos-plasticos-pos-consumo-foram-reciclados-em-2020-no-brasil/>. Acesso em: 7 fev. 2022.

FREITAS, S. M.; BARBOSA, M. Z.; FRANCA, T. J. F. Cadeia de produção de sojano Brasil: o caso do óleo. **Informações econômicas — Governo do Estado de São Paulo Instituto de Economia Agrícola**, v. 30, n. 12, p. 30-41, 2000.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2009. 511 p.

HEMERY, Y. M. *et al.* Influence of storage conditions and packaging of fortified wheat flour on microbial load and stability of folate and vitamin B12. **Food Chemistry: X**, v. 5, Montpellier, France, 2019.

HERAS-MOZOS, R. *et al.* Development and optimization of antifungal packaging for sliced pan loaf based on garlic as active agent and bread aroma as aroma corrector. **International Journal of Food Microbiology**, Packaging Group, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, Paterna, (SPAIN), v. 290, p. 42-48, 2018.

JORGE, N. **Embalagens para alimentos** : Cultura Acadêmica. : 194 p. Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2013. ISBN 978-85-7983-394-6

KLINMALAIA, P. *et al.* Antifungal and plasticization effects of carvacrol in biodegradable poly (lactic acid) and poly (poly (butylene adipate terephthalate) blend) films for bakery packaging. **LWT — Food Science and Technology**, Bangkok, Thailand, 2021, n. 152, p. 1-15, 25 ago. 2021. DOI doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112356.

LANDIM, A. P. M. *et al.* Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, [S.L.], v. 26, n. , p. 82-92, 2016.

- LIU, Y. *et al.* A review of cellulose and its derivatives in biopolymer-based for food packaging application. **Trends in Food Science & Technology**, v.112, 2021, p. 532- 546. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224421002740>. Acesso em: 4fev. 2022.
- LUENGO, R. F. A.; CALBO, A. G. Embalagens para comercialização de hortaliças e frutas. **Circular Técnico 44**. Brasília, DF: Embrapa, DF, 2006. 6p.
- MACHADO, R. L. P.; MATTA, V. M. **Preparo de compotas e doces em massa embancos de alimentos**. 20 p. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2006. ISSN 0103-6068; 72.
- MCMILLIN, K. W. Where is MAP going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. **Meat Science**, p. 43—65, 2008.
- MENEZES, A. C.; ALEXANDRINO, A. M. Análise microbiológica de hambúrgueres comercializados em embalagens primárias e secundárias. **Sa Bios — Revista de Saúde e Biologia**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 94—100, 2014. Disponível em: <https://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios/article/view/1615>. Acesso em: 11 dez. 2021.
- NASSU, R. T.; TULLIO, R. R. Qualidade de carne. *In*: **Semana do Estudante**, São Carlos, v. 18., São Carlos, SP. Palestras, São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.
- OLIVEIRA, T. M. de *et al.* Uso de embalagem ativa na inibição do escurecimento enzimático de maçãs. **Semina: Ciências Agrárias**, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil, v. 29, n. 1, p. 117-128, 2008.
- PILON, L. Embalagens utilizadas para frutas e hortaliças minimamente processadas. *In*: **Instrumentação Pós-colheita em frutas e hortaliças**. [S. l.: s. n.], 2017. cap. 2, p. 271-284.
- PIZATO, S. *et al.* Avaliação de cor e textura de filés de frango *in natura* embalados em atmosfera modificada gasosa. **VI Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Carnes: Sessão 12 – — Processamento de Carnes e Produtos Cárneos**, . Embrapa Suínos e Aves, Vila Tamanduá, Concórdia, SC, 2011.
- QIAN, M. *et al.* A review of active packaging in bakery products: Applications and future trends. **Trends in Food Science & Technology**, Jiangxi, China, 2021, ed.114, p. 459-471, 10 jun. 2021. DOI 10.1016/j.tifs.2021.06.009 .
- RAMOS, M.; VALDÉS, A.; GARRIGÓS, M. C. Packaging for Drinks. **Reference Module in Food Science**, Alicante, Spain, p. 1-12, 2016.

SALEM, Ali A. *et al.* Development and characterization of fish gelatin-based biodegradable film enriched with *Lepidium sativum* extract as active packaging for cheese preservation. **Heliyon**, Sfax, Tunisia, v. 7, n. 10, p. 2-11, 29 set. 2021.

SANTOS, A. M. P.; YOSHIDA, M. P. **Embalagem**. 152 p. Recife, PE: EDUFRPE, 2011.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; COFCEWICZ, L. S. Embalagens ativas para produtos perecíveis. **Boletim de Tecnologia e desenvolvimento de embalagens**, v. 28, p. 1-12, 2016.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. 2. ed. 213 p. Campinas, SP: CETEA/ITAL, 2002.

SECRETARIA DA Agricultura e do Abastecimento (Paraná). Departamento de Economia Rural – DERAL. Prognóstico, 2020. **Fruticultura - — Análise de Conjuntura: Panorama Mundial**, [S. l.], 2020. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura_2020.pdf. Acesso em: 2 dez. 2021.

SHAIKH, S; YAQOOB, M., AGGARWAL, P. An overview of biodegradable packaging in food industry. **Current Research in Food Science**, v. 4, 2021, p. 503-520.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665927121000496>. Acesso em: 7 fev. 2022.

SILVA, S. F. *et al.* Impact of different modified atmosphere packaging on quality parameters and probiotic survival during storage of Minas Frescal cheese. **Food Bioscience**, Campinas, São Paulo, Brasil, v. 43, p. 1-11, 31 ago. 2021. DOI 10.1016/j.fbio.2021.101338.

SIQUEIRA, K. B. O mercado consumidor de leite e derivados. **Circular Técnica Embrapa**, v. 120, p. 1-17, 2019.

SIVARANJANI, S. *et al.* Recent advances in applications of ozone in the cereal industry. **LWT - — Food Science and Technology**, v. 146, Campinas, Brasil, 2021.

STARK, N. M. M.; MATUANA L. M., Trends in sustainable biobased packaging materials: a mini review. **Materials Today Sustainability**, 9p., 2021.

TAO, R.; SEDMAN, J.; ISMAIL, A. Antimicrobial activity of various essential oils and their application in active packaging of frozen vegetable products. **Food Chemistry**, Department of Food Science and Agricultural Chemistry, McGill University, Ste. Annede Bellevue, Quebec H9X 3V9, Canada, 2021, v. 360, p. 1-8,

27 abr. 2021.

TORREZAN, R. **Recomendações técnicas para a produção de frutas em calda em escala industrial**. 39 p. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2000.

WARD, G. Modified Atmosphere Packaging for Extending Storage Life of Fresh Fruits and Vegetables. **Reference Module in Food Science**, Johnson Matthey Atmosphere Control Technologies, Western Galilee, Israel, 2016, p. 1-8. DOI 10.1016/b978-0-08-100596-5.03167-x.

ZHU, F. Effect of ozone treatment on the quality of grain products. **Food Chemistry**, v. 264, 264, Auckland, New Zealand, p. 358-366, 2021. DOI 10.1016/j.foodchem.2018.05.047