

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

Amanda Sella Romano

**EMBALAGENS ATIVAS E INTELIGENTES: ESTUDO DO
DESENVOLVIMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Rodrigues Anjos

Campinas

2017

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Engenharia de Alimentos
Claudia Aparecida Romano - CRB 8/5816

R662e Romano, Amanda Sella, 1989-
Embalagens ativas e inteligentes : estudo do desenvolvimento e viabilidade econômica no Brasil / Amanda Sella Romano. – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Carlos Alberto Rodrigues Anjos.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Embalagens ativas. 2. Embalagens inteligentes. 3. Alimentos. 4. Embalagens - Legislação. 5. Vida de prateleira. I. Anjos, Carlos Alberto Rodrigues. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Palavras-chave em inglês:

Active packaging

Intelligent packaging

Food

Packaging - Legislation

Shelf life

Titulação: Bacharel

Data de entrega do trabalho definitivo: 27-11-2017

Amanda Sella Romano

**Embalagens Ativas e Inteligentes: Estudo do Desenvolvimento e
Viabilidade Econômica no Brasil**

Prof. Dr. Carlos Alberto Rodrigues Anjos
Professor Responsável / Orientador

Campinas, novembro de 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao enorme incentivo, força e carinho incondicional que sempre tive dos meus pais e da minha família.

Aos meus grandes amigos e colegas que fiz na Unicamp e na FEA, que sempre estiveram juntos nessa graduação.

Ao Pedro, que sempre me apoiou e me ajudou a realizar este trabalho.

Aos professores que tive contato durante aulas e pesquisas, por passarem tanto conhecimento e experiências.

E ao Prof. Carlos Anjos, pela orientação, respeito e ensinamentos.

RESUMO

Na sociedade de hoje, a embalagem é muito presente e essencial, envolvendo, aprimorando e protegendo os bens que compramos, desde o processamento e fabricação, até o manuseio e armazenamento, chegando ao consumidor final.

As mudanças na preferência dos consumidores por alimentos seguros levaram a inovações nas tecnologias de embalagem. A embalagem ativa refere-se à incorporação de aditivos com o objetivo de manter ou ampliar a qualidade do produto e sua vida útil. As embalagens inteligentes são aquelas que monitoram a condição dos alimentos embalados para fornecer informações sobre a qualidade dos alimentos durante o transporte e armazenamento. Essas tecnologias são projetadas para aumentar a demanda por alimentos mais seguros e com melhor vida de prateleira. Espera-se que o mercado de sistemas de embalagens ativas e inteligentes tenha um futuro promissor por sua integração em materiais ou sistemas de embalagem.

Este estudo apresenta os desenvolvimentos em embalagens ativas e inteligentes, a comparação de legislações entre o Brasil e outros países envolvidos nesta área de inovação e como esta tecnologia está presente no mercado brasileiro.

Palavras-chave: Embalagem ativa, embalagem inteligente, alimentos, legislação de embalagem, vida de prateleira

ABSTRACT

In today's society, packaging is pervasive and essential. It surrounds, enhances and protects the goods we buy, from processing and manufacturing, through handling and storage, to the final consumer.

Changes in consumer preference for safe food have led to innovations in packaging technologies. Active packaging refers to the incorporation of additives into the package with the aim of maintaining or extending the product quality and shelf life. The intelligent systems are those that monitor the condition of packaged food to give information regarding the quality of the packaged food during transportation and storage. These technologies are designed to the increasing demand for safer foods with better shelf life. The market for active and intelligent packaging systems is expected to have a promising future by their integration into packaging materials or systems.

This study presents the developments in active and intelligent packaging, the comparison of legislations between Brazil and other countries involved in this area of innovation, and how this technology is present in the Brazilian market.

Keywords: active packaging, intelligent packaging, food, packaging legislation, shelf life

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Exemplos Selecionados de Sistemas de Embalagens Ativas | 19 |
| Tabela 2 - Sistemas de Embalagens com Absorção de Oxigênio | 24 |
| Tabela 3 - Principais Fabricantes e sistemas de embalagens ativas com sistema de absorção de etileno. | 33 |
| Tabela 4 - Fabricantes de produtos absorvedores de umidade..... | 36 |
| Tabela 5 - Fabricantes de produtos com Emissão de Etanol..... | 38 |
| Tabela 6 - Aplicações para Embalagens Antimicrobianas..... | 43 |
| Tabela 7 - Misturas Gasosas Recomendadas para Embalagens com Atmosfera Modificada..... | 48 |
| Tabela 8 - Exemplos de dispositivos utilizados em embalagens inteligentes e seus princípios de operação. | 55 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Sistemas de Liberação e Absorção de embalagens ativas usadas na indústria..... | 18 |
| Figura 2 - Classificação dos diferentes sistemas de Embalagens Ativas | 18 |
| Figura 3 - Exemplos de Sachês da linha AGELESS, usados em produtos com mecanismo a base de Ferro..... | 25 |
| Figura 4 - Sachê da linha AGELESS..... | 25 |
| Figura 5 - AGELESS® Label (Tipo FL)..... | 26 |
| Figura 6 - AGELESS® Packing (Tipo FP). | 26 |
| Figura 7 - Tampas usadas na absorção de oxigênio. | 27 |
| Figura 8 - Freshness Plus™ - Cryovac® OS | 28 |
| Figura 9 - AGELESS™ Type E | 30 |
| Figura 10 - <i>UltraZapXtendaPak Red Meat®</i> | 31 |
| Figura 11 - Bio-fresh – Embalagem de Absorção de Etileno. | 34 |
| Figura 12 - Sachês com absorção de umidade da marca Tyvek®. | 36 |
| Figura 13 - Embalagem Fresh-R-Pax™. | 37 |
| Figura 14 - Sachê Antimold® Tender, com efeito emissor de etanol..... | 39 |
| Figura 15 - Migração de Substâncias Ativas. | 44 |
| Figura 16 - Funcionamento do AgPOLYMER®. | 45 |
| Figura 17 - Exemplos de utilização de MAP. | 49 |
| Figura 18 - Garrafas de água Aroma Water™ | 51 |
| Figura 19 - CURWOOD® FRESHCASE®..... | 52 |
| Figura 20 - Embalagens Sira-Crisp™ | 53 |
| Figura 21 - Exemplos de Códigos de Barras. | 56 |
| Figura 22 - Sistema básico de RFID..... | 57 |
| Figura 23 - Indicador iStrip® - Timestrip UK Ltd. | 58 |
| Figura 24 - Mudanças de cor observada nas etiquetas de TTI – Vitsab Checkpoint®. | 59 |
| Figura 25 - Ageless Eye® Oxygen Indicator..... | 60 |
| Figura 26 - SensorQ™. | 61 |
| Figura 27 - Mapa de Utilidades do Consumidor. | 64 |
| Figura 28 - Sheridan’s Perfect Pour. | 65 |
| Figura 29 - Nescafé® “Hot When You Want”. | 67 |
| Figura 30 -Embalagem de bebidas <i>HeatGenie™</i> | 67 |
| Figura 31 - Comparação de Reações de auto aquecimento. | 68 |
| Figura 32 - Principais mercados globais de embalagens. | 73 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | HISTÓRICO | 14 |
| 3 | MERCADO GLOBAL DE EMBALAGENS ATIVAS E INTELIGENTES | 15 |
| 4 | PROPRIEDADES E APLICAÇÕES | 16 |
| 4.1 | EMBALAGENS ATIVAS | 16 |
| 4.1.1 | Absorção de Oxigênio (O ₂) | 20 |
| 4.1.1.1 | Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd – AGELESS® | 25 |
| 4.1.1.2 | Cry-o-vac Sealed Air Cooperation - OS2000 e OS1000 – Cry-o-vac® OS Films | 27 |
| 4.1.2 | Absorção e Emissão de CO ₂ | 28 |
| 4.1.2.1 | Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd - AGELESS™ type E e FRESH LOCK™ 30 | |
| 4.1.2.2 | Paper Pak Industries - UltraZapXtendaPak Red Meat | 30 |
| 4.1.3 | Controle de Etileno | 31 |
| 4.1.3.1 | Grofit Plastics - Bio-fresh™ | 34 |
| 4.1.4 | Controle de Temperatura | 34 |
| 4.1.5 | Absorção de Umidade | 35 |
| 4.1.5.1 | Dupont Chemicals - Tyvek® | 36 |
| 4.1.5.2 | Maxwell Chase Technologies - Fresh-R-Pax™ | 37 |
| 4.1.6 | Emissão de Etanol | 37 |
| 4.1.6.1 | Freund Industrial Co. Ltd - Antimold® Tender | 38 |
| 4.1.7 | Liberação de Preservativos | 39 |
| 4.1.8 | Embalagens Antimicrobianas | 40 |
| 4.1.8.1 | Incorporação de agentes antimicrobianos na matriz polimérica | 44 |
| 4.1.8.2 | Modificação da Superfície de Embalagens com Antimicrobianos | 44 |
| 4.1.8.3 | Embalagem Antimicrobiana usando sistema baseado em Gases | 45 |
| 4.1.8.4 | Agion Technologies Inc e AgPOLYMER - AgPOLYMER® | 45 |
| 4.1.9 | Incorporação e Liberação de Enzimas | 46 |
| 4.1.10 | Embalagens com Atmosfera Modificada / Estocagem com Atmosfera Controlada (MAP / CAS) | 46 |
| 4.1.11 | Absorção e emissão de sabores e aromas | 49 |
| 4.1.11.1 | Aroma Water LLC e ScentStational Technologies - Aroma Water™ | 51 |
| 4.2 | Outros tipos de sistemas de Embalagens Ativas | 52 |
| 4.2.1 | Sirane Ltd - Sira-Crisp™ | 53 |

| | | |
|---------|---|----|
| 4.3 | EMBALAGENS INTELIGENTES..... | 54 |
| 4.3.1 | Código de Barras..... | 56 |
| 4.3.2 | Etiquetas identificadoras por Rádio Frequência (RFID)..... | 57 |
| 4.3.3 | Indicadores de Tempo Temperatura..... | 57 |
| 4.3.3.1 | Timestrip – iStrip®..... | 58 |
| 4.3.3.2 | Vitsab International AB - Vitsab Checkpoint ® | 59 |
| 4.3.4 | Indicadores de Gases..... | 59 |
| 4.3.4.1 | Mitsubishi Gas Chemical Company – Ageless Eye® Oxygen Indicator 60 | |
| 4.3.5 | Indicadores de “Frescor” ou Qualidade | 60 |
| 4.3.5.1 | DSM - SensorQ™ | 61 |
| 4.4 | Inovações de Materiais com Alta Barreira Química | 61 |
| 4.5 | Fatores que afetam a interação entre a embalagem dos alimentos e as propriedades de barreira | 62 |
| 4.6 | Embalagens convenientes para o consumidor..... | 62 |
| 4.7 | Diageo - Sheridan’s Perfect Pour™ | 65 |
| 4.8 | Auto Aquecimento e Auto Resfriamento | 66 |
| 4.8.1 | Nestlé, Crown Cork & Thermotic Developments – Nescafé® “Hot When You Want” | 66 |
| 4.8.2 | HeatGenie™ | 67 |
| 5 | LEGISLAÇÕES – BRASILEIRA E MUNDIAL | 68 |
| 5.1 | Brasil – ANVISA | 68 |
| 5.2 | EUA – US FDA..... | 69 |
| 5.3 | União Européia - <i>European Food Safety Authority</i> | 70 |
| 6 | MERCADO E VIABILIDADE ECONÔMICA | 72 |
| 7 | CONCLUSÃO | 75 |
| 8 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 76 |

1 INTRODUÇÃO

A embalagem de um alimento possui um papel vital na preservação deste ao longo da cadeia alimentícia. Sem uma embalagem própria e correta, toda a cadeia de produção pode ser comprometida, pois o alimento irá se deteriorar rapidamente ao entrar em contato com contaminantes físicos, químicos ou biológicos, como gases, odores, aromas, microrganismos, radiação, temperatura, entre outros fatores. Existe uma relação direta entre uma embalagem, sua proteção e o prolongamento da vida útil, que é o tempo que alimentos, bebidas e outras substâncias possuem antes de serem considerados inadequados para venda, uso ou consumo. Inicialmente, as funções primordiais e tradicionais de uma embalagem eram a de oferecer proteção e resistência mecânica, e uma interação entre o alimento e o material da embalagem era indesejável, sendo exigida a não migração dos componentes empregados na embalagem para o alimento. Um dos princípios utilizados para a eficiência de uma embalagem era a sua inércia, onde a interação entre o alimento e o material utilizado na embalagem era o menor possível (DAINELLI, GONTARD, *et al.*, 2008).

De acordo com Yam, Takhistov, & Miltz (2005), as inovações em embalagens de alimentos têm como objetivo o aperfeiçoamento, combinando ou estendendo, das quatro funções básicas de uma embalagem alimentícia tradicional:

- **Proteção.** As embalagens alimentícias mantêm o produto em um volume limitado, prevenindo qualquer vazamento ou quebra, e ainda protege contra possíveis mudanças e contaminações externas;
- **Comunicação.** Importantes informações são comunicadas ao consumidor por via das embalagens, tais como: a sua preparação, conservação, informação nutricional e da empresa produtora do alimento ou bebida;
- **Conveniência.** As embalagens permitem ao consumidor que eles aproveitem e consumam os alimentos da forma mais fácil e conveniente possível. Estas embalagens podem ter seus *designs* desenvolvidos especificamente para diferentes tipos de consumidores, como por exemplo, focando na portabilidade ou em múltiplas porções individuais;
- **Contenção.** Esta é a mais básica função de uma embalagem, e tem sua importância ao facilitar o transporte e o manuseio de diferentes produtos.

A maioria dos produtos pode se deteriorar em qualidade devido a um fenômeno de transferência de massa, como a entrada de oxigênio ou outro gás, absorção de umidade ou algum odor indesejável, perda de sabor ou migração de algum componente do material da embalagem para o alimento (DEBEAUFORT, QUEZADAGALLO e VOILLEY, 1998) (KESTER e FENNEMA, 1986). Portanto, o estudo de como estes fenômenos de transferência de massa acontecem, quais reações estão envolvidas e como podemos evitá-los é de extrema importância e essenciais na indústria de alimentos.

Recentemente, as embalagens se tornaram uma maneira de promover e aumentar o interesse dos consumidores pelo produto. Portanto, as embalagens se tornaram decisivas na escolha de compra, uma vez que a forma, a conveniência e os atributos de uma embalagem são diretamente relacionados a sua qualidade. Os campos de estudo no desenvolvimento de novas embalagens incluem o *design*, quais serão a forma e a estrutura ideais, o tipo de material utilizado, sua conveniência para o consumidor, e como ela será descartada ou qual tipo de impacto ambiental ela pode provocar.

O desenvolvimento de novas funções em embalagens tem sido possível graças ao desenvolvimento de novas tecnologias no processamento dos alimentos, em inovações no material da embalagem e em equipamentos (HAN, 2005). Esta evolução leva ao melhoramento dos padrões de regulação, higiene, saúde e segurança.

Ao longo dos anos, as funções que uma embalagem pode possuir se diversificaram. Dentre as muitas pesquisas feitas no desenvolvimento de tecnologias inovadoras, visando atender às expectativas dos consumidores, está a criação das embalagens ativas e as embalagens inteligentes, que possuem como princípio a interação entre os alimentos e o material da embalagem. Ainda não existe uma definição oficial para uma *smart packaging*, mas muitos autores e pesquisadores concordam que são embalagens que vão além da simplória combinação de materiais juntamente com a impressão tradicional de características gráficas e códigos de barras simples. Na literatura podemos encontrar diversas classificações para este tipo de embalagens, como: ativas, inteligentes, diagnósticas ou funcionais.

As embalagens ativas possuem características de sentir mudanças internas ou externas no ambiente, e respondem ao mudar suas propriedades ou seus atributos, e

consequentemente o ambiente interno da embalagem. O objetivo das embalagens ativas é a extensão da vida de prateleira do produto e melhorar a qualidade destes.

O mundo das embalagens precisa cada vez mais se tornar inteligente por um número de razões. Até este momento, a maioria das embalagens tem feito um excelente trabalho na prevenção de desperdício e trazendo produtos em ótima condição para os consumidores, desde a produção até a sua comercialização.

A introdução de embalagem ativas e inteligentes pode aumentar a vida útil e melhorar as propriedades organolépticas dos alimentos, e portanto, diminuir o desperdício de alimentos. De acordo com um relatório da FDA (*Food and Drug Administration*), de 2011, todo ano são desperdiçados cerca de 1,3 bilhões de toneladas de alimentos (DOBRUCKA, 2013).

Atualmente, o mercado mundial é o lugar aonde as mudanças estão cada vez maiores e mais rápidas, e em ordem de conquistar o consumidor em lugares aonde as embalagens se tornaram coloridas e chamativas, mas com aspectos e materiais quase idênticos, existe a falta de produtos que despertam os sentidos, que educam, que inspiram e aumentam o interesse do consumidor. Embalagens ativas e inteligentes, que possuem características de resposta ao produto e ao consumidor, ou que interagem com estes, estão dentre as tecnologias mais interessantes, e apresentam oportunidades para melhoria da interface consumidor/embalagem, que tem ainda se mantido sem tantas mudanças nas últimas décadas.

2 HISTÓRICO

Como resultado da industrialização e da urbanização, embalagens de alimentos modernas têm sido continuamente desenvolvidas desde o século 19. Ano após ano, a tecnologia de alimentos tem se tornado mais avançada. A maioria dos desenvolvimentos tem sido focada em processar produtos alimentícios de forma mais conveniente, mais eficiente, a um custo menor, e com uma qualidade maior e altos níveis de segurança (HAN, 2014).

Materiais de embalagens ativas e inteligentes e artigos sobre estas foram primeiramente introduzidos no mercado do Japão na metade dos anos 70, mas somente na metade dos anos 90 que eles chamaram atenção para as indústrias na Europa e nos Estados Unidos. Até o momento, tem acontecido uma grande proliferação de patentes e testes no mercado, o que tem criado uma grande expectativa de crescimento comercial (DAINELLI, GONTARD, *et al.*, 2008).

Em países desenvolvidos, embalagens que possuem absorvedores de umidade e oxigênio foram as primeiras de uma série de embalagens ativas e inteligentes e serem desenvolvidas a serem aplicadas com sucesso, com o objetivo de aprimorar a qualidade do produto alimentício, e estender a sua vida de prateleira. Essas embalagens foram usadas para a conservação de produtos cárneos cozidos ou para *delicatessen*. Após isso, muitos outros conceitos foram criados, como os emissores de etanol, usados para produtos de panificação; os absorvedores de etanol, usados para frutas climatéricas; os absorvedores/emissores de dióxido de carbono (CO₂), e os indicadores de tempo/temperatura e oxigênio.

3 MERCADO GLOBAL DE EMBALAGENS ATIVAS E INTELIGENTES

O mercado global de embalagens de alimentos e bebidas, que sejam ativas e inteligentes, tem apresentado crescimento contínuo, devido ao aumento da consciência da população em relação a sua saúde, aumento da preocupação com a segurança dos alimentos, aceitação destas tecnologias por parte dos consumidores e também um aumento de disponibilidade destes em gastar um preço maior nestas embalagens. Outros fatores que influem o aumento das tendências por estas embalagens são a maior demanda por parte dos consumidores por alimentos prontos para consumo, conveniência, demanda dos vendedores por um aumento da vida de prateleira, preocupações ambientais com o desperdício de alimentos, reciclagem e embalagens biodegradáveis, bem como o desejo por produtos com pouco ou nenhum tipo de aditivo ou conservante. (HAN, 2014)

O mercado destas embalagens é esperado que seja dobrado, de US\$ 11,7 bilhões em 2011 para US\$ 24,65 bilhões até o fim de 2021, devido à demanda destas embalagens terem um aumento projetado com uma taxa de crescimento anual de 7,7% de 2011 até 2021. O maior mercado consumidor de embalagens ativas e inteligentes está previsto como sendo os Estados Unidos da América, que atingirá um valor de mercado de US\$ 3,6 bilhões até o fim de 2021. Seguindo estes, os outros principais mercados serão o Japão e a Austrália. Também é previsto um crescimento por demanda e aumento de valor no mercado do Reino Unido, e também em outros países como: Alemanha, China, Tailândia, Índia e França. (HAN, 2014)

De fato, essas previsões otimistas só foram parcialmente alcançadas: tanto a Europa como os EUA não mostraram totalmente o crescimento esperado, enquanto o Japão mostrou um aumento constante do mercado em linha com os anos anteriores. Embora não tenha sido impulsionado, o mercado de alimentos centralmente acondicionados com atmosferas modificadas (MAP) mostrou um aumento. Mas, na realidade, as indústrias alimentares têm sido um pouco relutantes em investir em conceitos de embalagens ativas.

Existem dois motivos principais que explicariam esse comportamento. O primeiro está relacionado ao custo: sendo altamente especializado e contendo tecnologias

frequentemente sofisticadas, embalagens ativas e inteligentes ainda representam 50 a 100% do custo total da embalagem. Isso simplesmente não é acessível pela maioria das indústrias alimentares, onde o custo da embalagem dificilmente pode exceder 10% do custo total dos itens colocados no mercado e onde os desempenhos especiais da embalagem podem ser desejados desde que sejam fornecidos a preços de *commodities*. O segundo motivo é a aceitação: muitas vezes, os consumidores não percebem materiais ativos e inteligentes como um benefício forte. A atitude dos consumidores é muitas vezes impulsionada pela ideia de que o alimento com uma vida útil mais curta é mais fresco e um conceito como absorvedores de oxigênio que estendem a vida útil pode não ser atraente, embora conveniente em certas situações, mas em detrimento do frescor. Além disso, os indicadores de tempo / temperatura que fornecem informações bastante precisas sobre a frescura real dos alimentos ou se os alimentos foram submetidos a condições de temperatura estressantes podem não ser vistos pelos varejistas como um incentivo de vendas válido, pois podem provavelmente induzir os consumidores a escolher apenas itens recém-exibidos e aumentaria a quantidade de alimentos não vendidos (DAINELLI, GONTARD, *et al.*, 2008).

4 PROPRIEDADES E APLICAÇÕES

4.1 EMBALAGENS ATIVAS

Embalagens ativas são sistemas aonde a embalagem, o ambiente da embalagem e o produto interagem positivamente em ordem de melhorar a segurança do produto e conseguir outras características desejadas (AHVENAINEN, 2003).

De acordo com Gontard (2004), os fundamentos das embalagens ativas podem estar relacionados às propriedades intrínsecas do polímero que é usado na fabricação da embalagem, ou na introdução, por inclusão ou aprisionamento de substâncias dentro da embalagem.

Estes sistemas podem ser usados para retardar ou parar a degradação microbiana, enzimática ou por oxidação, minimizar contaminação, perda de peso, e

para garantir a cor e integridade de produtos durante a estocagem (KERRY, O'GRADY e & HOGAN, 2006).

Com relação às embalagens com propriedades intrínsecas, relacionadas ao polímero, elas podem ser feitas através da introdução do enxerto intencional de um grupo ativo, ou pela ação de um monômero ativo dentro da cadeia de polímeros. Outra maneira de se introduzir o agente ativo é pela incorporação de elementos particulares, como sachês, etiquetas ou através de tampas em garrafas.

Em relação ao valor comercial destes tipos de embalagens, *PIRA International Ltd* estimou que em 2005, o valor comercial global de todo o mercado de embalagens ativas era de US\$ 1,558 bilhões e de US\$ 2,649 bilhões para 2010. Isso demonstra que existe um alto valor comercial, o que favorece pesquisas e investimentos nessa área.

De acordo com o Regulamento Inglês “*Regulation (EC) Nº 1935/2004*”, que define os princípios gerais de segurança e inatividade para todos os materiais que possuem contato com alimentos (*Food Contact Material – FCMs*), é definido o conceito de embalagens ativas como sendo materiais ou artigos que tem como intenção principal a extensão da vida de prateleira ou para manter e melhorar a condição dos alimentos acondicionados. Essas embalagens contam deliberadamente com materiais que tem como objetivo a liberação ou absorção de substâncias, dentro ou que provêm dos alimentos, bem como do ambiente que o circunda o produto.

Como mostrado na Figura 1, a embalagem ativa pode liberar substâncias nos alimentos ou no ambiente que cerca o produto, bem como absorver substâncias químicas derivadas dos alimentos ou do ambiente (AHMED, LIN, *et al.*, 2017).

No momento do consumo, os tributos de qualidade dos produtos embalados com materiais ativos são muito melhores que os mesmos alimentos preservados por métodos usados atualmente. Os vários conceitos de embalagens ativas são apresentados na Figura 2 (AHMED, LIN, *et al.*, 2017).

As embalagens ativas têm sido usadas para a produção de diversos tipos de produtos, e também testadas com inúmeros outros. A Tabela 1 mostra algumas das aplicações em alimentos beneficiadas com tecnologias de embalagens ativas.

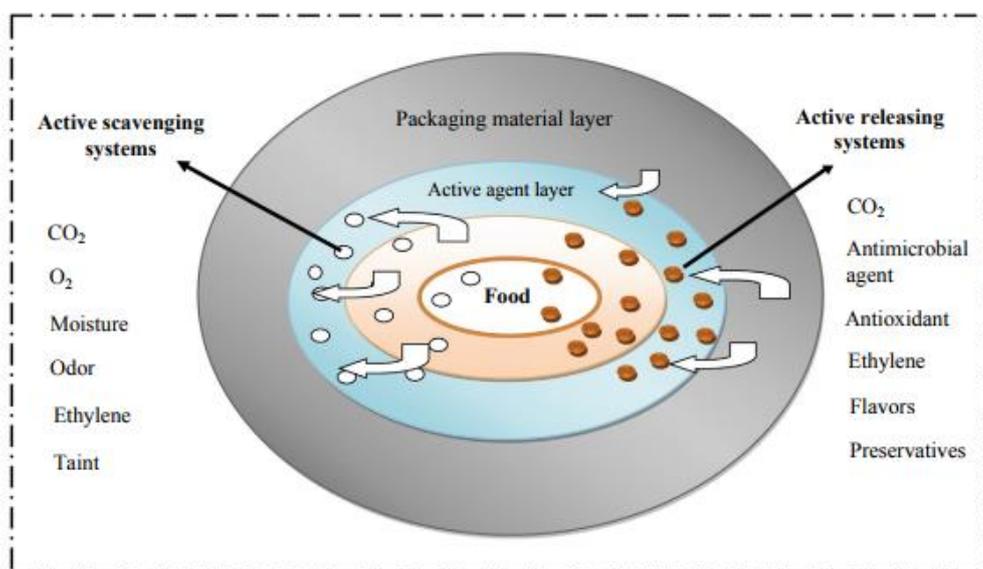


Figura 1 - Sistemas de Liberação e Absorção de embalagens ativas usadas na indústria.

Fonte: Adaptado de (AHMED, LIN, *et al.*, 2017)

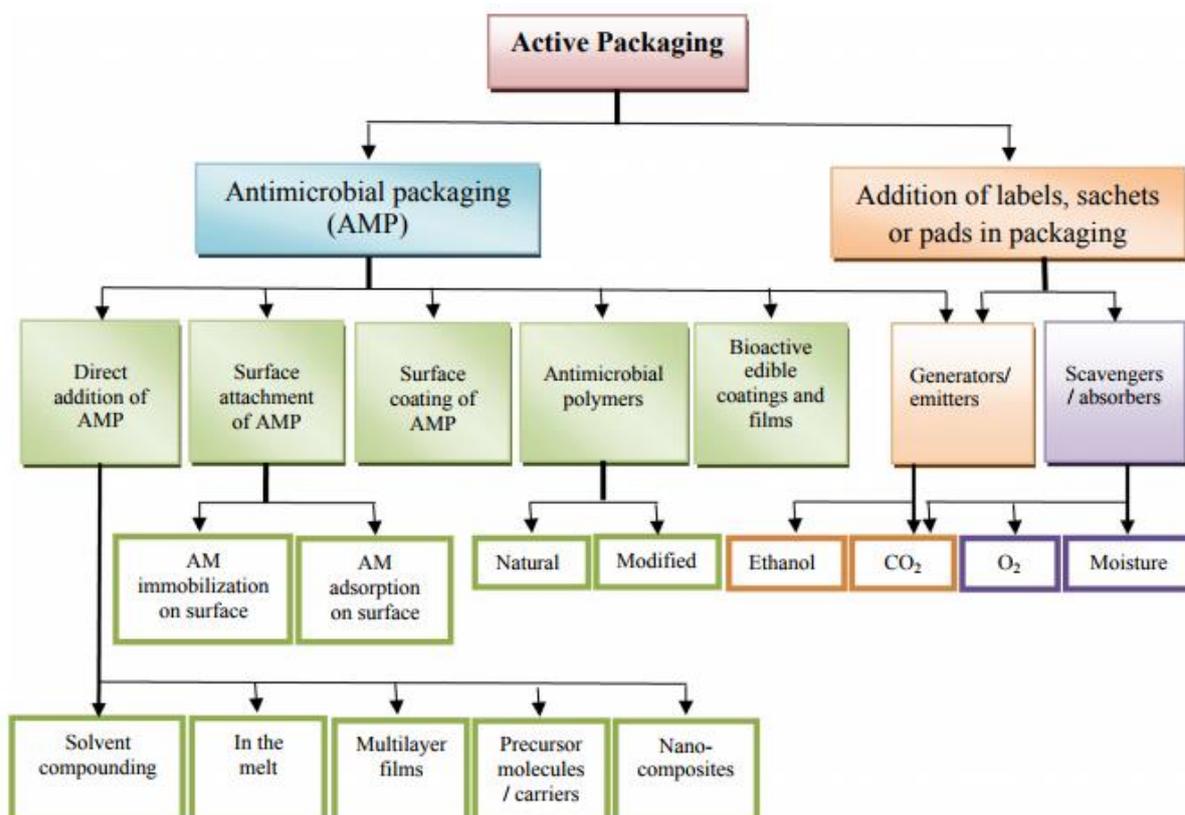


Figura 2 - Classificação dos diferentes sistemas de Embalagens Ativas

Fonte: Adaptado de (AHMED, LIN, *et al.*, 2017)

Tabela 1 - Exemplos Selecionados de Sistemas de Embalagens Ativas

| Sistema de Embalagem Ativa | Mecanismos | Aplicações |
|--|--|--|
| Absorção de Oxigênio | Ferro Metal/Ácido Nylon MXD6 Catalisador Metálico Ascorbato / Sais Metálicos Enzimas | Pães, bolos, arroz cozido, biscoitos, pizza, massas, queijo, carnes curadas, peixes, café, <i>snacks</i> , frutas desidratadas e bebidas |
| Absorção / Emissão de Dióxido de Carbono | Oxidação de Ferro/ hidróxido de cálcio Carbonato Ferroso / Metal Halóide Óxido de Cálcio / Carvão Ativo Ascorbato / Bicarbonato de Sódio | Café, carnes frescas, peixes, nozes e outros alimentos tipo <i>snacks</i> , bolos. |
| Absorção de Etileno | Permanganato de Potássio Carbono Ativado Argila e Zeólitos Ativos | Frutas, Vegetais e produtos de horticultura |
| Emissão de Agentes conservantes | Ácidos Orgânicos Zeólito de Prata Extratos de Temperos e Ervas Antioxidantes BHA/BHT Antioxidante Vitamina E Dióxido de Cloro / Dióxido de Enxofre | Cereais, Carnes, Peixes, Pães, Queijos, <i>snacks</i> , Frutas e Vegetais |
| Emissão de Etanol | Etanol Encapsulado | Massas de Pizza, Bolos, Pães, Biscoitos, Peixes e produtos de panificação |
| Absorção de Umidade | PVA Argila ativada e Minerais Sílica em Gel | Peixes, Carnes, Aves, <i>Snacks</i> , cereais, alimentos desidratados, sanduíches, frutas e Vegetais |
| Absorção de Odores / Aromas | Triacetato de Celulose Papel Acetilado Ácido Cítrico Sal Ferroso / Ascorbato Carbono Ativado / Argila / Zeólitos | Sucos de Fruta, Alimentos fritos, Peixes, Cereais, Aves, Produtos Lácteos e Frutas |
| Embalagens com Controle de Temperatura | Plásticos sem tecidos Containers com dupla parede Gás Hidrofluorcarbono Nitrato de Amônio / Água Cloreto de Cálcio / Água Permanganato de Potássio / Água | Refeições Prontas, carnes, Peixes, Aves e Bebidas |
| Filmes que Contrabalanceiam a Temperatura | Polímeros Cristalizáveis em Cadeia Lateral | Frutas, Vegetais e outros produtos de horticultura |

Fonte: Adaptado de (DAY, 2008)

4.1.1 Absorção de Oxigênio (O₂)

O oxigênio pode proporcionar uma grande perda de qualidade e vida de prateleira para muitos tipos de produtos da indústria alimentícia. Os processos de deterioração que envolvem o oxigênio estão relacionados a auto oxidação, oxidação induzida pela luz, e crescimento de microrganismos aeróbicos. As reações oxidativas podem ter como consequência a descoloração, perda nutricional, deterioração microbiológica, rancidez, deterioração organoléptica, formação de aromas ou de sabores indesejáveis.

Tradicionalmente, alimentos e bebidas que já possuem uma sensibilidade com relação à presença de oxigênio, já devem ser fabricados e embalados com o objetivo de minimizar a exposição à essa substância. Com o objetivo de eliminar o oxigênio, existem métodos já usados na indústria, como o envase a vácuo, a injeção de gases inertes, como o nitrogênio (N₂) ou o dióxido de carbono (CO₂) e o uso de atmosferas modificadas.

PIRA International Ltd. estimou que, em 2001, o tamanho do mercado de embalagens com absorção de oxigênio era de 12 bilhões de unidades no Japão, 500 milhões de unidades nos EUA, e 300 milhões de unidades no Oeste Europeu. A tendência para 2007 foi de crescimento para 14,4 bilhões de unidades no Japão, 4,5 bilhões nos EUA, e 5,7 bilhões no Oeste Europeu.

Segundo Rooney (1995), o impacto na qualidade de alimentos, e consequentemente na vida de prateleira, tem dependência não somente na quantidade de oxigênio que está disponível na embalagem para reações oxidativas ou que proporcionem o crescimento de microrganismos, mas também pela taxa das reações que consomem este oxigênio.

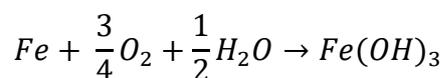
Com o objetivo de substituir ou complementar os métodos físicos de eliminação de oxigênio, existe a tendência do uso de absorvedores de oxigênio. Estes absorvedores, quando aplicados corretamente, podem proporcionar índices de oxigênio inferiores a 0,01%, o que proporciona a estabilidade do produto e o aumento de sua vida de prateleira (DE ABREU, CRUZ e LOSADA, 2012).

Existem muitas vantagens do uso de absorvedores de oxigênio, dentre eles se pode citar:

- Prevenção da oxidação, e conseqüentemente o *off-flavor*, perda de cor e diminuição do valor nutricional pela degradação de vitaminas;
- Prevenção de crescimento de microrganismos aeróbicos;
- Aumento da Vida de Prateleira dos Produtos;
- Redução ou eliminação do uso de antioxidantes, o que pode permitir a inclusão de apelos naturais ao produto;
- Redução da taxa metabólicas dos alimentos;
- Alternativas eficazes e mais econômicas quando comparadas ao uso de Embalagens de Atmosfera Modificadas e Vácuo.

Dentre as embalagens ativas que possuem a maior importância comercial, as de categoria de absorção de oxigênio são as de maior relevância e são mais bem conhecidas pelo consumidor como sendo em forma de sachês, contendo diferentes tipos de substâncias em pó.

Os absorvedores de O₂ (também chamamos de *scavengers*) utilizam da oxidação de um pó contendo ferro ou ácido ascórbico, sendo o de ferro o mais comum. O ferro se encontra na forma de pó porque assim a sua área superficial é aumentada (ROBERTSON, 2006). A reação que ocorre nos sachês é mostrada na Equação 1:



Equação 1. Oxidação do Ferro dos Sachês de Embalagens Ativas. Fonte: (ROBERTSON, 2006)

Estas substâncias reagem com a água fornecida pelo alimento e produzem um agente redutor metálico hidratado, que tem o papel de absorver o oxigênio encontrado dentro da embalagem e transformá-lo em um óxido estável.

Esses materiais absorvedores ficam separados do alimento nestes sachês, e com a frase de aviso "*Do not eat*". Estes sachês podem reduzir os níveis de oxigênio para menos de 0,01%, índice muito reduzido quando comparamos com os 0,3 – 3,0

% encontrados com o uso de embalagens com atmosfera modificada (MAP). Estes tipos de sachês podem também ser usados em combinação com embalagens do tipo MAP, buscando uma maior eficiência (DAY, 2001; ROBERTSON, 2006).

A empresa pioneira em embalagens com Absorção de Oxigênio foi a *Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd*, com a marca AgelessTM, em 1976. Mesmo com a entrada de outras companhias japonesas, como a *Toppan Printing Co. Ltd* e a *Toyo Seikan Kaisha Ltd*, a *Mitsubishi* ainda domina o mercado japonês neste setor de embalagens (ROONEY, 1995).

O Japão foi o pioneiro neste tipo de embalagens, e em outros tipos de embalagens ativas e inteligentes, devido à grande aceitação dos consumidores em relação a embalagens inovadoras, e também devido ao clima do país, que pode ser muito quente e úmido durante os meses do verão, o que colabora na deterioração dos alimentos. Em contrapartida, esta aceitação dos consumidores com relação a tecnologias inovadoras não é a mesma em países como EUA, Europa e do Brasil. Um dos motivos que diminuem a aceitação do uso de sachês como absorvedores de oxigênio são os acidentes de ingestão destes pelos consumidores. Nos últimos anos, a alternativa encontrada pelas empresas fabricantes foi o uso de selos adesivos, que podem ser aderidos na parte interna da embalagem, e também o uso de materiais absorvedores de oxigênio nas embalagens laminadas dos produtos e filmes plásticos. No Reino Unido, a primeira empresa a utilizar estes selos adesivos, foi a *Marks & Spencer Ltd*. Eles utilizaram em carnes cozidas fatiadas e carnes curadas, bem como em carnes de aves, que são particularmente sensíveis à deterioração por radiação e podem ter mudanças de cor devido à presença de oxigênio (DAY, 2001).

Além do uso em produtos cárneos e carnes frescas, outras aplicações comuns dos selos adesivos e sachês incluem bolos, pães, biscoitos, massas frescas, peixes curados, chás, leite em pó, ovo desidratado, temperos, ervas, confeitaria e *snacks*. (DAY, 2001).

Um outro grande mercado de produtos que somente recentemente tem sido explorado é o de absorvedores de oxigênio para cervejas, vinhos e outras bebidas. Sachês e selos adesivos não podem ser usados nesta categoria de produtos, pois a sua capacidade de absorção é rapidamente perdida quando molhados. A alternativa é a utilização de reagentes não metálicos e compostos organo-metálicos, que

possuem afinidade com o oxigênio e podem ser adicionados nas tampas das embalagens de bebidas. Dentre as empresas produtoras deste tipo de embalagem temos a *W.R. Grace Co. Inc.* USA, com a marca PureSeal™ e a Bericap Francesa.

Na Tabela 2, estão listados os fabricantes e as marcas registradas de embalagens com absorção de oxigênio.

Tabela 2 - Sistemas de Embalagens com Absorção de Oxigênio

| Empresa Fabricante | País | Marca Registrada | Mecanismo de Absorção | Tipo de Embalagem |
|---|-------------|------------------------------------|---|--|
| Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd | Japão | Ageless | Ferro | Sachês e Selos adesivos |
| Toppan Printing Co. Ltd | Japão | Freshlizer | Ferro | Sachês |
| Toagosei Chem. Industry Co. Ltd | Japão | Vitalon | Ferro | Sachês |
| Nippon Soda Co. Ltd | Japão | Seagul | Ferro | Sachês |
| Finetec Co. Ltd | Japão | Senso-Cut | Ferro | Sachês |
| Toyo Seikan Kaisha Ltd | Japão | Oxyguard | Ferro | Bandejas Plásticas |
| Ueno Seiyaku Co. Ltd | Japão | Oxyeater | Ferro | Sachês e selos adesivos |
| Multisorb Technologies | EUA | FreshMax FreshPax Fresh Pack | Ferro | Selos Adesivos |
| M&G | Itália | ActiTUF | Ferro | Garrafas de Poliéster |
| Ciba Speciality Chemicals | Suíça | Shelfplus O ₂ | PET copoliéster | Filmes Plásticos, Garrafas e Recipientes |
| Chevron Chemicals | EUA | N/A | Acrilato de Benzilo | Filmes Plásticos |
| W.R. Grace Co. Ltd | EUA | PureSeal | Ascorbato / Sais Metálicos | Tampas de Garrafas |
| Grace Darex Packaging Technologies | EUA | DarExtend | Ascorbato | Tampas de Garrafas |
| Food Science Australia | Austrália | ZerO ₂ | Corante Fotosensível / Composto Orgânico | Filmes Plásticos, Garrafas e Recipientes |
| CMB Technologies | França | Oxbar | Oxidação de polímero catalisada por Cobalto | Garrafas Plásticas |
| Cryovac Sealed Air Corporation | EUA | OS2000 OS1000 | Oxidação de polímero catalisada por Cobalto | Filmes Plásticos |
| Standa Industrie | França | ATCO Oxycap | Ferro | Sachês e Tampas de Garrafas |
| EMCO Packaging Systems | Reino Unido | ATCO | Ferro | Adesivos Plásticos |
| Johnson Matthey Plc | Reino Unido | N/A | Catalisador de Metal do Grupo Platina | Adesivos Plásticos |
| Bioka Ltd | Finlândia | Bioka | Enzimas | Sachês |
| Alcoa CSI Europe | Reino Unido | O ₂ – Displacer System | Desconhecido | Garrafas Plásticas |

Fonte: Adaptado de (DAY, 2008)

4.1.1.1 Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd – AGELESS®

A linha AGELESS® da empresa *Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd* é composta por sachês e adesivos, que podem ser usados em uma gama de produtos, sólidos ou líquidos. Esta empresa japonesa foi a pioneira em embalagens com absorção de oxigênio. Na Figura 3, podemos observar os sachês que utilizam compostos metálicos, podendo ser aplicados em produtos com diferentes atividades de água (a_w). O tipo FX é utilizado para biscoitos de arroz, massas cruas e pasta de soja, e precisa de produtos com a_w a partir de 0,85% ou mais. O sachê de tipo ZP é para produtos com a_w de 0,95% ou mais, e é utilizado em bolos, alimentos para *pets*, e alguns produtos cárneos (MGC, 2017).



Figura 3 - Exemplos de Sachês da linha AGELESS, usados em produtos com mecanismo a base de Ferro.

Fonte: MGC, 2017.

A Figura 4 mostra um sachê também da linha AGELESS®, modelo GL-M, que pode ser usado para produtos que passam por detectores de metais, e são baseados em um sistema de reagentes não metálicos.



Figura 4 - Sachê da linha AGELESS.

Fonte: MGC, 2017.

Além dos sachês, a empresa *Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd* também produz selos adesivos. Estes selos são feitos a partir de um pó de base metálica e absorvedor de oxigênio, juntamente com uma resina, que juntos foram a base dos selos adesivos. Se comparados com os sachês, estes selos possuem as seguintes vantagens:

- Retêm o sabor e o frescor de maneira efetiva;
- Adiciona rigidez em embalagens não firmes, podendo também ser usado como rótulo;
- Os selos são flexíveis e podem criar uma variedade de embalagens;
- Absorve oxigênio em um ambiente de a_w média (75%) ou maior;
- Prevenção de acidentes, como a ingestão acidental dos sachês;
- Cortes acidentais dos selos não dispersam o material, ao contrário dos selos, que tem sua composição na forma de uma resina;
- Resistente a aquecimento por micro-ondas.

Na Figura 55, podemos observar o selo adesivo *AGELESS® Label* (Tipo FL), que pode ser facilmente colocador na parte interna de qualquer embalagem. Estes tipos de adesivo podem ter capacidades de absorção de 5 a 30ml.



Figura 5 - AGELESS® Label (Tipo FL).

Fonte: MGC, 2017.

Na Figura 66, temos um exemplo de selos adesivos para garrafas. Este selo, denominado *AGELESS® Packing* (Tipo FP), é colocado na parte interna das tampas de garrafas, e ao absorve o oxigênio do produto o mantém fresco. Também não existe qualquer perigo de ingestão por parte do consumidor.



Figura 6 - AGELESS® Packing (Tipo FP).

Fonte: MGC, 2017.

Na Figura 77, temos uma imagem do funcionamento da tampa em uma garrafa de cerveja.

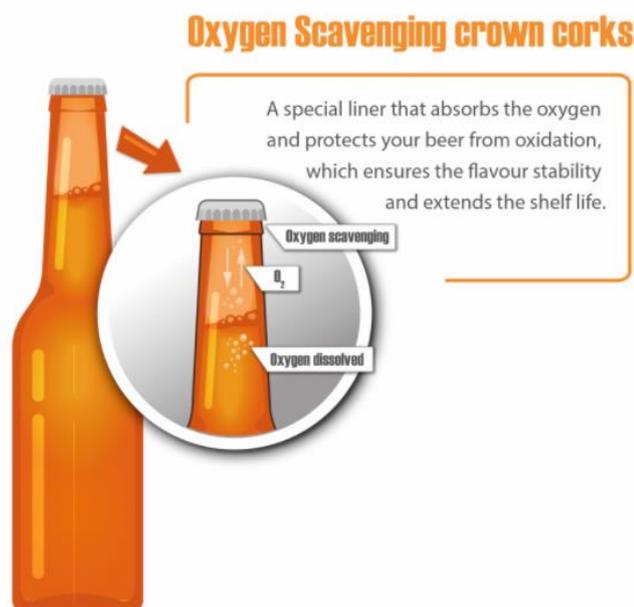


Figura 7 - Tampas usadas na absorção de oxigênio.

Fonte: (Brouwland - Brewferm, s.d.)

4.1.1.2 Cry-o-vac Sealed Air Cooperation - OS2000 e OS1000 – Cry-o-vac® OS Films

Os filmes plásticos absorvedores de Oxigênio *Cry-o-vac® OS Films*, que foram desenvolvidos pela empresa *Sealed Air*, fazem parte de uma linha chamada *Freshness Plus™*. Estes filmes funcionam como uma barreira ativa, designada para produtos a vácuo, ou que são embalados com um espaço livre reduzido dentro da embalagem. A barreira, que é feita de um polímero absorvedor de oxigênio, é invisível para os consumidores, pois o componente de absorção é co-extrusado juntamente com outro filme plástico, e não requer ativação. Por ser um absorvedor a base de um polímero, ele tem a vantagem de poder ser passado por um detector de metal e não afetar o teste.

Este tipo de filme pode ser aplicado para carnes defumadas e processadas, queijos, produtos de panificação, massas frescas e produtos desidratados. Por não requerer umidade para a sua ativação, o filme tem a vantagem de ser eficiente para produtos úmidos ou secos. Para atender produtos diferentes, com tamanhos diversos,

este filme ou chapa pode ser transformado pelo processo termoformagem, podendo-se obter diferentes formatos (Sealed Air).

Na Figura 88, um exemplo de produto da linha *Freshness Plus™*, com um filme plástico absorvedor de oxigênio *Cry-o-vac® OS Films*. De acordo com a empresa, no caso de pães e outros produtos de panificação, quando usadas estas embalagens o produto tem sua vida de prateleira aumentada para 40 dias ou mais, o que reduz o desperdício e aumenta a rentabilidade. Com o aumento desta vida de útil, outra área que seria expandida seria o transporte e distribuição de produtos.



Figura 8 - Freshness Plus™ - Cryovac® OS

Fonte: (Sealed Air)

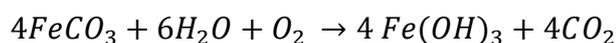
4.1.2 Absorção e Emissão de CO₂

Muitos sachês e selos adesivos podem ser usados para absorver ou emitir dióxido de carbono. Seu uso é particularmente aplicável para café torrado ou moído fresco, que geram volumes significativos de CO₂. Estes tipos de alimentos não devem ficar desprotegidos ou não embalados, porque eles podem absorver umidade e oxigênio do ambiente e rapidamente perder aromas e sabores voláteis, que são desejáveis para o produto. Eles também não devem ser rapidamente selados a vácuo logo após a torrefação, pois o CO₂ gerado pode se acumular dentro da embalagem e pode ocorrer a ruptura deste. Para contornar estes problemas, duas soluções foram criadas pela indústria. A primeira foi a inclusão de uma válvula de passagem unidirecional, que pode liberar o CO₂ produzido. A segunda opção é a introdução de absorvedores de dióxido de carbono, ou um sistema de dupla ação, onde tanto o oxigênio quanto o CO₂ são absorvidos (DAY, 2008).

No caso do sistema de absorção de dióxido de carbono, é utilizada uma mistura de hidróxido de Cálcio [Ca(OH)₂] e carvão ativado, que é adicionada ao produto durante a extrusão do filme de poli(etileno de baixa densidade) (PEBD). Entretanto, embalagens ativas com absorção de CO₂ quanto O₂ são mais usadas na indústria, estando na forma de sachês ou selos adesivos, e são atualmente comercializadas para café em lata e laminados com folha de alumínio no Japão e nos EUA (DAY, 2008; ROONEY, 1995).

Existem alguns casos aonde ocorre o colapso da embalagem devido à redução do volume ou diminuição da pressão, como no caso de embalagens que possuem absorção de oxigênio. Nesses casos, a emissão de CO₂, compensando a absorção de oxigênio, ajuda a manter a integridade da embalagem e sua aparência. Além disso, ao se criar uma alta concentração de dióxido de carbono na embalagem, pode também contribuir para o retardo do crescimento microbiano e da deterioração do produto (LEE, YAM e PIERGIOVANNI, 2008)

A reação de liberação de CO₂, que acontece quando o oxigênio é absorvido, é descrita pela Equação 2.



Equação 2. Reação de Emissão de CO₂. Fonte: (ROBERTSON, 2006)

De acordo com a *PIRA International Ltd*, este mercado de embalagens representa ainda uma parcela pequena, mas está em crescimento na área. Foi estimado que o mercado global total teve valor de US\$ 121 milhões em 2005, e, em 2010, de US\$182 milhões. A maioria do mercado é composta por sistemas com dupla ação, possuindo a combinação de absorvedores e emissores de oxigênio e dióxido de carbono.

4.1.2.1 Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd - AGELESS™ type E e FRESH LOCK™

Os absorvedores de dupla ação, que tanto absorvem oxigênio e dióxido de carbono, podem ser encontrados no mercado na marca *Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd*, sobre a marca registrada *AGELESS™ type E* e *FRESH LOCK™*. A Figura **Erro!** **Fonte de referência não encontrada.**9 mostra o sachê denominado *AGELESS™ Type E*, utilizado para café, que é aplicado para produtos com a_w de 0,3%.



Figura 9 - AGELESS™ Type E

Fonte: (MGC)

4.1.2.2 Paper Pak Industries - UltraZapXtendaPak Red Meat

Localizada nos Estados Unidos da América, a empresa *Paper Pak Industries*, criou uma embalagem com emissão de CO₂ inovadora. A *UltraZapXtendaPak Red Meat®* é uma embalagem que consiste de um bandeja padrão com atmosfera modificada (MAP), mas com o fundo contendo um sachê poroso. Quando a umidade do produto entra em contato com o sachê, que possui um absorvente a base de celulose, dióxido de carbono é gerado dentro da embalagem. Isso previne o crescimento bacteriano na superfície do produto, melhorando a qualidade e segurança do alimento no ciclo da cadeia fria (*Paper Pak Industries*). A Figura **10**10 possui uma ilustração da embalagem *UltraZapXtendaPak Red Meat®*.

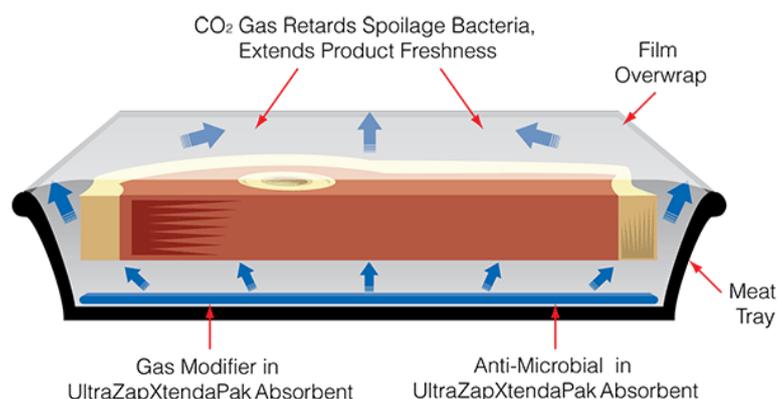


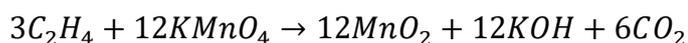
Figura 10 - *UltraZapXtendaPak Red Meat®*.

Fonte: (Paper Pak Industries)

4.1.3 Controle de Etileno

O Etileno (C_2H_4) é um gás que acelera a taxa de respiração e subsequentemente a senescência e amolecimento dos tecidos vegetais de produtos agrícolas, como frutas, vegetais e flores. Muitos dos efeitos do etileno são necessários, como no caso do desenvolvimento de cores em frutas cítricas, bananas e tomates. Entretanto, em muitas situações no mercado agrícola, é desejável a remoção desta substância, ou sua supressão.

Os sistemas mais eficientes utilizam permanganato de potássio ($KMnO_4$) imobilizado em um substrato mineral inerte, como alumina ou sílica gel. Devido à sua toxicidade, o $KMnO_4$, ele não pode ser integrado em contato com o alimento na embalagem. Portanto, aproximadamente 4 a 6% do $KMnO_4$ é adicionado a substância inerte e assim pode ser adicionado a embalagens na forma de um sachê. Como observado na reação química da Equação 3, o permanganato de potássio oxida o etileno em uma série de reações, originando o aldeído acético e, após isso, origina o ácido acético, posteriormente oxidados a CO_2 e H_2O (ROBERTSON, 2006).



Equação 3. Oxidação do Etileno por Permanganato de Potássio. Fonte: (ROBERTSON, 2006)

Durante o processo, o permanganato de potássio muda de uma cor roxa para marrom, sendo utilizado como um indicador da capacidade de absorção do etileno.

Essa substância pode ser normalmente encontrada no mercado na forma de sachês, que podem ser colocados nos lugares de armazenamento dos produtos (DAY, 2008).

Os absorvedores que possuem sua base usando carbono ativado juntamente com alguns metais catalisadores pode também ser usado com eficiência na absorção de etileno.

Na Tabela 3, podemos observar uma lista com os principais sistemas de absorção de etileno, com os países de fabricação, o mecanismo de ação e o tipo de embalagem que é produzido.

Tabela 3 - Principais Fabricantes e sistemas de embalagens ativas com sistema de absorção de etileno.

| Fabricante | País | Marca Registrada | Mecanismo de Absorção | Forma da Embalagem |
|--|---------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| Air Repair Products, Inc. | EUA | N/A | Permanganato de Potássio | Sachês / Cobertores |
| Ethylene Control, Inc. | EUA | N/A | Permanganato de Potássio | Sachês / Cobertores |
| Extenda Life Systems | EUA | N/A | Permanganato de Potássio | Sachês / Cobertores |
| Kes Irrigation Systems | EUA | Bio-Kleen | Catalisador de Dióxido de Titânio | Desconhecido |
| Sekisui Jushi Ltd | Japão | Neupalon | Carbono Ativado | Sachês |
| Honshu Paper Ltd | Japão | Hatofresh | Carbono Ativado | Papel / Placa |
| Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd | Japão | Sendo-Mate | Carbono Ativado | Sachês |
| Cho Yang Heung San Co. Ltd | Coréia do Sul | Orega | Argila Ativada / Zeólitos | Filme Plástico |
| Evert-Fresh Corporation | EUA | Evert-Fresh | Zeólitos Ativos | Filme Plástico |
| Odja Shoji Co. Ltd | Japão | BO Film | <i>Crysburite ceramic</i> | Filme Plástico |
| PEAKfresh Products Ltd | Austrália | PEAKfresh | Argila Ativada / Zeólitos | Filme Plástico |
| Grofit Plastics | Israel | Bio-fresh | Argila Ativada / Zeólitos | Filme Plástico |
| Food Science Australia | Austrália | N/A | Derivados de Tetrazina | Filme Plástico |

Fonte: Adaptado de (DAY, 2008)

4.1.3.1 Grofit Plastics - Bio-fresh™

A Figura 1111 apresenta uma embalagem de absorção de etileno da marca *Bio-fresh™*, da empresa israelense *Grofit Plastics*. Trata-se de um filme plástico com sistema de absorção por Argila Ativada / Zeólitos.

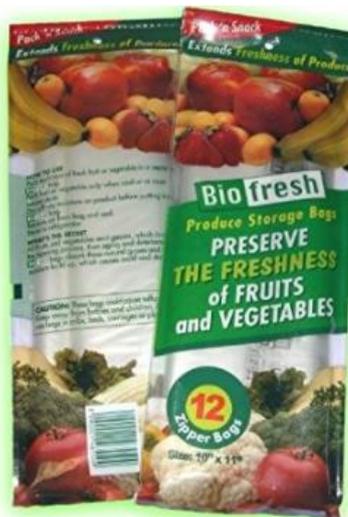


Figura 11 - Bio-fresh – Embalagem de Absorção de Etileno.

Fonte: (Grofit Plastics - Bio Fresh, s.d.)

4.1.4 Controle de Temperatura

Embalagens ativas com controle de temperatura incluem o uso de materiais isolantes inovadores, bem como as embalagens de *auto aquecimento* e *auto resfriamento*. Para prevenir o abuso de mudanças de temperatura durante a estocagem e distribuição de produtos refrigerados, materiais de isolamento especiais têm sido desenvolvidos. Um destes materiais é o *Thinsulate™*, da empresa norte americana 3M, que é um plástico especial sem adição de tecidos, com muitos espaços com poros de ar. Outra abordagem para manter a temperatura de alimentos refrigerados é aumentar a massa térmica de embalagens de alimentos, afim de suportar elevações de temperatura (DAY, 2008).

A empresa japonesa *Adenko Company* desenvolveu e comercializou a embalagem *Cool Bowl™* que consiste de uma embalagem polietileno tereftalato (PET)

de duas camadas, em que um gel de isolamento é depositado entre as duas comadas da embalagem (LABUZA, 1989).

4.1.5 Absorção de Umidade

Uma das grandes causas de deterioração de alimentos é o excesso de umidade. Uma forma eficiente de controlar este problema é através do uso de absorvedores ou dissecantes. Estes componentes podem ser encontrados na forma de sachês, folhas, cobertores e almofadas (*pads*), que tem como benefícios a inibição do crescimento microbiano e da degradação da textura e do sabor, mantendo a qualidade do alimento e aumentando a sua vida de prateleira.

Para propósitos de dupla ação, estes sachês podem também conter carbono ativado, que absorve odores indesejáveis, e ferro em forma de pó, para absorção de oxigênio (ROONEY, 1995).

A utilização destes sachês absorvedores de umidade é muito comum no Japão, aonde existe um número grande de produtos desidratados que precisam ser protegidos de danos causados pela umidade. Nos EUA, também é comum o uso destes sachês, que são produzidos pelas empresas *Multisorb Technologies, Inc.* (Buffalo, New York), *United Desiccants* (Louisville, Kentucky) e *Baltimore Chemicals* (Baltimore, Maryland). Neste caso, os sachês produzidos nos EUA não são somente aplicados em produtos desidratados, como *snacks* e cereais, mas também em uma gama de produtos farmacêuticos e eletrônicos (DAY, 2008).

Para uso em alimentos com uma alta atividade de água (a_w), as companhias produtoras utilizam papéis absorventes e cobertores. Estes podem ser encontrados em embalagens de carnes, peixes, aves, frutas e vegetais. Estes papéis consistem de duas camadas de filme plástico microporoso, de poli(etileno de baixa densidade) ou polipropileno. No meio destas camadas, é colocado um polímero superabsorvente, podendo ser capaz de absorver até 500 vezes o seu próprio peso em água. Estes polímeros superabsorventes podem ser constituídos de sais de poli(acrilatos), carboxi-metil celulose ou copolímeros de amido, que possuem uma alta afinidade com a água (REYNOLDS, 2007).

Segundo Rooney (1995), as embalagens com absorção de umidade, possuem estes filmes plásticos, que são colocados na parte inferior de carnes frescas, peixes e aves de maneira a absorver qualquer líquido que é exsudado do produto. Grandes filmes (cobertas) são usados durante o transporte aéreo em frutos do mar, para absorção da água resultante do gelo derretido. Outra utilização é em produtos agrícolas, para o controle da transpiração.

Na Tabela 4, são listadas algumas das marcas registradas e fabricantes comerciais de sachês, cobertores e bandejas absorvedoras de umidade.

Tabela 4 - Fabricantes de produtos absorvedores de umidade.

| Fabricante | País | Marca Registrada |
|--|-------------|-------------------------|
| Toppan Printing Co. Ltd | Japão | Toppan Sheet™ |
| Thermarite Pty Ltd, Australia | Austrália | Thermarite™ |
| BASF | Alemanha | Luquasorb™ |
| Maxwell Chase, Inc., Douglasville | EUA | Fresh-R-Pax™ |

Fonte: Adaptado de (DAY, 2008)

4.1.5.1 Dupont Chemicals - Tyvek®

A empresa *Dupont Chemicals* possui um sachê plástico resistente a rasgos, denominado Tyvek®, que é usado para aplicações em alimentos da forma desidratada. Ele contém dissecantes como: sílica gel, óxido de zinco, argilas ativas e minerais. A Figura 122 mostra o *design* da embalagem Tyvek® (Dupont).

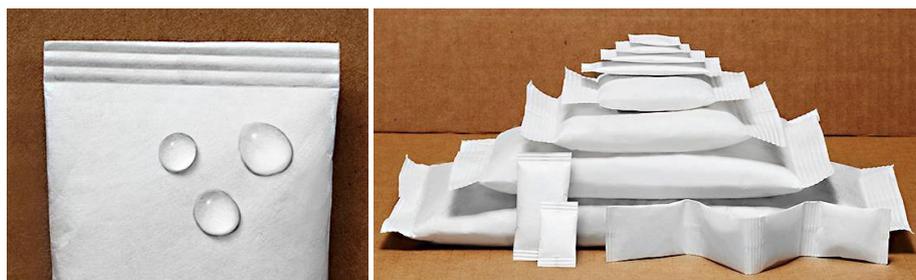


Figura 12 - Sachês com absorção de umidade da marca Tyvek®.

Fonte: (Dupont, s.d.)

4.1.5.2 Maxwell Chase Technologies - Fresh-R-Pax™

Na Figura 13, podemos observar embalagens da marca *Fresh-R-Pax™*, da empresa *Maxwell Chase Technologies*, que possuem uma folha absorvente de umidade na parte inferior da embalagem. Ela pode ser usada para melhorar o frescor e aumentar a vida de prateleira de produtos frescos cortados como: pimentões, cebolas, pepinos e tomates, bem como uma grande variedade de frutas.



Figura 13 - Embalagem Fresh-R-Pax™.

Fonte: Adaptado de (Maxwell Chase Technologies, s.d.)

4.1.6 Emissão de Etanol

A utilização de Etanol como um agente antimicrobiano é bem conhecido. Ele é particularmente efetivo contra bolores, leveduras e mofo, podendo também ser utilizado para inibir o crescimento de bactérias. Muitas pesquisas demonstraram que a vida de prateleira de produtos de panificação, livre de bolores, pode ser significativamente estendida quando os produtos recebem um “spray” de 95% de etanol, resultando em uma concentração nos produtos de 0,5-1,5% (p/p). Contudo, uma prática mais segura de emitir o etanol é pelo uso de sachês (DAY, 2008).

Muitos produtos com essa finalidade foram patenteados, originalmente por produtores japoneses. Na Tabela 5, estão citados os produtores, todos do Japão, que fabricam os sachês ou filmes, que possuem o etanol de forma encapsulada ou absorvido, em um material transportador, que permite a liberação controlada do etanol

em forma de vapor. A fim de mascarar o odor do etanol, alguns sachês contêm traços de baunilha e outros sabores.

Tabela 5 - Fabricantes de produtos com Emissão de Etanol.

| Fabricante | Marcas Registradas |
|---------------------------------|--|
| Freund Industrial Co. Ltd | Ethicap™ Antimold 102™ Negamold™ |
| Nippon Kayaku Co. Ltd. | Oitech™ |
| Ueno Seiyaku Co. Ltd | ET Pack™ |
| Ohe Chemicals Co. Ltd | Oytech L |
| Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd | Ageless™ type SE |

Fonte: Adaptado de (Day, 2008)

As dimensões e a capacidade dos sachês emissores de etanol dependem do peso do alimento, da atividade de água (a_w) do produto e da vida útil desejável. Alguns dos produtos encontrados no mercado com essa tecnologia são para produtos de panificação e peixes desidratados. Os sachês com essa tecnologia para embalagens ativas ainda é de custo relativamente alto quando comparada com outras, e devido a isso, o seu uso é direcionado para produtos alimentícios *premium*.

4.1.6.1 Freund Industrial Co. Ltd - Antimold® Tender

Na Figura 14, temos um exemplo de sachês emissor de etanol da empresa *Freund Industrial Co. Ltd*, de marca *Antimold® Tender*. Este sachê possui a propriedade de emitir etanol continuamente, sendo esse efeito mantido por alguns dias ou até semanas. A ação principal dele é de manter a sensação de frescor dos alimentos, ao conservar a umidade dentro da embalagem e, ao mesmo tempo controlando o crescimento de bolores, pela sua ação bacteriostática (Freund Industrial).



Figura 14 - Sachê Antimold® Tender, com efeito emissor de etanol.

Fonte: Adaptado de (Freund Industrial, s.d.)

4.1.7 Liberação de Preservativos

O interesse no uso de embalagens com filmes antioxidantes é estimulado por dois fatores. O primeiro é a demanda dos consumidores em diminuir antioxidantes e outros aditivos nos alimentos. O segundo é o interesse que companhias produtoras dos plásticos possuem em usar antioxidantes de alimentos naturais e aprovados, como, por exemplo, a vitamina E, na estabilização de polímeros, em vez de usar antioxidantes sintéticos desenvolvidos especialmente para uso em plásticos (ROONEY, 2005).

O potencial do uso desse sistema (migração evaporativa de antioxidantes) em alimentos, a partir de filmes de embalagens tem sido muito pesquisado e, em algumas instâncias, comercializado. Nos EUA, a empresa de cereais tem usado esta inovação na liberação dos antioxidantes Butil-hidroxi-tolueno (BHT) e Butil-hidroxi-anisol (BHA) em revestimentos de papel para embalagem, para cereais matinais e produtos tipo *snack* (LABUZA, 1989).

Como alternativa para o uso de BHT/BHA, tem aumentado o interesse em embalagens que possuem vitamina E impregnado, devido ao surgimento de questões sobre a segurança do uso de BHT/BHA (DAY, 2008). Pesquisas demonstram que a vitamina E tem eficiência semelhante ao BHT/BHA ou outro polímero antioxidante sintético, na inibição de degradação em filmes durante a extrusão ou moldagem do filme. A Vitamina E também é segura e efetiva antioxidante para uso em cereais e *snacks* com baixas e médias atividades de água, onde o desenvolvimento de ranço e

sabores indesejáveis são os mecanismos limitantes na degradação de vida de prateleira (DAY, 2008) (LABUZA, 1989) (ROONEY, 2005).

4.1.8 Embalagens Antimicrobianas

A qualidade dos alimentos é definida como um grau de excelência, que inclui fatores como qualidade sensorial, microbiológica, toxicológica e valor nutricional. A qualidade microbiológica dos alimentos está relacionada fortemente à qualidade, porque o crescimento de bactérias e outros microrganismos indesejáveis, como fungos e bolores, pode acarretar odores indesejáveis, toxinas com risco à saúde, mudanças de cor, sabor e textura dos alimentos, e também reduz a sua vida útil.

A maioria dos alimentos e bebidas no mercado atualmente pode ser considerada perecível, e suas causas de deterioração podem ser biológicas ou químicas. Os diversos tipos de microrganismos deterioradores são dependentes de fatores como quantidade disponível de nutrientes, pH, atividade de água, e presença de oxigênio (HAN, 2005).

Muitos produtos do mercado ainda são sujeitos a procedimentos com tratamento pelo uso de calor, que tem como foco a destruição de bactérias patogênicas e a redução da população microbiana, para garantir a segurança de alimentos e bebidas. Entretanto, durante estes tratamentos, podem sofrer danos na cor, sabor, textura, conteúdo de vitaminas e minerais, fibras, entre outros. Processos alternativos, como assepsia, vácuo, embalagens com atmosfera modificada, doses baixas de radiação ou pressão alta hidrostática também são usados no mercado de produtos alimentícios (DAY, 2008).

Para substituir ou reforçar tecnologias ou tratamentos tradicionais, sistemas com embalagem antimicrobiana estão sendo recentemente introduzidos para destruir ou retardar o crescimento de microrganismos.

Os sistemas que utilizam estas características incluem a adição de sachês no interior da embalagem, dispersão de agentes ativos e introdução de moléculas ativas durante a produção do filme da embalagem (HAN, 2005).

Segundo, BRODY *et al.* (2008), com relação às propriedades antimicrobianas de agentes, pode-se citar as seguintes:

- Íons de Prata – Sais de prata funcionam com contato direto, mas podem migrar lentamente e reagir diretamente com orgânicos.
- Álcool Etilico – adsorvido em sílica ou zeólitos, é emitida por evaporação. É eficiente, mas pode deixar um odor residual.
- Dióxido de Cloro (ClO₂) – Gás que permeia através do produto acondicionado. É muito eficaz contra microrganismos, mas possui um efeito secundário negativo, como o escurecimento da cor de carnes e o branqueamento de vegetais verdes.
- Nisina – É a substância mais efetiva contra ácido e bactérias Gram-positivas. Age ao se incorporar na membrana citoplasmática de células alvos e funciona melhor em condições ácidas.
- Isso-tiocianato de alila – é um componente ativo em wasabi e mostarda, e possui uma alta eficiência antimicrobiana, mas possui um efeito negativo de odor em alimentos.
- Óleos essenciais de especiarias – Foi estudado o efeito do óleo de orégano em carnes, o óleo de mostarda em pães, e outras especiarias e temperos.
- Óxidos Metálicos – Em um nível nano, óxidos como o óxido de magnésio e o óxido de zinco estão sendo pesquisados como materiais antimicrobianos para uso em embalagens de alimentos (GARLAND, 2004).

Um conservante químico pode proporcionar atividade antimicrobiana para o material de uma embalagem através da incorporação durante a sua fabricação. Estes filmes liberam o conservante a uma taxa controlada. Substâncias químicas comuns usadas em alimentos, como mostrado na Tabela 6, são conservativos, como: ácidos orgânicos, sais orgânicos, sulfitos, nitritos, antibióticos e álcoois. Um exemplo, é o uso de sorbato de potássio e ácido sórbico como conservante em embalagens de queijos.

Existem dois mecanismos de ação antimicrobiana em filmes de embalagens, que podem ter o agente antimicrobiológico ou incorporado na estrutura molecular do filme ou aplicado em sua superfície.

Não existe somente um tipo de agente antimicrobiano que consegue focar em muitos microrganismos, devido às características fisiológicas específicas destes. Uma simples categorização pode ajudar a selecionar qual agente antimicrobiológico é o mais eficiente. Dentre essas categorias pode-se citar: requerimentos de oxigênio (aeróbico ou anaeróbico), composição da parede celular (Gram positiva ou Gram negativa), estágio de crescimento (esporos ou estado vegetativo), temperatura ideal de crescimento (termofílico, mesofílico, psicotrópico), e resistência à ação de ácido/osmose.

Funções antimicrobianas, que são alcançadas ao adicionarmos agentes antimicrobianos no sistema da embalagem ou usando materiais poliméricos antimicrobianos, geralmente demonstram 3 tipos de modelo:

- Liberação – Permite a migração de agentes antimicrobianos nos alimentos ou no espaço livre dentro das embalagens, e inibe o crescimento de microrganismos. Os agentes podem ser um soluto ou um gás.
- Absorção – Remove fatores essenciais para o crescimento microbiano e também inibe o crescimento microbiano. Um exemplo são os sistemas de absorção de oxigênio, que podem prevenir o crescimento de bolores dentro das embalagens.
- Imobilização – Este sistema não libera não agente antimicrobiano, mas suprime o crescimento de microrganismos na superfície de contato. Estes sistemas são de menor eficiência nos casos de alimentos sólidos, em comparação com os líquidos, porque existe uma menor possibilidade de contato entre a embalagem antimicrobiana e toda a superfície do alimento (HAN, 2003).

Tabela 6 - Aplicações para Embalagens Antimicrobianas.

| Agente Antimicrobiano | Material da Embalagem | Tipo de Alimento |
|---|---------------------------------------|-------------------------------|
| Organic Acids | | |
| Potassium sorbate | PEBD | Queijos |
| | PEBD | Meio de Cultura |
| | Amido/Glicerol | Peito de Frango |
| Ácido Propiônico | Quitosana | Água |
| Ácido Acético | Quitosana | Água |
| Ácido Benzóico Anidrido | PEBD | Filé de Peixes |
| Fungicida/Bacteriocida | | |
| Imazalil | PEBD | Pimentão |
| | PEBD | Queijo |
| Peptídio/Proteína/Enzima | | |
| Nisina | PEBD | Salsicha para Cachorro Quente |
| Glicose Oxidase | | Peixes |
| Álcool/Thiol | | |
| Etanol | Sachê com óxido de silício (Ethicap™) | Panificação |
| Absorção de Oxigênio/Antioxidante | | |
| Complexo Reduzido de Ferro | Sachê (Ageless™) | Pães |
| BHT | HDPE | Cereal Matinal |
| Gás | | |
| CO ₂ | Sachê com Hidróxido de Cálcio | Café |
| ClO ₂ | Sachê com Dióxido de Cloro | Café |
| SO ₂ | Metabisulfito de Sódio | Frutas e Vegetais Uvas |
| Outros | | |
| Radiação UV | Nylons | Meio de Cultura |
| Extrato de Semente de Toranja (<i>Grapefruit</i>) | LDPE | Alface |
| | LDPE | Brotos de Soja |

Fonte: Adaptado de (Day, 2008).

4.1.8.1 Incorporação de agentes antimicrobianos na matriz polimérica

Este tipo de incorporação é usado em aplicações poliméricas, como filmes flexíveis e plásticos rígidos. Consiste de agentes com tamanho microcelular, que são desenvolvidos para interromper as funções metabólicas de microrganismos de parede fina, como: bactérias, leveduras e fungos. Estes agentes incorporados na matriz polimérica agem de forma mais eficiente em uma embalagem a vácuo, devido ao contato direto do filme com o produto alimentício. O agente nesse caso tem que atingir concentrações adequadas na superfície do alimento para inibir o crescimento microbiano. Adicionalmente, o filme plástico deve possuir uma boa estabilidade ao calor (DAY, 2008).

Este tipo de uso é dito como prático e acessível, e promove um controle contínuo de uma gama de bactérias Gram-positivas (*Staphylococcus aureus*) e Gram-negativas (*E.Coli*). Os agentes antimicrobianos também não afetam a estrutura do filme plástico ou suas propriedades.

4.1.8.2 Modificação da Superfície de Embalagens com Antimicrobianos

Modificação da superfície inclui não somente o revestimento com uma camada antimicrobiana, mas também a implementação de uma camada de antimicrobianos na superfície da embalagem. Este método junta os agentes antimicrobianos diretamente em contato com o alimento para inibição do crescimento bacteriano (Figura 15).

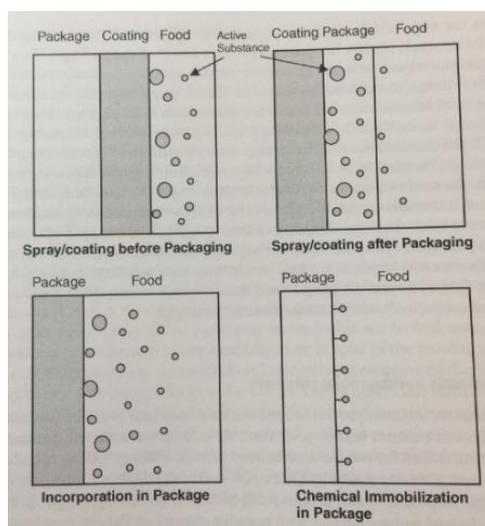


Figura 15 - Migração de Substâncias Ativas.

Fonte: Adaptado de (Day, 2008)

4.1.8.3 Embalagem Antimicrobiana usando sistema baseado em Gases

Existem dois tipos de sistemas antimicrobianos que utilizam gases: sachês/*pads* e o de emissão de um gás selecionado para inibição do crescimento de microrganismos. Até hoje, estes sistemas têm sido os mais usados e os mais confiáveis em embalagens antimicrobianas. Com relação aos sachês, estes podem modificar a composição gasosa dentro da embalagem. Eles podem conter absorvedores de oxigênio, absorvedores de umidade, emissores de vapor de etanol, ácidos orgânicos e surfactantes. Têm sua aplicação em embalagens de produtos de panificação, massas, vegetais e produtos cárneos. Seu funcionamento é pela inibição da oxidação e a condensação de umidade na embalagem, e também podem diminuir a atividade de água e o oxigênio (DAY, 2008).

4.1.8.4 Agion Technologies Inc e AgPOLYMER - AgPOLYMER®

AgPOLYMER® é a última geração avançada de cobertura de proteção de queijo, cujo princípio ativo é o zeólito de íon de prata (sem nanopartículas) incorporado no polímero, ilustrado na Figura 16. Os íons de prata são absorvidos por cargas bacterianas, que destroem as paredes celulares, inibem a reprodução e impedem seu metabolismo.

Os íons de prata destroem os microorganismos imediatamente, impedindo seu sistema respiratório enzimático (que é a produção de energia) e modificando o DNA microbiano e a parede celular.

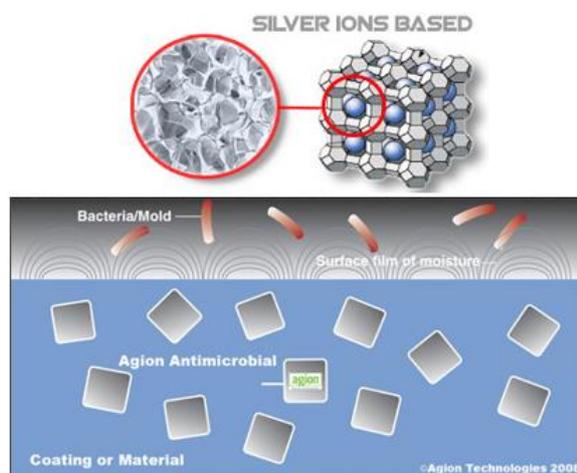


Figura 16 - Funcionamento do AgPOLYMER®.

Fonte: (AgPOLYMER® - Cheese Coating Silver Ions Based, s.d.).

4.1.9 Incorporação e Liberação de Enzimas

Enzimas são muito úteis no processamento de alimentos. Entretanto, em alimentos 100% naturais, como leite e sucos, consumidores podem não ficar satisfeitos de ler na lista de ingredientes que este tipo de substância foi adicionada.

Embalagens ativas que possuem compostos bioativos, como enzimas e peptídeos, tipicamente imobilizam a porção via aprisionamento ou adsorção. Pesquisadores da *Cornell University* – EUA, produziram com sucesso polímeros de filmes plásticos com enzimas que são muito específicas em suas funções (BERRY, 2000). Soares e Hotchkiss (1998) demonstraram que o sabor amargo, relacionado com alguns sucos de frutas, poderia ser significativamente reduzido usando filmes de acetato de celulose (CA) contendo naringinase imobilizada. Estes filmes reduzem o amargor por hidrólise da naringina e sorção de limonina. Diferentemente da atual situação, onde a maioria dos alimentos se deteriora em qualidade durante a estocagem, produtos que são expostos a enzimas ligadas à embalagem podem melhorar sua qualidade.

Atualmente, enzimas de lactase podem ser incorporadas em leite pasteurizado ou esterilizado antes de serem embalados, a fim de quebrarem a lactose. Outra alternativa foi desenvolvida por Goddard *et al.* (2007), que também mostrou que o conceito de incorporação de lactase para a remoção de lactose em leite. Em vez de incorporar a enzima lactase diretamente no leite, ou usar uma enzima imobilizada, a lactase pode ser incorporada diretamente na parede da embalagem de leite. Goddard *et al.* (2007) usou um derivado do fermento, a β -galactosidase, que foi covalentemente anexada a um filme de poli(etileno de baixa densidade) com parede modificada, e sustentou a atividade enzimática em uma variação de temperaturas e pH similares as da enzima livre lactase.

4.1.10 Embalagens com Atmosfera Modificada / Estocagem com Atmosfera Controlada (MAP / CAS)

Com o objetivo de prolongar a vida de prateleira dos produtos, é crucial minimizar as taxas das reações de degradação bioquímica, enzimática e

microbiológicas. Isso é comumente conseguido ao se assegurar adequadas condições sanitárias durante a colheita de matérias primas ou o abate de animais, devidamente processar os alimentos em ordem de reduzir a atividade de água e danificar a funcionalidade enzimática, e promovendo temperaturas e umidade relativa em condições adequadas para estocagem (KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989).

Apesar de todas estas precauções, o ar que envolve os alimentos pode ainda continuar promovendo um meio adequado para reações oxidativas, bem como o crescimento de microrganismos. O ar que nos circunda contém aproximadamente 78% de Nitrogênio (N_2), 21% de Oxigênio (O_2) e cerca de 1% de outros gases (DAY, 2008). Portanto, a alteração da atmosfera em volta do produto poderia ajudar na preservação da sua qualidade.

Embalagens com Atmosfera Modificada (MAP) é definida como a inclusão, em uma embalagem de alimentos, de uma composição gasosa adequada que é especialmente desenvolvida para estender a vida de prateleira (CHURCH e PARSONS, 1995). Em um ambiente de Estocagem com Atmosfera Controlada, uma concentração predeterminada de gases é fixada por constantes adições ou remoções de gases durante a estocagem de alimentos não embalados. Ao contrário deste ambiente, em uma MAP, nenhum controle pode ser exercido sobre o alimento após a modificação de gases inicial (ROBERTSON, 2012).

Os primeiros efeitos positivos de MAP em preservar o frescor de alimentos foram reportados em 1821, quando Jacques Etienne Berard (um professor da *School of Pharmacy* de Montpellier, na França), aclamou que a estocagem de frutas e vegetais sobre concentrações reduzidas de Oxigênio (O_2) poderia retardar o amadurecimento (ROBERTSON, 2012). A evolução da pesquisa sobre o assunto fez com que a aplicação comercial de MAP estivesse disponível no começo de 1970. As aplicações iniciais se concentravam em carnes vermelhas, peixes, carnes processadas e frutos do mar cozidos. Atualmente, a demanda alta dos consumidores por alimentos com uma vida de prateleira maior, sem a adição de preservativos, fez com que a embalagens do tipo MAP estejam disponíveis para uma grande gama de alimentos, que incluem: carnes, aves, peixes, produtos de panificação, batatas *chips*, queijos, saladas, frutas e vegetais (DAVIES, 1995; MULLAN e MCDOWELL, 2003; ROBERTSON, 2012). Na Figura 17 podemos ver exemplos de produtos com MAP.

Na Tabela 7, estão listadas algumas aplicações de Embalagens com Atmosfera Modificada. Na maioria dos alimentos que utilizam estas embalagens, o O₂ é completamente retirado, sendo substituído por CO₂ ou N₂, ou uma combinação de ambos (PARRY, 1993).

As características principais que devem ser consideradas quando uma MAP é selecionada, são: qual será o material selecionado para a embalagem, qual a sua permeabilidade a gases e vapor de água, propriedades mecânicas, sensibilidade ao calor e transparência. Para produtos que não possuem respiração, todas as estruturas de barreira comuns foram usadas em MAP. A parte interna da embalagem é usualmente de LPDE para promover uma boa barreira do calor e da umidade (ROBERTSON, 2006).

Tabela 7 - Misturas Gasosas Recomendadas para Embalagens com Atmosfera Modificada

| Produto | Oxigênio - O₂ (%) | Dióxido de Carbono - CO₂ (%) | Nitrogênio - N₂ (%) |
|--|---|--|---------------------------------------|
| Carnes Vermelhas | 60-85 | 15-40 | - |
| Carnes Cozidas/Curadas | - | 20-35 | 65-80 |
| Aves | 25 | 75 | |
| Peixes | - | 60 | 40 |
| Queijos Duros | - | 100 | - |
| Queijos Moles | - | 30 | 70 |
| Pães | 60-70 | 30-40 | - |
| Bolos sem adição de lácteos | - | 60 | 40 |
| Bolos com adição de lácteos | - | - | 100 |
| Massas frescas | - | - | 100 |
| Frutas e Vegetais | 3-5 | 3-5 | 85-95 |
| Alimentos desidratados ou Cozidos | - | - | 100 |

Fonte: Adaptado de (PARRY, 1993)



Figura 17 - Exemplos de utilização de MAP.

Fonte:(ACTIONPAC; PEPSICO)

4.1.11 Absorção e emissão de sabores e aromas

O uso de embalagens com liberação de aromas constitui um tipo de embalagem ativa que tem como foco a melhoria da aceitação sensorial de produtos acondicionados. Eles podem ser produzidos pela incorporação de aromas voláteis na matriz polimérica das embalagens (HUBER, RUIZ e CHASTELLAIN, 2002).

A anulação de sabores (*flavor scalping*) é causada pela absorção de aromas desejáveis pelos materiais da embalagem. Um exemplo é a absorção de substâncias de aroma em suco de laranja e bebidas cítricas pelo embalagem de poli(etileno de baixa densidade) (ROLAND e HOTCHKISS, 1991).

Em alimentos embalados, absorvedores de aromas e sabores agem sobre moléculas gasosas indesejáveis, metabólitos de alimentos e microrganismos, produtos de respiração, e *off-flavours* em produtos crus (ROONEY, 2005). Alguns exemplos destas substâncias são: compostos sulfurados e aminas produzidas bioquimicamente da degradação de proteínas, aldeídos e cetonas produzidos pela oxidação de lipídeos ou glicólise anaeróbica, e o sabor amargo de compostos em sucos, como o de toranja.

Os absorvedores de aromas e sabores usam o mesmo mecanismo de transferência de massa que o de anulação de sabores (*flavor scalping*), para remover características negativas, e são tipicamente encontrados na forma de sachês, selos, fitas ou bandejas. Estes componentes são usualmente colocados dentro da embalagem ou combinados com materiais que permitem absorção dos aromas (NIELSON, 1997).

O uso comercial de absorvedores e liberadores de sabor/aroma é controverso devido a preocupações com a sua habilidade de mascarar reações de deterioração e enganar os consumidores sobre a condição do produto embalado. Por esta razão, este tipo de embalagem foi banida na Europa e nos EUA (BRODY, 2005).

Entretanto, este tipo de tecnologia, na forma de filmes, é ainda comercialmente usado no Japão e tem um número de aplicações legítimas. Um exemplo, dos EUA: a empresa *ScentStational® Technologies* desenvolveu embalagens que liberam aroma, para uso no exército norte americano, em alimentos prontos para consumo, tornando-os mais apetitosos (DAY, 2008).

A interação da embalagem com os liberadores de sabor e aroma tem sido reconhecida há muito tempo, especialmente pela anulação de sabores indesejáveis em alimentos. Um exemplo: foi comprovado que apenas duas semanas depois do suco de laranja, embalado assepticamente, ser armazenado, existe um anulação de uma considerável proporção da substância desejável limoneno (responsável pelo aroma de frutas cítricas) (ROONEY, 2005).

Segundo Rooney (2005), a empresa japonesa *Anico Co. Ltd* tem comercializado o produto *Anico™*, que é feito de filmes contendo um sal ferroso e um ácido orgânico, como um citrato ou ascorbato. Esses filmes estão contidos em sacos, e a empresa afirma que eles podem oxidar aminas, quando estas são absorvidas pelo filme. As aminas são formadas depois da quebra de proteínas musculares em peixes. O odor indesejável de aminas voláteis, como a tri-metil-amina, associadas com a quebra proteica em peixes, por serem alcalinas, podem ser neutralizadas por vários compostos ácidos, como o encontrado no produto *Anico™*.

Embalagens também podem ser usadas para liberar aromas e sabores em bebidas, ao serem consumidas, e para criar ou manter a intensidade e qualidade do

produto. As empresas estão incorporando essências diretamente nas embalagens plásticas ou garrafas, para que o consumidor possa, por exemplo, saber o aroma de um chocolate sem abrir propriamente a embalagem. Pesquisadores dizem que a usar o sentido olfativo é uma parte inteligente do *marketing*, já que de todos os sentidos do ser humano, o olfato é o que tem ligação direta com o centro emocional do cérebro (WEBB PRESSLER, 2006).

A incorporação de aromas no material polimérico pode ser usada para atrair consumidores quando a embalagem é aberta, bem como para balancear os efeitos prejudiciais de perda de aromas (KOONTZ, 2006). A empresa *AddMaster* desenvolveu uma fragrância de chocolate para uso em embalagens de poli(etileno de baixa densidade) que são de sabor chocolate, sabor ao leite e bebidas, para criarem um “ambiente de consciência” (*in-store awareness*) do produto (MARKARIAN, 2006).

4.1.11.1 Aroma Water LLC e ScentStational Technologies - Aroma Water™

A empresa *Aroma Water*, juntamente com a *ScentStational Technologies*, criou uma garrafa de água que emite um aroma lima-limão ou laranja. O aroma fica encapsulado na tampa, e engana as papilas gustativas em acreditar que a água é saborizada (Figura 18) (WATER).



Figura 18 - Garrafas de água Aroma Water™.

Fonte: (WATER)

4.2 Outros tipos de sistemas de Embalagens Ativas

A embalagem *CURWOOD® FRESHCASE®* (Bemis Company Inc.) é uma embalagem ativa especial que permite a formação de cor vermelha em carnes acondicionadas a vácuo (Figura 19). O sistema de embalagem consiste em um laminado de multicamadas contendo nitrato de sódio, que é convertido para ácido nítrico quando entra em contato com carnes. O ácido nítrico se combina com a mioglobina presente na carne, o que resulta na cor vermelha típica de carnes frescas (BEMIS).



Figura 19 - CURWOOD® FRESHCASE®.

Fonte: (BEMIS)

Existe uma variedade de soluções em embalagens ativas especialmente desenvolvidas para aquecimento em micro-ondas. O cozimento em forno micro-ondas está ficando cada vez mais popular, por causa da sua preparação rápida de alimentos, demandas dos consumidores para alimentos convenientes, e o rápido crescimento de alimentos desenvolvidos especialmente para preparação em fornos de micro-ondas. Entretanto, este equipamento apresenta um tipo particular de transferência de calor que produz uma energia de absorção não desuniforme, devido à distribuição do campo de ondas no interior dos fornos não ser homogênea. Assim, resultando também uma distribuição não uniforme de temperatura nos alimentos (RYYNANEN, RISMAN e OHLSSON, 2004).

A embalagem ativa para micro-ondas foi desenvolvida para melhorar o comportamento de aquecimento de um alimento por “blindagem”,

modificação de campo e o uso de *susceptores*. A “blindagem” pode ser aplicada para obter mais aquecimento e aquecimento diferencial desejado e controlado de diferentes porções do alimento. Os modificadores para aquecimento por microondas consistem em uma série de estruturas de antenas, que alteram a forma como as microondas chegam aos alimentos resultando em aquecimento uniforme, escurecimento superficial e aumento na crocância. (AHVENAINEN, 2003). Os *susceptores* de micro-ondas consistem em alumínio ou aço inoxidável, depositados em substratos, como filmes de poliéster ou cartão e servem para secar, deixar com textura crocante e escurecer o alimento (PERRY, 2009).

4.2.1 Sirane Ltd - Sira-Crisp™

A empresa *Sirane Ltd*, localizada no Reino Unido, é uma empresa de desenvolvimento de novos produtos e processos, e um dos seus produtos é o *Sira-Crisp™*, um filme com *susceptores* para micro-ondas, especialmente desenvolvido para deixar alimentos com a textura crocante. Ele pode ser usado para *paninis*, pizzas e outros alimentos folhados ou massa crocante. Também pode ser usado para batatas rústicas, pipoca e salgadinhos tipo *chips*. A Figura 20 mostra uma imagem do filme.



Figura 20 - Embalagens Sira-Crisp™.

Fonte: (SIRANE)

4.3 EMBALAGENS INTELIGENTES

De acordo com Robertson (2006), embalagens inteligentes são aquelas que contêm tanto indicadores internos como externos que fornecem informações sobre o histórico da embalagem e do alimento, e sua qualidade durante sua vida útil. Os sensores das embalagens inteligentes são capazes de detectar e fornecer dados como: a integridade da embalagem, provas de violação, qualidade e segurança do alimento, além de serem muito usadas para rastreabilidade, anti furto e autenticidade do produto.

Os tipos de indicadores usados nestas embalagens incluem sensores de tempo-temperatura, corantes sensíveis a gases, indicadores de cozimento em micro-ondas, indicadores de crescimento microbiano, indicadores de ocorrência de choque físico, dentre outros (DAY, 2008; ROBERTSON, 2006).

A definição oficial de embalagens inteligentes é que são materiais ou artigos que monitoram a condição dos alimentos embalados, ou do ambiente no qual o produto se encontra.

Este tipo de embalagem contém dispositivos inteligentes que são pequenas etiquetas ou adesivos, capazes de adquirir, guardar e transferir informações sobre as funções e propriedades do alimento embalado (FANG, ZHAO, *et al.*, 2017). Os dispositivos mais comumente usados em embalagens inteligentes estão listados na Tabela 8.

Tabela 8 - Exemplos de dispositivos utilizados em embalagens inteligentes e seus princípios de operação.

| Dispositivos Utilizados | Princípio/Reagentes | Informação Fornecida | Aplicação |
|--|---|---|--|
| Código de Barras | Simbologia | Informação sobre o Produto e o Produtor | Identificação do Produto, Controle de Inventário, Mudança de Estoque e Checagem de saída |
| Etiquetas de Identificação por Rádio Frequência | Ondas de Rádio | Informação sobre o Produto e o Produtor | Identificação do Produto, Administração da Cadeia de <i>supply</i> , rastreamento, segurança |
| Indicadores Tempo-Temperatura | Mecânicos, Químicos, Enzimáticos, Microbiológicos | Condições de Estoque | Alimentos estocados sobre condições de refrigeração ou congelados |
| Indicadores de Gases | Corantes de Redução, Corante de pH, Enzimas | Condições do Estoque, Vazamentos de embalagem | Alimentos estocados em embalagens com uma composição gasosa específica e necessária |
| Indicadores de Frescor | Corante de pH, Corantes que reagem com metabólitos voláteis | Qualidade Microbiológica do Produto | Alimentos Perecíveis |
| Indicadores de Patógenos | Substâncias químicas reagindo com toxinas | Bactéria Patógena Específica | Alimentos Perecíveis |

Fonte: Adaptado de (FANG, ZHAO, *et al.*, 2017)

4.3.1 Código de Barras

Um código de barras é um símbolo óptico que pode ser lido por uma máquina que tem relação com o produto que ele contém. O primeiro código de barras que foi comercializado foi o UPC (*Universal Product Code*), que foi introduzido na década de 70, e que atualmente tem se tornado algo muito comum no mercado, devido a sua facilidade em controlar o estoque e inventário. (MANTHOU e & VLACHOPOULOU, 2001). O código de barras UPC consiste de uma simbologia linear com um padrão de barras e espaços que representam 12 dígitos de dados contendo informações do produtor e o produto (YAM, TAKHISTOV e & MILTZ, 2005). De maneira a responder ao aumento de demanda por um código que inclui um número maior de dados em um espaço menor, foram introduzidos também as novas simbologias, como a *Reduced Space Symbology* (RSS), duas dimensões (PDF 417, *Aztec code*), Simbologia Composta e GS1 *DataBar Family*, como mostrado na Figura 21.

A informação que inclui a data de embalagem do produto, número de batida/lote, peso da embalagem, informação nutricional, instruções de cozimento e até mesmo o *website* do produtor pode ser colocada no código de barras e ser facilmente lida por celulares *smartphones*, promovendo uma grande conveniência tanto para o produtor como para o consumidor (FANG, ZHAO, *et al.*, 2017).

| Examples | Name |
|---|-----------------|
|  | UCP barcode |
|  | RSS barcode |
|  | PDF 417 barcode |
|  | Aztec code |
|  | GS1 barcode |

Figura 21 - Exemplos de Códigos de Barras.

Fonte: Adaptado de (FANG, ZHAO, *et al.*, 2017)

4.3.2 Etiquetas identificadoras por Rádio Frequência (RFID)

Este dispositivo é outra forma de informação eletrônica usada em embalagens inteligentes. Comparada com o código de barras, as etiquetas de RFID possuem um suporte de dados maior para identificação de produtos, como características únicas. Elas possuem uma capacidade de armazenamento de dados superior (até 1MB), não existe contato, com habilidade de não ficarem à vista, e podem juntar dados em tempo real, podendo estes passar por materiais não metálicos (MENNECKE e & TOWNSEND, 2005). Entretanto, ele não pode ser considerado como um substituto do código de barras devido ao seu relativo alto custo e a sua necessidade por *softwares* melhores.

Em etiquetas de RFID, encontra-se um pequeno *transponder* e uma antena, que possuem um número ou uma sequência alfanumérica única. Como mostrado na Figura 22, um leitor emite ondas de rádio para capturar os dados da etiqueta, e então, os dados são passados por um servidor e em seguida para um computador, para análise. Elas podem ser classificadas como passivas ou ativas, quando possuem ou não uma bateria própria que fornece energia ao *microchip*. As etiquetas ativas mais caras possuem um alcance de até 50m, enquanto que as etiquetas passivas de custo menor tem um alcance de até 5m.

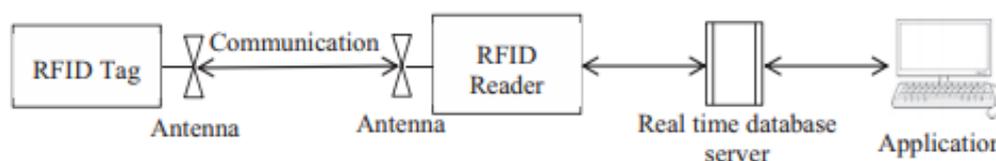


Figura 22 - Sistema básico de RFID.

Fonte: Adaptado de (FANG, ZHAO, *et al.*, 2017).

4.3.3 Indicadores de Tempo Temperatura

Os indicadores de Tempo e Temperatura (TTI) são definidos como dispositivos simples e com custo baixo que podem ficar colocados em containers ou embalagens de consumo individuais. Eles podem mostrar mudanças de tempo-temperatura mensuráveis, que podem mostrar todo ou parcialmente o histórico de um produto

(TAOUKIS e & LABUZA, 2003). Existem atualmente três tipos de TTIs comercialmente disponíveis:

- Indicadores de temperatura crítica – mostram uma exposição acima ou abaixo da temperatura de referência;
- Indicadores de histórico parcial – indica se o produto foi exposto a uma temperatura suficiente para causar mudanças em sua qualidade ou segurança;
- Indicadores de histórico total – uma resposta contínua de temperaturas por todo o histórico do produto.

4.3.3.1 Timestrip – iStrip®

O congelamento acidental, durante o transporte ou a estocagem, pode afetar uma variedade de produtos refrigerados, como alimentos e produtos como vacinas e drogas com base de proteínas. O congelamento acidental normalmente pode não ser detectável, e somente é comprovado quando o produto for consumido ou utilizado.

A empresa *Timestrip UK Ltd*, criadora do *iStrip®* (Figura 23), desenvolveu este rótulo, que pode ser colocado na parte de cima do produto a ser monitorado. Ele é considerado um indicador que usa nanotecnologia (Timestrip's nano- TTI system), e utiliza ouro coloidal (nanomaterial), que em temperaturas acima de 0°C é vermelho, mas o congelamento acidental aglomera estas partículas, o que torna o indicador transparente (ITAL, 2012).



Figura 23 - Indicador iStrip® - Timestrip UK Ltd.

Fonte: (ITAL, 2012).

4.3.3.2 Vitsab International AB - Vitsab Checkpoint ®

Este adesivo de TTI é baseado na mudança e cor, resultado de uma hidrólise enzimática controlada de uma substância lipídica (Figura 24). A etiqueta pode ser ativada ao se aplicar uma pequena pressão sobre ela. A cor verde indica excelentes condições de transporte e armazenamento dos produtos, enquanto que, se a etiqueta mostrar uma cor laranja ou vermelha, o produto foi exposto a tempo-temperaturas inadequadas e seu consumo não é mais aceitável.



Figura 24 - Mudanças de cor observada nas etiquetas de TTI – Vitsab Checkpoint ®.

Fonte: (VITSAB)

4.3.4 Indicadores de Gases

Após um produto ser embalado, a composição gasosa dentro da embalagem pode mudar devido à atividade do próprio produto, da natureza da embalagem ou de condições ambientais. Alguns exemplos são a respiração de produtos frescos, como frutas e vegetais; geração de gás devido à deterioração microbiana; transmissão de gases pela embalagem ou vazamentos (YAM, TAKHISTOV e & MILTZ, 2005).

Indicadores de gases são pequenos dispositivos, na forma de adesivos ou filmes, que respondem a mudanças de composição gasosa, e assim ajudam no monitoramento da qualidade, segurança e integridade dos produtos embalados. Tipicamente, o indicador de gás também induz uma mudança de cor na embalagem, para refletir as mudanças de composição gasosa.

Os indicadores de Oxigênio são os indicadores mais comuns para embalagens de alimentos, devido ao oxigênio poder causar efeitos de deterioração na qualidade de alimentos através de oxidação, mudanças de cor, e deterioração microbiana.

4.3.4.1 Mitsubishi Gas Chemical Company – Ageless Eye® Oxygen Indicator

Este indicador pode ser colocado na parte interna da embalagem ou do container que contém os produtos. Como mostrado na Figura 25, quando a concentração de oxigênio é maior que 0,5% a cor do indicador muda de rosa para azul.

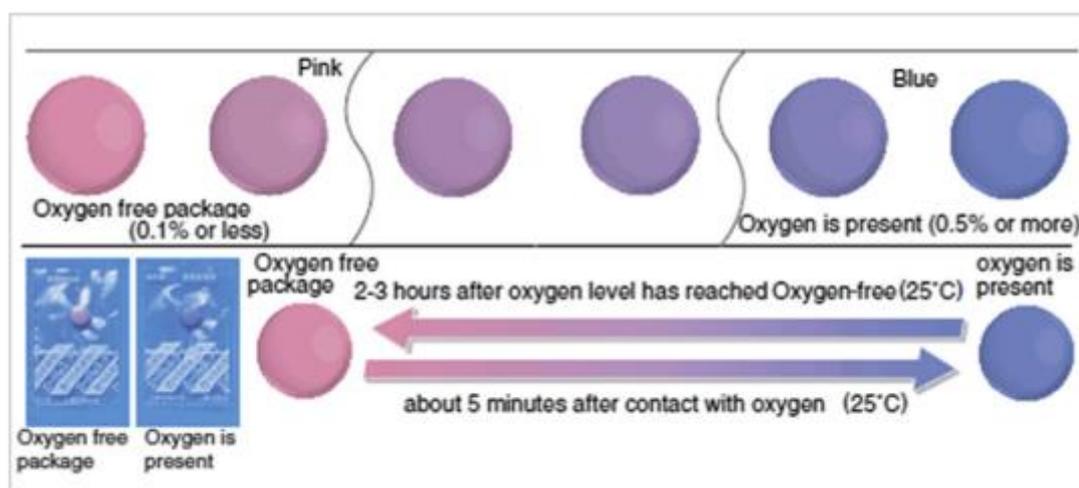


Figura 25 - Ageless Eye® Oxygen Indicator.

Fonte: (MGC)

4.3.5 Indicadores de “Frescor” ou Qualidade

A evolução de indicadores de frescor, vista nas últimas duas décadas, é principalmente devido a uma demanda dos consumidores por produtos mais saudáveis e frescos. Estes indicadores possuem, como principal intenção, o monitoramento da qualidade dos produtos através de sua estocagem e acondicionamento. O decaimento do frescor pode ser devido à exposição de condições que favorecem a deterioração, ou a uma vida de prateleira excedida.

A embalagem é equipada com um dispositivo de mudança de cor, que indica ao consumidor se a embalagem e o produto sofreram deterioração, juntamente com um histórico parcial ou completo (HAN, 2005). A ideia principal de um indicador de frescor é o monitoramento da qualidade de alimentos embalados ao reagirem com

fatores que estão acontecendo nos produtos, como resultado de crescimento microbiano, mudanças de temperatura, umidade, abuso de choque ou mudanças na concentração dos gases. Estes indicadores são baseados no conhecimento dos metabólicos diretamente associados com o tipo de produto, a flora microbiana que pode deteriorá-lo, o tipo de embalagem e as condições de estocagem.

Um pré-requisito crucial para o sucesso de um indicador de frescor é o conhecimento sobre os metabólitos que podem indicar qualidade, já que os indicadores tem que reagir na presença destes compostos com a requerida sensibilidade. Além disso, o indicador deve cumprir com a legislação, já que ele tem que ou estar em contato direto com o alimento ou com o espaço livre dentro da embalagem.

4.3.5.1 DSM - SensorQ™

Este sensor desenvolvido pela empresa *DSM* é um adesivo que pode ser aplicado em produtos cárneos (Figura 26). Ele detecta bio produtos gasosos originados de bactérias crescendo dentro da embalagem (DSM).



Figura 26 - SensorQ™.

Fonte: (DSM)

4.4 Inovações de Materiais com Alta Barreira Química

Estes tipos de materiais podem significativamente diminuir a adsorção, dessorção, e a difusão de gases e líquidos, com o objetivo de manter a qualidade dos alimentos. Eles também previnem a entrada de outras moléculas como oxigênio, líquido ou gás pressurizado, vapor de água, e outros, que são normalmente indesejáveis na preservação de produtos (BRODY, BUGUSU, *et al.*, 2008).

As propriedades de barreira podem ser aperfeiçoadas pela combinação de material de embalagem com outros materiais com alta barreira, através de uma mistura de polímeros (blendas), revestimento, laminação ou metalização. A morfologia da mistura tem relação com o tipo de permeabilidade necessária. Exemplos comerciais são o revestimento de poli(cloreto de vinilideno) (PVdC) em poli(propileno) orientado (OPP), laminação de poli(etileno tereftalato) (PET) em co-extrusados de PP/PEBD e metalização de alumínio sobre filmes de PET ou poli(propileno) bi-orientado (BOPP) (LANGE e WYSER, 2003).

4.5 Fatores que afetam a interação entre a embalagem dos alimentos e as propriedades de barreira

Não levando em conta a direção da transferência de massa (por exemplo, se for absorção ou liberação de aromas), ou a intenção da transferência de massa (sendo para atingir uma transferência desejável ou para prevenir uma transferência indesejável), muitos fatores nos alimentos, na embalagem, e como o produto será distribuído podem afetar a cinética de transferência e sua quantidade. A transferência de substâncias é principalmente devido a uma diferença de concentração entre o produto e os materiais da embalagem. A natureza do produto também é um fator importante. Em alimentos de natureza líquida ou aromas, agem como solventes de materiais plásticos, tornando-os moles, até mesmo barreiras de material plástico. Líquidos e vapor de água geralmente controlam significativamente a transferência de substâncias químicas (BRODY, BUGUSU, *et al.*, 2008).

A temperatura e o tempo de estocagem, bem como a superfície de contato, são também fatores importantes. Temperaturas altas de estocagem aceleram a transferência de massa, enquanto que longos tempos de estocagem aumentam a quantidade de transferência.

4.6 Embalagens convenientes para o consumidor

A competição no mercado de produtos alimentícios está cada vez mais intensa, e vai muito além do *marketing* nos meios de comunicação, mostrando seu poder maior nas estantes de lojas e mercados, lugar este onde o consumidor realmente escolhe

qual produto irá adquirir. Tendo este ponto de vista em foco, a embalagem e como o produto é apresentado aos consumidores são importantes fatores para as empresas.

As expectativas dos consumidores e fatores sociais estão pressionando as empresas de embalagens a melhorar e inovar seus produtos, em vez de impedir ou dificultar o dia a dia das pessoas. Uma pesquisa feita por uma revista britânica em 2004, mostrou que quase a totalidade dos leitores concordavam que, de 1994 a 2004 as embalagens estavam mais difíceis de se abrir, e com um excesso de material (DAY, 2008).

Embalagens com funcionalidade inteligente, sendo mais convenientes para os consumidores, têm o potencial de atingir estas e outras aspirações, ao colocar a interface da embalagem e a experiência que o consumidor pode obter no foco de ação da escolha da compra do produto e de sua utilidade (DAY, 2008).

Uma armadilha comum quando uma nova tecnologia é ser introduzida, no setor de embalagem, assim como em outras áreas, é se deleitar com os sinos e assobios de uma nova tecnologia, sem considerar quais são os fatores importantes para os consumidores em cada estágio do ciclo de vida de um produto. Esse foi o ponto inicial de uma metodologia muito útil, de avaliação dos benefícios e serviços, desenvolvida por Lim e Mauborgne (2000). Essa metodologia, é baseada em identificar onde e como um novo produto ou serviço irá afetar os consumidores, e mostrar esses resultados em uma matriz, de utilidade *versus* os vários estágios da experiência de compra. Um produto ou serviço pode oferecer conveniência simplesmente ao ser fácil de usar e obter, ou melhorar a produtividade do consumidor ao ajuda-los a alcançar suas atividades de forma mais rápida, melhor e diferente.

A compra, uso e como ela será descartada são geralmente os estágios mais importantes de uma embalagem e, portanto, ao colocar o conceito de uma nova embalagem inovadora ou inteligente em algum desses estágios, as empresas podem ver claramente como uma nova ideia pode criar uma nova proposta para os produtos já existentes no mercado.

As empresas conhecem os principais desafios de um produto inovador. Um novo produto deve oferecer aos consumidores uma utilidade excepcional com um preço

atrativo, e a companhia deve ser capaz de produzir com um lucro considerável (LIM e MAUBORGNE, 2000).

Na Figura 27, podemos observar o mapa de utilidade do comprador. Criado por Lim e Mauborgne (2000), ele ajuda os gerentes a pensar com uma perspectiva correta. Ao localizar um novo produto em um dos 36 espaços mostrados no mapa, as empresas conseguem identificar toda a margem de utilidades que este produto ou serviço novo pode oferecer, e também comparar com outros produtos no mercado, fazendo o *benchmarking* destes.

| | | The Six Stages of the Buyer Experience Cycle | | | | | |
|------------------------|----------------------------|--|----------|-----|-------------|-------------|----------|
| | | Purchase | Delivery | Use | Supplements | Maintenance | Disposal |
| The Six Utility Levers | Customer productivity | | | | | | |
| | Simplicity | | | | | | |
| | Convenience | | | | | | |
| | Risk | | | | | | |
| | Fun and image | | | | | | |
| | Environmental friendliness | | | | | | |

Figura 27 - Mapa de Utilidades do Consumidor.

Fonte: Adaptado de (Lim & Mauborgne, 2000)

Nas últimas décadas, os consumidores em todo o mundo cada vez mais estão com menos tempo para cozinhar, e menos inclinados a fazer isto em suas casas, o que significa um aumento de consumo de produtos fora das residências. Nos EUA, as refeições feitas fora de casa já contam como metade do orçamento para alimentação, o que corresponde a duas vezes a proporção gasta em 1970. Também foi demonstrado por pesquisas, como a feita pela *Michigan State University* - USA, que cerca de 10 a 20% de todas as refeições feitas por consumidores nos EUA é feita no carro (DAY, 2008).

Esses e outros tipos de demandas apresentam oportunidades em embalagens com um *design* inteligente, fáceis de abrir, descartar e convenientes para os consumidores. Exemplos desses tipos de embalagem são as de auto-aquecimento, auto-resfriamento, ou embalagens para refeições que podem facilmente ser colocadas no porta-copos de um carro. Essas e outras tendências demonstram como a vida cotidiana agitada e rápida dos consumidores estão cada vez mais exigindo das empresas novos produtos e bebidas com embalagens inovadoras.

4.7 Diageo - Sheridan's Perfect Pour™

A empresa, uma das líderes em bebidas alcóolicas no mundo, desenvolveu o *Sheridan's Perfect Pour™*, um licor irlandês duplo, que combina uma parte de sabor cremoso de baunilha, elaborado com creme de leite fresco, com duas partes de um *blend* rico e misterioso de chocolate e café. É o licor nº 1 em compras por impulso em todo mundo. A bebida, ao ser colocada no copo, como mostrado na Figura 28, faz com que o licor cremoso de baunilha fique flutuando na parte superior do copo, acima do outro licor de chocolate e café, resultando em um *drink* muito similar com o café irlandês, famoso nos cafés e bares da Irlanda.



Figura 28 - Sheridan's Perfect Pour.

Fonte: (Diageo, s.d.).

4.8 Auto Aquecimento e Auto Resfriamento

O conceito de embalagens com auto aquecimento não são novidades no mercado, mas suas versões anteriores apresentavam alguns perigos. As Forças Armadas do Reino Unido introduziram, em 1939, uma lata com auto aquecimento, que funcionava pela queima de cordite (um propelente sem fumaça constituído de 65% de *gun cotton*, 30% de nitroglicerina e 5% de geléia mineral), que promovia a energia térmica, mas que tinha seu *design* de uma forma perigosa para pessoas não treinadas (ROBERTSON, 2006).

Designs mais recentes são baseados em uma reação química exotérmica para a geração de calor para o produto, como óxido de cálcio $[Ca(OH)_2]$, chamado em inglês de *quicklime*, e uma solução ativa que geralmente é composta por água, resultando em hidróxido de cálcio. A embalagem contém multi compartimentos que contém ambas as soluções, mas separadas por um selo. O calor é formado quando o consumidor aplica uma pressão com as mãos, que rompe este selo e a reação química acontece. Outras embalagens estão testando substâncias diferentes para a reação exotérmica, como a *HeatGenie*, que usa alumínio e sílica como reagentes.

De acordo com Steeman (2012), apenas no período de tempo entre 2009 a 2012, a demanda por opções convenientes de produtos alimentícios subiu 40% e o hábito de “se alimentar ao caminhar” se tornou 35% maior. Como mostrado na Pack Expo 2012, ficou claro que conveniência e forma de reciclagem fácil são tendências mais fortes, principalmente em embalagens de bebidas. Um dos pontos a serem discutidos é o custo maior que o produto possui ao se colocarem tecnologias de auto aquecimento e auto resfriamento.

4.8.1 Nestlé, Crown Cork & Thermotic Developments – Nescafé® “Hot When You Want”

Uma das embalagens com auto aquecimento de maior sucesso foi a Nescafé® “Hot When You Want”, lançada em mercados testes no Reino Unido em 2001. Como mostrado na Figura 29, ela consistia de uma lata de 210ml, que ao ser pressionado o fundo e a lata agitada gera um calor de cerca de 40°C em apenas 3 minutos. Ela usava uma reação óxido de cálcio (CaO_2) com água para gerar o calor necessário para aquecer a bebida. Infelizmente, a campanha foi retirada do mercado em 2004, porque

em climas muito frios a lata não aquecia o produto com temperatura suficiente, o que não agradou o consumidor.



Figura 29 - Nescafé® “Hot When You Want”.

Fonte: Adaptado de (Nestlé, s.d.)

4.8.2 HeatGenie™

HeatGenie é uma embalagem com um sistema de auto aquecimento diferente dos que são normalmente encontrados no mercado, ilustrado na Figura 30. Em vez de usar a tecnologia envolvendo o óxido de cálcio (CaO_2) e a água, esta embalagem usa duas substâncias sólidas. Os elementos da reação são alumínio e sílica, dois materiais benígnos, que ao serem misturados geram a uma reação exotérmica com uma quantidade de calor (cal/g), superior quando comparada a reação de óxido de cálcio e água, como mostrada na Figura 31 (Heat Genie).



Figura 30 -Embalagem de bebidas *HeatGenie*™.

Fonte: (Heat Genie, s.d.)

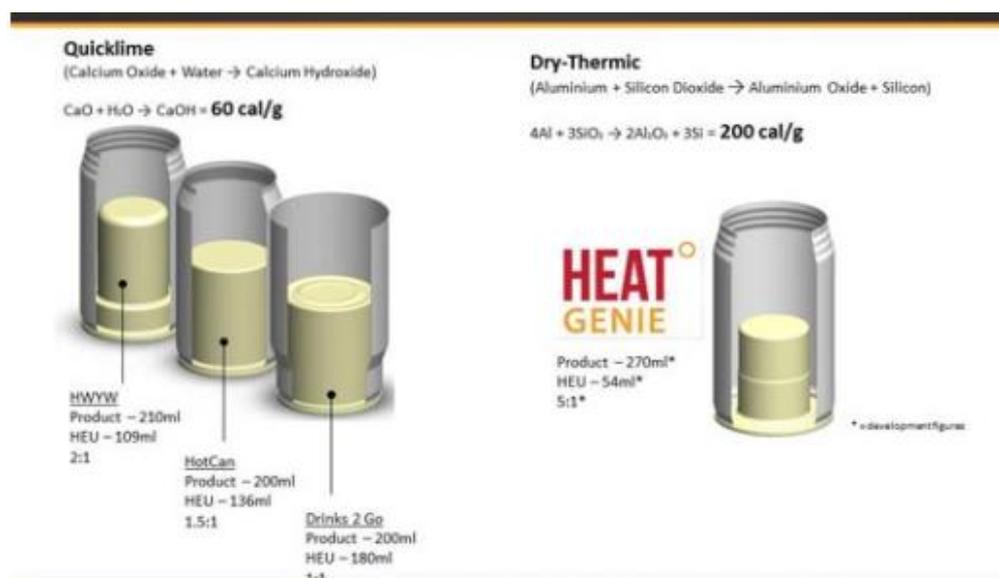


Figura 31 - Comparação de Reações de auto aquecimento.

Fonte: (Heat Genie, s.d.)

5 LEGISLAÇÕES – BRASILEIRA E MUNDIAL

De acordo com os princípios que regulam a legislação de embalagens, esta deve ser inerte, não produzir substâncias para o produto que coloquem a saúde do consumidor em risco, e não podem alterar as propriedades sensoriais ou a composição do alimento.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias foi possível atribuir novas funções às embalagens: informação ao consumidor sobre as condições do produto acondicionado e interação da embalagem com o alimento, liberando ou absorvendo substâncias. Devido à esses fatos, novos conceitos tiveram de ser introduzidos na legislação, incluindo as embalagens ativas e inteligentes. Atualmente, duas legislações para contato com alimentos são de referência para as demais: a legislação harmonizada da União Européia - *European Food Safety Authority* (EFSA), e a legislação dos Estados Unidos da América - *FDA (Food and Drug Administration)*.

5.1 Brasil – ANVISA

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a Anvisa, através da Resolução RDC nº 91, de 11 de maio de 2001, define que:

Embalagem para alimentos é o artigo que está em contato direto com alimentos, destinado a contê-los, desde a sua fabricação até a sua entrega ao consumidor, com a finalidade de protegê-los de agentes externos, de alterações e de contaminações, assim como de adulterações (BRASIL, 2001)

De acordo com os princípios da legislação da ANVISA, sobre embalagens que possuem contato com alimentos, estas devem ser inertes, não liberar substância para o alimento que possam colocar em risco a saúde humana ou causar alterações sensoriais (BRASIL, 2001).

As resoluções feitas pela ANVISA são compatíveis com o Mercosul (Mercado Comum do Sul), e, portanto, qualquer modificação nas mesmas, é requerida a discussão e o consenso de sua aplicação. Para a definição destas normas e resoluções, o Mercosul se baseou nas legislações impostas pela *Food and Drugs Administration* (FDA) e pelo o *Bundesinstitut für Risikobewertung* (Instituto Alemão de Avaliação de Risco).

Atualmente não existem legislações específicas brasileiras com conceitos e normas específicas para embalagens ativas e inteligentes. O uso de embalagens ativas e inteligentes está restrito a Lista Positiva de Aditivos para materiais plásticos, na Resolução RDC nº 17 de 17/03/2008 e a Legislação específica de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia (PADULA, 2012). Portanto, é necessária a inclusão destas legislações pela ANVISA, para regulamentar o uso dessas tecnologias, possibilitando o consumidor brasileiro acesso a estas embalagens no mercado, e garantindo a sua segurança.

5.2 EUA – US FDA

Itens manufaturados para uso em contato com alimentos nos Estados Unidos da América, para uso doméstico ou comercial, estão sobre a jurisdição da FDA (*Food and Drug Administration*). O termo “embalagem ativa” geralmente descreve qualquer sistema de embalagem que protege o alimento de contaminação ou degradação, ao criar uma barreira contra as condições externas, enquanto interage com o ambiente interno, controlando a atmosfera dentro da embalagem.

No caso de embalagens inteligentes, estas não tem efeito sobre os alimentos, mas são desenvolvidas para fornecer informações sobre as condições do produto para o consumidor.

Os materiais utilizados em aplicações de contato com alimentos estão sujeitos à autorização pré-comercializada pela *U.S. Food and Drug Administration* (FDA), se forem considerados "aditivos alimentares" nos termos da *Federal Food, Drug, and Cosmetic Act* (Lei Federal de Alimentos, Medicamentos e Cosméticos) (FDA, 2017).

A Seção 201 (s) da Lei define um "aditivo alimentar" como uma substância que se espera que se torne um componente dos alimentos nas condições de uso previstas. São previstas isenções estatutárias para substâncias que geralmente são reconhecidas como seguras, ou são objeto de sanção ou aprovação emitida pelo Departamento de Agricultura ou pela FDA, antes da promulgação da Emenda de Aditivos Alimentares em 1958.

De fato, enquanto o material no sistema de embalagem ativa ou inteligente não pretende adicionar qualquer substância aos alimentos, nem ter um efeito técnico nos alimentos (os chamados "aditivos indiretos"), não há preocupações regulamentares especiais para substâncias que são usadas em tais sistemas; assim, eles são simplesmente regulados como todas as outras substâncias de contato com alimentos.

Embora não existam preocupações regulamentares adicionais para os aditivos utilizados em embalagens ativas, é importante que os fabricantes considerem quaisquer migrantes adicionais, subprodutos de decomposição ou impurezas que possam ocorrer, como resultado da atividade química no material de embalagem ativa durante a sua armazenagem e vida útil.

5.3 União Européia - *European Food Safety Authority*

Com relação aos aspectos regulatórios para materiais e artigos de embalagens ativas e inteligentes, utilizados dentro da União Européia, a incumbência geral para avaliar as substâncias que tem intenção de uso em materiais de contato com alimentos, bem como a realização de avaliações de risco adicionais, é feita pelo setor de "*Panel on Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings and Processing Aids (CEF)*" da *European Food Safety Authority* (EFSA).

Requerimentos gerais para todos os materiais que têm contato com alimentos estão dispostos no *Framework Regulation EC No. 1935/2004* (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, 2004). Segundo o Artigo 2 desta legislação, da Comissão Europeia de Segurança de Alimentos, materiais ativos e inteligentes estendem a vida útil ao manterem ou melhorarem a condição de alimentos embalados, ao liberarem ou absorverem substâncias para ou do alimento, ou o ambiente que o circunda.

Requerimentos gerais para todos os materiais que tem contato com alimentos estão dispostos no *Framework Regulation EC No. 1935/2004* (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, 2004).

As medidas específicas para materiais de embalagens ativas e inteligentes estão dispostas na *Regulation (EC) No. 450/2009*, que incluem medidas para:

- Absorção de substâncias do interior da embalagem, como um líquido ou oxigênio;
- Liberação de substâncias no alimento, como preservativos;
- Indicação de expiração do produto por meio do rótulo, que pode mudar de cor dependendo das condições máximas estipuladas.

A *Regulation (EC) No. 450/2009* prevê o estabelecimento de uma lista com as substâncias permitidas para a fabricação de materiais para embalagens ativas e inteligentes.

A *Regulation (EC) No. 1935/2004* já contém provisões aplicáveis para materiais de embalagens ativas e inteligentes. Segundo o Artigo 3 da Legislação Europeia:

“Matérias e artigos, incluindo embalagens ativas e inteligentes, devem ser manufaturadas de acordo com as boas práticas para que, em condições normais ou previsíveis de uso, eles não transfiram os seus constituintes para os alimentos em quantidades que possam: (a) colocar em risco a saúde humana; ou (b) provocar uma mudança inaceitável na composição do alimento; ou (c) provocar uma deterioração das características organolépticas”

6 MERCADO E VIABILIDADE ECONÔMICA

O mercado global de tecnologia em embalagens está testemunhando um alto crescimento devido ao crescimento da demanda por alimentos convenientes, regulamentações mais restritas, e demanda por embalagens sustentáveis. O aumento da consciência de saúde entre os consumidores, o desperdício de alimentos, a preocupação dos produtores por aumento da vida útil de produtos e as ineficiências na cadeia produtiva são outros fatores impulsionando este mercado.

Com a elevação da população mundial, uma grande responsabilidade é colocada na indústria alimentícia. A fim de atender os requisitos e demandas da população, um número maior de países e empresas estão exportando os seus produtos mundialmente. As embalagens tradicionais dos produtos não atendem mais os requerimentos dos alimentos, com relação a sua segurança e qualidade, como em produtos cárneos e outros produtos refrigerados. Consequentemente, novas tecnologias como embalagens ativas e inteligentes, que promovem o aumento da vida útil e do frescor dos produtos alimentícios, têm um crescimento esperado no mercado (MARKETSANDMARKETS, 2011).

O mercado de embalagens ativas e inteligentes foi avaliado em US\$ 17,11 bilhões em 2016 e possui um esperado crescimento para US\$ 25,66 bilhões até o fim de 2022, crescendo a uma taxa CAGR de 8,44% durante o período de 2017-2022 (MARKETSANDMARKETS, 2011). A Figura 32 mostra os principais mercados globais de embalagens, em US\$ bilhões, onde o Brasil se encontra na 7ª posição no *ranking* mundial.

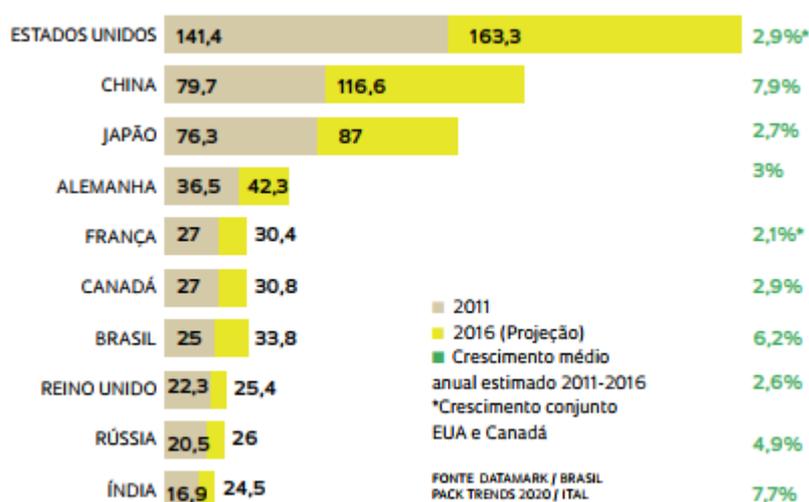


Figura 32 - Principais mercados globais de embalagens.

Fonte: Datamark/Brasil e Pack Trends 2020/Ital.

Segundo Markets and Markets (2011), as maiores empresas em tecnologia de embalagens são: *Multisorb Technologies* (U.S.A.), *Sealed Air Corporation* (U.S.A.), *Ball Corporation* (U.S.A.), *Ancor limited* (Austrália), *Timestrip PLC* (U.K.), *Sysco Corporation* (U.S.A.), *Paksense Incorporated* (U.S.A.), *Eastman Chemical Company*, *Mitsubishi Gas Chemical*, *Graham Packaging Company Inc* e *M&G USA Corporation*.

A diminuição da taxa de pobreza na América Latina, de 42% em 2000 para 25% em 2012, e o aumento da população de classe média, tem resultado em um aumento de poder econômico e também da urbanização. O mercado de embalagens ativas e inteligentes tem um crescimento estimado de US\$ 0,96 bilhões em 2016, para US\$ 2,56 bilhões até o fim de 2021. Isto é devido ao crescimento nas economias dos países da América Latina e o aumento da consciência do consumidor por produtos com melhor qualidade (MORDORINTELLIGENCE, 2017).

O Brasil é quinto maior país, e o maior da América Latina, e está buscando novas tecnologias em embalagens para acompanhar o desafio da rápida urbanização. Cerca 87% dos alimentos consumidos pelos brasileiros precisa ser embalado, e distribuído por redes de produção e mercados, precisando de códigos de barras, aumento de vida útil e outras tecnologias, a fim de manterem a qualidade dos produtos (DOW, 2015).

Segundo Sarantópoulos (2013), o Brasil está inserido no mercado mundial de embalagens, devido a mais da metade das 45 maiores empresas de embalagem do mundo estarem no país. Infelizmente, o perfil do mercado brasileiro ainda é restrito em sua variedade e tecnologia, com o grande volume em embalagens de baixo valor agregado. Embalagens ativas e inteligentes não são facilmente encontradas pelos consumidores.

O futuro do mercado brasileiro de embalagens ativas e inteligentes é promissor, mas é necessário o investimento dos produtores nacionais e internacionais, aumento do conhecimento destas tecnologias por parte dos consumidores, e expansão do interesse do mercado. Estas embalagens são um grande desafio para os produtores, que precisam agregar valor aos produtos associados ao aumento de custo, decorrente da utilização destas tecnologias.

7 CONCLUSÃO

Os sistemas de embalagens ativas e inteligentes são áreas com real inovação e oferecem grandes oportunidades para o aumento da qualidade, segurança e conveniência dos alimentos, diminuindo, portanto, os problemas durante a cadeia produtiva, aumentando a vida útil dos alimentos, melhorando a satisfação do consumidor e dos produtores, e diminuindo o desperdício.

A pesquisa e o desenvolvimento no setor destes materiais são muito dinâmicos. É importante salientar que este setor está preocupado em desenvolver soluções de embalagens com benefício para o meio ambiente.

As pesquisas no mercado indicam o crescimento de tecnologias neste setor, mas as legislações brasileiras e mundiais ainda afetam o desenvolvimento, prejudicando a entrada de novas embalagens no mercado, e atrasando a evolução destes produtos para o consumidor.

Nas próximas décadas, o setor de embalagem terá cada vez mais importância para as indústrias de bens de consumo. Com o mercado brasileiro em transformação e contínuo crescimento, a embalagem sempre tomará mais destaque como componente inovador de produtos alimentícios.

O reconhecimento futuro pelo mercado alimentício dos benefícios das embalagens ativas e inteligentes, o desenvolvimento de embalagens economicamente viáveis e o aumento da aceitação do consumidor, reconhecendo também os benefícios derivados da utilização destas embalagens, irão abrir novas fronteiras para estas tecnologias.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACTIONPAC. **Action Pac**. Disponível em: <<http://actionpacscases.com/products/your-package-type/sealed-food-packaging/>>. Acesso em: 8 Novembro 2017.

AGPOLYMER® - Cheese Coating Silver Ions Based. Disponível em: <http://www.agpolymer.com/uk/agpolymer_cheese_coating.asp>. Acesso em: 04 Novembro 2017.

AHMED, I. et al. A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods. **Food Control**, 82, 2017. 163-178.

AHVENAINEN, R. **Active and intelligent packaging**: An introduction. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 2003. 5-21 p.

AIR, S. Disponível em: <<http://www.cryovac.com/AP/EN/food-packaging-products/oxygen-scavenging-active-barriers.aspx>>. Acesso em: 31 Outubro 2017.

BEMIS. Active Vacuum Packaging for Meat. Disponível em: <<http://www.bemis.com/na/products/flexible-packaging/freshcase>>. Acesso em: 6 Novembro 2017.

BERRY, D. Packaging Role - Bried Article. **Dairy Foods**, Agosto 2000.

BRASIL. ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 91**, 2001. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/\(1\)RDC_91_2001_COMP.pdf/fb132262-e0a1-4a05-8ff7-bc9334c18ad3](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/(1)RDC_91_2001_COMP.pdf/fb132262-e0a1-4a05-8ff7-bc9334c18ad3)>. Acesso em: 13 Novembro 2017.

BRODY, A. L. **Commercial uses of active food packaging and modified atmosphere packaging systems**. London: Elsevier Ltd, 2005.

BRODY, A. L. et al. Innovative Food Packaging Solutions. **Journal of Food Science - Institute of Food Technologists**, 73, 2008. R107-R116.

BROUWLAND - Brewferm. Disponível em: <<https://www.brouwland.com/en/brewferm>>. Acesso em: 1 Novembro 2017.

CHURCH, I. J.; PARSONS, A. L. Modified Atmosphere Packaging Technology - a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 67, 1995. 143-152.

DAINELLI, D. et al. Active and Intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. **Trends in Food Science and Technology**, v. 19, p. 103-112, 2008.

DAVIES, A. R. Advances in modified-atmosphere packaging. In: GOULD, G. W. **New Methods of Food Preservation SE**. Springer: [s.n.], 1995. p. 304 - 320.

DAY, B. P. F. **Smart Packaging Technologies**. West Sussex: Wiley, 2008.

DE ABREU, D. A. P.; CRUZ, J. M.; LOSADA, P. P. Active and Intelligent Packaging for the Food Industry. **Food Reviews International**, v. 28:2, p. 146-187, 2012.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J. A.; VOILLEY, A. **Edible Films and Coatings: tomorrow's packaging: a review.** [S.l.]: [s.n.], 1998. 299-313 p.

DIAGEO. Disponível em: <<https://www.diageo.com/>>. Acesso em: 2 Novembro 2017.

DOBRUCKA, R. The future of active and intelligent packaging industry. **Scientific Journal of Logistics**, Poznan - Polônia, 2013. 103-110.

DOW. The value of packaging. **IN Perspective Magazine | Dow Packaging**, n. 3, p. 66-67, 2015.

DSM. DSM. Disponível em: <https://www.dsm.com/markets/foodandbeverages/de_DE/home.html>. Acesso em: 8 Novembro 2017.

DUPONT. Disponível em: <<http://www.dupont.com/products-and-services/packaging-materials-solutions/industrial-packaging/use-and-applications/tyvek-food-active-packaging.html>>. Acesso em: 01 Novembro 2017.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. European Commission - Regulation (EC) No 1935/2004. [S.l.]: [s.n.], 2004. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02004R1935-20090807&from=EN>>. Acesso em: 13 Novembro 2017.

FANG, Z. et al. Active and Intelligent packaging in meat industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 61, p. 60-71, 2017.

FDA. Food and Drug Administration, 2017. Disponível em: <<https://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/PackagingFCS/ucm064166.htm>>. Acesso em: 14 Novembro 2017.

FREUND Industrial. Disponível em: <<http://www.freund.co.jp/english/chemical/preservation/antimoldtender.html>>. Acesso em: 02 Novembro 2017.

GARLAND, A. **Commercial applications in nanotechnology.** Leatherhead: Pira Intl, 2004. 17-63 p.

GODDARD, J. M.; TALBERT, J. N.; HOTCHKISS, J. H. Co-valent attachment of lactase to low-density polyethylene films. **Journal of Food Science**, 72, 2007. 36-40.

GONTARD, N. **Active Packaging for food processing and preservation.** International Congress on Engineering and Food. Montpellier: [s.n.]. 2004.

GROFIT Plastics - Bio Fresh. Disponível em: <http://www.grofitpl.com/html/bio_fresh.html>. Acesso em: 01 Novembro 2017.

HAN, J. H. **Novel Food Packaging Techniques.** Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2003.

HAN, J. H. **Innovations in Food Packaging.** Winniped: Elsevier Academic Press, 2005.

HAN, J. H. **Innovations in Food Packaging.** 2^a. ed. [S.l.]: Elsevier Ltd, 2014.

HEAT Genie. **Heat Genie**. Disponível em: <<http://www.heatgenie.com/>>. Acesso em: 2 Novembro 2017.

HUBER, M.; RUIZ, J.; CHASTELLAIN, F. **Off-flavour release from packaging materials and its prevention: a foods company's approach**. [S.l.]: [s.n.], v. 19, 2002. 221-228 p.

ITAL. Brasil Pack Trends 2020, 2012. Disponível em: <<http://www.ital.sp.gov.br/tecnolat/anais/tl230513/Arquivos/Brasil%20Pack%20Trends%202020.pdf>>. Acesso em: 15 Novembro 2017.

KADER, A. A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E. L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Food Science Nutrition**, 28, 1989. 1-30.

KERRY, J. P.; O'GRADY, M. N.; & HOGAN, S. A. Past, current and potencial utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. **Meat Science**, 14, 2006. 113-130.

KESTER, J. J.; FENNEMA, O. R. **Edible films and coating: a review**. [S.l.]: [s.n.], 1986. 47-59 p.

KOONTZ, J. L. Controlled release of Active ingredients from food and beverage packaging. **Italian Packaging Technology Award (IPTA) Competition**, Fevereiro 2006.

LABUZA, T. P. . B. W. M. Applications of active packaging for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life goods. **Journal of Food Processing and Preservation**, , v. 13, p. 1-69, 1989.

LANGE, J.; WYSER, Y. Recent innovations in barrier technologies for plastic packaging - a review. **Packaging Technology Science**, v. 16, p. 149-158, 2003.

LEE, D. S.; YAM, K. L.; PIERGIOVANNI, L. **Food Packaging Science and Technology**. Florida: CRC Press, 2008.

LIM, W. C.; MAUBORGNE, R. **Knowing a Winning Business Idea When You See One - Harvard Business Review**. [S.l.]: [s.n.], 2000. 130 p.

MANTHOU, V.; & VLACHOPOULOU, M. Bar-code technology for inventory and marketing management systems: A model for its development and implementation. **International Journal of Product Economics**, v. 71, p. 157-164, 2001.

MARKARIAN, J. Compounders smell success in packaging. **Additives and Compounding**, 2006. 24-27.

MARKETSANDMARKETS. **Gobal Active, Smart and Intelligent packaging market by products, applications, trends and forecasts (2010 - 2015)**. MarketsandMarkets. [S.l.], p. 18. 2011.

MAXWELL Chase Technologies. Disponível em: <<http://www.maxwellchase.com/food-packaging/absorbent-pads/>>. Acesso em: 01 Novembro 2017.

MENNECKE, B.; & TOWNSEND, A. Radio frequency identification tagging as mechanism of creating a viable producer's brand in the cattle industry. **Midwest Agribusiness research and Information Center**, 2005.

MGC. Mitsubishi Gas Chemical. Disponível em: <<http://www.mgc.co.jp/eng/products/abc/ageless/index.html>>. Acesso em: 31 Outubro 2017.

MORDORINTELLIGENCE. **Latin America Active and Intelligent Packaging Market - By Technology Type (Sheld Life Sensing, Temperature Indicators, RFID and Others), Application (Frozen Food, Packaged Foods, Dairy Products and Others), Geography, Trends, Forecast (2017 - 2022)**. Mordor Intelligence. Gachibowli - India. 2017.

MULLAN, M.; MCDOWELL, D. **Modified atmosphere packaging**. [S.l.]: [s.n.], 2003. 303 - 339 p.

NESTLÉ. Disponível em: <<http://www.nestle.co.uk/>>. Acesso em: 02 Novembro 2017.

NIELSON, T. **Active Packaging - a review**. [S.l.]: [s.n.], v. SIK Report n 631, 1997.

PADULA, M. Segurança e assuntos regulatórios. In: SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; REGO, R. A. **Brasil pack trends 2020**. [S.l.]: ITAL, 2012. p. 205-225.

PAPER Pak Industries. Disponível em: <http://www.paperpakindustries.com/food/ultrazap_xtendapak_red_meat.php>. Acesso em: 01 Novembro 2017.

PARRY, R. T. **Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Food**. Glasgow: [s.n.], 1993. 1-18 p.

PEPSICO. Pepsico Brasil. Disponível em: <<http://www.pepsico.com.br/>>. Acesso em: 08 Novembro 2017.

PERRY, M. R. . L. R. R. **Susceptors in microwave packaging**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2009. 207-236 p.

REYNOLDS, G. **Superabsorbent soaks up packaging problems**. [S.l.]: [s.n.], 2007. Disponível em: <www.foodproductiondaily-usa.com>.

ROBERTSON, G. **Food Packaging - Principles and Practice**. Florida: CRC Press, 2006.

ROBERTSON, G. L. **Food Packaging: Principles and Practice**. [S.l.]: Taylor & Francis, 2012.

ROLAND, A. M.; HOTCHKISS, J. H. **Determination of flavor-polymer interactions by vaccum-microgravimetric method**. Washington DC: American Chemical Society, 1991. 149-160 p.

ROONEY, M. L. **Introduction to active food packaging technologies**. London: Elsevier Ltd, 2005.

RYNNANEN, S.; RISMAN, P. O.; OHLSSON, T. Hamburger composition and microwave heating uniformity. **Journal of Food Science**, v. 69, p. M187-M196, 2004.

SEALED Air. Disponível em: <<http://www.cryovac.com/AP/EN/food-packaging-products/oxygen-scavenging-active-barriers.aspx>>. Acesso em: 31 Outubro 2017.

SIRANE. Sira-Crisp. **Sirane**. Disponível em: <<http://www.sirane.com/microwave-susceptors-crisp-it-range/sira-crisp-crisp-it-susceptor-films.html>>. Acesso em: 08 Novembro 2017.

SOARES, N. F. F.; HOTCHKISS, J. H. Bitterness reduction in grapefruit juice through active packaging. **Packaging Technology and Science**, 11, 1998. 9-18.

STEEMAN, A. Best in Packaging. **SELF-HEATING PACKAGING CONTAINERS – PART 1**, 2012. Disponível em: <<https://bestinpackaging.com/2012/12/03/self-heating-packaging-containers-part-1/>>. Acesso em: 2 Novembro 2017.

TAOUKIS, P. S.; & LABUZA, T. P. Time-temperature indicators (TTIs). In: AHVENAINEN, R. **Novel food packaging techniques**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2003. p. 103-126.

UNION, O. J. O. T. E. Commission Regulation (EC) No 450/2009. [S.l.]: [s.n.], 2009. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0450&from=EN>>. Acesso em: 13 Novembro 2017.

VITSAB. Vitsab. Disponível em: <<http://vitsab.com/en/startpage/>>. Acesso em: 08 Novembro 2017.

WATER, A. Aroma Water. Disponível em: <<http://www.aromawater.com/>>. Acesso em: 06 Novembro 2017.

WEBB PRESSLER, M. Appealing to the senses. Aromatic packaging is just the start of futuristic sales ploys. **Washington Post**, 19 Fevereiro 2006. F01.

YAM, K. L.; TAKHISTOV, P. T.; & MILTZ, J. Intelligent packaging: Concepts and applications. **Journal of Food Science**, v. 70, p. R1-R10, 2005.