

## Embalagens Ativas para Produtos Perecíveis

*Claire Sarantópoulos*

*Pesquisadora do Centro de Tecnologia de Embalagem – CETEA/ITAL*

*Luisa Sartori Cofcewicz*

*Graduanda da Faculdade de Engenharia de Alimentos - Unicamp*

O termo “Embalagens Ativas” refere-se a uma série de tecnologias que permitem uma interação entre o alimento e a embalagem, seja diretamente ou pelo espaço livre, que tem por finalidade assegurar a qualidade e a segurança durante a vida de prateleira do alimento.

O conceito de embalagens ativas engloba diversos sistemas. Dentre eles são aplicados a alimentos perecíveis tecnologias como: atmosfera modificada, absorvedores de oxigênio, de dióxido de carbono, de umidade, de odor estranho e de etileno, embalagens antimicrobianas, emissores de dióxido de carbono, de etanol e de dióxido de enxofre, sistemas de alívio de pressão, *heat susceptors* e outros (Figura 1).



**Figura 1.** Sistemas de embalagem ativa aplicados a alimentos perecíveis.

A composição gasosa do ar atmosférico (78% N<sub>2</sub>/ 21% O<sub>2</sub>/ 0,03% CO<sub>2</sub> e outros gases) é favorável ao crescimento de microrganismos deterioradores, à oxidação de pigmentos, gorduras, aromas e nutrientes e à atividade enzimática. Também favorece a infestação de insetos, a senescência de vegetais e o amadurecimento de frutas. Com o intuito de controlar as alterações de qualidade de produtos frescos desenvolveu-se a tecnologia de **embalagem com atmosfera modificada**, que minimiza as reações indesejáveis associadas ao contato com o ar e assim aumenta a estabilidade e a vida útil de produtos perecíveis, especialmente de alimentos refrigerados, utilizando-se uma mistura gasosa otimizada para substituir o ar dentro da embalagem. A atmosfera ao redor do produto determina a velocidade de crescimento de microrganismos e a composição da microflora, o que interfere no tempo e na forma de deterioração. A substituição do ar por uma mistura de gás ativo com ação antimicrobiana como CO<sub>2</sub> com nitrogênio reduz a deterioração de vários produtos perecíveis. No caso de carne fresca bovina, estas misturas gasosas podem conter alta concentração de O<sub>2</sub> ou baixos teores de CO, para garantir a manutenção da cor vermelha brilhante.

As embalagens com atmosfera modificada aplicam-se para carnes, aves, pescado, queijos, massas frescas, produtos de panificação, pratos prontos, frutas e hortaliças frescas, frutas secas e outras categorias de produto (Figura 2). Os mercados de destino podem ser varejo, *food service*/institucional e mercado industrial. Os equipamentos de acondicionamento podem ser máquinas automáticas horizontais ou verticais ou máquinas de câmara. A apresentação final pode ser em sacos, bandejas flexíveis ou semirrígidas e envoltórios de filme barreira.



**Figura 2.** Exemplos de aplicações de embalagens com atmosfera modificada passiva (frutas e hortaliças) e ativas.

A modificação da atmosfera na embalagem pode ser ativa (*gas flushing* ou evacuação/ injeção) ou passiva, no caso de produtos que respiram como as frutas e hortaliças frescas. Neste caso, a permeabilidade a gases da embalagem plástica deve ser ajustada à taxa de respiração do produto, a fim de induzir a formação de uma atmosfera modificada otimizada que retarde a fisiologia vegetal. Já para produtos não vivos, a tecnologia de atmosfera modificada utilizada é a ativa.

Os parâmetros críticos desta tecnologia são: qualidade inicial do produto, propriedades de barreira da embalagem, especificidade da mistura gasosa, eficiência do equipamento do acondicionamento e controle da temperatura.

Sistemas de embalagem que incorporam absorvedores ou emissores de gases são outra opção para conservação de alimentos perecíveis. Alguns requisitos devem ser levados em consideração para o desenvolvimento, especificação e aplicação de emissores/absorvedores para alimentos perecíveis:

- Atender à legislação vigente;
- Não oferecer riscos ao consumidor como ingestão acidental ou liberação da substância ativa para o alimento;
- A dimensão do sachê/pad absorvente/emissor deve ser reduzida em relação ao tamanho da embalagem/produto;
- A concentração de substância ativa deve estar em concordância com a massa, volume e prazo de validade do alimento;
- A taxa de emissão/absorção deve ser ajustada à permeabilidade da substância ativa através da embalagem;
- Caso a funcionalidade do ativo for dependente da umidade, a atividade de água do alimento deve ser considerada na especificação;
- A velocidade de ação deve ser compatível com perecibilidade do alimento.

Além dos parâmetros intrínsecos citados anteriormente, os absorvedores/emissores devem ser estáveis aos fatores extrínsecos, como possíveis variações de umidade e de temperatura que possam ocorrer durante o armazenamento e a comercialização. A estabilidade de um absorvedor/emissor ao ambiente antes de entrar em contato com o alimento é crucial para que sua aplicação seja eficaz. Em alguns casos, a ativação precisa ser feita sob demanda.

**Absorvedores de oxigênio** apresentam-se em três diferentes conceitos:

- Sachês que ficam em contato direto com o alimento, soltos no interior da embalagem (Figura 3.a);
- Etiquetas adesivas, que permitem que o usuário estabeleça o posicionamento do absorvedor de forma mais conveniente e com menor risco de ser mal utilizado pelo consumidor (Figura 3.b);
- Incorporação da formulação ativa na matriz polimérica durante a fabricação (Figura 3.c);



(a) Absorvedores de oxigênio na forma de sachês



(b) Absorvedores de oxigênio na forma de etiquetas/adesivos



c) Substâncias absorvedoras de oxigênio incorporadas na matriz polimérica

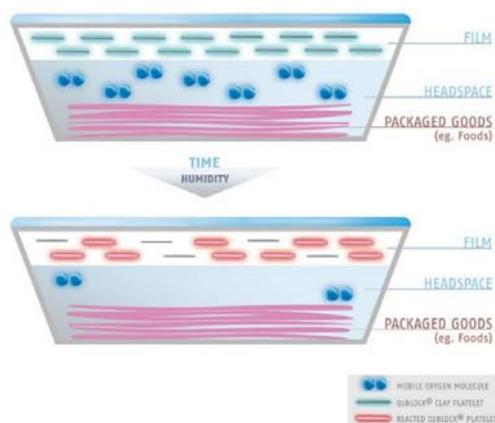
**Figura 3.** Embalagens ativas com absorvedor de oxigênio.

As tecnologias associadas a absorvedores de oxigênio utilizam um ou mais dos seguintes princípios: compostos à base de pó de ferro (óxido de ferro, carbonato ferroso, sulfato de ferro, sulfito-sulfato de ferro); substâncias orgânicas redutoras de baixo peso molecular (ácido ascórbico, ascorbato de sódio, catecol); sistemas enzimáticos (glicose oxidase, álcool oxidase); componentes ferro redutores; resinas poliméricas oxidáveis; ácidos graxos insaturados (a exemplo do ácido oleico, linoleico, linolênico); absorvedor de oxigênio biológico (microrganismos imobilizados em substrato sólido); sulfito e seus análogos (bissulfito, metabissulfito e hidrossulfito).

Os absorvedores que utilizam compostos à base de pó de ferro necessitam de umidade (natural do alimento ou incorporada no composto ativo) para reagir com o oxigênio, absorvendo-o do ambiente ao redor do produto.

As empresas Multisorb Technologies, Mitsubishi Gas Chemical e Didai comercializam diferentes tipos de sachês absorvedores de oxigênio no mercado brasileiro, para diferentes aplicações. As

empresas Bemis e Sealed Air (Freshness Plus barreira ativa) também comercializam no país filmes de alta barreira a gases com incorporação de absorvedores de oxigênio. Um absorvedor de oxigênio com aplicação em materiais poliméricos, O2Block, foi desenvolvido pela empresa Nano Bio Matters, e baseia-se na utilização de argila capaz de carrear e distribuir as nanopartículas de ferro na superfície da embalagem plástica (Figura 4).



**Figura 4.** Princípio de funcionamento do absorvedor de oxigênio O2Block.

Para prevenir alterações indesejáveis em chás e sucos preparados a partir de frutas e hortaliças, empresas como Color Matrix, Plastipak e Honeywell disponibilizam para o mercado resinas e *masterbatches* absorvedores de oxigênio para serem incorporados ao material de embalagem durante sua fabricação (Figura 5).



Aditivo absorvedor de oxigênio, Amosorb Plus, comercializado pela Color Matrix: a umidade do próprio produto é responsável pela ativação da substância ativa

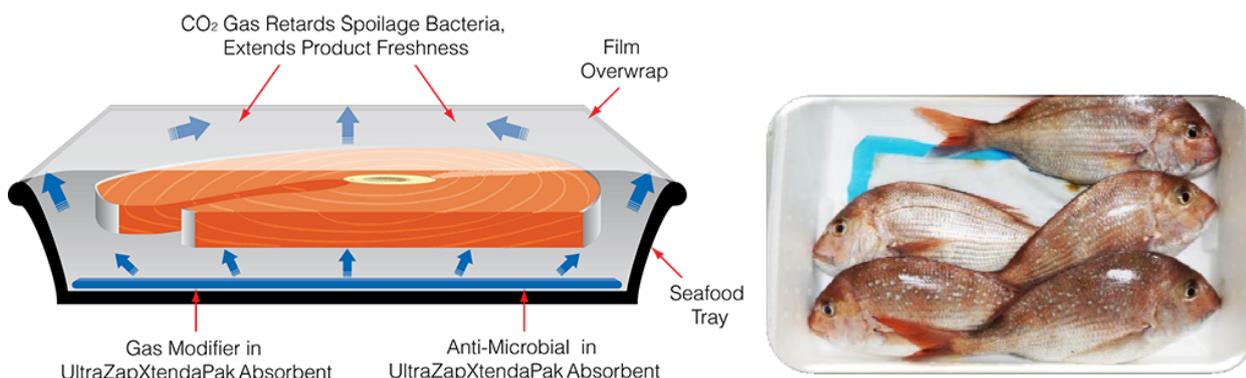


Pré-forma da Plastipak com tecnologia Activ Seal® de absorção de oxigênio

**Figura 5.** Absorvedores de oxigênio incorporados a embalagens plásticas.

Utilizados em embalagens com atmosfera modificada para cortes de carne fresca, aves e pescado, os **emissores de dióxido de carbono**, ao entrar em contato com o exsudado do alimento liberam gás carbônico. Normalmente em combinação com absorvedores de oxigênio. O gás carbônico ao ser emitido entra em contato com a umidade do produto cárneo, transforma-se em ácido carbônico que acidifica o meio reduzindo a taxa de crescimento

bacteriano. Além disso, a regeneração do gás pela embalagem impede que um vácuo parcial seja formado e que a embalagem colapse. Um exemplo deste conceito é a Tecnologia Ultra Zap Xtenda Pak. Um ativo é incorporado em absorvedor de líquido à base de celulose, que em contato com umidade exsudada pelo produto permite liberação  $\text{CO}_2$ . Outro ativo antimicrobiano, também incorporado no *pad* absorvedor de líquido, reduz o crescimento bacteriano no próprio *pad* no exsudado (Figura 6). Os produtos Dri-Fresh® Sea-Fresh e Fresh-Hold da empresa Sirane também são exemplos desta aplicação.



**Figura 6.** Tecnologia Ultra Zap Xtenda Pak de emissor de gás carbônico para produtos cárneos.

**Absorvedores de etileno** têm se tornado cada vez mais populares na preservação de frutas, visando retardar os efeitos do amadurecimento, prolongando assim a vida de prateleira do produto. Estão disponíveis na forma de sachês, *pads* ou incorporados em embalagens plásticas. Têm aplicação vasta ao longo da cadeia de distribuição, podendo ser utilizados na embalagem de transporte ou de varejo. A maioria dos absorvedores de etileno disponíveis no mercado baseiam na adsorção física do etileno em diferentes materiais (zeólitos, sílicatos, bentonitas, vermiculita, carvão ativo etc.) e posterior reação de oxidação com  $\text{KMnO}_4$ . Como consequência da reação química, o permanganato muda de roxo para marrom, podendo servir como indicador da capacidade de absorção restante (Figura 7). Tecnologias mais modernas incorporam os minerais ativados em polímeros (Peakfresh, Ever Fresh, Bio-fresh, Profresh, Evert-Fresh e outras). Este conceito de se estendeu até para embalagens de uso doméstico.



**Figura 7.** Absorvedores de etileno incorporado em embalagens plásticas.

Os sachês **emissores de etanol** com liberação controlada é um método que possibilita estender o prazo de validade de produtos de panificação e confeitaria, que possuem uma vida de prateleira curta em função da alta atividade de água que propicia o crescimento de fungos, leveduras e até bactérias deteriorantes. Os sachês presentes na embalagem ao absorverem a umidade do produto difundem vapor de etanol para o espaço livre inibindo o crescimento microbiano e prolongando a vida de prateleira (Figura 8).



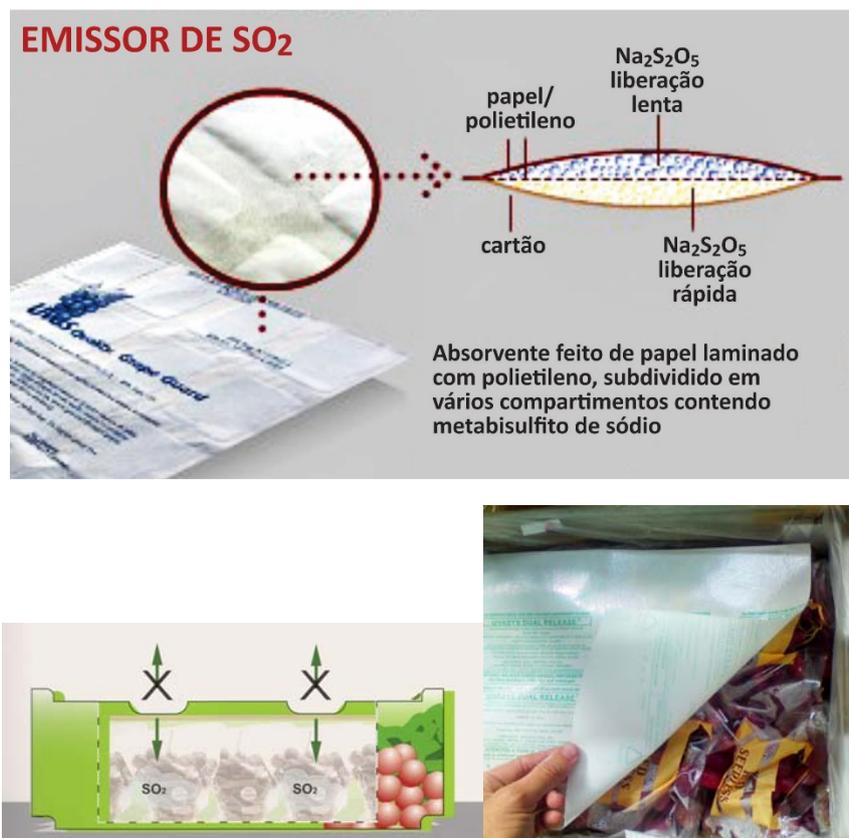
**Figura 8.** Emissores de etanol utilizados na preservação de produtos de panificação

A busca por soluções para a vida de prateleira curta de alimentos perecíveis tem despertado grande interesse por **embalagens antimicrobianas**. Estas embalagens possuem em sua estrutura ativos antimicrobianos. Dentre estes ativos estão nanopartículas de prata, zinco e ouro ou substâncias químicas. A prata tem uma estabilidade à alta temperatura e baixa volatilidade, em nanoescala é conhecida por ser um eficaz antifúngico e antimicrobiano sendo eficiente contra inúmeros microrganismos. Recentemente no Brasil a Agrindus conseguiu dobrar o prazo de validade do leite fresco pasteurizado tipo A, que comercializa com a marca Letti (Figura 9), ao utilizar uma embalagem ativa antimicrobiana, em que nanopartículas de prata depositadas em micropartículas de sílica são incorporadas em forma de pó na matriz de polietileno de alta densidade, utilizado para moldar as garrafas plásticas.



**Figura 9.** Garrafa plástica antimicrobiana desenvolvida pelo Centro de Desenvolvimento de Materiais Funcionais (CDMF) em parceria com a Nanox Tecnologia.

**Emissores de dióxido de enxofre** são utilizados com função antimicrobiana no controle da deterioração de uva por fungos (*Botrytis Cinerea*). Conforme a umidade proveniente da respiração da fruta é absorvida pelo sistema ativo há emissão, de forma controlada - *Controlled Release Packaging (CRP)*, de dióxido de enxofre gasoso com ação antimicrobiana, sendo capaz de inativar os esporos fúngicos (Figura 10). A emissão de  $\text{SO}_2$  pode ser feita em duas fases - Fase rápida: para controle imediato da qualidade da fruta e Fase lenta: para controle de doenças durante estocagem. Grape Guard e Grape Page são exemplos de produtos com ação antimicrobiana sobre *Botrytis*.



**Figura 10.** Emissores de  $\text{SO}_2$  utilizados como agente antimicrobiano para preservação de uvas frescas.

Para a manutenção da qualidade de alimentos com baixa atividade de água, sistemas **absorvedores de umidade** (vapor d'água) são incorporados à embalagem na forma de sachês ou diretamente na matriz polimérica. Por outro lado, em alimentos com alta atividade de água são utilizados **absorvedores de líquido**, normalmente em forma de *pads*. Absorvedores de umidade têm aplicação em frutas e vegetais íntegros e produtos de panificação frescos, enquanto absorvedores de líquido são comumente utilizados em carnes frescas, aves, pescado, frutas e vegetais minimamente processados que exsudam líquido para o espaço livre da embalagem (Figura 11).



FilmeExtend® com capacidade de controlar excesso de umidade na embalagem de produtos que respiram



Embalagem de tomate minimamente processado com absorvedor de líquido

**Figura 11.** Absorvedor de umidade à esquerda e absorvedor de líquido à direita.

Uma alternativa à inserção de um acessório dentro da embalagem de alimentos com alta atividade de água é a utilização de filmes plásticos com capacidade de absorver água por osmose, tecnologia Fresh-R-Pax® da Maxwell Chase Technologies (Figura 12). Um umectante colocado entre duas camadas de filme plástico diminui a umidade relativa e a taxa de crescimento microbiano no interior da embalagem, favorecendo a conservação de frutas minimamente processadas.



**Figura 12.** Embalagem higroscópica para frutas minimamente processadas.

A utilização comercial de **absorvedores de odores** ainda é controversa, devido à possibilidade da embalagem ativa mascarar a deterioração natural dos alimentos e levar o consumidor a um falso julgamento da qualidade do produto durante a compra e o consumo. A aplicação mais conhecida para absorvedores de odores no ocidente está ligada ao mercado de carnes frescas, aves e pescado. Durante a vida de prateleira dos produtos cárneos frescos ocorre degradação das proteínas e formação de aminas voláteis de odor repugnante, provocando a rejeição do alimento pelo consumidor. A fim de evitar o desperdício absorvedores são colocados no fundo das bandejas ou incorporados a filmes plásticos e os vapores orgânicos causadores do mau cheiro são retidos (Figura 13). As empresas Sirane (Dri-Fresh® Fresh-Hold™ OA) e Sealed Air (Freshness Plus) comercializam embalagens ativas absorvedoras de odores indesejáveis.

Absorvedores de vapores orgânicos aplicados em *pads*

Absorvedor de odor incorporado ao filme plástico

**Figura 13.** Absorvedores de odor aplicados a produtos cárneos.

O surgimento das **válvulas de alívio de pressão de vapor** permitiu o aquecimento de refeições prontas ou a preparação de alimentos semiprontos, de maneira segura, além de conveniente e rápida, dentro da própria embalagem, no forno de micro-ondas. Acopladas em tampas de bandejas ou em *pouches*, essas válvulas têm como principal função manter constante a pressão de vapor interna na embalagem durante o aquecimento/cozimento, permitindo que o produto cozinhe mais rápido e de forma homogênea. Além disso são capazes de aliviar a pressão após aquecimento, ainda dentro do micro-ondas (Figura 14).



**Figura 14.** Tecnologia WICOVALVE - válvula dreamSteam da Wipf para de alívio de pressão de vapor em forno de micro-ondas.

Válvulas de alívio de pressão também podem desempenhar papel importante no processo de fabricação das refeições prontas. A Micvac projetou uma válvula de liberação de vapor, que abre e libera o vapor durante o processo de pré-cozimento/pasteurização em túnel micro-ondas e fecha durante o resfriamento, gerando vácuo na embalagem, que ajuda na preservação do conteúdo interno durante a cadeia de distribuição (Figura 15).



**Figura 15.** Válvula de alívio de pressão, MICVAC, para processamento industrial em túnel de micro-ondas.

Uma variação destas válvulas físicas são tecnologias de selagem, que após certa pressão de vapor abrem orifícios de ventilação para alívio controlado da pressão de vapor. Um exemplo deste sistema é a tecnologia SimpleSteps da Sealed Air, com base em embalagens Darfresh (Figura 16). Outro exemplo é o filme MylarCook e sua variação MylarBake da DuPontTeijin, cuja aplicação foi desenvolvida junto com a empresa Multivac, para máquinas automáticas de termoformação. Em produtos assados, quando uma determinada pressão de vapor é atingida, a embalagem abre, o vapor é liberado e o produto começa a dourar (Figura 17).



**Figura 16.** Tecnologia SimpleSteps da Sealed Air para embalagens Darfresh (*vaccum skin packaging*). Filme sensível a pressão de vapor.



**Figura 17.** MYLAR® BAKE e MYLAR® COOK, filmes sensíveis à pressão de vapor desenvolvido pela DuPont Teijin Films e MULTIVAC.

As embalagens ativas não devem afetar a funcionalidade do produto nem suas características organolépticas. Também não devem gerar impactos ambientais. Podem exigir esforços na educação, aceitação e confiança do consumidor e varejista.

O avanço na utilização das embalagens ativas é limitado pelas restrições legais relativas à segurança de alimentos. Componentes ativos precisam ser registrados em listas positivas e os limites de migração total e específica devem ser respeitados. No entanto, à medida que os requisitos legais forem sendo cumpridos e as empresas passarem a quantificar as vantagens econômicas do uso de tecnologias ativas, ao mesmo tempo que os consumidores perceberem a melhora da qualidade e/ou segurança, é muito provável que as embalagens ativas se tornem uma importante tecnologia de preservação para alimentos perecíveis.