

EMBALAGENS ATIVAS

Uma nova geração de embalagens para frutas e hortaliças

Claire I.G.L. Sarantópoulos e Ticiania Fernandes

Altos índices de perdas no mercado brasileiro de frutas e hortaliças são uma indicação da necessidade de sistemas adequados de movimentação e de acondicionamento destes produtos. Na comercialização de frutas, existe uma demanda crescente por embalagens que ofereçam maior proteção mecânica e fisiológica, diminuindo danos e aumentando a vida-de-prateleira destes produtos, especialmente para exportação.

A especificação de sistemas de embalagem para produtos vivos, como as frutas e as hortaliças, é complexa. Diferentemente de outros alimentos, estes produtos continuam respirando após a colheita e durante o transporte e comercialização. Além de proteção mecânica, as tecnologias envolvidas no desenvolvimento de uma embalagem para frutas e hortaliças visam retardar a respiração, o amadurecimento, a senescência e, conseqüentemente, todas as alterações indesejáveis advindas destes processos fisiológicos.

Para atender às necessidades de mercados como este, estão sendo desenvolvidas as embalagens ativas. Elas podem ser definidas como embalagens que percebem mudanças no ambiente ao redor do produto e respondem com alterações em suas propriedades. Exemplos são as embalagens com ação de absorção de oxigênio, de etileno, de odores e de umidade. Outros exemplos de embalagens ativas são aquelas que liberam compostos antimicrobianos, como sais de prata, álcoois, dióxido de enxofre, dióxido de cloro e bacteriocinas, ou liberam antioxidantes, tais como BHA, BHT e tocoferóis.

As embalagens inteligentes, também recentemente desenvolvidas, medem um componente e sinalizam o resultado desta medição, a exemplo dos indicadores de tempo-temperatura, localizadores eletrônicos, indicadores de deterioração e de microrganismos patogênicos, detectores de umidade, de pressão, de aceleração e de impacto.

A razão do crescente interesse em embalagens ativas, resulta das limitações das embalagens em controlar o ambiente ao redor do produto. Para agregar valor à embalagem, agentes ativos podem ser incorporados para agir diante de mudanças na atmosfera ao redor do alimento. Por exemplo, muitas frutas são sensíveis ao etileno, que elas próprias produzem em seu metabolismo e que acelera a maturação e a senescência.

A remoção do etileno, que é gradativamente produzido pelo produto, pode ser feita por embalagens plásticas à base de poliolefinas e à base de poliamidas, com minerais

incorporados na massa de polímero, que atuam como adsorvedores de etileno. O mineral é encapsulado em partículas pelo polímero, formando um labirinto entre as cadeias poliméricas. Este conceito está sendo aplicado no desenvolvimento de filmes e de membranas ou rótulos aplicados sobre furos em embalagens de baixa permeabilidade a gases. O tamanho e a permeabilidade da membrana são variáveis e determinam a permeabilidade do sistema de embalagem, que irá controlar as trocas gasosas para cada tipo de vegetal.

Provavelmente, o bom desempenho dessas embalagens, quando aplicadas no acondicionamento de frutas e hortaliças, deve-se não somente à capacidade de adsorção de etileno, como também ao aumento das taxas de permeabilidade ao próprio etileno, ao oxigênio, ao gás carbônico e ao vapor d'água, comparativamente aos filmes convencionais. Portanto, além de controlar a taxa de respiração das frutas e hortaliças embaladas, as embalagens ativas com incorporação de minerais adsorvedores de etileno visam controlar o teor de etileno no espaço livre da embalagem ao redor do produto, para reduzir seu metabolismo, aumentando, assim, sua vida-útil. Este tipo de embalagem ativa pode ser usado em complementação às embalagens com atmosfera modificada.

O papel dos adsorventes minerais, incorporados aos polímeros, é prover uma área superficial necessária à adsorção seletiva de espécies. É desejável que o adsorvente tenha não só elevada seletividade pelo componente a ser absorvido, como também grande capacidade de adsorção, conferida por elevada relação área/volume.

Com o avanço das técnicas de síntese de novos materiais, têm sido obtidos adsorvedores com estrutura cada vez mais ordenada e uniforme. Estes materiais permitem separações mais seletivas, proporcionando a retenção ou exclusão de determinadas substâncias em nível molecular. Atualmente, os adsorventes mais utilizados para retirada de etileno são: o permanganato de potássio- $KMnO_4$ na forma de sachet, carvão ativado impregnado com metais catalisadores na forma de sachet ou incorporados em papéis ou caixas de papelão ondulado, e os minerais como os zeólitos, cristobalita e oya stone, cujo principal componente é um anidrido de ácido salicílico.

Os zeólitos podem ser naturais ou sintéticos. A sintetização vem crescendo pela possibilidade de se obter propriedades específicas para cada aplicação. Estes minerais são cristais de alumino-silicatos, com elementos da primeira e da segunda família de metais da tabela periódica como sódio, potássio, magnésio ou cálcio. Possuem a estrutura geométrica de um tetraedro de água. Os cátions são móveis e podem ser trocados - troca iônica. Os zeólitos apresentam poros com diâmetros praticamente de mesma dimensão, permitindo a retenção, no interior de sua rede cristalina, de moléculas de dimensões inferiores às dimensões de seus poros e cavidades. Dentro desta rede cristalina, de canais uniformes que se interceptam, é que ocorre o fenômeno de adsorção seletiva, com base na dimensão, forma geométrica e polaridade da molécula. Nestes materiais, verifica-se que a adsorção não mais ocorre por efeito de uma deposição sobre uma superfície, mas decorre do preenchimento de um certo volume de microporos.

A grande aplicação de zeólitos em adsorção se deve às seguintes propriedades particulares:

- seletividade geométrica, a qual permite atuarem como peneiras moleculares;
- elevada capacidade de adsorção à baixa pressão, devido às pequenas dimensões dos poros, aumentando a concentração superficial do produto adsorvido;

- seletividade energética de adsorção, resultante de interações entre as cargas elétricas da estrutura zeolítica e moléculas polares e polarizáveis.

Tendo em vista as suas boas propriedades de adsorção, os zeólitos estão sendo utilizados em sistemas de embalagens na forma de sachets, colocados no interior de embalagens, ou diretamente incorporados na massa polimérica que compõe o filme.

Em comparação com o zeólito em sachets, a incorporação do zeólito no filme permite sua distribuição por toda a embalagem, aproximando o zeólito do vegetal, facilitando, portanto, a adsorção do etileno, que se concentra preferencialmente próximo à superfície do produto.

Existem, ainda, alguns filmes com zeólitos incorporados que possuem atividade bactericida, devido ao uso de metais como prata, cobre, zinco ou platina. Neste tipo de zeólito, os íons intercambiáveis são parcial ou inteiramente substituídos por metais. No caso do íon prata, quando entra em contato com os microrganismos, ele é absorvido, fixando-se nas proteínas dos cílios externos dos microrganismos, provocando a interrupção de processos metabólicos, comprometendo seu crescimento. A atuação destes filmes ainda não foi completamente elucidada.

O CETEA, em cooperação com a Faculdade de Engenharia Química-FEQ da UNICAMP, tem realizado pesquisas com embalagens ativas, envolvendo incorporação de zeólitos em polietileno de baixa densidade. Foram testados os efeitos de alguns tipos de zeólitos e das suas concentrações nos polímeros, nas propriedades de barreira a gases e ao vapor d'água, na resistência mecânica dos filmes, nas propriedades óticas e na capacidade de adsorção de etileno. Os resultados obtidos vêm se somar às poucas informações técnicas sobre estas embalagens, encontradas em literatura especializada.

Embora vários produtos sejam comercializados como capazes de adsorver etileno, poucos fornecedores podem comprovar a eficácia deles com dados confiáveis. É necessário um melhor entendimento do efeito fisiológico do etileno e de sua importância em embalagens plásticas seladas para frutas e hortaliças, onde normalmente há um acúmulo de gás carbônico, que afeta a ação do etileno sobre o tecido vegetal. Procedimentos padrões para demonstrar a eficácia da adsorção de etileno pelas embalagens também seriam de grande ajuda para o desenvolvimento desta indústria crescente. Tendo em vista esta necessidade, o CETEA e a FEQ estão trabalhando em conjunto para desenvolver uma metodologia de ensaio para quantificar a taxa de adsorção de etileno de embalagens flexíveis.

Os próximos desenvolvimentos de embalagens certamente incluirão alguns tipos de embalagens ativas. Provavelmente, as embalagens de alimentos do futuro serão mais ativas do que passivas, comparativamente à condição atual. Embora já exista no mercado internacional e nacional vários tipos de embalagens ativas, especialmente aquelas com absorvedores de etileno, é evidente a falta de informação técnica documentada sobre sua capacidade de absorção e eficácia significativa no aumento da vida-útil de produtos perecíveis.

É interessante verificar que certos produtos, com os quais não sonhávamos há 10 anos atrás, agora estão sendo considerados seriamente e até mesmo comercializados, a fim de aumentar o controle sobre a estabilidade dos alimentos.