
EMBALAGENS "INTELIGENTES" PARA VEGETAIS

Atualmente tem-se verificado uma demanda crescente no mercado internacional e brasileiro por alimentos frescos, de alta qualidade e de preparo rápido. Dentro deste segmento tem-se expandido o mercado de vegetais frescos, comercializados limpos, cortados, ou seja, minimamente processados e embalados em material plástico. Este conceito de produto tem sido aplicado comercialmente para alface, agrião, espinafre e outras folhosas, cenoura, aipo, couve-flor, brócoli, cebola, repolho e suas

combinações em saladas mistas. São comercializados em porções de varejo ou no mercado institucional (restaurante, hotéis, "fast food" etc.).

Os vegetais minimamente processados devem estar prontos para o preparo e possuir a aparência e qualidade de produto fresco. Normalmente são produtos crus, muito perecíveis e suas células estão vivas, respirando. O pré-processamento torna os vegetais mais perecíveis do que antes da higienização e corte. No seu processo

embalagem é um requisito essencial e as etapas de estocagem e distribuição correspondem, muitas vezes, a uma única operação.

A maioria das especificações de embalagem para conservação de vegetais pré-processados baseia-se no fato de que a redução da concentração de oxigênio abaixo de 8% e o aumento da concentração de gás carbônico acima de 1% retardam a respiração do produto e, conseqüentemente, sua perda de qualidade. A concentração mínima de oxigênio necessária para que sejam evitadas injúrias metabólicas é de 2% para a maioria dos vegetais. Abaixo desta concentração pode ocorrer a respiração anaeróbia, que leva a alterações indesejáveis no produto. O teor de gás carbônico também não deve ser excessivo pois pode acarretar injúrias no produto. Cada vegetal tem uma tolerância diferente ao oxigênio e ao gás carbônico, que também depende da temperatura. Também respondem de maneira diferente às alterações do teor de oxigênio e de gás carbônico dentro da embalagem. Alta umidade ao redor do vegetal reduz a desidratação superficial e o conseqüente murchamento. Por outro lado, a umidade elevada no interior da embalagem favorece a deterioração microbiológica. O controle da atmosfera ao redor do produto, em termos de composição gasosa e de vapor d'água, que determina sua conservação, fica a cargo da embalagem. Esta deverá apresentar propriedades de barreira compatíveis com a atmosfera de equilíbrio que se deseja manter.

A especificação da embalagem para vegetais mimimamente processados é, portanto, complexa e requer a otimização de parâmetros físicos, químicos, bioquímicos e ambientais. Dentre os parâmetros físicos devem ser considerados: o tamanho da embalagem em relação ao peso de produto, o volume de espaço-livre no interior da embalagem e suas características de permeabilidade a gases e ao vapor d'água. A injeção de gases na embalagem ou a adição de absorvedores ou emissores de gases também são fatores físicos a serem otimizados. A reatividade química de absorvedores incorporados em polímeros ou adicionados na forma de "sachet" deve ser conhecida e controlada. Fatores bioquímicos relacionados aos vegetais mimimamente processados são parâmetros relevantes da especificação, tais como: espécie do vegetal, cultivar, região de crescimento, peso por embalagem, relação área superficial/volume, qualidade inicial, estágio de desenvolvimento e atividade metabólica. Fatores ambientais como temperatura e "stress" mecânico de manuseio e transporte também deverão ser considerados na especificação da embalagem apropriada.

Tem havido grande interesse do setor de embalagem em desenvolver materiais e sistemas de

condicionamento para vegetais frescos pré-processados. Além da demanda do mercado institucional e de varejo pelo produto de conveniência, talvez a maior motivação deste desenvolvimento reside no fato de haver grande potencial para expansão do mercado de embalagens para vegetais frescos, visto que menos de 5% da produção é pré-embalada para comercialização.

Vários sistemas de condicionamento em embalagens plásticas têm sido propostos para preservação de vegetais mimimamente processados.

O condicionamento a vácuo parcial ou total, em filmes de alta permeabilidade a gases, é uma alternativa. A evacuação leva à diminuição do volume de ar no espaço-livre da embalagem que passivamente é transformado em uma atmosfera modificada com teores de oxigênio e gás carbônico favoráveis à manutenção da qualidade do vegetal. Essa modificação da atmosfera é controlada pela taxa de respiração do produto e pela taxa de permeabilidade da embalagem, na temperatura de estocagem.

Outra alternativa é a modificação ativa da atmosfera, pela injeção direta da mistura gasosa otimizada no sistema. Neste caso, a barreira a gases da embalagem também deve estar compatibilizada com a respiração do produto.

A modificação da atmosfera no interior da embalagem de vegetais pré-processados pode ser feita mesmo sem a aplicação de vácuo ou injeção de gases. Isto tem sido obtido com filmes plásticos classificados como "embalagem inteligente". A permeabilidade do filme deve contrabalancear a respiração do produto, a fim de criar, dentro da embalagem, uma atmosfera de equilíbrio, apropriada em termos de oxigênio e gás carbônico. No Brasil, a Grace Prod. Quím. e Plást. Ltda. - Divisão Cryovac apresenta uma família de seis filmes para vegetais com permeabilidade controlada, ou seja, filmes que "respiram" e deixam os vegetais respirarem. A flutuação de temperatura durante a distribuição e comercialização dos vegetais altera a taxa de respiração. Se a taxa de permeabilidade a gases do filme não se alterar nas mesmas proporções da respiração do produto, a atmosfera otimizada na embalagem irá mudar. O filme inteligente deve apresentar características de permeabilidade a gases que gerem a atmosfera modificada desejada e que mudem em paralelo com a taxa de respiração, de maneira que a atmosfera no interior da embalagem não se altere com a flutuação da temperatura. Alguns filmes semi-permeáveis apresentam um "ponto-chave" de temperatura no qual a permeabilidade muda rápida e significativamente, para evitar anaerobiose em função das alterações da temperatura de distribuição e comercialização. Estes filmes são compostos por polímeros com cadeias laterais cristalinas, que se

polímeros com cadeias laterais cristalinas, que se transformam em estrutura amorfa, menos permeável, em uma temperatura específica. A temperatura do ponto-chave pode ser controlada, entre 0° a 45°C, em função do número de átomos de carbono na cadeia polimérica. Visto que a mudança no polímero é física e não química, o processo é sempre reversível. O filme, portanto, sempre responde às alterações da temperatura quando o ponto-chave é atingido.

Os "filmes inteligentes" incluem uma categoria de materiais plásticos que foram concebidos para controlar as trocas gasosas e de vapor d'água entre o interior e o exterior da embalagem. Dentre esses filmes muitos desenvolvimentos e aplicações baseiam-se nas características de alta permeabilidade a gases e boa barreira ao vapor d'água das poliolefinas. Outros desenvolvimentos baseiam-se na perfuração do material de embalagem. A área perfurada e a permeabilidade do polímero são responsáveis por ajustar a atmosfera ao redor do produto e garantir sua preservação. Filmes microperfurados a laser apresentam taxa de permeabilidade ao oxigênio na faixa de 6mil a 300mil $\text{cm}^3/\text{m}^2/\text{dia}$.

Outra forma de controlar a permeabilidade de filmes plásticos é a incorporação de mineral inerte no polímero. O mineral é encapsulado em partículas pelo polímero, que forma um labirinto entre as cadeias

poliméricas, permitindo a livre passagem de gases. 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.

Estes desenvolvimentos representam apenas uma amostra daquilo que está sendo realizado para desenvolver o mercado de vegetais frescos mimimamente processados. O controle do ambiente ao redor do produto é apenas uma parte da tecnologia de preservação. É importante a integração de todos os elementos que sinergisticamente atuam na conservação do produto, incluindo as fases de produção do vegetal, pré-processo e condições de temperatura de produção, distribuição e comercialização.

Do ponto de vista do CETEA esta é uma tecnologia de embalagem importante que permite agregar valor aos vegetais, na sua comercialização a varejo e no mercado institucional. Por isso, o CETEA iniciou estudos de desenvolvimento desta técnica de preservação.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.