

# NOVAS TENDÊNCIAS EM EMBALAGENS PARA ALIMENTOS: REVISÃO

LILIAN RODRIGUES BRAGA\*

LEILA PERES\*\*

---

O presente estudo teve como objetivo apresentar as mais recentes tendências do setor de embalagens alimentícias no mercado nacional e internacional. Foram abordados os conceitos de embalagens ativas e inteligentes, assim como suas funções, a composição, o formato, as reações químicas envolvidas, a forma de atuação de alguns tipos de embalagens, aplicações e os benefícios da sua utilização pela indústria de alimentos. Essas embalagens são planejadas e permitem interações com os alimentos a fim de manter a qualidade, a integridade, o frescor e a segurança do produto embalado. As inovações tecnológicas já são estabelecidas e bem aceitas em alguns países e conferem benefícios à conservação de grande variedade de alimentos. No Brasil, essas embalagens são tecnologias emergentes que estão em fase de adaptação no mercado nacional e de desenvolvimento por meio da pesquisa de novos mecanismos que podem ser empregados nas mais diversas aplicações.

*PALAVRAS-CHAVES: EMBALAGEM PARA ALIMENTOS; EMBALAGEM ATIVA; EMBALAGEM INTELIGENTE; VIDA-DE-PRATELEIRA.*

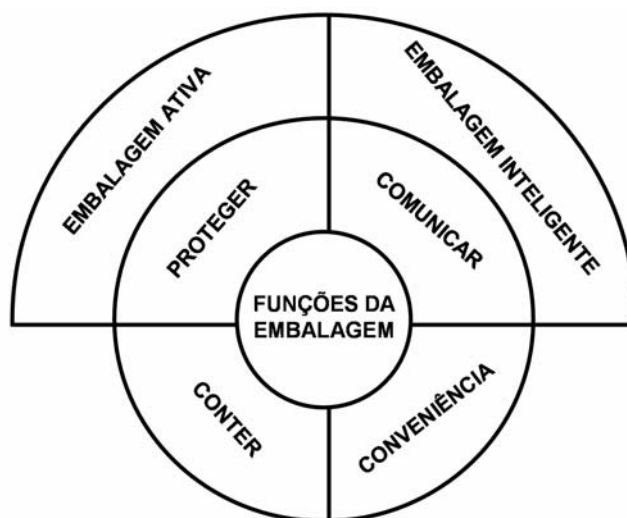
---

\* Mestre em Engenharia Química, Departamento de Tecnologia de Polímero, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP (e-mail: lilianrodribraga@gmail.com).

\*\* Doutora em Tecnologia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Polímero, UNICAMP, Campinas, SP (e-mail: lperes@feq.unicamp.br).

## 1 INTRODUÇÃO

É sabido que uma das principais funções da embalagem é preservar ao máximo a qualidade do produto, criando condições que minimizem as alterações químicas, bioquímicas e microbiológicas visando aumentar seu tempo de vida útil (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2004). As embalagens convencionais exercem quatro funções básicas (Figura 1): conter, proteger, comunicar e conferir conveniência (YAM, TAKHISTOV e MILTZ, 2005) com mínima interação entre a embalagem e o conteúdo durante as etapas de armazenamento e distribuição. Contudo, as embalagens convencionais lentamente estão perdendo espaço para as embalagens “ativas” e “inteligentes” que interagem diretamente com o produto. Por meio dessa interação, essas embalagens podem prolongar a vida-de-prateleira dos produtos, assegurar sua qualidade e proporcionar maiores informações aos consumidores sobre o estado final do produto quando comparadas às embalagens convencionais.



**FIGURA 1 - FUNÇÕES BÁSICAS DAS EMBALAGENS E INTERFACES DE ATUAÇÃO DAS EMBALAGENS ATIVAS E INTELIGENTES**

Fonte: Adaptado de YAM, TAKHISTOV e MILTZ (2005).

Embalagem ativa, conceito inovador, pode ser definida como o tipo de embalagem que muda as condições do ambiente que cerca o alimento para prolongar a sua vida útil, manter as propriedades sensoriais e de segurança, enquanto conserva a qualidade do alimento (VERMEIREN et al., 1999). Podem ser classificadas em sistemas absorvedores e sistemas emissores (Tabela 1). Os sistemas absorvedores removem compostos indesejáveis que aceleram a degradação do produto alimentício como: oxigênio, excesso de água, etileno, dióxido de carbono e outros compostos específicos. Os sistemas emissores adicionam ativamente compostos ao produto embalado ou ao espaço livre da embalagem como: dióxido de carbono, etanol, antioxidantes ou conservantes, entre outros (VERMEIREN et al., 1999; KRUIJF et al., 2002).

Embalagem inteligente constitui sistema que monitora as condições do alimento em tempo real, dando informações sobre sua qualidade durante o transporte e armazenagem (KRUIJF et al., 2002). Exemplos são os indicadores de temperatura, tempo-temperatura, frescor, microrganismos patogênicos, oxigênio, além de sensores e biossensores (Tabela 2) (AHVENAINEN, 2003). A aplicação dessas embalagens em alimentos proporciona aumento significativo da quantidade de informações que o consumidor pode obter por meio da embalagem e também facilita a transmissão,

pois a qualidade do produto pode ser informada apenas pela coloração da etiqueta presente na embalagem.

**TABELA 1 - EXEMPLOS DE SISTEMAS DE EMBALAGENS ATIVAS E APLICAÇÕES**

<b>Embalagens Ativas</b>	<b>Principais Componentes</b>	<b>Aplicações</b>
Absorvedor de oxigênio	Pós de ferro, ácido ascórbico, compostos organometálicos, glicose-oxidase, etanol-oxidase	Produtos de panificação, café, chá, leite em pó, queijos, produtos cárneos
Absorvedor de etileno	Permanganato de potássio, carvão ativado, sílica gel, zeólito, argila	Frutas e hortaliças
Absorvedor de umidade	Propilenoglicol, poli (álcool vinílico), sílica gel, terra diatomácea, argila	Frutas, vegetais, produtos congelados e de panificação
Absorvedor de dióxido de carbono	Hidróxido de cálcio + hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio, óxido de cálcio e sílica gel	Café torrado, produtos desidratados
Emissores de etanol	Etanol	Produtos de panificação, peixe
Liberadores e conservantes antimicrobianos	Sorbatos, benzoatos, propionatos, etanol, ozônio, peróxido, dióxido de enxofre, antibióticos, zeólito de prata, enzimas	Carne, peixe, queijo, frutas secas e produtos de panificação
Emissores de dióxido de carbono	Ácido ascórbico, carbonato de ferro + haleto metálico	Frutas e hortaliças, peixes, carnes e aves

Fonte: Adaptado de AHVENAINEN, 2003; ROBERTSON, 2006; OZDEMIR e FLOROS, 2004.

As novas propostas de embalagens têm como objetivo contribuir com as práticas modernas de venda e distribuição dos produtos como, por exemplo, vendas pela Internet e a internacionalização de mercados, que resultam num aumento das distâncias de distribuição e longos períodos de estocagem.

Este artigo teve por finalidade apresentar as novas tendências em embalagens ativas e embalagens inteligentes, descrevendo conceitos, mecanismos de funcionamento, enfatizando suas principais funções e aplicações no setor alimentício.

**TABELA 2 - EXEMPLOS DE SISTEMAS DE EMBALAGENS INTELIGENTES E APLICAÇÕES**

<b>Embalagens Inteligentes</b>	<b>Principais Componentes</b>	<b>Aplicações</b>
Indicadores de crescimento de microrganismos	Corantes de pH, todos os tipos de corantes que reagem com metabólitos (voláteis e não voláteis)	Alimentos perecíveis (peixes, carnes e aves)
Indicadores de oxigênio	Tintas redox, enzimáticos, corantes de pH	Alimentos estocados em baixas concentrações de oxigênio
Indicador de dióxido de carbono	Químicos	Embalagens de alimentos com atmosfera modificada ou controlada
Indicadores de tempo-temperatura	Mecânicos, químicos e enzimáticos	Alimentos congelados e refrigerados
Indicadores patogênicos	Vários métodos químicos e imunoquímicos reagem com toxina	Alimentos perecíveis como carnes, peixes e aves

Fonte: AHVENAINEN (2003).

## 2 EMBALAGENS ATIVAS

As embalagens ativas vêm sendo utilizadas em produtos cárneos, massas frescas e pães, nozes e similares, queijos, frutas, hortaliças frescas e sucos, entre outros (SARANTÓPOULOS et al., 1996). Cada alimento tem seu próprio mecanismo de degradação, que varia em função da sua composição e processamento. Portanto, diversos processos podem ser observados no interior das embalagens que vão depender das propriedades do alimento e da forma como ele interage com o ambiente que o cerca. A fim de minimizar a degradação desses produtos, diversos mecanismos podem ser utilizados, sendo uma das principais maneiras o controle da composição de gases e vapores que cercam o produto.

De acordo com SARANTÓPOULOS et al. (1996), a embalagem ativa deve atender aos seguintes requisitos: (a) ser segura em termos de saúde pública; (b) absorver/emitir o gás ou vapor de interesse em velocidade apropriada; (c) apresentar alta capacidade de absorção do gás ou vapor de interesse; (d) não acarretar reações paralelas desfavoráveis; (e) não causar alterações organolépticas no produto; (f) manter-se estável durante a estocagem; (g) ser compacta; e (h) apresentar custo compatível com a aplicação.

Como apresentado na Tabela 1 existem diversos tipos de embalagens ativas que variam em sua composição e forma de fabricação.

### 2.1 ABSORVEDOR DE OXIGÊNIO

Muitos produtos alimentícios são sensíveis ao oxigênio (O<sub>2</sub>) e a presença de altos níveis pode facilitar o crescimento microbiano, desenvolvimento de sabores e odores indesejáveis, mudanças na cor e perda nutricional, causando redução significativa na vida-de-prateleira do alimento (OZDEMIR e FLOROS, 2004).

Para minimizar o contato do alimento com o oxigênio, os métodos de acondicionamento a vácuo, inertização e atmosfera modificada, entre outros, são aplicados na indústria de alimentos para a exclusão de O<sub>2</sub> no espaço livre da embalagem (SMITH, RAMASWAMY e SIMPSON, 1990). Porém,

esses métodos físicos de eliminação de O<sub>2</sub> não têm demonstrado efeito satisfatório para alguns produtos porque deixam traços de 2 a 3% de oxigênio que permanecem no interior da embalagem, além de implicarem em custo consideravelmente alto. A deterioração de sabor, odor, cor e a proliferação de fungos e bactérias ocorrem mesmo em baixas concentrações de oxigênio (ABE e KONDOH, 1989).

A tecnologia que substitui ou complementa os métodos físicos de eliminação de O<sub>2</sub> é o uso do absorvedor de oxigênio (do inglês, "oxygen scavenger"), que reduz significativamente o teor de oxigênio no interior da embalagem para níveis inferiores a 0,01% (100 ppm) e, ainda, mantém esses níveis durante a estocagem, o que conserva a qualidade original do produto embalado e prolonga sua vida-de-prateleira (ABE e KONDOH, 1989; VERMEIREN et al., 1999).

Os absorvedores de oxigênio podem, estruturalmente, ser encontrados nas formas de sachês, etiquetas ou rótulos (labels), filmes, cartão e vedantes para tampas (liners) (AHVENAINEN, 2003; BRODY, 2001; ROONEY, 1995). Em geral, as tecnologias de absorção de oxigênio existentes envolvem um dos seguintes mecanismos: oxidação do ácido ascórbico, do ferro em pó, oxidação enzimática de ácidos graxos insaturados (ácido oleico e linoleico, por exemplo) e combinações desses processos (KRUIJF et al., 2002).

Na Tabela 3 são apresentadas algumas empresas que produzem absorvedores de oxigênio de uso comercial e em diferentes formatos. Nos casos em que o absorvedor de oxigênio se encontra na forma de cartão, etiqueta ou sachê, o absorvedor constitui componente individual que é colocado com o alimento dentro da embalagem. Nos casos em que o princípio ativo é incorporado ao material de embalagem, o absorvedor de oxigênio faz parte da embalagem ou da barreira que separa o produto do ambiente externo (propriamente dito).

**TABELA 3 - EXEMPLOS DE ABSORVEDORES DE OXIGÊNIO DE USO COMERCIAL EM DIFERENTES FORMATOS**

<b>Forma</b>	<b>Nome Comercial</b>	<b>Companhia</b>
Cartão	Ageless®	Mitsubishi Gas Chemical Co. (Japão)
	Darex®	Grace Performance Chemical (EUA)
"Liners" (vedantes) para tampas	PureSeal®	Advanced Oxygen Technologies Inc. (EUA)
	Smartcap®	Advanced Oxygen Technologies Inc. (EUA)
Filmes	Bioka®	Bioka Ltd (Finlândia)
	OS2000®	Sealed Air Corporation (EUA)
	ZERO2™	CSIRO and VisyPak (Austrália)
Etiquetas	Ageless®	Mitsubishi Gas Chemical Co. (Japão)
	FreshMax®	Multisorb Technologies Inc. (EUA)
	ATCO®	Standa industrie (França)
Sachês	Ageless®	Mitsubishi Gas Chemical Co. (Japão)
	Bioka®	Bioka Ltd (Finlândia)
	Freshlizer®	Toppan Printing Co. (Japão)
	Oxysorb®	Pillsbury Co. (EUA)
	Vitalon® <sup>2</sup>	Toagosei Chemical Co. (Japão)

Fonte: SUPPAKUL et al. (2003).

Cerca de 90% dos absorvedores de oxigênio disponíveis comercialmente têm a forma de sachês, que contêm agentes redutores como óxido de ferro, carbonato ou outros compostos ferrosos e de platina. Formulações menos econômicas, utilizando ácido ascórbico e seus sais, têm sido desenvolvidas com o intuito de solucionar problemas com a transferência de odor/sabor para os alimentos e de detectores de metais que representam problema com a fiscalização principalmente em exportações (SMITH, 1993; SARANTÓPOULOS et al., 1996).

O absorvedor de oxigênio à base de ferro foi patenteado em 1943, sendo desenvolvido e comercializado pela Mitsubishi Gas Chemical Inc. na forma de sachê em 1977 (YOSHIKAWA et al., 1978). O material do sachê, altamente permeável ao oxigênio e ao vapor de água, consome em condições apropriadas de umidade o oxigênio residual totalmente para formar óxido de ferro estável. As principais reações envolvidas no mecanismo de oxidação podem ser visualizadas nas equações químicas de 1 a 6 (ROBERTSON, 2006):



É importante observar que apesar das equações químicas de 1 a 6 serem simples, o processo de absorção pode ser considerado complexo. Ele envolve a absorção de umidade pelos componentes do sachê, ação de eletrólitos que não são explícitos nessas equações, reações envolvendo as fases sólidas, líquidas e gasosas na superfície dos componentes do sachê, além dos processos de difusão do oxigênio através da membrana que constitui o sachê.

A velocidade da reação do oxigênio pode ser classificada como de efeito imediato, geral ou lento, conforme o tempo médio de absorção de 0,5 - 1 dia, 1 - 4 dias e 4 - 6 dias, respectivamente. Exemplos de tipos de absorvedores de oxigênio e sua velocidade de absorção são apresentados na Tabela 4. O tempo de reação depende da temperatura de armazenagem, da atividade de água ( $a_w$ ) do alimento (SMITH, HOSHINO e ABE, 1995), da concentração de oxigênio presente no espaço livre da embalagem (HERNANDEZ e GIACIN, 1998) e, também, do posicionamento adequado do sachê no interior da embalagem.

Quando a concentração inicial de oxigênio no momento do acondicionamento e a permeabilidade do material da embalagem ao oxigênio são conhecidas, o absorvedor adequado pode ser escolhido (sempre com capacidade maior do que a capacidade necessária estimada). Dessa maneira, a ausência de oxigênio é garantida durante a estocagem do produto (VERMEIREN et al., 1999). Os absorvedores de  $\text{O}_2$  estão disponíveis no mercado em vários tamanhos e capacidades nominais de absorção que podem variar de 20 a 2000 mL (ROBERTSON, 2006). A escolha do tipo e tamanho mais adequado para cada produto sofre influência de fatores, como: (a) propriedades do alimento (ex. tamanho, forma, massa); (b) atividade da água ( $a_w$ ) do alimento; (c) quantidade de oxigênio dissolvido no alimento; (d) estimativa da vida-de-prateleira do produto; (e) nível inicial de oxigênio residual na embalagem; (f) permeabilidade do oxigênio do material de embalagem (SMITH, HOSHINO e ABE, 1995).

Em relação às vantagens de aplicação dos absorvedores de  $\text{O}_2$  pode-se destacar: (a) fácil utilização; (b) aprovados pelo Food and Drug Administration (FDA) (órgão norte-americano responsável pela regulamentação de produtos alimentícios, como aditivos, embalagens, conservantes e outros); (c) previnem o crescimento de microrganismos aeróbios; e (d) retardam a oxidação de lipídios. Entre as desvantagens, podem ser mencionadas: (a) possibilidade de colapso da embalagem (que pode ser evitada pelo uso de sistema absorvedor de  $\text{O}_2$  e gerador de  $\text{CO}_2$ ); (b) ingestão acidental do conteúdo pelos consumidores; (c) possibilidade de ruptura do sachê e contaminação do alimento; e (d) disparo dos detectores de metais no caso do uso de sachê baseado em reações envolvendo metais (SARANTÓPOULOS et al., 1996; SMITH, HOSHINO e ABE, 1995).

## 2.2 ADSORVEDOR DE ETILENO

O etileno ( $C_2H_4$ ), composto químico, age como hormônio de maturação para as plantas e apresenta diferentes efeitos fisiológicos em frutas e vegetais frescos. Ele acelera a respiração desses alimentos levando à maturação, envelhecimento e amolecimento de vários tipos de frutos. Além disso, o acúmulo de etileno causa o amarelamento de vegetais verdes e pode ser responsável por numerosas desordens pós-colheita em frutas e hortaliças frescas, tais como: a formação de compostos amargos em cenoura, brotamento em batata e perda da qualidade das flores. Portanto, para manter o aspecto visual aceitável e a qualidade organoléptica desses produtos, deve-se evitar o acúmulo de etileno na embalagem (ZAGORY, 1995; FERNANDES, 2001).

**TABELA 4 - CLASSIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS TIPOS DE ABSORVEDORES DE OXIGÊNIO DISPONÍVEIS COMERCIALMENTE NO JAPÃO**

Função	Reagente	Aplicação	Velocidade de absorção	Nome comercial
↓O <sub>2</sub>	Pó de ferro	Produtos: $a_w < 0,03$ (Ex.: chás, castanhas)	4 – 7 dias	Ageless Z-PK,
		Produtos: $a_w < 0,65$ (Ex.: carne seca)	1 – 3 dias	Ageless Z
		Produtos: $a_w > 0,65$ (Ex: produtos de panificação)	0,5 dias	Ageless S Sequel CA
		Produtos: $a_w > 0,85$ (Ex.: massas)	0,5 dias	Ageless FX
↓O <sub>2</sub> e ↓CO <sub>2</sub>	Pó de ferro + cálcio	Café torrado	3 – 8 dias	Ageless E
↓O <sub>2</sub> e ↑CO <sub>2</sub>	Ácido ascórbico	Produtos: $0,3 < a_w < 0,5$ (Ex.: castanhas)	1 – 4 dias	Toppan C
	Ácido ascórbico + pó de ferro	Produtos: $a_w > 0,85$ (Ex.: bolos)		Vitatlon GMA

$a_w$  = atividade de água.

Fonte: SMITH, HOSHINO e ABE (1995).

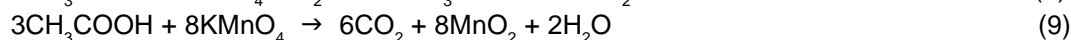
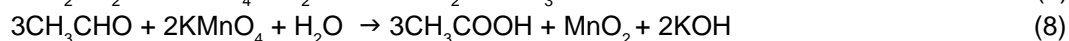
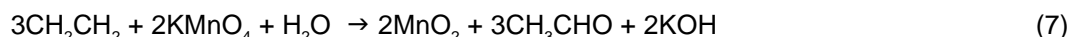
A remoção do etileno, gradativamente produzido pelo produto, pode ser efetuada por embalagens plásticas à base de poliolefinas e poliamidas com minerais incorporados na matriz do polímero, que atuam como adsorvedores de etileno. O bom desempenho dessas embalagens, quando aplicadas ao acondicionamento de frutas e hortaliças deve-se, provavelmente, à sua capacidade de adsorção de etileno e 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 e aumentar sua vida útil. Esse tipo de embalagem ativa pode ser usado em complementação às embalagens com atmosfera modificada (ITAL, 2001).

Por ser muito reativo e apresentar dupla ligação em sua estrutura, o etileno pode ser degradado e alterado de várias maneiras. Isso possibilita a criação de diversas metodologias a serem aplicadas

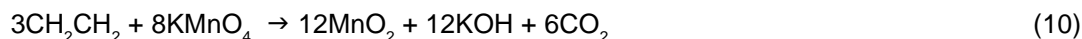


para a remoção do etileno. Exemplos de materiais usados como adsorvedores de etileno são: aluminossilicatos cristalinos, sílica gel, permanganato de potássio, óxido de alumínio, argilas e zeólitos. Outros exemplos são os absorvedores recuperáveis (propileno glicol, hexileno glicol, esqualeno, fenilmetil-silicone, polietileno e poliestireno) que têm mostrado capacidade de absorção de etileno e apresentam o benefício de serem recuperados após remoção (VERMEIREN et al., 2003).

O sistema mais barato e extensamente usado na absorção de etileno é baseado em permanganato de potássio (KMnO<sub>4</sub>). Tipicamente, tais produtos contêm de 4 a 6% de KMnO<sub>4</sub> e não podem ser colocados em contato direto com o alimento devido sua toxicidade e, portanto, estão disponíveis somente na forma de sachê (OZDEMIR e FLOROS, 2004). A oxidação do etileno com permanganato de potássio pode ser analisada como processo de duas etapas (VERMEIREN et al., 2003), mostrado pelas equações químicas de 7 a 10:



Combinando as equações 7 a 9 tem-se a equação química 10:



De acordo com VERMEIREN et al. (2003), os absorvedores à base de permanganato de potássio alteram a sua coloração de roxo para marrom quando há redução do MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> a MnO<sub>2</sub>, indicando a capacidade de adsorção restante.

Alguns exemplos de absorvedores de etileno comercialmente disponíveis são: Evert-Fresh (Evert-Fresh Co., EUA), Ethylene Control (Ethylene Control Incorporated, EUA) e Peakfresh (Peak Fresh Products, Austrália) (AHVENAINEN, 2003; SMITH, RAMASWAMY e SIMPSON, 1990).

## 2.3 SISTEMAS ANTIMICROBIANOS

Os métodos usados, tradicionalmente, para preservar os alimentos contra o crescimento microbiano incluem o processo térmico, secagem, congelamento, refrigeração, irradiação, embalagem com atmosfera modificada e adição de agente antimicrobiano ou sal (QUINTAVALLA e VICINI, 2002). Pesquisadores brasileiros estão buscando o desenvolvimento de embalagens ativas antimicrobianas que se baseiam na incorporação de conservantes na estrutura do polímero que compõe filmes, rótulos/etiquetas ou sachês para reduzir, inibir ou retardar o crescimento da microbiota presente principalmente na superfície do alimento embalado (em que ocorre a maior parte das reações de deterioração). Uma das grandes vantagens na utilização dos agentes antimicrobianos incorporados é permitir a redução no teor de conservantes do alimento, atendendo tendência do consumidor que busca alimentos minimamente processados e com teores mínimos de aditivos (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2004; SUPPAKUL et al., 2003).

SILVEIRA (2006) desenvolveu filme antimicrobiano incorporado com ácido sórbico na conservação da massa de pastel. Os resultados mostraram que essa tecnologia alternativa preserva e garante a segurança microbiológica das massas de pastel e evita o consumo de aditivos acima do permitido pela legislação.

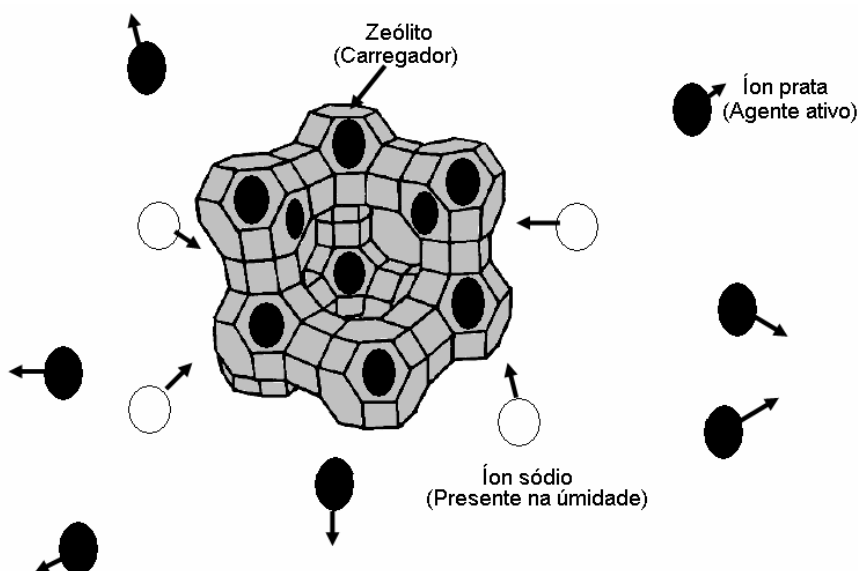
O requisito necessário para o funcionamento da embalagem antimicrobiana é o intenso contato com o alimento, o que restringe o número de compostos a serem utilizados para a sua fabricação, já que o contato não pode causar nenhuma contaminação ou deixar resíduos no alimento. As embalagens antimicrobianas podem ser divididas em dois grupos, sendo que no primeiro o agente antimicrobiano



migra da embalagem para a superfície do produto. No segundo, os agentes são efetivos contra o crescimento microbiano superficial sem a necessidade de migração para o produto (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2004; VERMEIREN, DEVLIEGHRE e DEBEVERE, 2002).

Deve-se considerar na seleção do agente antimicrobiano: seu mecanismo de inibição, características físico-químicas, cinéticas de migração e difusão do agente no alimento, tipo e população de microrganismos, fisiologia do microrganismo-alvo, processo de fabricação do material de embalagem, processabilidade do material de embalagem e aspectos relacionados à legislação (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2004).

Os agentes antimicrobianos podem ser compostos naturais ou sintéticos e são incorporados aos mais diferentes tipos de materiais como o plástico, papel e fibras têxteis. Os agentes antimicrobianos com maior potencial parecem ser os sais de prata, usados como aditivos de polímeros para aplicações em alimentos, especialmente no Japão (APPENDINI e HOTCHKISS, 2002). O produto mais discutido e estudado é o Ag-zeólito, constituído de cristais de aluminossilicatos com elementos da primeira e da segunda família de metais da tabela periódica. Na Figura 2, apresenta-se o esquema do mecanismo de troca de íons do antimicrobiano prata, podendo ser observado que os íons prata estão carregados inicialmente no zeólito (Ag-zeólito) e uma porção de íons sódio no ambiente/umidade provoca a liberação controlada da prata ao produto. O mecanismo de funcionamento desse tipo de embalagem envolve a incorporação do Ag-zeólito em material plástico como polietileno, polipropileno, nylon e copolímero de estireno butadieno em níveis entre 1 a 3%. Trata-se de antimicrobiano contra ampla faixa de bactérias e mofo, contudo não mostrou efetividade sobre esporos de bactérias resistentes ao calor. Foi observado que quanto maior a concentração do complexo Ag-zeólito maior a atividade antimicrobiana. No entanto, o aumento da espessura do filme pode diminuir a atividade antimicrobiana pela dificuldade de migração do íon prata para a superfície, já que sua efetividade depende de contato direto com os microrganismos (APPENDINI e HOTCHKISS, 2002; OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2004; PACKAGING, 2004).



**FIGURA 2 - ESQUEMA QUE ILUSTRA O MECANISMO DE TROCA DE ÍONS DO ANTIMICROBIANO PRATA (AG-ZEÓLITO)**

Fonte: Adaptado de PACKAGING (2004).

## 2.4 SISTEMA CONTROLADOR DE UMIDADE

Vários produtos alimentícios requerem controle da quantidade de água, seja na forma líquida ou vapor. A alta umidade ambiente em contato com o produto é suscetível a flutuações da temperatura durante o transporte, resultando na formação de condensado. A presença de níveis inadequados de água no alimento embalado frequentemente favorece o crescimento de bactérias, microrganismos e o aparecimento de manchas na embalagem plástica. Isso também causa o amolecimento de produtos secos e crocantes, tais como: biscoitos e bolachas, leite em pó, café instantâneo e produtos higroscópicos como doces e balas (KRUIJF et al., 2002). A utilização de absorvedores de umidade como: sílica gel, peneira molecular, argila natural (por exemplo, montmorillonita), óxido de cálcio, cloreto de cálcio e amido modificado ou outras substâncias que absorvem a umidade é a forma efetiva para o controle do excesso de água dentro de embalagens com alta barreira ao vapor de água (OZDEMIR e FLOROS, 2004).

Os absorvedores de umidade podem ser encontrados comercialmente na forma de filmes com apropriada permeabilidade ao vapor d'água, filme dessecante ou sachê controlador de umidade (VERMEIREN et al., 1999). Como exemplo da utilização de filme dessecante pode-se citar aquele com propilenoglicol aderido ao filme que é colocado em contato com a superfície da carne ou peixe. Nesses casos, observa-se por várias horas a absorção da água e a destruição de bactérias aumentando a vida-de-prateleira do produto em diversos dias. A aplicação de sachês feita com terra diatomácea pode ser usada com objetivo similar (LABUZA, 1996). Alguns exemplos de sistemas comerciais usados para absorver e/ou controlar a umidade são: Desi Pak (United Desiccants, EUA), StripPax (Multisorb Technologies, EUA), Dri-Loc (Cryovac Sealed Air, EUA) e Peaksorb (Peaksorb Products, Austrália), entre outros (OZDEMIR e FLOROS, 2004).

## 2.5 EMISSOR E ABSORVEDOR DE CO<sub>2</sub>

O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) forma-se em alguns alimentos devido à deterioração e reação de respiração. O CO<sub>2</sub> produzido na embalagem deve ser removido para se evitar a deterioração do alimento e o estufamento e rompimento da embalagem (VERMEIREN et al., 1999). Contudo, altos níveis de CO<sub>2</sub> (10 - 80%) são desejáveis para outros tipos de alimentos como carnes e aves por inibirem o crescimento microbiano na superfície do alimento e prolongarem a sua vida-de-prateleira. Altos níveis de CO<sub>2</sub> em frutas podem causar alterações indesejáveis no sabor e glicose anaeróbica (LABUZA, 1996).

Café torrado em grão ou torrado e moído constitui bom exemplo de produto que gera o gás CO<sub>2</sub>. Após o processo de torrefação, grande quantidade de CO<sub>2</sub> fica retida no interior do grão de café, sendo liberada ao longo da estocagem, podendo estufar ou mesmo romper as embalagens se o café for imediatamente acondicionado após a torra. Para evitar tais problemas, deve-se obedecer ao tempo de espera de 2 a 48 horas sob atmosfera isenta de oxigênio, dependendo do grau de torrefação e granulometria do café (ITAL, 2004). De acordo com VERMEIREN et al. (2003), sachês absorvedores de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> têm sido empregados em embalagens de café para minimizar a oxidação, mudanças no sabor e absorver o CO<sub>2</sub> residual para evitar o rompimento da embalagem.

Segundo a patente descrita por CULLEN e VAYLEN (1994), desenvolvida pela Multiform Desiccants Inc., sachê absorvedor de CO<sub>2</sub> pode ser obtido por meio de envelope poroso contendo óxido de cálcio (CaO) e agente hidratante, assim como sílica gel, na qual a água é absorvida. Nesse sistema, a água reage com o CaO e produz hidróxido de cálcio, o qual reage com CO<sub>2</sub> para formar carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>), como mostrado nas equações 11 e 12:



Em algumas aplicações, a remoção de oxigênio da embalagem pelo uso de absorvedor de O<sub>2</sub> cria vácuo parcial que pode resultar no colapso da embalagem flexível. Esse colapso também pode ocorrer quando a embalagem é preenchida com mistura de gases incluindo CO<sub>2</sub>, que se dissolve parcialmente no produto criando vácuo parcial. Nesses casos, a liberação simultânea de CO<sub>2</sub> a partir do sachê que consome O<sub>2</sub> é desejável. Esses sistemas podem ser baseados em carbonato ferroso ou na mistura de ácido ascórbico e bicarbonato de sódio (ROONEY, 1995). Os absorvedores de O<sub>2</sub>/emissores de CO<sub>2</sub> são principalmente usados em produtos cujo volume da embalagem e sua aparência são críticos (ex: amendoim ou batata frita) (SMITH, HOSHINO e ABE, 1995). Na Tabela 5 são descritos alguns exemplos de emissores de CO<sub>2</sub> e absorvedores de O<sub>2</sub>/emissores de CO<sub>2</sub> comerciais.

**TABELA 5 – LISTA DE EMISSORES E ABSORVEDORES DE CO<sub>2</sub> COMERCIAIS**

<b>Nome comercial</b>	<b>Companhia</b>	<b>Ação (agente ativo)</b>
Ageless® G	Mitsubishi Gas Chemical Co. (Japão)	Emissor de CO <sub>2</sub> (ácido ascórbico) e absorvedor de O <sub>2</sub> (pó de ferro)
Freshlock ou Ageless E	Mitsubishi Gas Chemical Co. (Japão)	Absorvedor de CO <sub>2</sub> (Ca(OH) <sub>2</sub> ) e absorvedor de O <sub>2</sub> (pó de ferro)
Freshlizer CV	Toppan Printing Co (Japão)	Absorvedor de CO <sub>2</sub> e O <sub>2</sub> (metais diferentes do ferro)
FreshPax® M	Multisorb Technologies Inc. (EUA)	Emissor de CO <sub>2</sub> (*) e absorvedor de O <sub>2</sub> (*)
Vitalon® G	Toagosei Chem. Ind. Co. (Japão)	Emissor de CO <sub>2</sub> (*) e absorvedor de O <sub>2</sub> (*)
Verifrais®	S.A.R.L. Codimer (França)	Emissor de CO <sub>2</sub> (*)

\* Agentes ativos não especificados.

Fonte: VERMEIREN et al., 1999.

### 3 EMBALAGENS INTELIGENTES

A embalagem inteligente tem como função proteger o produto, interagir com o mesmo e responder a mudanças específicas do alimento ou do ambiente que o cerca (ROONEY, 1995), tendo como componentes os sensores e indicadores que sinalizam o resultado dessa medição.

Os sensores são dispositivos capazes de fornecer continuamente informação química ou física do sistema, convertendo-a em sinal elétrico de saída contínua (TREVISAN e POPPI, 2006). A maioria dos sensores desempenha as funções de receptor e transdutor. No receptor, informações físicas e químicas são transformadas em energia, que pode ser medida pelo transdutor. Esse dispositivo é capaz de transformar a energia que contém a informação física ou química de uma amostra em sinal analítico útil, ou que pode ser interpretado mais facilmente.

O indicador pode ser definido como a substância que indica a presença ou ausência de outra substância (por exemplo: oxigênio), ou o grau de reação entre duas ou mais substâncias por meio de mudanças das suas características, especialmente a cor. Em contraste com os sensores, não incluem componentes como receptores e transdutores, as informações ocorrem mediante mudança visual direta (KERRY, O'GRADY e HOGAN, 2006).

### 3.1 INDICADOR DE TEMPO-TEMPERATURA

A ideia de que os alimentos se deterioram mais rapidamente em temperaturas mais altas que as recomendadas servem de base para os indicadores de qualidade de alimentos relacionados com a temperatura. Os indicadores de tempo-temperatura (ITT) são colocados fora de cada embalagem individual ou em grandes recipientes ou bandejas (DE JONG et al., 2005). Esses ITT fornecem o histórico do produto, mediante indicação visual da vida-de-prateleira (por exemplo: mudança de cor) ou se o tempo-temperatura total excedeu o valor predeterminado (FORNARI, 2006; LABUZA, 1996). Esses indicadores devem ser de fácil uso e ativação, responder à temperatura ou ao efeito acumulado do tempo e da temperatura de forma precisa, rápida e irreversível. Sua resposta deve correlacionar a deterioração do produto com o tempo-temperatura da cadeia de distribuição (DE JONG et al., 2005).

Muitos princípios físico-químicos podem ser usados como indicadores, incluindo ponto de fusão, reação enzimática, polimerização e corrosão (SELMAN, 1995). Alguns exemplos de indicadores de tempo-temperatura disponíveis comercialmente são: Vitsab TTI indicator (Vitsab Sweden AB, Suécia), baseado na reação enzimática que causa mudança de pH na mistura reacional; Tag MonitorMark (3M Packaging Systems Division, EUA) fundamentado no ponto de fusão de compostos e na modificação de sua coloração; Fresh-Check e Fresh-Scan™ (LifeLines Technology, EUA) caracterizados pela reação de polimerização e mudança de coloração do indicador, ativadas pela temperatura (FORNARI, 2006; KRUIJF et al., 2002).

### 3.2 INDICADOR DE FRESCOR

O indicador de frescor difere do indicador de tempo-temperatura, já que seu sinal depende diretamente da qualidade do produto e não do histórico da temperatura. Esses indicadores incluem as etiquetas, que ficam em contato com o espaço livre da embalagem, rótulos, detectores eletrônicos e detectores ópticos. Geralmente, o indicador de frescor tem como função detectar a presença de metabólitos microbiológicos como dióxido de carbono, dióxido de enxofre, amônia, amina, ácidos orgânicos, etanol, toxinas ou enzimas. Dessa forma, os indicadores de frescor podem detectar compostos voláteis ou não voláteis quando ocorrem alterações no produto. Exemplo de indicador de frescor comercial é a etiqueta FreshTag® (Cox Records, EUA), que reage com aminas voláteis de peixes e muda a cor da etiqueta indicando a falta de frescor do peixe (KRUIJF et al., 2002). Contudo, o número de publicações e produtos disponíveis comercialmente abordando indicadores de frescor ainda pode ser considerado pequeno.

### 3.3 BIOSENSOR

O biossensor, dispositivo analítico compacto, detecta, registra e transmite informações referentes a reações bioquímicas e podem ser considerados como subgrupo dos sensores químicos (KERRY, O'GRADY e HOGAN, 2006; TREVISAN e POPPI, 2006). Esse dispositivo consiste em dois componentes: o biorreceptor que identifica a espécie de interesse e o transdutor que converte o sinal bioquímico numa resposta elétrica quantitativa. Os biorreceptores são materiais orgânicos, tais como enzimas, antígenos, micróbios, hormônios e ácidos nucleicos. Os transdutores podem assumir várias formas (eletroquímicos, ópticos e calorimétricos, entre outros), dependendo dos parâmetros a serem medidos. Algumas características importantes dos biossensores são especificidade, sensibilidade, confiabilidade e simplicidade (YAM, TAKHISTOV e MILTZ, 2005).

Os biossensores podem ser colocados no interior da embalagem de alimentos ou integrados dentro do material da embalagem. Dois exemplos de sistemas biossensores tecnológicos disponíveis no mercado são: a) ToxinGuard™ desenvolvido pela Toxin Alert (Ontário, Canadá), sistema de diagnóstico visual que incorpora anticorpos numa embalagem plástica à base de polietileno que é capaz de detectar *Salmonella* sp., *Campylobacter* sp., *E. coli* 0517 e *Listeria* sp.; e b) Food Sentinel System™ (SIRA

Technologies, Califórnia, EUA), sistema biossensor capaz de detectar contínuas contaminações mediante reações imunológicas que ocorrem em parte no código de barras (BODENHAMMER, 2002; KERRY, O'GRADY e HOGAN, 2006).

### 3.4 ETIQUETA DE IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA

Etiqueta de identificação por radiofrequência (IRF) pode ser considerada como sensor avançado para obtenção, transporte e armazenamento de informações, visando à identificação automática de produtos e sua rastreabilidade. Embora a etiqueta IRF já esteja disponível há muitos anos para rastrear itens com alto valor agregado, sua primeira aplicação comercial ocorreu no fim da década de 60 e início da década de 70 em sistema simples para evitar furtos. O setor de eletrônicos vem apresentando crescimento acelerado nos avanços tecnológicos como, por exemplo, a miniaturização de chips no sentido de permitir custo mais acessível da produção das etiquetas de IRF e com isso tornar essa ferramenta mais atraente para diferentes aplicações nas indústrias. As etiquetas de IRF utilizadas apresentam tamanho reduzido e capacidade de leitura de apenas alguns milímetros de distância, não oferecem problemas de compatibilidade com os alimentos e permitem fácil aplicação em embalagens alimentícias (REGATTIERI, GAMBERI e MANZINI, 2007; OZTAYSI, BAYSAN e AKPINAR, 2009). Nos Estados Unidos são comercializados produtos alimentícios que contêm sensor IRF em sua embalagem que faz alerta visual ou sonoro para informar ao consumidor que o alimento ou o medicamento está fora do prazo de validade. Como exemplo desse tipo de aplicação pode-se citar embalagens cartonadas de leite com sensor de temperatura que emite aviso sonoro ao consumidor alertando que o leite está fora da geladeira e que o produto deve retornar para a geladeira (REXAM, 2005).

O típico sistema de IRF consiste de leitor que emite ondas de rádio para capturar dados a partir da etiqueta (de IRF). Esses dados são passados para o computador para análise e tomada de decisões. Comparando com os sensores baseados em código de barra, as etiquetas por IRF apresentam vantagens como: não precisar ser diretamente orientada para o leitor de dados, ter alcance que pode variar de aproximadamente 4 a 30 metros e capacidade de armazenamento superior a 1MB (os quais podem ser usados para armazenar informações como temperatura, umidade relativa, informação nutricional e instruções de cozimento) (YAM, TAKHISTOV e MILTZ, 2005). No Brasil, a aplicação desse tipo de sensor tem sido focada em tarefas simples como a identificação de produtos e rastreamento. Contudo, com os avanços tecnológicos e realização de pesquisas nessa área, espera-se que produtos utilizando IRF em sistemas mais complexos e que envolvam características alimentares sejam desenvolvidos para brevemente estarem disponíveis comercialmente.

## 4 CONCLUSÃO

As embalagens ativas e inteligentes constituem novas tendências no setor de embalagens alimentícias. Essas inovações tecnológicas já são bem estabelecidas e aceitas pelos consumidores em países como Estados Unidos da América, Japão e Austrália. Porém, na Europa, apenas pequena parcela desses sistemas está em desenvolvimento e aplicação devido às restrições de regulamentações europeias para materiais de embalagem em contato direto com alimentos. No Brasil, essas tecnologias emergentes estão em fase de estudo e desenvolvimento, sendo que poucos trabalhos vêm sendo realizados nessa área. Os assuntos abordados representam pequena parcela do conhecimento adquirido com as pesquisas e aplicações já realizadas. No entanto, há muitos estudos ainda a serem desenvolvidos, tanto na pesquisa de novos compostos e aditivos que podem ser utilizados nessas embalagens, quanto na elucidação dos mecanismos que podem ser empregados para diversas aplicações. Com o desenvolvimento dessas pesquisas, espera-se

que os conceitos de embalagens ativas e inteligentes possam ser aceitos comercialmente e que normas regulamentando seu uso sejam estabelecidas, conferindo benefícios à conservação de grande variedade de alimentos.

## ABSTRACT

### NEW TRENDS IN PACKAGING FOR FOODS: A REVIEW

The aim of this study was to describe a literature review on the latest trends in food packaging industry in the national and international market. It was shown the concepts of active and intelligent packages, as well as their functions, composition and the design of packaging, the chemical reactions involved, the particular behavior of some types of packages, applications and benefits of their use in the food industry. These packages are planned and allow interactions with food in a desirable way in order to maintain the quality, integrity, freshness and safety of the packaged product. These technological innovations are already well established and accepted in some countries, providing benefits to the conservation of a great variety of foods. In Brazil they are emerging technologies that are being adapted to the national market and developed through the research of new mechanisms that can be used for many applications.

*KEY-WORDS: FOOD PACKAGING; ACTIVE PACKAGING; INTELLIGENT PACKAGING; SHELF-LIFE.*

## REFERÊNCIAS

- 1 ABE, Y.; KONDOH, Y. Oxygen absorbers. In: BRODY, A. L. **Controlled/modified atmosphere/vacuum packaging of food**. Trumbull, Westport: Food and Nutrition Press, 1989. p.149-158.
- 2 AHVENAINEN, R. Active and intelligent packaging. In: AHVENAINEN, R. **Novel food packaging technique**. Boca Raton, FL: CRC PRESS, 2003. p. 5-21.
- 3 APPENDINI, P.; HOTCHKISS, J.H. Review of antimicrobial food packaging. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 3, p.113-126, 2002.
- 4 BODENHAMMER, W. T. Method and apparatus for selective biological material detection. USP pat.6376204, 17 abril 2000, 23 abril 2002.
- 5 BRODY, A.L. What's the hottest food packaging technology today? **Food Technology**, v. 55, n.1, p. 82-84, 2001.
- 6 CULLEN; J.S.; VAYLEN; N. E. Carbon dioxide absorbent packet and process. US pat. 5322701, 14 Jan. 1993, 21 junho 1994.
- 7 DE JONG, A.R.; BOUMANS, H.; SLAGHEK, T.; VAN VEEN, J.; RIJK, R.; VAN ZANDVOORT, M. Active and intelligent packaging for food: is it the future? **Food Additives and Contaminants**, v. 22, n.10, p.975-979, 2005.
- 8 FERNANDES, T.D.B. **Desenvolvimento e caracterização de filme polimérico ativo para embalagem de frutas e hortaliças**. Campinas, 2001, 107 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas.
- 9 FORNARI, A.K. **Viabilidade de elaboração de etiqueta polimérica inteligente para acompanhamento de processos de acidificação**: aplicação ao repolho fermentado. Florianópolis, 2006, 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Disponível em: <<http://150.162.90.250/teses/PEAL0061.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2006.
- 10 HERNANDEZ, R. J.; GIACIN, J. R. Factors affecting permeation, sorption, and migration processes in package-product system In: TAUB, I.A.; SINGH, R.P. **Food storage stability**. Boca Raton: CRC Press LLC, 1998. p. 269-324.
- 11 ITAL. Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Embalagens ativas - uma nova geração de embalagens para frutas e hortaliças**. Campinas, 2001. v.13, n.3, p.4-6, Jul./Ago./Set. Disponível em: <[http://www.cetea.ital.org.br/cetea/informativo/v13n3/v13n3\\_artigo2.pdf](http://www.cetea.ital.org.br/cetea/informativo/v13n3/v13n3_artigo2.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2007.
- 12 ITAL. Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Embalagem para café torrado - uma alternativa para a agregação de valor ao produto**. Campinas, 2004. v.16, n.1, p. 5-8, Jan./Fev./Mar. Disponível em: <http://www.cetea.ital.org.br/cetea/informativo/v16n1/> > Acesso em: 8 jan. 2007.
- 13 KERRY, J.P.; O'GRADY, M.N.; HOGAN, S.A. Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: a review. **Meat Science**, v.1, n. 74, p.113-130, 2006.



- 14 KRUIJF, N.; VAN BEEST, M.; RIJK, R.; SIPILÄINEN-MALM, T.; LOSADA, P.P.; DE MEULENAER, B. Active and intelligent packaging: applications and regulatory aspects. **Food Additives and Contaminants**, v.19, Supplement, p.144-162, 2002.
- 15 LABUZA, T.P. An introduction to active packaging for foods. **Food Technology**, v. 50, n.1, p. 68-71, 1996.
- 16 OLIVEIRA, L. M.; OLIVEIRA, P.A.P.L.V. Revisão: principais agentes antimicrobianos utilizados em embalagens plásticas. **Brazil Journal of Food Technology**, v. 7, n. 2, p.161-165, 2004.
- 17 OZDEMIR, M.; FLOROS, J.D. Active food packaging technologies. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, n. 3, p. 185-193, 2004.
- 18 ÖZTAYSI, B.; BAYSAN, S.; AKPINAR, F. Radio frequency identification (RFID) in hospitality. **Technovation**, v. 29, n. 9, p. 618 - 624, 2009.
- 19 PACKAGING gets active: additives lead the way. **Plastics Additives and Compounding**. v. 6, n. 2, p. 22-25, 2004.
- 20 QUINTAVALLA, S.; VICINI, L. Antimicrobial food packaging in meat industry. **Meat Science**, v. 62, n. 3, p. 373-380, 2002.
- 21 REGATTIERI, A.; GAMBERI, M.; MANZINI, R. Traceability of food products: general framework and experimental evidence. **Journal of Food Engineering**, v.81, n.2, p.347-356, 2007.
- 22 REXAM Consumer Packaging Report. **Future Innovation Today**. v.6, 2005. Available in: [http://www.rexam.com/files/pdf/Rexam\\_Consumer\\_Packaging\\_Report\\_2005.pdf](http://www.rexam.com/files/pdf/Rexam_Consumer_Packaging_Report_2005.pdf) Access: Sept. 3, 2009.
- 23 ROBERTSON, G.L. **Food packaging principles and practice**. 2<sup>nd</sup>. Ed. Boca Raton, FL: CRC PRESS, 2006. p. 286-300.
- 24 ROONEY, M.L. Overview of active food packaging. In: ROONEY, M.L. **Active food packaging**. Glasgow: Chapman & Hall, 1995. p.1-37.
- 25 SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; ALVES, R.V.; OLIVEIRA, L.M.; GOMES, T.C. **Embalagens com atmosfera modificada**. Campinas: CETEA/ITAL, 1996. p. 99-114.
- 26 SELMAN, J.D. Time-temperature indicators. In: ROONEY, M. L. **Active food packaging**. Glasgow: Chapman & Hall, 1995. p. 215-237.
- 27 SILVEIRA, M.F.A. **Filme antimicrobiano incorporado com ácido sórbico na conservação da massa de pastel**. Viçosa, 2006, 64 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa (UFV). Disponível em: <[http://ged1.capes.gov.br/CapesProcessos/919651-ARQ/919651\\_5.PDF](http://ged1.capes.gov.br/CapesProcessos/919651-ARQ/919651_5.PDF)>. Acesso em: 23 mar. 2008.
- 28 SMITH, J.P. Bakery products. In: PARRY, R.T. **Principles and applications of MAP of food**. London: Blackie Academic & Professional, 1993. p. 303.
- 29 SMITH, J.P.; RAMASWAMY, H.S.; SIMPSON, B.K. Development in food packaging technology. Part. II. Storage aspects. **Trends in Food Science and Technology**, v.11, p.111-118, 1990.
- 30 SMITH, J.P.; HOSHINO, J.; ABE, Y. Interactive packaging involving sachet technology. In: ROONEY, M.L. **Active food packaging**. Glasgow: Chapman & Hall, 1995. p. 143-173.
- 31 SUPPAKUL, P.; MILTZ, J.; SONNEVELD, K.; BIGGER, S.W. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 2, p. 408-420, 2003.
- 32 TREVISAN, M.G.; POPPI, R.J. Química analítica de processos. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 5, p.1065-1071, 2006.
- 33 VERMEIREN, L.; DEVLIEGHERE, F.; VAN BEEST, M.; KRUIJF, N.; DEBEVERE, J. Developments in the active packaging of food. **Trends in Food Science & Technology**, v.10, p. 77-86, 1999.
- 34 VERMEIREN, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Effectiveness of some recent antimicrobial packaging concepts. **Food Additives and Contaminants**, London, v.19, p.163-171, 2002.
- 35 VERMEIREN, L.; HEIRLINGS, I.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Oxygen, ethylene and scavengers. In: AHVENAINEN, R. **Novel food packaging technique**. Boca Raton, FL: CRC PRESS, 2003. p. 22-49.
- 36 YAM, K.L.; TAKHISTOV, P.T.; MILTZ, J. Intelligent packaging: concepts and applications. **Journal of Food Science**, v.70, n.1, p.R1-R10, 2005.
- 37 YOSHIKAWA, Y.; AMEMIYA, A.; KOMATSU, T.; INOUE, Y.; YUYAMA, M. Oxygen absorbent. US pat. 4127503, 15 jul. 1978, 28 nov. 1978.



- 38 ZAGORY, D. Ethylene-removing packaging. In: ROONEY, M. L. **Active food packaging**. Glasgow: Chapman & Hall, 1995. p. 38-54.

#### **AGRADECIMENTO**

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de estudo concedida ao primeiro autor.