

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**DISSERTAÇÃO**

**Desenvolvimento e Avaliação de Filme Ativo na Conservação  
de Batata (*Solanum Tuberosum* L.) Minimamente Processada.**

**ÉRIKA ENDO**

**2006**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DE ALIMENTOS**

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE FILME ATIVO NA  
CONSERVAÇÃO DE BATATA (*Solanum tuberosum* L.)  
MINIMAMENTE PROCESSADA.**

**ÉRIKA ENDO**

*Sob a Orientação da Professora*  
**Soraia Vilela Borges**

*e Co-orientação da Professora*  
**Nilda de Fátima Ferreira Soares**

Tese submetida como requisito parcial  
para obtenção do grau de **Magister**  
**Scientiae** em Ciência e Tecnologia de  
Alimentos

Seropédica, RJ  
Março de 2006

664.092

E56d

T

Endo, Érika, 1979-

Desenvolvimento e avaliação de filme ativo na conservação de batata (*Solanum tuberosum* L.) minimamente processada / Érika Endo. - 2006.

60 f. : il.

Orientador: Soraia Vilela Borges.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia.

Bibliografia: f. 46-55.

1. Alimentos - Embalagens - Teses. 2. Filmes plásticos - Aditivos - Teses. 3. Batata - Conservação - Teses. 4. Batata - Processamento - Teses. I. Borges, Soraia Vilela, 1959-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Tecnologia. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**

ÉRIKA ENDO

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de concentração em Tecnologia de Alimentos, como requisito parcial para obtenção do grau de Magister Scientiae, em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM -----/-----/-----

---

Soraia Vilela Borges, Dra., DCA/UFLA  
(Orientadora)

---

Nilda de Fátima Ferreira Soares, Ph.D., DTA/UFV  
(Co-orientadora)

---

Shirley de Mello Pereira Abrantes, Dra., INCQS/FIOCRUZ

---

Cristiane Hess de Azevedo Meleiro, Dra., DTA/UFRRJ  
(Suplente)

*À minha família com todo o meu amor e carinho,  
DEDICO*

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela força, luz e saúde concedidas durante a realização deste trabalho. À medida que as dificuldades apareciam ou aumentavam, pude sentir Vossa presença através dos acontecimentos e das pessoas que colocastes em meu caminho. Muito obrigada por tudo!

Aos meus pais, Jorge e Rosa, devo toda a minha gratidão pelos esforços, amor, apoio incondicional, torcida e compreensão. Vocês são o meu ponto de referência, exemplos de vida e força que me impulsiona a perseverar na busca pelo saber e crescimento.

Aos meus irmãos, tios e familiares, pelo incentivo, palavras de carinho, apoio, paciência e ajuda. Vocês são a minha base, o meu porto seguro...

Aos amigos da Rural, Manu, Mônica, Emilly, Renata, Priscila e André (Formiga), pelo companheirismo, paciência em escutar os meus desabafos e reclamações, pelas horas de risada, ajuda, informações e torcida.

Aos amigos de Viçosa, Ana Clarissa, Aline, Michele, Franceline, Kátia e João Tomáz, pelo carinho, paciência, ajuda, companhia e, principalmente, pela amizade. A presença de todos vocês em minha vida ajudou a tornar esta etapa muito mais suave e alegre!

À Miriam Aparecida Pinto Vilela, meu “anjo da guarda”, pela ajuda, conselhos, companhia, disponibilidade e amizade.

À Telma, Alessandra e família pela torcida e amizade.

À professora Dra. Soraia Vilela Borges, pelos 4 anos de orientação, pelo carinho de mãe, elogios, críticas, conselhos, amizade e pela confiança em mim depositada. Muito obrigada pela sua generosidade e por abrir mão de seu projeto em troca da realização deste sonho!

À professora Dra. Nilda de Fátima Ferreira Soares, pelo voto de confiança, orientação, paciência em escutar as minhas dúvidas, otimismo, carinho, motivação e acolhida. Muito obrigada! Me sinto muito honrada e feliz por ter sido orientada por uma profissional tão humana e generosa!

A todos do Laboratório de Embalagens/UFV, pela recepção carinhosa, respeito, paciência, cooperação e amizade. Sem a compreensão e ajuda de todos vocês, seria impossível o desenvolvimento deste trabalho.

Aos estagiários Danielle, Lina e Victor, pelo empenho, companheirismo, bom humor e interesse demonstrados durante todo o experimento.

À Nathália Ramos Melo, Joesse Teixeira e Juninho pela colaboração nas análises realizadas no HPLC, pela paciência, amizade e compreensão.

À Edimar Aparecida Filomeno Fontes pela valiosa colaboração no tratamento estatístico dos resultados.

Ao professor Dr. Nélio Andrade e a todos do Laboratório de Microbiologia e Higiene de Alimentos/UFV pelos esclarecimentos e colaboração nas análises microbiológicas.

Ao professor Dr. Rolf Puschmann e a todos do Laboratório de Fisiologia da Pos-Colheita/UFV pela colaboração no processamento mínimo da batata.

Ao professor Dr. Paulo César Stringheta e a todos do Laboratório de Pigmentos e Secagem/UFV pela colaboração nas análises de Atividade de água.

Ao professor Dr. Frederico Passos e a todos do Laboratório de Fermentações/UFV pela paciência e colaboração na avaliação da atividade da polifenoloxidase.

À coordenação do Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFRRJ.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Ao CNPq, FINEP e FAPEMIG pelo suporte financeiro.

À UFRRJ, minha “segunda casa”, pelas oportunidades, pelos amigos e por me abrir as portas para o mundo.

À UFV pela recepção carinhosa, apoio e oportunidade.

Aos professores pelas lições, incentivo e amizade.

A todos que participaram de alguma forma deste momento, ou melhor, que sonharam comigo, o meu muito obrigada!

## SUMÁRIO

<b>1- INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2- REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
<b>2.1- Batata – características, produção e comércio</b> .....	3
<b>2.2- Processamento mínimo de vegetais</b> .....	6
<b>2.3- Escurecimento enzimático</b> .....	9
<b>2.4- Embalagens ativas para alimentos</b> .....	12
2.4.1- Embalagens antimicrobianas.....	15
2.4.2- Embalagens antioxidantes.....	17
<b>3- MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	18
<b>3.1- Preparo da batata minimamente processada</b> .....	18
3.1.1- Seleção da matéria-prima.....	18
3.1.2- Processamento mínimo da batata.....	18
<b>3.2- Preparo do filme</b> .....	19
<b>3.3- Avaliação da migração</b> .....	19
3.3.1- Migração do ácido cítrico.....	20
3.3.2- Migração do ácido sórbico.....	20
3.3.3- Migração da cisteína.....	20
<b>3.4- Avaliação das alterações da batata minimamente processada durante o armazenamento</b> .....	21
3.4.1- Análises físicas e físico-químicas.....	21
3.4.2- Avaliação da qualidade microbiológica.....	22
<b>3.5- Planejamento experimental</b> .....	22
<b>4- RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	23
<b>4.1- Rendimento do processamento da batata</b> .....	23
<b>4.2- Espessura dos filmes intercalados às batatas</b> .....	23
<b>4.3- Avaliação da migração</b> .....	23
4.3.1- Migração do ácido cítrico.....	23
4.3.2- Migração do ácido sórbico.....	24
4.3.3- Migração da cisteína.....	26
<b>4.4- Avaliação das alterações da batata minimamente processada durante o armazenamento</b> .....	28
4.4.1- Análises físicas e físico-químicas.....	28
4.4.2- Avaliação da qualidade microbiológica.....	38
<b>5- CONCLUSOES</b> .....	45
<b>6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	46
<b>ANEXOS</b> .....	56
<b>Anexo I</b> .....	57
<b>Anexo II</b> .....	59



## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Composição nutricional da batata inglesa crua .....	3
<b>Tabela 2-</b> Dados relativos à produção brasileira de batata inglesa, no período de 1990-2003 .....	4
<b>Tabela 3-</b> Exemplos de agentes antimicrobianos com potencial para uso em embalagens para alimentos .....	15
<b>Tabela 4-</b> Resumo da análise de variância para as variáveis da cor durante a estocagem de batatas minimamente processadas .....	28
<b>Tabela 5-</b> Resumo da análise de variância para os parâmetros acidez total (%) e pH durante a estocagem de batatas minimamente processadas .....	34
<b>Tabela 6-</b> Resumo da análise de variância para os parâmetros atividade de água e perda de massa (%) durante a estocagem de batatas minimamente processadas .....	36
<b>Tabela 7-</b> Resumo da análise de variância para o crescimento de Fungos filamentosos e leveduras, Psicrotróficos e <i>Staphylococcus</i> coagulase negativa durante a estocagem de batatas minimamente processadas .....	38
<b>Tabela 8-</b> Médias e desvios-padrão para o crescimento de Fungos .....	40
<b>Tabela 9-</b> Médias e desvios-padrão para o crescimento de Psicrotróficos .....	41
<b>Tabela 10-</b> Contagem de Coliformes totais (NMP/g) durante o armazenamento de batatas minimamente processadas .....	42
<b>Tabela 11-</b> Médias e desvios-padrão para o crescimento de <i>Staphylococcus</i> coagulase negativa .....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Reações químicas envolvidas no escurecimento enzimático .....	11
<b>Figura 2-</b> Esquema de preservação de um alimento através do uso do filme ativo comestível .....	14
<b>Figura 3-</b> Fluxograma da produção de batata minimamente processada e intercalada com filme ativo.....	19
<b>Figura 4-</b> Massa fracional do ácido cítrico liberada do filme ativo para o simulante	24
<b>Figura 5-</b> Massa fracional do ácido sórbico liberada do filme ativo para o simulante .....	25
<b>Figura 6-</b> Massa fracional do ácido sórbico liberada do filme ativo (incorporado com mistura) para o simulante .....	26
<b>Figura 7-</b> Curva padrão para cisteína, obtida através da reação com o reagente de Ellman .....	26
<b>Figura 8-</b> Massa fracional da cisteína liberada do filme ativo para o simulante (com valores relativos a 1ª repetição) .....	27
<b>Figura 9-</b> Massa fracional da cisteína liberada do filme ativo (incorporado com mistura) para o simulante .....	27
<b>Figura 10-</b> Variação da atividade da PPO em batatas minimamente processadas durante o armazenamento .....	29
<b>Figura 11-</b> Variação da diferença de cor em batatas minimamente processadas durante o armazenamento .....	30
<b>Figura 12-</b> Batatas sem filme (a) (controle) e intercaladas com filme de ácido cítrico (b) e de cisteína (c) no início do armazenamento a $8^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	31
<b>Figura 13-</b> Batatas sem filme (a) (controle) e intercaladas com filme de ácido cítrico (b) e de cisteína (c) aos 9 dias de armazenamento a $8^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	31
<b>Figura 14-</b> Variação de $b^*$ em batatas minimamente processadas durante o armazenamento .....	32
<b>Figura 15-</b> Variação de $L^*$ em batatas minimamente processadas durante o armazenamento .....	32
<b>Figura 16-</b> Variação de $a^*$ em batatas minimamente processadas durante o armazenamento .....	34
<b>Figura 17-</b> Variação do pH em batatas minimamente processadas durante o armazenamento .....	35
<b>Figura 18-</b> Variação da acidez total (%) em batatas minimamente processadas durante o armazenamento .....	35
<b>Figura 19-</b> Variação da Aa em batatas minimamente processadas durante o	

armazenamento .....	37
<b>Figura 20-</b> Variação da perda de massa (%) em batatas minimamente processadas durante o armazenamento .....	38
<b>Figura 21-</b> Crescimento de Fungos filamentosos e leveduras em batatas minimamente processadas durante a estocagem .....	39
<b>Figura 22-</b> Crescimento de psicrotóxicos em batatas minimamente processadas durante a estocagem .....	41
<b>Figura 23-</b> Crescimento de <i>Staphylococcus</i> coagulase negativa em batatas minimamente processadas durante a estocagem .....	43

## LISTA DE SÍMBOLOS

Aa	Atividade de água;
D	Coefficiente de difusão ( $m^2 \cdot s^{-1}$ );
$\Delta a^*$	variação na cromaticidade no eixo da cor verde (-) para vermelha (+);
$\Delta b^*$	variação na cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+);
$\Delta E$	Diferença de cor;
$\Delta L^*$	variação da luminosidade ou brilho (claro/escuro);
$\sigma$	índice de migração (%);
F. V.	Fonte de variação;
G. L.	Grau de liberdade;
$M_t$	Massa de composto liberada em dado tempo;
$M_\infty$ ou $M_{\text{infinito}}$	Massa de composto no tempo infinito (equilíbrio);
Mistura	Batata intercalada aos filmes incorporados com mistura de ácido cítrico, cisteína e ácido sórbico;
$\mu m$	Micrômetro;
$\mu L$	Microlitro;
nm	Nanômetro;
NMP/g	Número mais provável de microrganismos por grama de amostra;
PPO	Polifenoloxidase;
Q. M.	Quadrado médio;
rpm	Rotações por minuto;
SF	Batata sem filme (controle);
UFC/g	Unidade formadora de colônia por grama de amostra;
0%	Batata intercalada aos filmes sem aditivos;
0,5% CIS	Batata intercalada aos filmes incorporados com 0,5% de cisteína (m/m gel);
2% AC	Batata intercalada aos filmes incorporados com 2% de ácido cítrico (m/m gel);
7% AS	Batata intercalada aos filmes incorporados com 7% de ácido sórbico (m/m gel).

## RESUMO

ENDO, Érika. **Desenvolvimento e avaliação de filme ativo na conservação de batata (*Solanum tuberosum* L.) minimamente processada**. Seropédica: UFRRJ, 2006. 60 f. (Dissertação, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).

A batata minimamente processada tem no escurecimento enzimático o principal fator limitante de sua vida útil, necessitando, portanto, de métodos de prevenção. O presente trabalho objetivou o desenvolvimento de filmes ativos de base celulósica incorporados com agentes antiescurecimento e antimicrobiano, os quais foram utilizados em batatas fatiadas minimamente processadas com o propósito de minimizar o escurecimento enzimático provocado pela Polifenoloxidase (PPO) e retardar o crescimento de microrganismos deteriorantes. Para este fim, batatas da variedade “Monalisa” de tamanho médio, foram selecionadas e armazenadas a  $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  por 12h, para remoção do calor de campo. Após esse período foram pesadas, lavadas, descascadas, fatiadas, sanitizadas, centrifugadas e embaladas. Nesta etapa, parte das amostras foi intercalada com filmes (0%, 2% de ácido cítrico, 0,5% de monoclórato de *L*-cisteína, 7% de ácido sórbico e filme incorporado com os diferentes compostos) e a outra parte acondicionada sem filme intercalado (controle). Todas as amostras foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido, envoltas em filme de PVC e armazenadas a  $8^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  por nove dias. A cada três dias, foram avaliadas a atividade da PPO, cor (coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  e diferença de cor ( $\Delta E$ )), pH, acidez total titulável (%), perda de massa (%), atividade de água ( $A_w$ ) e qualidade microbiológica (Coliformes totais e a  $45^{\circ}\text{C}$ , Fungos filamentosos e leveduras, Psicrotróficos, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Bacillus cereus*). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e à análise de regressão com níveis de 5 e 10% de significância. Observou-se que os tratamentos não diferiram significativamente ( $p > 0,05$ ) para a maioria dos parâmetros avaliados, com exceção da diferença de cor, que apresentou diferença significativa aos 10% de probabilidade, na qual as amostras intercaladas aos filmes de ácido cítrico e de cisteína demonstraram os melhores desempenhos. Verificou-se, também, que houve efeito do tempo de armazenamento ( $p < 0,05$ ), determinante para o escurecimento, perda de massa e crescimento de microrganismos. Concluiu-se, assim, que os filmes incorporados com ácido cítrico ou cisteína possuem potencial para minimizar o efeito do escurecimento enzimático, mantendo a cor original da batata minimamente processada por mais tempo.

**Palavras chave:** embalagem ativa, escurecimento enzimático, conservação, crescimento de microrganismos, processamento mínimo de hortaliças.

## ABSTRACT

ENDO, Érika. **Development and evaluation of active film in the minimally processed potato (*Solanum tuberosum* L.) conservation.** Seropédica: UFRRJ, 2006. 60 f. (Dissertation, Master Science in Food Technology and Science).

The shelf-life of minimally processed potato is usually limited by enzymatic browning. Therefore, this product needs prevention methods against this reaction. The present work aimed to the development of cellulose active films incorporate with antimicrobial and browning inhibitors compounds, which were used in minimally processed sliced potatoes with the purpose of minimizing the enzymatic browning caused by Polyphenoloxidase (PPO) and to delay the growth of decay microorganisms. Potatoes of the variety “Monalisa”, medium size, were selected and stored  $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  by 12 hours, for removal of the field heat. After that, they were weighted, washed, peeled, sliced, sanitized, centrifuged and wrapped. In this stage, part of the samples was inserted with films (0%, 2% of citric acid, 0,5% of *L*-cysteine Hydrochloride Monohydrate, 7% of sorbic acid and incorporate film with all of them) and the other part conditioned without intercalated film (control). All of the samples were conditioned in expanded polystyrene trays, wrapped up in PVC film and stored  $8^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  by nine days. Every three days, they were evaluated for PPO activity, color ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  and color difference ( $\Delta E$ )), pH, titratable total acidity (%), mass loss (%), water activity ( $A_w$ ) and microbiologic quality (total Coliformes and to  $45^{\circ}\text{C}$ , Molds and yeasts, Psychrotrophics, *Staphylococcus* positive coagulase and *Bacillus cereus*). The results were submitted to the variance analysis (ANOVA) and to the regression analysis on levels of 5 and 10% of probability. The treatments didn't differ significantly ( $p > 0,05$ ) for most of the evaluated parameters, except for the color difference, that presented significant difference to the 10% of probability, in which the intercalated samples with citric acid films and cysteine films demonstrated the best results. It was verified, also, that there was effect of the time of storage ( $p < 0,05$ ), decisive for darkness, mass loss and growth of microorganisms. Therefore, concluded that the incorporate films with citric acid or cysteine possess potential to minimize the effect of the enzymatic browning, maintaining the original color of the minimally processed potato by more time.

**Keywords:** Active packaging, enzymatic browning, conservation, growth of microorganisms, minimal processing of vegetables.

## 1- INTRODUÇÃO

A vida moderna, com o seu ritmo acelerado, impõe mudanças no comportamento da população, fato que vem se refletindo, principalmente, nos hábitos alimentares e nas tendências de consumo, podendo ser comprovado pelo aumento das refeições consumidas fora do ambiente doméstico, de uma maneira geral.

Além das mudanças relativas à escassez de tempo, observa-se que outras vêm ocorrendo devido a uma maior conscientização – colaborando para tanto, os estudos científicos divulgados nas últimas décadas e com maior destaque pela mídia - sobre a importância de uma alimentação equilibrada e saudável e sua contribuição para a longevidade e para a qualidade de vida.

Deste modo, somando-se à falta de tempo e à necessidade de consumo de alimentos saudáveis, temos como resultado o aumento do consumo de alimentos prontos, para o consumo ou para o preparo, com características próximas às dos *in natura*. Nesta categoria, incluem-se os vegetais minimamente processados, que vêm experimentando um aumento crescente na demanda devido à praticidade, ao valor nutritivo e às características sensoriais apresentadas. Estes produtos, além de se adequarem às novas necessidades de consumo, constituem uma excelente alternativa para agregar valor às hortaliças, diminuindo as tradicionais perdas pós-colheita, aumentando a renda dos produtores e gerando novos postos de trabalho.

No entanto, para assegurar a sua qualidade e uma vida de prateleira adequada, estes produtos dependem de um processamento realizado dentro das Boas Práticas de Fabricação, do transporte e armazenamento refrigerados e de uma embalagem apropriada.

Segundo SARANTOPÓULOS *et al.* (2001), a importância do sistema de embalagem torna-se nítida à medida que se observa que tais hortaliças têm um metabolismo mais acelerado do que aquelas que se encontram íntegras devido aos tecidos injuriados, que respiram mais e, conseqüentemente, deterioram-se mais depressa, além de serem mais susceptíveis à contaminação e à deterioração por microrganismos.

Outro fator importante que deve ser ressaltado consiste nos problemas específicos que cada hortaliça apresenta, devendo ser controlados pelo processamento e acondicionamento.

Um exemplo que pode ser citado é o da batata, uma das hortaliças de maior importância econômica no Brasil. Atualmente, ela é comercializada principalmente na forma *in natura*, apresentando baixo valor agregado e problemas relacionados às perdas pós-colheita. Diante deste quadro, o processamento mínimo apresenta-se como uma alternativa bastante promissora sendo, entretanto, limitado principalmente pelo escurecimento enzimático decorrente do descascamento e do corte. A fim de evitar, minimizar ou retardar tal reação, o processamento usual utiliza-se de ácidos, antioxidantes (contidos em uma solução onde a batata minimamente processada é imersa em determinada etapa do processamento) e/ou acondicionamento em atmosfera modificada (PINELI, 2004). Entretanto, estas condições usuais demonstram alguns problemas, como o uso limitado de aditivos e o risco deste sistema de embalagem favorecer uma condição de anaerobiose que, além de levar à produção de aromas indesejáveis, decorrentes da fermentação, pode também, criar um ambiente propício ao crescimento de patógenos (como o *Clostridium botulinum*).

Neste contexto, as embalagens ativas surgem como uma saída para disponibilizar, ao mesmo tempo, um produto mais saudável e com maior vida de prateleira. Baseadas na liberação gradual de substâncias, elas conferem ao alimento a manutenção da qualidade e com menos conservantes químicos, indo ao encontro das expectativas do consumidor.

O presente estudo teve por objetivo desenvolver e avaliar o comportamento de filmes celulósicos ativos quanto à migração dos compostos incorporados (agentes antiescurecimento e antimicrobianos) em meio simulante e quanto aos seus efeitos sobre o escurecimento enzimático e crescimento de microrganismos em batatas fatiadas minimamente processadas, estocadas durante 9 dias na temperatura de  $8^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .



## 2- REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1- Batata – características, produção e comércio

A batata inglesa (*Solanum tuberosum L.*), também conhecida como batatinha, batata americana, papa, patata etc., é um tubérculo da família *Solanaceae*, originária da região Andina da América do Sul onde é cultivada a mais de 8000 anos (MELO, 1999; ROWE, 1993; ICEA, 1987). Das 2000 espécies conhecidas do gênero botânico *Solanum*, cerca de 160 a 180 espécies são vegetais tuberosos importantes e, das 8 espécies cultivadas para alimentação, somente a *S. tuberosum* é amplamente cultivada em todo o mundo. Sua disseminação começou em torno de 1570, quando foi levada à Europa pelos espanhóis, não sendo, entretanto, prontamente incluída na dieta alimentar dos europeus. Séculos mais tarde, tornou-se parte vital da alimentação na Irlanda, observando-se que, por volta de 1700, muitos camponeses estavam sobrevivendo quase que exclusivamente de uma dieta à base de batata e leite. Assim, devido à sua importância para o povo irlandês, ficou conhecida como “batata inglesa” (“*irish potato*”) (SIECZKA, 2000; ROWE, 1993).

O elevado consumo está baseado em sua composição nutricional (Tabela 1), versatilidade gastronômica e tecnológica e nos preços acessíveis (AGRIANUAL, 1996 citado por COELHO *et al.*, 1999). Em relação à composição nutricional, estudos indicam que a batata é composta por, aproximadamente, 75 a 80% de água, 20 a 23% de carboidratos e, conteúdo protéico em torno de 2% que, apesar de relativamente baixo, constitui uma proteína de alta qualidade. Em relação aos carboidratos, cerca de 80% do seu valor corresponde ao amido que, por sua vez, é constituído por amilopectina (75–79%) e amilose (21–25%). A importância do seu valor nutricional, demonstrada pela dieta irlandesa, ainda é subestimada por muitos consumidores, que desconhecem, inclusive, que esta tuberosa seja uma boa fonte das vitaminas C e B<sub>6</sub>, potássio e fibras (SIECZKA, 2000).

**Tabela 1** – Composição nutricional da batata inglesa crua.

Componentes	Quantidade em 100g
Valor calórico (Kcal)	78,50
Carboidratos (g)	17,60
Proteínas (g)	1,80
Lipídios (g)	0,10
Cálcio (mg)	9,00
Fósforo (mg)	69,00
Ferro (mg)	1,00
Sódio (mg)	47,40
Potássio (mg)	394,40
Magnésio (mg)	46,00
Enxofre (mg)	43,00
Cobre (mg)	0,05
Zinco (mg)	0,20
Iodo (mcg)	5,00
Retinol (mcg)	6,00
Tiamina (mcg)	90,00
Riboflavina (mcg)	30,00
Niacina (mg)	1,50
Acido ascórbico (mg)	17,40

Fonte: FRANCO (1995)

Assim, devido aos seus atributos, a batata é atualmente um dos cultivares de maior importância na nutrição humana, ocupando a 3ª posição no ranking da produção mundial, ficando atrás do arroz e do trigo (PINELI, 2004). É cultivada em mais de 125 países, com uma área superior a 44 milhões de acres (cerca de 160.522 Km<sup>2</sup> ou 17.806.196 hectares) e uma produção anual em torno de 250 milhões de toneladas, com a China se destacando como o maior produtor (RESENDE *et al.*, 1999; ROWE, 1993). No âmbito da América do Sul, a produção concentra-se na Colômbia, Peru, Brasil e Argentina, sendo o Brasil o terceiro país com maior área cultivada, cerca de 181 mil hectares.

Em território brasileiro, a concentração dessa produção ocorre nas Regiões Sul e Sudeste, com destaque para os estados de Minas Gerais, Paraná, São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (RESENDE *et al.*, 1999), cujos desempenhos encontram-se expostos na Tabela 2.

A batata confere ao produtor brasileiro a vantagem de ser cultivada quase o ano inteiro, fato que está condicionado, no entanto, ao clima favorável, ao cultivo e à irrigação suficiente. Seu plantio geralmente é realizado em três épocas distintas, na das “águas” (de setembro a outubro), na “seca” (entre fevereiro e março) e no inverno (de maio a junho), com a colheita efetuada nos períodos de dezembro a janeiro, maio a junho e entre setembro e outubro, respectivamente (ICEA, 1987).

Tal situação, somada aos seus atributos tão apreciados, a torna a hortaliça de maior importância econômica para o país, sendo comercializada principalmente “in natura”, com o comércio na forma industrializada representando uma fatia ainda pouco significativa (PINELI, 2004; PINTO, 1999).

**Tabela 2-** Dados relativos à produção brasileira de batata inglesa, no período de 1990-2003

Ano	Brasil			Maiores estados produtores									
	Produção (1000 ton)	Área colhida (1000 ha)	Rendimento médio (Kg/ha)	Minas Gerais		São Paulo		Paraná		Rio Grande do Sul		Goiás	
				Prod (1000 ton)	Área (1000 ha)	Prod (1000 ton)	Área (1000 ha)	Prod (1000 ton)	Área (1000 ha)	Prod (1000 ton)	Área (1000 ha)	Prod (1000 ton)	Área (1000 ha)
1990	2.233,7	158,3	14.108,4	535,1	28,3	505,9	25,1	616,5	41,3	339,5	41,7	13,4	0,5
1991	2.267,0	161,6	14.026,4	509,0	25,5	582,0	27,4	645,8	41,6	323,5	45,5	2,5	0,1
1992	2.432,1	173,2	14.043,2	528,7	27,5	567,9	26,7	671,0	44,0	419,3	51,6	7,5	0,3
1993	2.367,6	162,1	14.609,0	608,4	29,1	487,8	25,6	619,0	40,6	393,2	44,2	6,7	0,1
1994	2.488,5	171,9	14.480,2	619,1	30,2	529,0	27,4	643,9	45,1	401,6	45,4	5,3	0,2
1995	2.692,2	176,8	15.230,4	704,8	33,3	591,8	27,8	628,4	43,9	478,7	48,2	12,5	0,5
1996	2.412,5	164,7	14.650,6	695,8	34,7	530,0	27,7	726,3	49,4	256,7	37,6	12,7	0,7
1997	2.670,5	174,8	15.274,8	777,5	37,4	591,8	29,0	661,8	45,4	450,2	48,0	25,1	1,0
1998	2.784,2	178,0	15.643,9	986,0	44,1	640,2	29,0	588,9	43,6	361,4	46,0	51,0	1,6
1999	2.905,0	176,5	16.460,4	991,3	44,7	676,1	31,4	612,2	41,4	401,3	42,8	52,2	1,8
2000	2.606,9	151,7	17.181,3	707,6	33,1	633,5	27,7	648,4	36,4	389,6	39,2	30,2	1,2
2001	2.848,7	154,0	18.499,7	860,5	36,6	741,1	32,2	582,4	32,1	384,6	37,1	61,1	1,7
2002	3.126,4	161,1	19.403,8	943,8	39,5	726,7	31,5	659,2	33,8	384,1	35,9	161,6	4,5
2003	3.070,2	149,9	20.480,7	1.019,9	39,9	863,6	33,6	614,9	32,5	313,1	28,6	-	-

Fonte: MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (acesso em 2005).

O comércio na forma íntegra, apesar de amplamente praticada no Brasil, apresenta alguns problemas, decorrentes do próprio comportamento do tubérculo. Por possuir tecido dermal (casca) com pouco volume gasoso intercelular (0,5 a 1,0% v/v) e alta firmeza, a batata possui uma certa proteção contra a desidratação, apresentando também, pelos mesmos motivos, susceptibilidade a injúrias por impacto e abrasão. (CALBO & NERY, 1994 citados por CALBO, acesso em 2005). Além disso, é altamente perecível (quando comparada aos grãos), requerendo um armazenamento

planejado e operado de maneira efetiva e econômica para limitar prejuízos na qualidade e na quantidade (SIECZKA, 2000).

Estas perdas, por sua vez, ocorrem dentro de um contexto que engloba o manuseio, o mercado e o consumidor, podendo ser de natureza física – pela redução da quantidade do produto disponível – e, de natureza econômica, devido à redução do seu valor comercial. Este conceito varia de acordo com o sistema de produção, representando para o produtor a redução da produtividade ou qualidade, decorrente da incidência de pragas, doenças etc.; para o beneficiador a quantidade descartada (devido aos defeitos) e o percentual de classificados de menor valor comercial; para o comerciante (varejistas, atacadistas) os descartes e as oscilações na demanda e, para o consumidor, a redução na qualidade nutricional e a deterioração durante o armazenamento doméstico (HENZ, 2004).

A quantificação das perdas é de difícil previsão e depende de uma série de fatores, como cultivar, época do ano, oscilações climáticas, processo de beneficiamento, ponto inadequado de colheita, cura não realizada, falta de mercado para comercialização, manuseio inadequado, exposição à luz direta por tempo prolongado, temperatura excessiva durante o armazenamento, empilhamento, embalagens e transporte inadequados, incidências de pragas e doenças etc. (HENZ, 2004; FONTES & FINGER, 1997).

No Brasil as principais causas apontadas por diferentes pesquisadores no período de 1971 a 1994, incluem a demora entre a compra e a venda, produtos com danos mecânicos, causas fisiológicas (esverdeamento, com produção de glicoalcalóide, espécie de toxina termoresistente), doenças (podridões), transporte inadequado, falta de aeração, preços desfavoráveis ao produtor, falta de orientação do mercado etc. (HENZ, 2004).

De uma maneira resumida, observa-se que as perdas são reduzidas quando se inicia corretamente o processo “práticas culturais – colheita – cura – classificação – embalagem – atacado/varejo – consumidor” e, quando este é entendido como um sistema único. Esta redução pode significar maior disponibilidade de alimentos com custos mais baixos, pois do local de produção até o consumidor há uma grande valorização dos produtos e, conseqüentemente, qualquer perda após a colheita resulta em acréscimo no custo da comercialização (YAMASHITA, 2004; FONTES & FINGER, 1997).

Outra alternativa para reduzir as perdas pós-colheita consiste no processamento, que é requerido em maiores proporções à medida que há aumento de produção e conseqüente necessidade de preservação do produto (TALBURT & SMITH, 1975). De uma maneira geral, a indústria de processamento da batata vem crescendo em todo o mundo, inclusive no Brasil, com especial atenção aos produtos de consumo direto (“ready to eat”) ou prontos para o preparo (“ready to use”). Nos Estados Unidos e na Holanda, 60% de sua produção é industrializada, enquanto que no Brasil, apenas 1,5 a 2% da produção é destinada a este fim. Este baixo aproveitamento industrial está relacionado aos problemas com matéria-prima, que apresenta alta concentração de açúcares redutores, tornando-se inapropriada à industrialização e substituída por matéria-prima importada (RODRIGUES, 1990 e VENDRUSCOLO, 1998 citados por ZORZELLA *et al.*, 2003).

Quando o tubérculo apresenta alto teor de açúcares redutores, há uma reação entre estes açúcares e os aminoácidos (Reação de Maillard), que leva ao escurecimento do produto final, o que deprecia ou, em alguns casos, até impede a sua comercialização. Para fritura da batata, o teor máximo tolerado de açúcares redutores nos tubérculos é de 0,2% (COELHO *et al.*, 1999).

Além da qualidade interna, o formato e o tamanho do tubérculo também são importantes para o processamento. Na produção de fatias ou lâminas, para obter um bom rendimento e um bom aspecto final do produto, os tubérculos devem ser preferencialmente redondos, e ainda levemente achatados ou ovalados, grandes ou graúdos, com diâmetro transversal de 55 a 60 mm (MELO, 1999).

Desta maneira, observa-se que a variedade da batata é o principal fator que define sua aplicação. Entre as principais variedades comercializadas estão: Achat e Mondial, indicadas para cozimento, Asterix, Baraka e Bintje para cozimento, massa e fritura, Monalisa (para cozimento e massa) e as de uso industrial, Atlantic e Panda, adequadas para fritura e “chips” (FAEP, acesso em 2005). Assim, dependendo de suas características, podem ser obtidos vários produtos, divididos em dois segmentos, o dos desidratados e o dos congelados. Alguns dos produtos desidratados (féculas, grânulos, flocos e farinha) são utilizados pela indústria de alimentos na produção de pães, em sopas e molhos (como agente espessante), na formulação de produtos instantâneos (purê, pudins, sopas) entre outras aplicações. Ainda nesta categoria, estão incluídos produtos como cubos desidratados e batata frita, comercializada na forma de “chips” (fatias finas) ou palha (ralada). Os produtos conservados pela refrigeração e congelamento incluem as batatas pré-fritas congeladas, purê de batatas congelado, batatas descascadas, minimamente processadas etc. As batatas pré-fritas congeladas representam um segmento de mercado em expansão (no Brasil, estes produtos geralmente são importados dos Estados Unidos, Holanda, Canadá, França e Argentina); entretanto, a implantação de suas unidades industriais exige um investimento elevado, relacionado principalmente ao custo dos equipamentos.

A batata minimamente processada, devido aos seus atributos tão apreciados, principalmente, em relação à comodidade e à redução de desperdícios, tem o seu comércio em crescente expansão, apresentando, ainda, vantagem adicional sobre os produtos pré-fritos congelados, condicionado ao menor custo para implantação das unidades industriais (BERBARI & AGUIRRE, 2002).

## **2.2- Processamento mínimo de vegetais**

O aumento da demanda por alimentos de alta qualidade, com longa vida-de-prateleira e prontos para o consumo tem estimulado o desenvolvimento de produtos obtidos por processos brandos, para que mantenham a aparência natural por mais tempo e, conservem, também, os nutrientes (vitaminas, minerais e outros fitoquímicos) importantes para a saúde de quem os consomem. É neste contexto que se desenvolve o setor de frutas e hortaliças minimamente processadas (TOURNAS, 2005; GERALDINE, 2004; YAMASHITA, 2004; GUILBERT *et al.*, 1996).

Para serem denominados como minimamente processados, os produtos devem conter tecidos vivos ou sofrerem leve modificação nas suas características originais, aparentando frescor e mantendo sua qualidade (WILEY, 1994 citado por PILON, 2003; KING Jr & BOLIN, 1989). Desta forma, o processamento mínimo, compreende, de uma maneira geral, as etapas de classificação, lavagem, corte, higienização com água clorada, centrifugação, embalagem e armazenamento (CARNELOSSI *et al.*, 2004; LAURILA & AHVENAINEN, 2002).

A comercialização dos produtos submetidos ao processamento mínimo, também denominados “fresh-cut” é recente. Nos países desenvolvidos, como EUA, França e Inglaterra, o mercado para esses produtos experimentou um rápido crescimento no início da década de 90 e, atualmente, apresenta-se amplo, com grande demanda (YAMASHITA, 2004; DAY & GORRIS, 1993 citados por AHVENAINEN, 1996). No

Brasil, a comercialização está concentrada nos grandes centros urbanos, mas segue a tendência da crescente busca dos consumidores por alimentos frescos, saudáveis, práticos e de fácil consumo (YAMASHITA, 2004; DANTAS, 2001). Esta perspectiva otimista em relação ao mercado tem um bom argumento, pois estudos desenvolvidos por VILELA & HENZ (2000) citam que em 1998 o agronegócio foi o setor que mais contribuiu para a produção brasileira, movimentando US\$ 281 bilhões (35% do PIB), com 9,4% ou cerca de US\$ 9.750 milhões correspondendo à comercialização de frutas e hortaliças. Nos EUA, em 2003, o mercado das saladas minimamente processadas cresceu em torno de 9%, com vendas estimadas em 2,3 bilhões de dólares (MORETTI, 2004).

Dentre os produtos encontrados no mercado, podem ser citados a alface, o agrião, a rúcula, o espinafre, a cenoura, a couve-flor, o brócolis, a cebola, o pimentão, o repolho e suas combinações em saladas mistas, além de frutas. Sua comercialização é feita em porções de varejo ou no mercado institucional (restaurante, hotéis, “fast-food” etc.), tendo como chamariz o fato de dispensarem preparação posterior por parte do consumidor, no que se refere à seleção, limpeza, lavagem ou cortes, além de reduzir praticamente todo o desperdício (GERALDINE, 2004; YAMASHITA, 2004; DANTAS, 2001; SARANTÓPOULOS *et al.*, 2001).

Entretanto, este processamento, embora mínimo frente a tratamentos como pasteurização, esterilização e congelamento, torna as frutas e hortaliças mais susceptíveis à deterioração quando comparadas à forma íntegra, fato que ocorre devido à perda da casca, considerada uma barreira física contra a penetração dos microrganismos. Outros fatores também contribuem para a deterioração, como o corte dos tecidos (com liberação de nutrientes, favorecendo o crescimento de microrganismos) e o manuseio excessivo, que provocam o rompimento dos tecidos e a mistura do conteúdo celular, acarretando inúmeras reações químicas, oxidativas ou não (CHITARRA, 1998 citado por PILON, 2003; SARANTÓPOULOS *et al.*, 2001; HUXSSOL & BOLIN, 1989; KING Jr & BOLIN, 1989).

As frutas e hortaliças, mesmo após a colheita, continuam realizando reações metabólicas, destacando-se entre elas, a respiração. Para respirarem, os vegetais utilizam nutrientes que, antes de serem colhidos, eram fornecidos pela seiva e, que após esta etapa estão presentes em quantidade limitada. Como os compostos consumidos não são repostos, inicia-se o processo de deterioração, intimamente ligado às taxas respiratórias, com a degradação acelerada à medida que tais taxas são elevadas. Assim, para aumentar a vida de prateleira de frutas e hortaliças *in natura* ou minimamente processadas, deve-se abaixar a sua atividade metabólica como um todo, atentando especialmente para a taxa respiratória (YAMASHITA, 2004).

Estudos relatam que quando a temperatura de armazenamento aumenta de 0 a 10°C, a taxa de respiração aumenta significativamente, com o valor de  $Q_{10}$  (valor relacionado ao aumento da velocidade de reação, neste caso, da deterioração) variando de 3,4 a 8,3 entre vários vegetais minimamente processados, indicando que o armazenamento realizado em temperaturas baixas é essencial para manter a qualidade (WATADA *et al.*, 1996). ALMEIDA *et al.* (2004) compararam o comportamento respiratório de batatas da cultivar Asterix na forma minimamente processada e intacta, em temperaturas de 5°C e 15°C, observando que na forma processada os tubérculos apresentaram taxas respiratórias superiores aos da batata intacta, acarretando em um maior consumo das reservas energéticas. Os autores observaram, ainda, que o armazenamento sob a temperatura de 5°C foi o mais adequado para diminuir o metabolismo e aumentar a vida de prateleira das batatas minimamente processadas.

Entretanto, cerca de 40% dos produtos frescos comercializados são sensíveis ao frio, sendo prejudicados quando mantidos na temperatura injuriante. Assim, deve ser ponderado se a temperatura utilizada é a mais adequada ao produto; no caso em que a hortaliça em questão é mantida por um curto período e é altamente perecível quando comparada à similar *in natura*, a temperatura que causa a injúria é preferida àquela que provoca uma rápida deterioração natural (IZUMI & WATADA, 1995).

Segundo BALDWIN *et al.* (1995), os minimamente processados, de uma maneira geral, são também altamente susceptíveis à perda de peso, devido à exposição do tecido interno e à perda da casca ou cutícula, podendo ser contornada pela utilização de sacos plásticos, recipientes cobertos com filme ou pelo uso de revestimentos comestíveis.

Além disso, estes alimentos estão sujeitos a alterações de natureza microbiológica que, além de limitarem a vida de prateleira, comprometem, perigosamente, a segurança do produto, representando um risco à saúde dos consumidores.

Os vegetais frescos podem ser facilmente contaminados durante o cultivo, a colheita, o transporte, a comercialização e a manipulação por consumidores. Alguns dos fungos encontrados em vegetais frescos e brotos são potencialmente toxigênicos, podendo produzir micotoxinas durante seu crescimento, enquanto outros são patogênicos aos humanos, representando um perigo direto. Estudos realizados com saladas e brotos (de alfafa, feijão, cebola etc.) prontos para o consumo, revelaram a presença de fungos como *Alternaria*, *Fusarium* e *Phoma*, além de uma contagem elevada de *Penicillium* em brotos, indicando a sua habilidade de crescimento sob temperaturas de refrigeração e, um potencial para produzir micotoxinas durante a comercialização. Outro dado observado neste mesmo estudo indicou que a contagem de leveduras também foi elevada e preocupante, especialmente pelo fato das espécies patogênicas estarem presentes (TOURNAS, 2005).

Outras pesquisas relacionadas aos produtos minimamente processados têm demonstrado a capacidade dos microrganismos patogênicos anaeróbicos de crescerem e produzirem toxinas nestes alimentos, especialmente os de baixa acidez e acondicionados em ambiente com baixa concentração de O<sub>2</sub> e sob temperaturas próximas a 4°C. Entretanto, deve ser enfatizado que tal situação ocorre à medida que abusos são cometidos no sistema de produção e comercialização, tais como falhas na compreensão e implementação do programa APPCC, uso de temperaturas elevadas durante o processamento, embalagem em ambientes inadequados, defeitos na selagem, tempo de distribuição prolongado etc. (BRODY, 1998).

Como pode ser observado, apesar do processo ser aparentemente simples, há uma série de observações a serem realizadas para que os produtos apresentem o frescor esperado, mantenham seu valor nutricional e tenham uma vida de prateleira comercialmente viável (GERALDINE, 2000; HUXSOLL & BOLIN, 1989). Assim, dentre os vários pontos importantes no processamento mínimo, considerados como fatores-chave, destacam-se a qualidade da matéria prima, da água utilizada (sensorial, microbiológica e pH), o ambiente de processamento (climatizado, com uso de baixas temperaturas), o manuseio cuidadoso durante as etapas do processamento (descascamento, corte, fatiamento etc.) para minimizar as injúrias, as superfícies para processamento, os manipuladores, os métodos adequados de embalagem e o controle da temperatura e umidade durante a distribuição e a comercialização (ANDRADE *et al.*, 2004, AHVENAINEN, 1996).

A viabilidade técnica e comercial destes produtos dependem, também, da eficiência da embalagem, que além de proteger contra danos mecânicos e fisiológicos,

funciona como uma importante ferramenta de Marketing nos pontos de venda. Conscientes da sua importância, alguns processadores aceitam gastos relativos à embalagem que estejam na faixa de 25 a 35% do custo total. (LIMA, 2004; YAMASHITA, 2004; NANTES & LEONELLI, 2000; MYERS, 1989).

Os principais sistemas de embalagens utilizados para os produtos minimamente processados estão baseados na aplicação da atmosfera modificada (aplicação de vácuo, mistura de gases, absorvedores, dentre outros) que, devido às concentrações reduzidas de oxigênio, promove uma redução do metabolismo vegetal, diminuindo a respiração, a senescência e o amaciamento do tecido. Este sistema, por sua vez, depende do produto em questão, pois a escolha do filme baseia-se nas características inerentes ao produto (taxa de respiração, temperatura de armazenamento etc.) que determinam a permeabilidade, superfície e espessura do filme a ser utilizado. As embalagens utilizadas para embalar vegetais frescos baseiam-se em filmes com permeabilidade seletiva, microperfurados, laminados, incorporados com metais (prata), dentre outros materiais.

Apesar da sua eficiência para reduzir as reações deteriorativas e estender a vida de prateleira do produto, os sistemas de embalagem com atmosfera modificada devem ser empregados com cautela, visto que pode levar à anaerobiose, conferindo aromas e sabores desagradáveis aos vegetais, além de favorecer o crescimento de microrganismos patogênicos anaeróbicos (MORETTI, 2004, SARANTÓPOULOS *et al.*, 2001; HUXSOLL & BOLIN, 1989; RONK *et al.*, 1989).

A escolha da embalagem, como mencionado anteriormente, é de fundamental importância, visto que pode contribuir, no caso da batata, na inibição do seu escurecimento resultante da ação de enzimas (polifenoloxidasas e peroxidase), reação que além de modificar a cor, causando impacto visual negativo, também gera perdas na qualidade nutricional dos vegetais minimamente processados (LEE, 2000; HUXSOLL & BOLIN, 1989; KING Jr. & BOLIN, 1989).

### **2.3- Escurecimento enzimático**

A aparência, o sabor, a textura e o valor nutricional são os principais atributos considerados pelos consumidores no momento da escolha dos alimentos. A aparência, que é significativamente influenciada pela cor, é um dos primeiros atributos utilizados pelos consumidores na avaliação da qualidade do produto. A cor, por sua vez, pode ser influenciada pela presença natural de pigmentos (clorofilas, carotenóides, antocianinas etc.) no alimento ou devido às reações de escurecimento de natureza não enzimática ou enzimática.

As reações não enzimáticas compreendem a reação de Maillard (entre açúcares redutores e grupos amina), as reações auto-oxidativas dos compostos fenólicos e a reação de formação de complexos ferro-fenól. O escurecimento enzimático é uma das reações mais importantes que afetam frutas, vegetais e pescados, sendo catalisada principalmente pela polifenoloxidase (PPO) que, dependendo do substrato, recebe o nome de fenoloxidase, fenolase, monofenol oxidase, difenol oxidase ou tirosinase. Devido a sua importância, é uma das reações mais estudadas nos alimentos afetados, despertando interesse dos pesquisadores de Ciência dos Alimentos, Horticultura, Fisiologia Vegetal e da Pós-Colheita, Microbiologia, Fisiologia dos Crustáceos e Insetos etc. (MARSHALL *et al.*, 2000; MARTINEZ & WHITAKER, 1995).

Metade da produção mundial de frutas e hortaliças é perdida devido às reações deteriorativas após a colheita. A PPO contribui para estas perdas, atuando após a ocorrência de danos mecânicos, cortes ou outros tipos de injúrias à célula. A célula

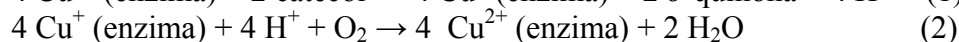
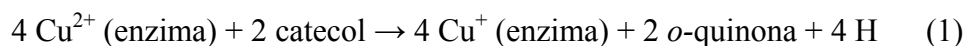
injurizada tem, por sua vez, as paredes e membranas corrompidas, comprometendo a separação física entre as enzimas (localizadas nos plastídeos) e os substratos fenólicos (presentes nos vacúolos), favorecendo, assim, a reação de escurecimento (LEE, 2000; MARSHALL *et al.*, 2000; MARTINEZ & WHITAKER, 1995).

A literatura cita entre as formas de descascamento empregadas para matérias-primas tais como batata, o descascamento químico (com soda cáustica em temperaturas de 87 a 93°C), mecânico (por abrasão), físico (através de vapor e jatos de água) e manual. A primeira forma apresenta o inconveniente de conferir ao produto uma camada superficial com o aspecto de “cozido”, sendo, no entanto, menos agressiva aos tecidos do que o descascamento por abrasão, conferindo, portanto menor escurecimento enzimático. O método por abrasão (em tambores rotativos), apesar de danificar as paredes celulares dos vegetais, é amplamente empregado nas indústrias devido ao volume de matéria-prima e pela velocidade exigida no processamento; os danos provocados por este método, geralmente são compensados pelo uso de soluções com agentes antioxidantes (usadas no tratamento do tambor e na imersão dos produtos) combinadas à aplicação do sistema de embalagem com atmosfera modificada. O descascamento manual, com facas afiadas, apresenta-se como a forma mais indicada para minimizar os distúrbios aos tecidos vegetais e a promoção da reação entre a polifenoloxidase e os substratos fenólicos (GOMES, 1997; GUNES & LEE, 1997; AHVENAINEN, 1996; SMITH, 1977).

Em algumas situações a reação catalisada pela PPO é desejável, visto que pode conferir ao alimento algumas propriedades sensoriais características e importantes, como o observado, por exemplo, na produção de uvas passas e folhas de chá fermentadas (LEE, 2000; MARSHALL *et al.*, 2000; MARTINEZ & WHITAKER, 1995).

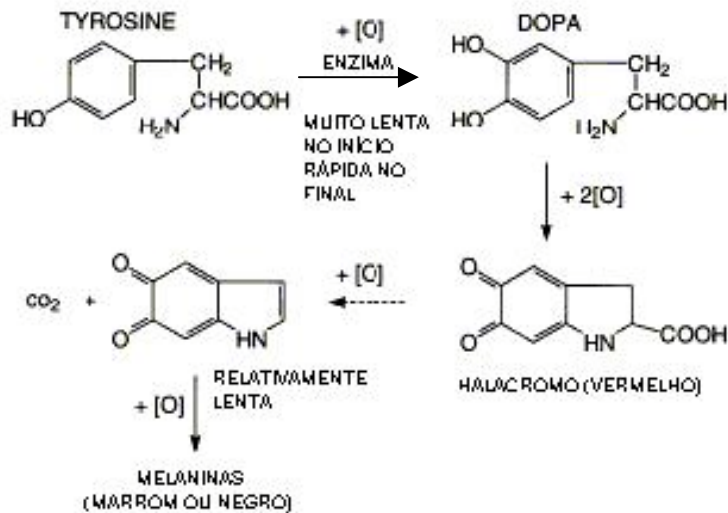
O mecanismo de reação da PPO ainda não está completamente elucidado. Entretanto, sabe-se que o cobre é o seu grupo prostético, com a ação catalítica baseada na mudança de valência de cúprico para cuproso. A forma como esta mudança ocorre e suas conseqüências são descritas a seguir.

Quando a enzima é isolada no seu estado natural, o cobre encontra-se na forma cuprosa, oxidando-se rapidamente à forma cúprica na presença de *o*-dihidroxi fenóis. O substrato, por sua vez, é oxidado pela perda de 2 elétrons e 2 prótons. Os 2 elétrons são tomados, então, pelo cobre da enzima, que passa para o estado cuproso. A enzima no estado cuproso transfere rapidamente estes elétrons para o oxigênio, formando H<sub>2</sub>O com os prótons liberados anteriormente, provocando, desta maneira, o retorno da enzima ao estado cúprico. Esta reação de dois estados pode ser representada pelas equações (1) e (2).



Apesar do mecanismo de formação de pigmentos através dos substratos fenólicos não ser completamente conhecido, estudos indicam que as polifenoloxidasas iniciam o processo de escurecimento através da promoção da oxidação e desidrogenação dos compostos fenólicos, levando à formação dos produtos intermediários denominados *o*-quinonas, de coloração marrom-avermelhado. Estes compostos são altamente reativos e provocam uma série de reações não-enzimáticas, resultando na produção das melaninas, pigmentos insolúveis e de coloração marrom-escuro (LEE, 2000). A reação é ilustrada na Figura 1.





**Figura 1** – Reações químicas envolvidas no escurecimento enzimático.  
 Fonte: BUSCH (1999)

Dentre os vários fatores que determinam a taxa do escurecimento enzimático, destacam-se: a concentração da PPO e dos compostos fenólicos, pH (dependente do substrato e da fonte da enzima), temperatura e disponibilidade de oxigênio. Desta maneira, a fim de evitar os danos causados pela PPO, são utilizados métodos como a inativação pelo calor (tratamento térmico suave); inibição da enzima; exclusão, remoção ou transformação dos substratos (oxigênio e fenóis); diminuição do pH; adição de antioxidantes e hidrólise da PPO com proteases (LEE, 2000; MARSHALL *et al.*, 2000; BUSCH, 1999; MARTINEZ & WHITAKER, 1995).

No caso dos vegetais minimamente processados, a inativação pelo calor não é usual, restando como alternativas as outras opções mencionadas. Apesar de muitos compostos inibirem a atividade da PPO, somente um número limitado de inibidores é aceito, visto que sua escolha é baseada na segurança e no custo para o controle do escurecimento durante o processamento (LEE, 2000). Em geral, existem cinco tipos principais de inibidores, fundamentados nas suas características químicas. Entre estes compostos, estão os agentes redutores (sulfitos, ácido ascórbico, ácido eritórbito), os agentes quelantes que complexam íons metálicos pró-oxidativos como o ferro e o cobre (ácido cítrico e seus sais, os polifosfatos e EDTA), os acopladores da quinona (cisteína e glutatona), os substratos análogos (ácido cinâmico, ácido benzóico) e os compostos mistos, tais como 4- hexilresorcinol e polivinilpirrolidona (LEE, 2000; DZIEZAK, 1986).

Os sulfitos (dióxido de enxofre, sulfito de sódio, bissulfito e metabissulfito de sódio e potássio) demonstram eficácia no controle do escurecimento resultante de reações enzimáticas, como observado para alimentos como guacamole (produto à base de abacate) e também para o escurecimento de origem não enzimática, como é verificado em batatas desidratadas e frutas secas. Entretanto, seu uso vem sendo limitado a quantidades cada vez menores, como consequência dos estudos que os relacionam às crises asmáticas sofridas por uma parcela dos consumidores (LEE, 2000; LANGDON, 1987; DZIEZAK, 1986). Desta forma, há uma crescente procura por compostos que possam substituí-lo satisfatoriamente, sem causar danos à saúde da população. Dentre as alternativas promissoras, inclusive para aplicação em batatas minimamente processadas, destacam-se as combinações entre o ácido ascórbico e cítrico, *L*-cisteína e ácido cítrico, ácido ascórbico, cítrico e eritórbito entre outras,

combinadas à redução da temperatura de armazenamento (PINELI, 2004; GUNES & LEE, 1997; LANGDON, 1987).

O ácido cítrico, de ocorrência natural em plantas, microrganismos e animais, é utilizado para potencializar a ação dos antioxidantes primários e removedores de oxigênio em níveis de 0,1 a 0,3% . É reconhecido como seguro (GRAS- Generally recognized as safe) pelo FDA, sendo considerado um sequestrante altamente efetivo, complexando com íons metálicos em óleos e gorduras em níveis de 0,005 a 0,2%, além de utilizado em outros alimentos, tais como pescados. Nestes produtos, ao ser empregado com o ácido ascórbico, é capaz de quelar pró-oxidantes da rancidez e inativar enzimas responsáveis pela deterioração (ARAÚJO, 2004; DZIEZAK, 1986).

A cisteína (2-amino-3-ácido mercaptopropanóico) é um aminotiól biologicamente importante nos sistemas vivos. Sua forte interação com metais está relacionada aos seus três centros reativos: grupo carboxílico, amino e centro com enxofre (SHARMA *et al.*, 2006; TEIXEIRA *et al.*, 2005). Entre as suas várias funções, destacam-se: ação como reagentes redutores, sequestrantes de oxigênio reativo (espécie de radical livre), precursores para glutathione reduzida intracelular, indutores de desintoxicação celular (através da interação com o cobre e o cobalto) etc. (FRIEDMAN, 1996). Sua aplicação em alimentos, para minimizar o escurecimento enzimático, vem sendo estudada em vários produtos, como maçãs, batatas, uvas etc. (RAPEANU *et al.*, 2006; MOLNAR-PERL & FRIEDMAN, 1990); entretanto, sua aplicação comercial, no Brasil, restringe-se aos produtos de panificação, com a ANVISA (BRASIL, 1999a) estabelecendo o limite máximo de 0,009 g de cloridrato de cisteína por 100 g de produto.

#### **2.4- Embalagens Ativas para alimentos**

O uso de embalagens para prolongar a vida de prateleira dos alimentos não constitui uma prática recente. Povos antigos descobriram junto com o advento da atividade rural, criação de animais e cultivo de cereais, a necessidade de estocar o alimento e mantê-lo em condições adequadas até o momento do consumo. Desta maneira, tonéis de madeira, potes de barro, cestas tecidas com gramíneas e, eventualmente, recipientes de metal e vidro foram utilizados para suprir esta necessidade (EMBLEM, 2000).

Atualmente, cerca de 50% do mercado de embalagens e de acondicionamento destina-se aos produtos alimentícios, valor que resulta das grandes mudanças na alimentação humana, observadas principalmente nos últimos cinquenta anos, tanto ao nível de produção quanto no da distribuição, fato que vem evoluindo e refletindo nas diferentes funções da embalagem (BUREAU & MULTON, 1995).

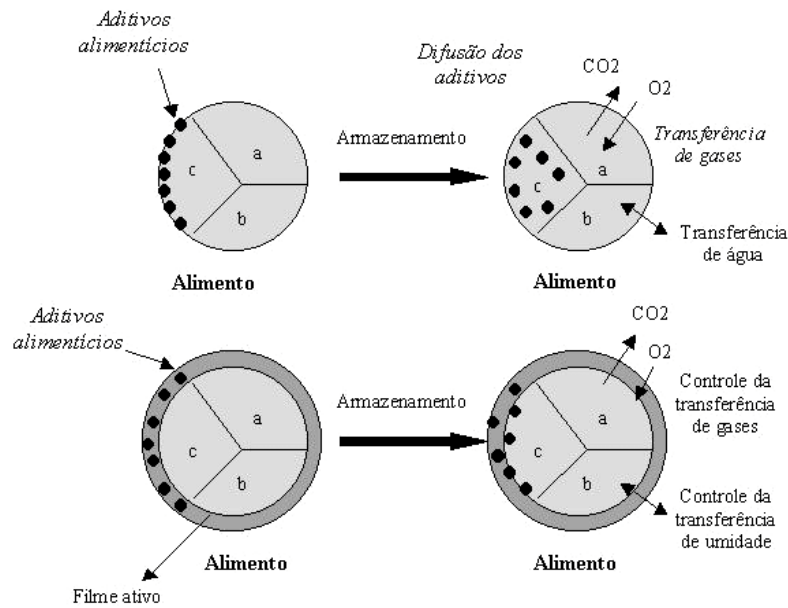
A função de proteção, descoberta nos primórdios da humanidade, é um requerimento fundamental da embalagem, que favorece a distribuição através da preservação do produto contra a luz, oxigênio, umidade, microrganismos, estresses mecânicos e poeira. Outras funções básicas que contribuem para a importância da embalagem baseiam-se na informação (ex: explicação da forma de consumo), comercialização (tornando o produto atraente aos olhos do consumidor), transporte etc. Além disso, existem requerimentos utilizados no processo de escolha do material, que incluem boas propriedades de mercado, preços razoáveis, viabilidade técnica (ex: adequado para máquinas embaladoras automáticas, com boa selabilidade), baixo impacto ambiental, possibilidade de reciclagem ou reutilização, além de adequação ao contato com alimentos (AHVENAINEN, 2003; THARANATHAN, 2003; EMBLEM, 2000).

Tradicionalmente, o material é selecionado no sentido de ter o mínimo de interação com o alimento que acondiciona, constituindo, assim, uma barreira inerte. Entretanto, apesar da embalagem convencional ter contribuído significativamente para um rápido desenvolvimento dos sistemas de distribuição de alimentos, no presente não é capaz de satisfazer a todos os requisitos devido às mudanças na produção, distribuição, armazenamento e vendas dos gêneros alimentícios. Esta lacuna vem impulsionando, nas últimas décadas, o desenvolvimento de diversos sistemas de embalagem que têm, como objetivo, uma interação positiva entre o produto, a embalagem e o ambiente, de maneira a prolongar a vida útil ou para conferir algumas características desejáveis. Esses sistemas, denominados como “embalagens ativas”, representam um dos conceitos inovadores introduzidos como resposta às contínuas mudanças nas atuais demandas de consumo, nas tendências de mercado e nas preocupações relativas à segurança alimentar e à recente ameaça do bioterrorismo (YAM *et al.*, 2005; AHVENAINEN, 2003; AZEREDO *et al.*, 2000; VERMEIREN *et al.*, 1999; LABUZA, 1996).

Segundo ROONEY (1995), a embalagem é considerada ativa quando tem outras funções além de ser uma barreira inerte às condições externas. As interações que ocorrem entre o alimento e esta embalagem, neste caso, são intencionais e, muito distintas daquelas que ocorrem acidentalmente nas embalagens convencionais. Deste modo, é possível compreender, também, que ela é planejada para corrigir as deficiências existentes nas embalagens passivas. Como exemplo desta situação, pode ser citada uma embalagem plástica que tenha boa barreira à umidade, mas que seja inadequada à passagem de oxigênio. Entre as soluções fornecidas pelas embalagens ativas para este caso, estão os absorvedores de oxigênio, que ao reduzirem o nível deste gás dentro da embalagem, diminuem as reações oxidativas e o crescimento de microrganismos aeróbicos.

A embalagem ativa também pode ser definida como aquela que sente a mudança no ambiente e se modifica para se adequar à mudança ocorrida. Muitas destas embalagens têm suas técnicas mais importantes baseadas na absorção (de oxigênio, etileno, umidade, dióxido de carbono, sabores/odores), na liberação de substâncias (dióxido de carbono, agentes antimicrobianos, antioxidantes e sabores) e em outros sistemas, como os de auto-aquecimento, auto-resfriamento, termosensíveis, isolantes etc. (BRODY, 2005; AHVENAINEN, 2003; VERMEIREN *et al.*, 1999).

As embalagens com liberação controlada (CRP – *Controlled Release Packaging*) representam uma nova geração de materiais de embalagem, atuando como um sistema de distribuição de compostos ativos (em diferentes taxas controladas), protegendo da deterioração microbiana, aumentando a segurança e melhorando a qualidade de vários tipos de alimentos durante o armazenamento prolongado (Figura 2). A motivação para o desenvolvimento das “CRPs” está fundamentada no prolongamento da vida de prateleira sem o uso excessivo de aditivos incorporados ao alimento. Usualmente, compostos ativos como antimicrobianos, antioxidantes e agentes anti-escurecimento são adicionados inicialmente às formulações do produto, uma prática que tem como principais limitações a perda da proteção e a redução da qualidade do alimento após o consumo dos referidos compostos durante a estocagem, além do fato de não serem seletivos quanto ao local de atuação, não permanecendo na superfície do produto, onde sua presença é imprescindível para minimizar as reações deteriorativas (LACOSTE *et al.*, 2005; YAM *et al.*, 2005).



**Figura 2-** Esquema de preservação de um alimento através do uso do filme ativo comestível.

Fonte: ROONEY (1995)

Apesar destas embalagens serem uma alternativa em potencial para solucionar os problemas específicos de diversos alimentos, elas também possuem limitações quanto ao desenvolvimento e emprego que, segundo VERMEIREN *et al.* (1999), residem principalmente nas restrições legislativas (principalmente nos países europeus), nos receios quanto à resistência ao consumo e na falta de conhecimento sobre a efetividade e sobre os impactos ambientais e econômicos. Além disso, poucos são os sistemas comercialmente significativos no mercado.

No entanto, estas limitações não impedem o avanço de suas pesquisas que, na última década vêm experimentando crescimento e mudança significativos, com novos produtos e tecnologias desafiando o “status” das tradicionais formas de embalagem para alimentos e bebidas, representando cerca de 16% de todo o mercado de embalagens nos EUA.

A empresa de consultoria Business Communications Company, Inc estima que o atual mercado americano para as embalagens ativas, controladas e inteligentes aplicadas a alimentos e bebidas, supera o valor de 38 bilhões de dólares, com cerca de 5,9 bilhões de dólares referentes às embalagens ativas. Sua demanda está relacionada ao grande crescimento na última década nos EUA e a taxa de crescimento anual (AAGR) estimada em 9,7% para o período de 2003 a 2008. Os demais países desenvolvidos, que geralmente se encontram à frente dos EUA na área da pesquisa e desenvolvimento dos sistemas de embalagens ativas, continuam a comandar o cenário, com uma projeção de 11,3% da AAGR até 2008 (PLASTICS ADDITIVES & COMPOUNDING, 2004). Esta demanda tende a aumentar nos países europeus, devido às preferências do consumidor por produtos minimamente processados e preservados naturalmente, somadas à ansiedade da indústria de alimentos em investir na qualidade e segurança do produto (AHVENAINEN, 2003).

Entre as embalagens ativas utilizadas para alimentos minimamente processados destacam-se os absorvedores de etileno, absorvedores de oxigênio (para redução do metabolismo), zeolitos para inibir o crescimento microbiano superficial, revestimentos comestíveis inibidores do escurecimento enzimático (barreira a oxigênio) e da desidratação, absorvedores de odores indesejáveis etc (LABUZA, 1996).

### 2.4.1- Embalagens antimicrobianas

Os recentes surtos de toxiinfecções alimentares e o fato dos métodos tradicionais de conservação, tais como a pasteurização, não serem aplicáveis a todos os tipos de alimentos (como os vegetais frescos), nortearam as pesquisas para a obtenção de soluções inovadoras que pudessem ao mesmo tempo, inibir o crescimento microbiano e manter a qualidade, o frescor e a segurança do alimento. Uma alternativa para se atingir tal objetivo, consiste na utilização de embalagens que aumentem a margem de segurança e qualidade, através do uso de materiais com propriedades antimicrobianas (APPENDINI & HOTCHKISS, 2002, QUINTAVALLA & VICINI, 2002).

A embalagem pode afetar diretamente na microbiota dos alimentos, de maneiras variadas, além da conhecida mudança atmosférica. Nos alimentos sólidos e semi-sólidos, observa-se que o crescimento microbiano ocorre inicialmente na superfície, justificando o uso de agentes antimicrobianos aplicados à superfície (por aspersão ou polvilhamento) de certos alimentos, como queijos, frutas e vegetais. Entretanto, a aplicação direta destas substâncias tem benefícios limitados, visto que elas podem ser neutralizadas no contato ou difundirem-se rapidamente para o interior do alimento (QUINTAVALLA & VICINI, 2002; PELEG, 1985 citado por ROONEY, 1995).

Para contornar este problema, filmes com agentes antimicrobianos (utilizados em contato direto com o alimento) vêm sendo desenvolvidos nos últimos anos, apresentando-se como alternativa bastante promissora. Estas embalagens agem para reduzir, inibir ou retardar o crescimento de microrganismos que possam estar presentes no alimento embalado ou no próprio material de embalagem e são classificadas em dois tipos: filmes com tecnologia baseada na migração do antimicrobiano para a superfície do alimento e filmes que são efetivos contra o crescimento superficial dos microrganismos, sem migração de agentes (APPENDINI & HOTCHKISS, 2002; ROONEY, 1995). Devido à presença prolongada do antimicrobiano (por estar incorporado à embalagem e não ao alimento) e, de sua atividade, há o favorecimento do transporte e da distribuição do produto (QUINTAVALLA & VICINI, 2002). Na Tabela 3, encontram-se dispostos alguns dos agentes antimicrobianos com grande potencial para uso.

**Tabela 3-** Exemplos de agentes antimicrobianos com potencial para uso em embalagens para alimentos.

<b>Classes</b>	<b>Exemplos</b>
Ácidos orgânicos	Propiônico, benzóico, sórbico
Bacteriocinas	Nisina
Extratos de pimenta	Timol
Tiosulfatos	Alicina
Enzimas	Peroxidase, lisozima
Proteínas	Conalbumina
Isotiocianatos	Alilisotiocianato
Antibióticos	Imazalil
Fungicidas	Benomil
Agentes quelantes	EDTA
Metais	Prata
Parabenos	Metilparabeno

(FONTE: ROONEY, 1995).

De uma maneira geral, alguns aspectos devem ser considerados no desenvolvimento dos referidos filmes: o espectro de microrganismos contra os quais o

filme é efetivo (alguns filmes podem inibir a deterioração sem afetar o crescimento de patógenos, necessitando de avaliação aprofundada); o efeito dos agentes antimicrobianos nas propriedades físicas e mecânicas; o efeito da atividade antimicrobiana (redução da taxa de crescimento ou promoção da morte celular); a extensão com que o agente migra para o alimento; a toxicidade e a regulamentação; efeito na composição do produto (alguns antimicrobianos são efetivos somente em determinado pH), entre outros fatores (ROONEY, 1995).

O ácido sórbico (e seus sais) empregado em diferentes filmes antimicrobianos (SILVEIRA, 2005; CAGRI *et al.*, 2001; HAN & FLOROS, 1998), é considerado pelo FDA como GRAS (Generally recognized as safe), sendo o único ácido orgânico insaturado permitido como conservador de alimentos. Por apresentar sabor neutro, constitui um importante conservador em sucos de frutas, essências, refrigerantes, queijos, carnes etc., possuindo amplo espectro de ação sobre Fungos filamentosos e leveduras, quando aplicados em concentrações de 0,05 a 0,3% (DAVIDSON, 2000; DZIEZAK, 1986).

A forma como a embalagem antimicrobiana interage com o alimento depende, por sua vez, do tipo de sistema existente entre eles, podendo ser do tipo embalagem/alimento ou embalagem/headspace/alimento. O sistema é considerado como embalagem/alimento quando existe contato direto entre eles, como no caso em que o alimento embalado é sólido ou quando se trata de um líquido sem headspace. Como exemplos desse sistema, podem ser citados os queijos embalados e as embalagens brick assépticas. Os principais fenômenos de migração envolvidos neste sistema compreendem a difusão (entre o material de embalagem e o produto) e a partição na interface. Assim, os agentes antimicrobianos podem ser incorporados inicialmente aos materiais de embalagem e migrarem para o alimento através da difusão e da partição.

Quando o sistema em questão é do tipo embalagem/headspace/alimento (ex: embalagens flexíveis, garrafas, latas, copos e caixas), a evaporação ou a distribuição equilibrada de uma substância entre o espaço vazio (*headspace*), o material de embalagem e/ou alimento é considerada como parte dos mecanismos principais da migração, na verificação da distribuição interfacial da substância avaliada. Comparada à substância não volátil, que migra somente através da área de contato entre a embalagem e o alimento, a substância volátil age de maneira distinta, migrando através do *headspace* e das brechas de ar entre a embalagem e o alimento (HAN, 2000).

Assim, as embalagens antimicrobianas podem se apresentar sob várias formas, dentre elas na forma de sachês (contendo antimicrobianos voláteis), incorporados a polímeros (antimicrobianos voláteis e não-voláteis), com antimicrobianos revestidos ou adsorvidos em superfícies poliméricas, com antimicrobianos imobilizados em polímeros por ligações iônicas e covalentes e na forma de polímeros com propriedades antimicrobianas.

Os sachês (ex: com etanol absorvido ou encapsulado) representam a aplicação comercial mais bem sucedida das referidas embalagens, sendo embalados soltos ou presos à embalagem principal. Sua forma de ação baseia-se no controle da composição gasosa dentro da embalagem, como descrito em um estudo realizado com sache gerador de vapor de etanol utilizado como inibidor do crescimento de fungos sobre produtos de panificação (APPENDINI & HOTCHKISS, 2002; SMITH *et al.*, 1987 citados por HAN, 2000).

No caso em que os agentes antimicrobianos são incorporados ao polímero, o material limita ou previne o crescimento microbiano, podendo ser aplicado na forma de filmes, recipientes e utensílios. Entretanto, apesar de serem efetivos contra vários patógenos e deteriorantes, como *Listeria monocytogenes* e fungos, apresentam

problemas relacionados à falta de compatibilidade entre o agente incorporado e o polímero (ex: antimicrobianos hidrofílicos inseridos em polímeros hidrofóbicos), necessitando de estudos aprofundados sobre os materiais e as substâncias a serem incorporadas (APPENDINI & HOTCHKISS, 2002; HAN, 2000).

Apesar da embalagem antimicrobiana despertar interesse nos pesquisadores e nas indústrias, seu desenvolvimento está limitado ao estudo inacabado dos antimicrobianos e dos novos materiais poliméricos, às regulamentações e aos métodos apropriados em teste, quadro que tende a mudar com o advento de novos materiais e no aprofundamento dos estudos (APPENDINI & HOTCHKISS, 2002).

#### **2.4.2- Embalagens antioxidantes**

As reações oxidativas ocorrem naturalmente nos alimentos e envolve a remoção dos elétrons de átomos ou moléculas, levando à redução do componente receptor destes elétrons. Entre os efeitos específicos destas reações estão o desenvolvimento de sabores estranhos e odores de rancidez em óleos, gorduras e alimentos gordurosos; descoloração de pigmentos; perda do componente responsável pelo aroma ou sabor; mudanças na textura e a perda do valor nutricional, resultante da degradação de vitaminas (A, D e E) e de ácidos graxos essenciais (ex: ácido linoléico), como reportados por DZIEZAK (1986).

Para evitar, minimizar ou retardar tais efeitos, as indústrias utilizam-se de agentes antioxidantes, aditivos amplamente empregados em alimentos para conferir estabilidade contra a oxidação de lipídios (e outros componentes oxidáveis) e estender sua vida útil (principalmente dos desidratados e daqueles sensíveis ao O<sub>2</sub>). Quando empregados de maneira tradicional (incorporados diretamente ao alimento), os antioxidantes são consumidos na reação e, a sua função protetora pode cessar, com a degradação do produto aumentando rapidamente. Devido a esta limitação, a embalagem antioxidante vem sendo desenvolvida para supera-la, conferindo ao alimento a presença contínua da substância ativa, possibilitada pela liberação controlada e gradual através da embalagem (BRODY, 2005).

Seu emprego é impulsionado por dois fatores principais: a pressão por parte de alguns consumidores, no sentido de reduzir o uso de aditivos alimentares e, o interesse crescente dos fabricantes de resina em substituir os antioxidantes específicos para plásticos por outros que sejam naturais ou utilizados em alimentos. Neste último caso, os antioxidantes incorporados aos filmes plásticos dão estabilidade ao polímero, protegendo-os da degradação (MILTZ *et al.*, 1989 citados por VERMEIREN *et al.*, 1999; ROONEY, 1995; SMITH, 1993 citado por ROONEY, 1995).

A eficácia desta embalagem é comprovada por alguns estudos (escassos), como os realizados com filme de polietileno de alta densidade (PEAD) incorporado com butil hidroxitolueno (BHT), utilizado em embalagens de flocos de aveia. Estes estudos demonstraram que após 6 semanas o filme não continha o antioxidante avaliado e que 19% de sua concentração original permaneceu no cereal. Os resultados obtidos também indicaram que o filme com 0,32% de BHT ofereceu uma maior proteção do óleo do cereal contra a oxidação, quando comparado ao controle (cereal incorporado com 0,02% de BHT) (HAN *et al.*, 1987 citados por ROONEY, 1995). Outros estudos indicam que a vitamina E tem sido incorporada aos filmes, migrando para o alimento e dispensando sua adição direta ao mesmo (NIELSEN, 1996 citado por LINDLEY, 1998).

## 3-MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1- Preparo da batata minimamente processada

#### 3.1.1- Seleção da matéria-prima

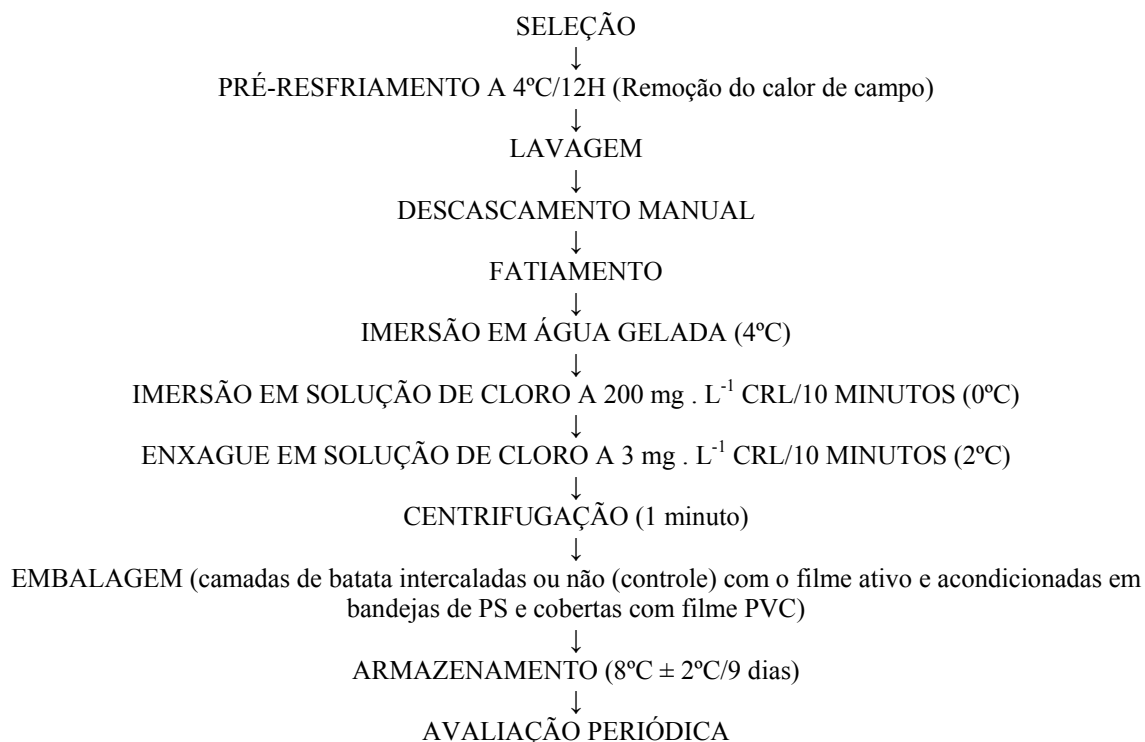
Batatas (*Solanum tuberosum* L.) médias da variedade “Monalisa”, foram adquiridas no mercado do município de Viçosa, MG. Em seguida, foram lavadas e armazenadas em câmara fria por 12h a 4°C, para remoção do calor de campo. Antes do processamento, foram selecionadas as batatas que se apresentavam com a casca íntegra, sem sinais de danos ou deterioração.

#### 3.1.2- Processamento mínimo da batata

O processamento foi realizado na Unidade de Processamento Mínimo de Vegetais do Departamento de Biologia da UFV e consistiu nas etapas descritas a seguir.

Os tubérculos foram pesados, lavados com água potável e descascados manualmente com facas e descascadores manuais afiados. Em seguida, foram fatiados na dimensão de 5 mm de espessura por fatia em fatiador Robot Coupe CL 50. As batatas fatiadas foram colocadas em um saco perfurado (para facilitar as etapas de transferência) e imersas rapidamente em água gelada (a 4°C) para retirada do amido e suco celular. As etapas seguintes consistiram de imersão por 10 minutos a 0°C em solução de cloro orgânico (Sumaveg, Diversey Lever) na concentração de 200 mg.L<sup>-1</sup> (200ppm) de cloro residual livre (CRL) e enxágüe a 2°C por 10 minutos na solução de mesmo cloro a 3 mg.L<sup>-1</sup> (3ppm) CRL. Em seguida foram centrifugadas a 2000 rpm em centrífuga doméstica Arno por um minuto. Após a centrifugação, se procedeu à divisão das amostras, com parte delas mantidas sem filme e consideradas como controle (codificadas como SF) e outra parte intercalada com os filmes preparados (filme sem aditivos - 0%, filme incorporado com 2% de ácido cítrico (2% AC), 0,5% de monoclórato de L-cisteína (0,5% CIS), 7% de ácido sórbico (7% AS) ou mistura de ambos os compostos). Em seguida, todas as amostras foram acondicionadas em bandejas de poliestireno (PS) expandido, envoltas com filme de polivinilcloro (PVC) e armazenadas a 8°C ± 2°C por 9 dias. As batatas que, no momento da embalagem, apresentavam início de escurecimento ou defeitos foram devidamente pesadas e descartadas, e os valores obtidos incluídos no cálculo do rendimento do processo. As etapas do processamento mínimo da batata encontram-se expostas na Figura 3.





**Figura 3-** Fluxograma da produção de batata minimamente processada e intercalada com filme ativo.

### 3.2- Preparo do filme

Os filmes de base celulósica foram preparados pelo método “cast” conforme metodologia descrita por SOARES (1998) e incorporados com 2% de ácido cítrico, 0,5% de monoclóridrato de *L*-cisteína, 7% de ácido sórbico (m/m de gel) ou mistura dos agentes mencionados (2% de ácido cítrico + 0,5% de monoclóridrato de *L*-cisteína + 7% de ácido sórbico). Também foram preparados filmes sem adição de compostos ativos. Todos os filmes produzidos foram adicionados de 5% de plastificante, para melhoramento das propriedades físicas. Após a leitura das espessuras em cinco pontos, com o auxílio de um micrômetro Mitutoyo (0-25mm), foram cortados nas dimensões de 12,5 x 19,0 cm, expostos por cinco minutos à luz UV (Prodicil, 110v, 154nm) em ambas as faces e guardados assepticamente até serem intercalados às batatas minimamente processadas. Os filmes utilizados na avaliação da migração também foram produzidos por este método, com as espessuras especificadas nos tópicos pertinentes.

### 3.3- Avaliação da migração

Os filmes desenvolvidos foram avaliados, em três repetições, quanto à migração dos compostos ativos (ácido cítrico, ácido sórbico e cisteína), utilizando-se, para tanto, a água como meio simulante, indicada para alimentos aquosos e com pH acima de 5,0, conforme Resolução 105 da ANVISA (BRASIL, 1999b). O tempo de avaliação utilizado para cada composto variou de acordo com o método empregado e com o tempo em que a saturação foi alcançada.

A massa fracional liberada para o simulante foi determinada através da relação  $M_t/M_\infty$ , onde  $M_t$  é a massa do composto liberada na solução em um tempo  $t$  e  $M_\infty$  a

massa liberada no tempo infinito (valor de saturação), os quais foram calculados e plotados em função do tempo, com a curva obtida através do método iterativo Marquardt para regressão não-linear.

Os coeficientes de difusão  $D$  ( $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ) dos diferentes compostos foram calculados através do método de meia-vida, conforme equação proposta por LIM & TUNG (1997):

$$D = 0,049h^2 / t_{0,5} \quad (1)$$

onde  $h$  representa a espessura do filme ( $\text{m}$ ) e  $t_{0,5}$  o tempo (em segundos) correspondente ao tempo em que metade da massa de saturação foi liberada ( $M_t = 0,5 M_\infty$ ).

O índice de migração ( $\sigma$ ) foi calculado através da equação (2):

$$\sigma = M_m / (M_m + M_r) \quad (2)$$

onde  $M_m$  é a massa do composto que migrou para o meio aquoso e,  $M_r$  a massa que ficou retida no filme.

### 3.3.1- Migração do ácido cítrico

Esta avaliação foi realizada em condições próximas às empregadas para as batatas processadas, ou seja, sob refrigeração e durante 9 dias de estocagem.

Os filmes incorporados com ácido cítrico foram pesados em balança analítica (SCIENTECH SA 210) e cortados nas dimensões de 5 x 5 cm, totalizando 50  $\text{cm}^2$  de área (considerando os dois lados do filme). Cada corpo de prova teve a espessura verificada com o auxílio de um micrômetro Mitutoyo (0-25mm), com as leituras realizadas em cinco pontos da amostra sendo em seguida, pesado em balança analítica. Cada amostra do filme foi colocada em um béquer de 100mL, adicionada de 50mL de água destilada (proporção de 1:1 ( $\text{cm}^2/\text{mL}$ )) e armazenada a  $8^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$ . Em seguida, foi avaliada aos 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 dias de armazenamento, através da titulação com solução padronizada de NaOH 0,01N e fenolftaleína como indicador. Para o cálculo da concentração do ácido, utilizou-se a equivalência de 1mL de NaOH a 0,7005 mg de ácido cítrico (MORITA & ASSUMPÇÃO, 1976).

### 3.3.2- Migração do ácido sórbico

Na avaliação da difusão do ácido sórbico, os filmes foram cortados nas dimensões de 10 x 15 cm (300  $\text{cm}^2$ ). Após a leitura da espessura e da pesagem, os filmes foram colocados em erlenmeyers de 500 mL, adicionados de 300 mL de água pura (18,2 ohm) e mantidos sob agitação (75 rpm) em um shaker a  $24^\circ \text{C}$ . Para a quantificação, utilizou-se o método descrito por CHOI et al. (2001) citados por SILVEIRA (2005), sendo avaliados aos 0,33; 1; 2; 4; 10; 30; 60; 150 e 360 minutos. Nestes tempos, foram tomadas alíquotas de 20 $\mu\text{L}$  e o ácido sórbico quantificado em cromatógrafo SHIMADZU (modelo 10 AVP), coluna C 18 Shim-pack ODS (4,6  $\mu\text{m}$ , 4,6 x 150 mm) e sistema de detecção UV. Como fase móvel, foi utilizada uma mistura de acetonitrila, água e ácido fosfórico (0,1%) nas proporções de 60, 20 e 20%, respectivamente, em modo isocrático com fluxo de 1,0  $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$  e detecção a 260 nm.

### 3.3.3- Migração da cisteína

Na avaliação da migração da cisteína, após a leitura da espessura e da pesagem, os filmes, de 10 x 15 cm, foram colocados em erlenmeyers de 500 mL, adicionados de 300 mL de água pura (18,2 ohm) e mantidos sob agitação em um shaker (78 rpm) a  $24^\circ \text{C}$ . As amostras foram coletadas nos tempos 0,33; 1, 2, 3, 4, 10, 30, 60, 150 e 360

minutos e a quantificação da cisteína realizada através da reação com o reagente de Ellman (Cayman Chemical Company). Este reagente tem como principal componente o 5,5'-ditio-bis-(2-ácido nitrobenzóico), também conhecido como DTNB, que gera um produto de coloração amarelada ao reagir com grupos sulfidril (SH), sendo muito utilizado para quantificar compostos que contenham tais grupos.

O reagente foi preparado através da adição de 20 mL de água pura (18,2 ohm) ao conteúdo de um frasco para 100 determinações (conforme metodologia do fabricante), sendo após o preparo mantido em banho de gelo. Em seguida, 250 µL de cada amostra foram adicionados a cubetas contendo 200 µL do reagente de Ellman e 2,5 µL do tampão de reação (fosfato de sódio a 0,1 M, pH 8,0, contendo 1mM EDTA). A solução obtida foi homogeneizada, incubada em temperatura ambiente por 15 minutos, seguida pela leitura da absorvância a 412 nm (espectrofotômetro GBC UV/VIS 918). Para o cálculo da concentração da cisteína no meio simulante, utilizou-se uma curva-padrão preparada com soluções de cisteína, com concentrações de 0; 0,025; 0,05; 0,075; 0,1 e 0,125 mM.

### **3.4- Avaliação das alterações da batata minimamente processada durante o armazenamento**

As batatas foram avaliadas nos tempos 0, 3, 6 e 9 dias de armazenamento através das seguintes análises conduzidas no Laboratório de Embalagens do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFV e realizadas em triplicata :

#### **3.4.1- Análises físicas e físico-químicas**

- **Atividade enzimática da Polifenoloxidase (PPO) (segundo metodologia descrita por SIMÕES (2004) e adaptada para a batata)**

Esta análise foi realizada mediante a pesagem de 4g do tubérculo, adicionados de 24mL de tampão fosfato (0,2 M) pH 6,0 gelado e, macerados pelo uso de um agitador (Ultra Turrax T 18 basic) por 10 segundos. A solução obtida foi transferida para tubos plásticos, que foram centrifugados a 10.000 g (9500 rpm) em centrífuga (Beckman J2 MC) por 21 min a 4°C e mantidos em banho de gelo até o momento da leitura. Na etapa seguinte, preparou-se a solução padrão (branco) composta de 1,3 mL de tampão fosfato 0,2 M pH 6,0 e 1,5 mL de catecol 0,2 M que foi lida a 425nm no espectrofotômetro (GBC UV/VIS 918). Para cada amostra, preparou-se uma solução reativa na cubeta de leitura, composta de 1,3 mL de tampão fosfato 0,2 M pH 6,0, 1,5 mL de catecol 0,2 M e adicionados de 30µL do sobrenadante, homogeneizados imediatamente. Em seguida, efetuou-se a leitura da absorvância (a 425nm de 5 em 5s até os primeiros 30s, seguido de leituras de 30 em 30s, totalizando 3 minutos de reação). A atividade da polifenoloxidase correspondeu à inclinação da reta obtida através do gráfico Tempo (s) x Absorvância.

- **Cor**

As amostras foram avaliadas quanto à cor em colorímetro COLORQUEST XE HUNTERLAB, utilizando se o iluminante padrão D65 e observador a 10° (Sistema CIELAB). Para a avaliação da diferença de cor durante a estocagem, foi utilizada a equação descrita por LANGDON (1987) e OZOGLU & BAYINDIRH (2002):

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$

onde:

$\Delta E$  = diferença de cor;

$\Delta L^*$  = variação da luminosidade ou brilho (claro/escuro);

$\Delta a^*$  = variação na cromaticidade no eixo da cor verde (-) para vermelha (+);

$\Delta b^*$  = variação na cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+).

- **Acidez total titulável (%)**

Realizada de acordo com o método do Instituto Adolfo Lutz (1985). Para tanto, pesou-se (em triplicata) 1g de amostra, adicionado de 20mL de água destilada e triturado em agitador (Ultra Turrax T 18 basic). Em seguida, a suspensão obtida foi adicionada de 3 gotas do indicador fenólfaleína e titulada com uma solução padronizada de NaOH a 0,01M.

- **pH**

O pH foi avaliado em potenciômetro digital DIGIMED modelo DM20 V3A. Foram pesados 10g de amostra, adicionados de 100mL de água destilada (Instituto Adolfo Lutz, 1985) e triturados em um agitador (Ultra turrax T18 Basic), procedendo-se em seguida, a leitura no potenciômetro.

- **Atividade de água (Aa)**

A leitura da atividade de água foi realizada no aparelho AQUALAB CX 2T (Decagon Device INC. USA) com cada amostra consistindo de uma fatia de batata (cortada no formato e tamanho da cubeta de leitura).

- **Perda de massa**

Para avaliação da perda de massa, as bandejas de cada tratamento foram pesadas periodicamente (no tempo 0, 3, 6 e 9 dias de estocagem) em uma balança semi-analítica (SAUTER RC 4021). O resultado foi expresso em porcentagem de perda em relação à massa inicial.

### 3.4.2- Avaliação da qualidade microbiológica

A avaliação microbiológica da batata minimamente processada baseou-se nas contagens de fungos filamentosos e leveduras, microrganismos psicrotróficos, coliformes totais e termotolerantes (45° C), *Staphylococcus* coagulase positiva e *Bacillus cereus*, conforme metodologia proposta pela APHA, American Public Health Association (VANDERZANT & SPLITTOESSER, 1992).

### 3.5- Planejamento experimental

O delineamento experimental foi realizado em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos e nas subparcelas os tempos de armazenamento, com três repetições. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa de computação Statistical Analysis System (SAS), com aplicação da análise de variância (ANOVA) e análise de regressão, com níveis de 5 e 10% de significância.

## 4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1.- Rendimento do processamento da batata

O valor do rendimento médio foi de  $72\% \pm 2,82\%$ , com as perdas resultantes da soma das cascas ( $18,58\% \pm 1,67\%$ ) ao descarte das partes defeituosas ou daquelas que apresentavam início de escurecimento ( $8,20\% \pm 0,34\%$ ). Segundo SIECZKA (2000), o descascamento é considerado uma etapa crítica na preparação para o processamento, visto que a quantidade de material removido afeta diretamente o rendimento final. Reporta ainda, que a remoção da casca varia de 1 a 10% do peso da matéria-prima para as tuberosas processadas na forma de “chips” e de 10 a 25% quando processadas na forma de palitos.

As perdas variam de acordo com o método de descascamento empregado. SMITH (1977) cita que o descascamento por abrasão confere uma alta produtividade e menores perdas. No entanto, AHVENAINEN & HURME (1994) citados por AHVENAINEN (1996) e LAURILA & AHVENAINEN (2002) comentam que o escurecimento provocado pela abrasão foi superior ao decorrente do descascamento manual observado em batatas. Estas informações estão de acordo com o observado por GUNES & LEE (1997), que compararam diferentes métodos de descascamento para batata (químico, por abrasão e manual), obtendo os melhores resultados, quanto à manutenção da cor, para os métodos químico e manual.

Neste experimento optou-se pelo descascamento manual devido aos resultados insatisfatórios obtidos em estudos preliminares realizados com a abrasão (dados não mostrados). De uma maneira geral, as perdas encontradas para este experimento foram próximas ao exposto na literatura, considerando-se que o descarte devido aos defeitos e ao escurecimento também foi computado.

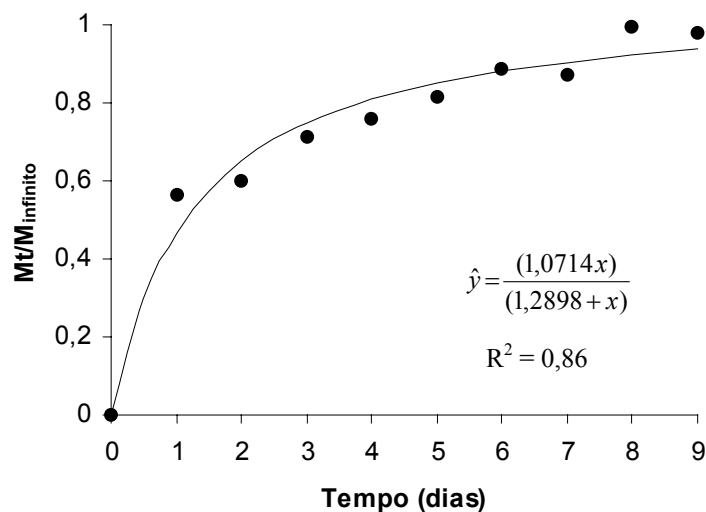
### 4.2- Espessura dos filmes intercalados às batatas

As espessuras obtidas para os filmes produzidos foram de  $20,4 \pm 3,9 \mu\text{m}$ ,  $23,6 \pm 3,4 \mu\text{m}$ ,  $24,7 \pm 4,0 \mu\text{m}$ ,  $22,3 \pm 2,2 \mu\text{m}$  e  $24,9 \pm 3,2 \mu\text{m}$  para os filmes 0%, 2% de ácido cítrico, 0,5% de cisteína, 7% de ácido sórbico e mistura dos compostos, respectivamente. A variação na espessura deve-se à produção manual dos filmes. Outros filmes também foram produzidos para serem usados nos experimentos de avaliação da migração dos compostos ativos, cujas espessuras encontram-se especificadas nos tópicos correspondentes.

### 4.3- Avaliação da migração

#### 4.3.1- Migração do ácido cítrico

Em relação à migração do ácido cítrico (Figura 4), verificou-se que a fração mássica alcançou a saturação em torno do 8º dia, com um coeficiente de difusão igual a  $1,43 \times 10^{-16} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . O índice de migração apresentou um valor de 67%, indicando que grande parte do ácido adicionado ao filme difundiu para o simulante, fato esperado devido à sua grande solubilidade em água (181g em 100 mL de água a 25°C (FRANCIS, 2000)).



**Figura 4-** Massa fracional do ácido cítrico liberada do filme ativo para o simulante.

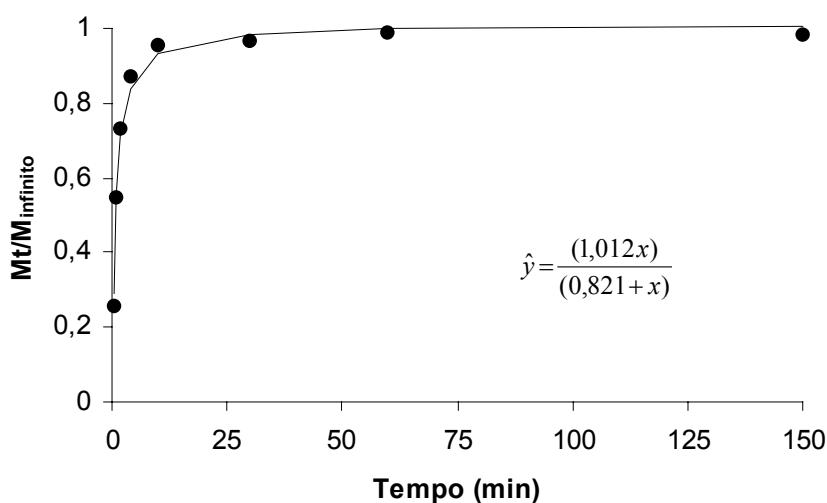
Em estudos sobre difusão de ácidos, GIANUZZI *et al.* (1995) consideraram que as batatas (descascadas e cortadas em palitos) são compostas por uma matriz insolúvel – constituída de amido, celulose e substâncias pécticas – e por uma fase aquosa em que os conservantes químicos se difundem. Para avaliarem a difusão do ácido cítrico para o seu interior, as batatas foram tratadas por imersão em solução acidificada pelo referido composto, encontrando um coeficiente de difusão de  $4,3 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , superior ao verificado para o presente experimento. Os autores citam, ainda, que a concentração do ácido reduziu de 20% em menos de 1h, na superfície da batata.

Este comportamento é citado, também, nos estudos divulgados por GIANUZZI & ZARITZKY (1993), nos quais relatam que a batata “pré-descascada” não constitui um bom sistema para o estudo da concentração de conservantes sobre o crescimento microbiano, em virtude da modificação nesta concentração, promovida pela difusão que ocorre da superfície para o interior do tecido. Estes dados demonstram que a efetividade destes aditivos, quando aplicados aos produtos na forma de imersão, fica limitada a poucas horas, devido à migração rápida para o interior do alimento, fato que reforça a importância dos trabalhos realizados com embalagens incorporadas com aditivos, visto que a difusão é mais lenta e o filme geralmente permanece com uma concentração residual, que pode migrar de acordo com a concentração superficial do produto. Deve se ressaltar, no entanto, que os valores encontrados neste experimento são relativos ao simulante água pura e que a batata apresenta teor de umidade de 75 a 80% (SIECZKA, 2000) e, portanto, a taxa de difusão seria menor, dependendo do tempo de contato.

#### 4.3.2- Migração do ácido sórbico

O filme incorporado com ácido sórbico (28µm de espessura) apresentou um coeficiente de difusão (D) de cerca de  $1,36 \times 10^{-14} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , próximo ao encontrado por SILVEIRA (2005) para filmes celulósicos de 25µm e incorporados com 9% de ácido sórbico, cujo valor médio foi de  $2,01 \times 10^{-13} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . A fração mássica ( $M_t / M_{\infty}$ )

liberada do filme para o simulante (Figura 5) indicou que a saturação se iniciou a partir dos 10 minutos.



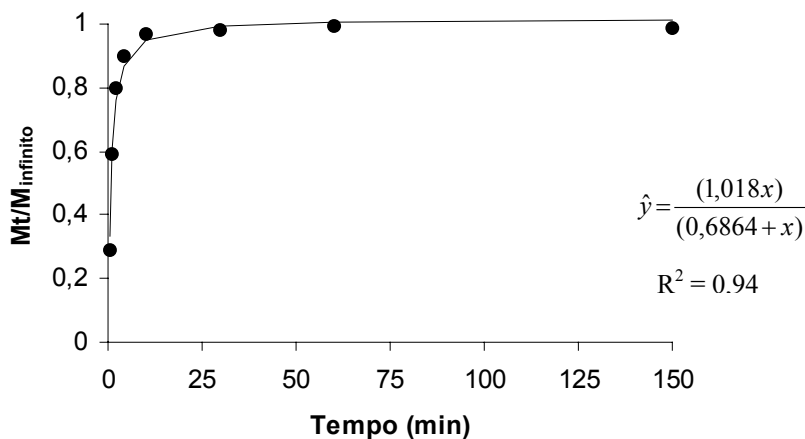
**Figura 5-** Massa fracional do ácido sórbico liberada do filme ativo para o simulante.

A velocidade com que a difusão ocorreu e o valor do índice de migração, cerca de 87%, a princípio, foram preocupantes, pois causaram a impressão de que o valor máximo permitido pela legislação de 0,1%, segundo a Resolução nº4 de 24/11/1988 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 1988) seria extrapolado em pouco tempo. No entanto, este ensaio de migração foi conduzido com água pura (18,2 ohm), fato que provavelmente favoreceu a migração devido à grande diferença de concentração entre o filme e este simulante. Além disso, em experimentos  $R^2 = 0,98$  com filmes celulósicos de 7% de ácido sórbico intercalados à massa de pastel, SILVEIRA (2005) obteve valores para a difusão inferiores aos encontrados para o simulante (água pura, 18,2 ohm), com índice de migração de 59%, mantendo a concentração do antimicrobiano dentro do limite estabelecido pela legislação após 40 dias de estocagem.

Outros estudos desenvolvidos com o ácido sórbico e seus derivados também demonstraram comportamentos semelhantes. HAN & FLOROS (1998) encontraram coeficientes de difusão para o sorbato de potássio da ordem de  $10^{-6}$  e  $10^{-7}$   $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  (cerca de  $10^{-10}$  e  $10^{-11}$   $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ) para queijo americano e mussarela, respectivamente. REDL *et al.* (1996) avaliaram a difusão do ácido sórbico em filmes comestíveis produzidos com glútem de trigo puro e adicionados de lipídios, encontrando valores de  $7,6 \times 10^{-12}$   $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  para os filmes de glútem, os quais apresentaram redução de 50% na difusividade quando incorporados com lipídios.

Como o ácido sórbico também foi adicionado ao filme incorporado com diferentes aditivos (mistura), seu comportamento quanto à migração também foi avaliado para este filme. A fração mássica (Figura 6) liberada para o simulante seguiu o comportamento demonstrado pelo filme adicionado somente de ácido sórbico, apresentando, no entanto, início de saturação aos 4 minutos. O coeficiente de difusão encontrado para este ensaio, com filmes de 34  $\mu\text{m}$  de espessura, foi em torno de  $2,13 \times 10^{-14}$   $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , com índice de migração de 94%. A maior velocidade de migração do ácido sórbico desse filme para o meio simulante, pode ter sido devido à presença dos outros

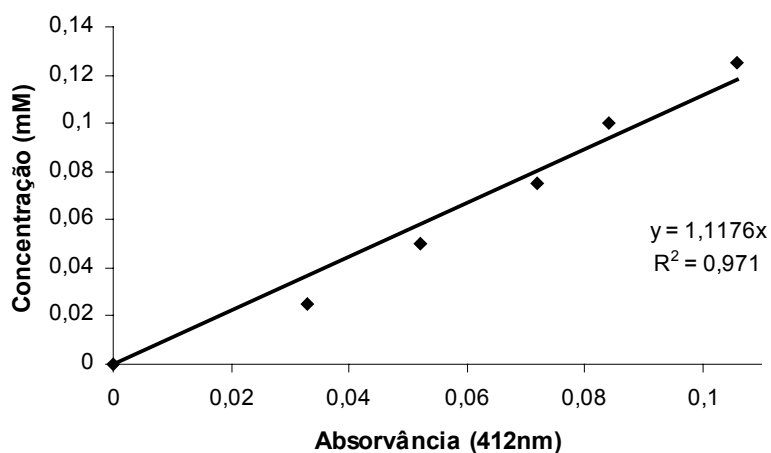
compostos incorporados que promoveram menor proximidade entre as cadeias do polímero, facilitando a migração do ácido sórbico.



**Figura 6-** Massa fracional do ácido sórbico liberada do filme ativo (incorporado com mistura) para o simulante.

#### 4.3.3- Migração da cisteína

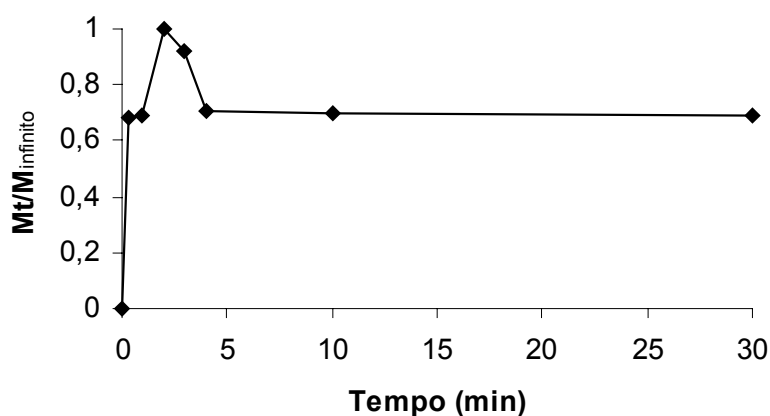
A curva padrão obtida para a cisteína (Figura 7), apresentou um  $R^2$  igual a 0,97, para a concentração na faixa de 0 – 0,125mM.



**Figura 7-** Curva padrão para cisteína, obtida através da reação com reagente de Ellman.

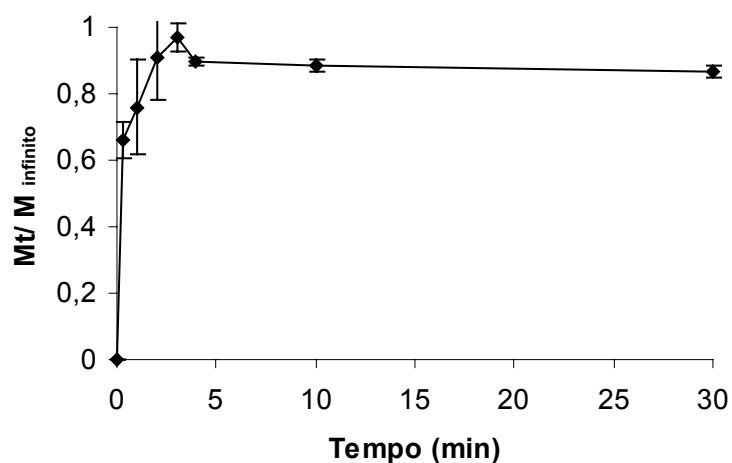
O coeficiente de difusão e o índice de migração para o filme de cisteína (42  $\mu\text{m}$  de espessura) foram em torno de  $1,44 \times 10^{-12} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  e 26%, respectivamente. A migração da cisteína (Figura 8) apresentou valor máximo para fração mássica aos 2 minutos, com queda após esse tempo. Esse comportamento foi similar ao observado para o filme incorporado com a mistura de aditivos (Figura 9).





**Figura 8-** Massa fracional da cisteína liberada do filme ativo para o simulante (com valores relativos à 1ª repetição).

O coeficiente de difusão para o filme “mistura” (28  $\mu\text{m}$  de espessura) foi de  $4,25 \times 10^{-13}$ , valor 10 vezes menor que a difusão da cisteína no filme puro. O índice de migração foi de aproximadamente 47%. Esse aumento na migração pode estar relacionado ao distanciamento entre as cadeias do polímero, devido a maior quantidade de aditivos incorporados, facilitando, assim, a migração da cisteína.



**Figura 9-** Massa fracional da cisteína liberada do filme ativo (incorporado com mistura) para o simulante.

O ensaio de migração realizado com este filme indicou, também, que a liberação máxima deste aditivo ocorreu aos 3 minutos, com início de saturação aos 4 minutos. Este comportamento pode estar relacionado à oxidação da cisteína e/ou à acidificação do meio devido à sua liberação. A primeira hipótese é reforçada pelos resultados encontrados por MONTGOMERY (1983) em estudos desenvolvidos com suco de pêra concentrado, nos quais relata que as concentrações de cisteína (0,5, 1, 1,5 e 2,0 mM)

adicionadas ao produto diminuiram durante a estocagem, com a taxa de decréscimo diretamente proporcional à temperatura de armazenamento, sendo menores para a temperatura de 1°C e maiores para as de 21 e 38°C. FRIEDMAN (1994) relata que o grupo SH da *L*-cisteína é facilmente oxidado e que interage com traços de minerais, sendo por esse motivo instável em soluções parenterais utilizadas para alimentação de convalescentes. Apesar de ter sido utilizada água pura neste ensaio de migração, a presença de resíduos minerais ou metálicos não pode ser descartada, visto que o filme pode contê-los, devido à contaminação durante sua produção.

A acidificação do meio também poderia interferir na quantificação da cisteína, pelo fato do reagente utilizado apresentar melhor desempenho em pH neutro (tampão ajustado para pH 8,0). Nos ensaios realizados, o pH dos meios contendo os filmes de cisteína e mistura de compostos alcançou valores médios de 4,92 e de 3,83, respectivamente. STAIR & HOLCOMBE (2005) citam que os grupos tióis (sulfidríla) dos resíduos de cisteína podem se oxidar a dissulfetos ou permanecer em estados de oxidação elevados, dependendo da posição espacial dos tióis, pH, concentração dos reagentes e potenciais relativos de redução e oxidação. ARAÚJO (2004) cita que em algumas situações, em que a cisteína é utilizada para prevenir o escurecimento, existe a necessidade de se ajustar o pH para valores próximos à neutralidade. Os resultados encontrados por MOLNAR-PERL & FRIEDMAN (1990) para testes realizados com fatias de maçãs e batatas reforçam esta necessidade, visto que encontraram os melhores resultados com aminoácidos sulfurados (*L*-cisteína, *N*-acetil-*L*-cisteína e glutatona reduzida) na faixa de pH que variou de 7,20 a 7,55.

#### 4.4- Avaliação das alterações da batata minimamente processada durante o armazenamento

##### 4.4.1 - Análises físicas e físico-químicas

Os resultados obtidos para as análises físicas e físico-químicas (Tabelas 4, 5 e 6) demonstraram que os valores não foram significativos para a maioria dos parâmetros avaliados, isto é, não foram influenciados pelos tratamentos ( $p > 0,05$ ) ou por sua interação com o tempo (Tempo\*Filmes), com a modificação das variáveis ocorrendo somente em função do tempo de estocagem ( $p < 0,05$ ). Observou-se, também, que somente o parâmetro diferença de cor ( $\Delta E$ ) apresentou respostas diferentes para cada tratamento aos 10% de probabilidade.

**Tabela 4-** Resumo da análise de variância para as variáveis da cor durante a estocagem de batatas minimamente processadas.

F.V.	G.L.	Q.M.				
		PPO	$\Delta E$	L*	a*	b*
Filmes	5	$4,1180 \times 10^{-9ns}$	11,3287**	5,5283 <sup>ns</sup>	1,0642 <sup>ns</sup>	9,8732 <sup>ns</sup>
Erro (a)	12	$4,9504 \times 10^{-8}$	4,5304	5,7523	0,7108	5,8983
Tempo	3	$1,0187 \times 10^{-8ns}$	110,7339*	40,3767*	1,6054*	48,8221*
Tempo*Filmes	15	$5,703 \times 10^{-9ns}$	2,0770 <sup>ns</sup>	1,1689 <sup>ns</sup>	0,3052 <sup>ns</sup>	2,3875 <sup>ns</sup>
Erro (b)	36	$1,3328 \times 10^{-8}$	2,2014	1,2280	0,2288	1,7014

<sup>ns</sup>= valores não significativos ao nível de 5% ( $p > 0,05$ );

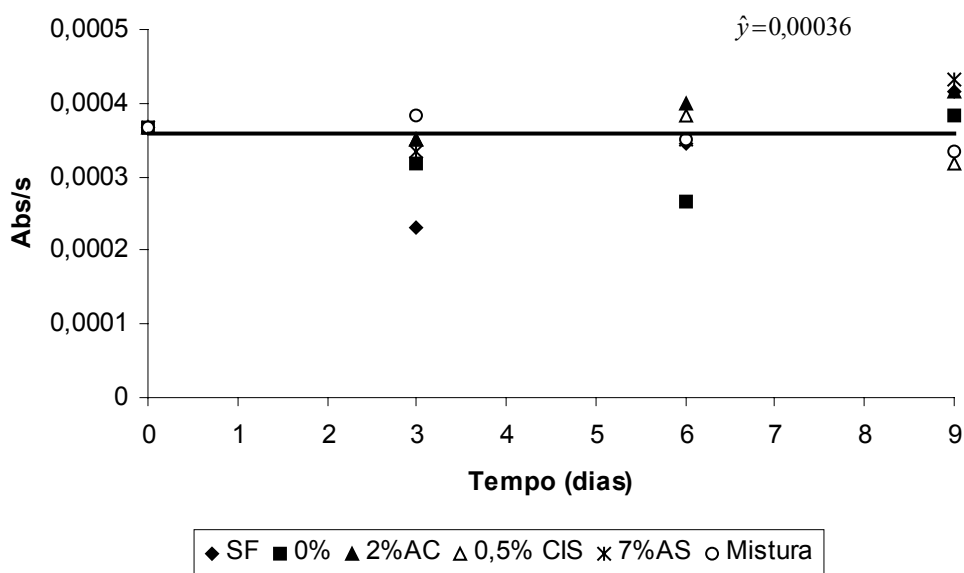
\*= valores significativos ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ).

\*\*= valores significativos ao nível de 10% ( $p < 0,10$ ).

A atividade da PPO (Figura 10) manteve-se praticamente estável durante todo o armazenamento, tendência observada para as três repetições realizadas. Este comportamento evidencia que o sistema de embalagem e a temperatura de armazenamento não foram capazes de alterá-la. Os aditivos (ácido cítrico e cisteína) e a temperatura de refrigeração empregados são citados por diversos autores como adequados para provocar uma redução na atividade da polifenoloxidase. Entretanto, sugerem também a combinação destes à atmosfera modificada ativa, com injeção de mistura de gases inertes e redução do teor de oxigênio, componente responsável pela ativação da enzima (DONG *et al.*, 2000; DUANGMAL & APENTEN, 1999; AHVENAINEN, 1996).

A atividade da PPO depende, também, das variedades estudadas (THYBO *et al.*, 2006). CANTOS *et al.* (2002) avaliaram diversos cultivares de batata, cujos resultados apontaram as variedades “Spunta” e “Cara” como as que possuem a maior atividade desta enzima. Entretanto, não encontraram correlação completa entre este fator e o escurecimento, visto que a variedade “Monalisa”, apesar de não ter exibido a maior atividade, foi a mais susceptível ao escurecimento, sendo considerada pelos autores como a menos indicada para o processamento mínimo. Este comportamento explica, em parte, o fato dos tratamentos serem parecidos quanto à atividade da PPO e distintos na diferença de cor.

Apesar da PPO ser responsabilizada pelo escurecimento enzimático em frutas e hortaliças, existem evidências de que a enzima peroxidase também possa contribuir para a ocorrência de tal reação, agindo sinergisticamente com a polifenoloxidase. Estudos conduzidos por PINELI *et al.* (2005) e CANTOS *et al.* (2002) demonstraram uma maior correlação entre a atividade da peroxidase e o escurecimento observado em batatas, contrastando com o comportamento verificado para a PPO.



**Figura 10-** Variação da atividade da PPO em batatas minimamente processadas durante o armazenamento.

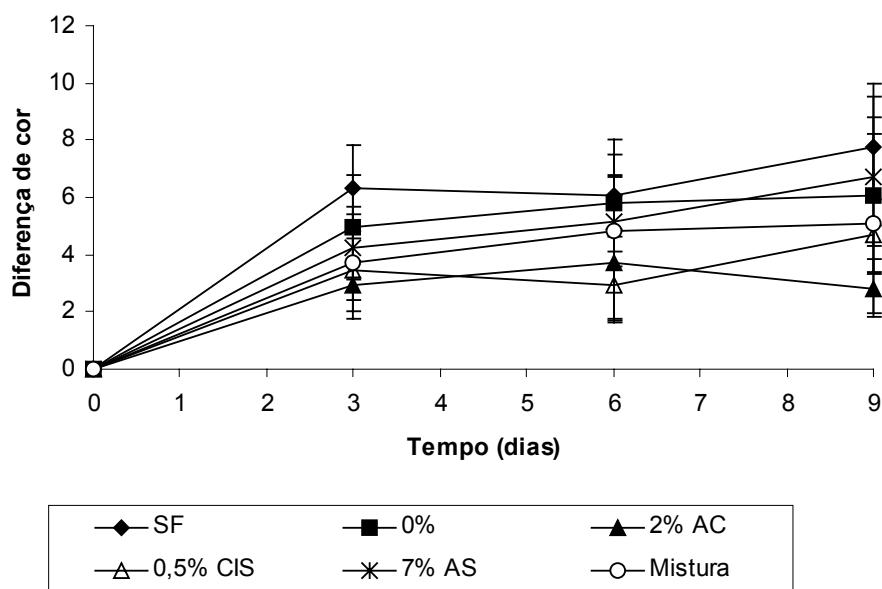
Como citado anteriormente, na avaliação da cor instrumental, observou-se que os tratamentos foram diferentes ( $p < 0,10$ ) para o parâmetro diferença de cor ( $\Delta E$ ), verificando-se uma diferença considerável (Figura 11) entre as amostras sem filme

(controle) e as intercaladas com os filmes de ácido cítrico e de cisteína, apresentando o pior e os melhores desempenhos, respectivamente. Este fato pode ser comprovado através das figuras 12 e 13, em que se observa a citada diferença.

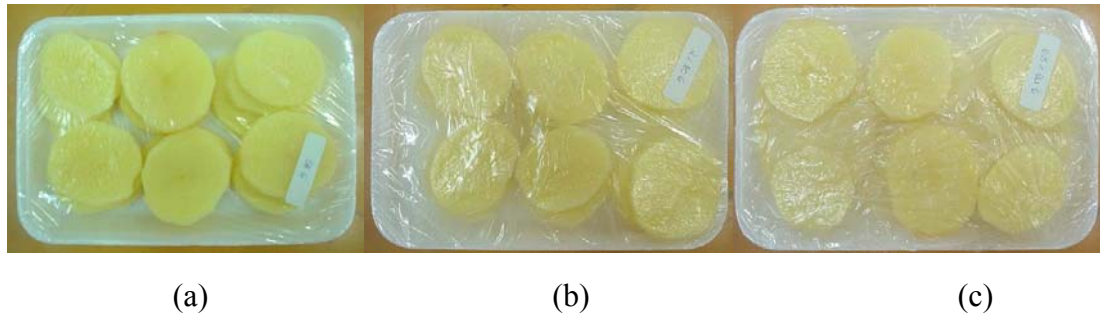
Os valores obtidos para a diferença de cor nas amostras intercaladas com filmes de ácido cítrico e cisteína são comparáveis aos encontrados por LANGDON (1987) para batatas tratadas com solução de 0,2% de sorbato de potássio, embaladas a vácuo (Cryovac B-900) e armazenadas a 4°C por 20 dias, em que o produto manteve-se estável durante o armazenamento, com  $\Delta E = 1,70$ , considerado não perceptível.

Pesquisas com outros produtos susceptíveis ao escurecimento enzimático também têm sido baseadas na diferença de cor para a avaliação da eficácia dos tratamentos. OZUGLU & BAYINDIRH (2002) estudaram o efeito dos ácidos ascórbico e cinâmico e da *L*-cisteína na inibição do escurecimento em suco de maçã, encontrando menor diferença de cor para as amostras tratadas com *L*-cisteína. Citam, ainda, que a combinação destes agentes antiescurecimento pode conferir melhores resultados.

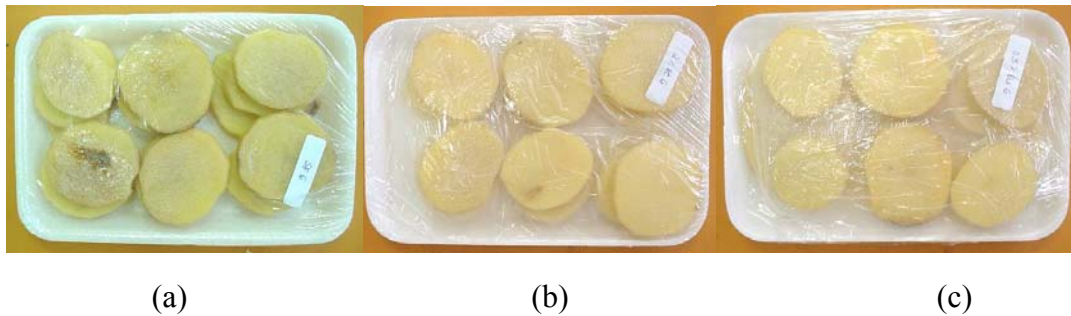
SILVA *et al.* (2003) avaliaram o efeito de diferentes embalagens e da temperatura de armazenamento sobre a conservação de mandioca minimamente processada, encontrando  $\Delta E > 10,00$  para as amostras acondicionadas em bandejas de polipropileno, envoltas com filme PVC e armazenadas a 10 e 25°C por 3 dias e  $\Delta E = 5,00$  e 3,50 para as amostras acondicionadas em embalagens de poliolefina multicamada com e sem vácuo, aos 6 dias de estocagem a 25°C e aos 12 dias a 10°C, respectivamente. O último valor encontrado para a diferença de cor foi considerado satisfatório, tendo em vista que as demais amostras tiveram a vida útil comprometida pelo escurecimento, sendo que as amostras com  $\Delta E = 5,00$  também apresentavam sinais de estufamento e exsudação de líquidos.



**Figura 11-** Variação da diferença de cor em batatas minimamente processadas durante o armazenamento.



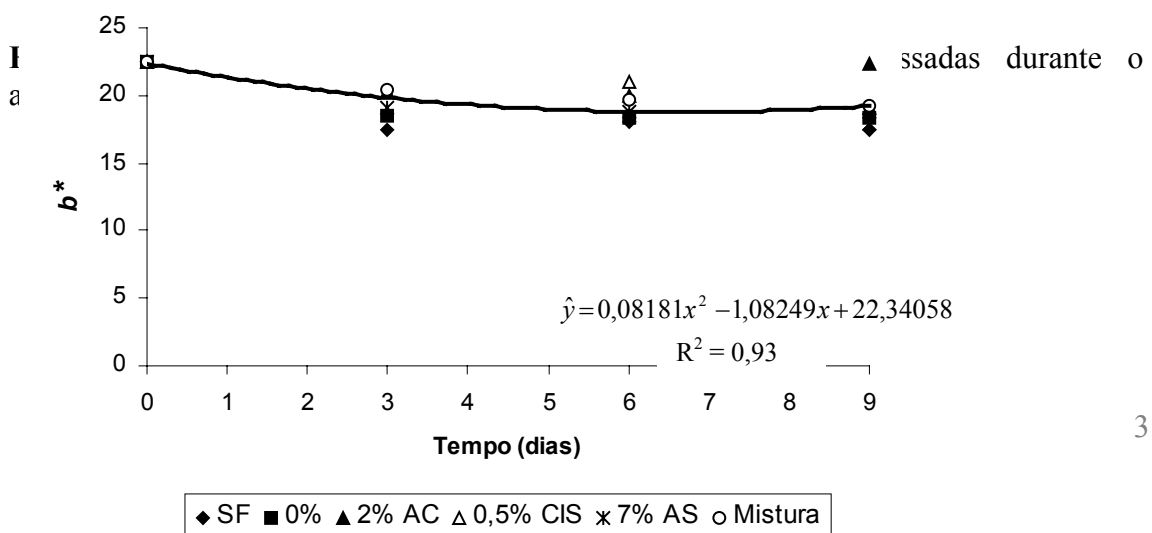
**Figura 12-** Batatas sem filme (a) (controle) e intercaladas com filme de ácido cítrico (b) e de cisteína (c) no início do armazenamento a  $8^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .



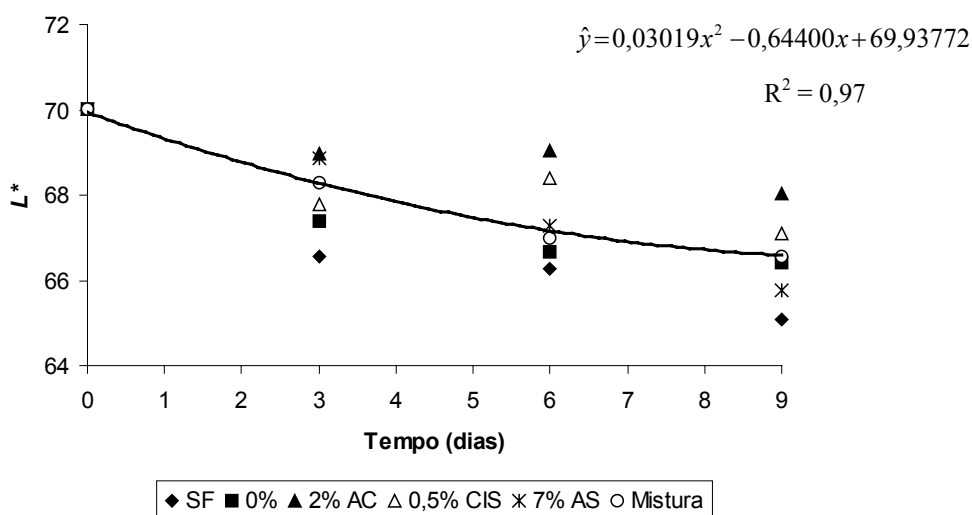
**Figura 13-** Batatas sem filme (a) (controle) e intercaladas com filme de ácido cítrico (b) e de cisteína (c) aos 9 dias de armazenamento a  $8^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Em relação às coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  (Tabela 4 e Figuras 14, 15 e 16), os tratamentos não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ), cujos valores se alteraram somente devido à ação do tempo ( $p < 0,05$ ). A coordenada  $b^*$  (Figura 14) exibiu pequenas oscilações entre as amostras durante os 9 dias de observação, enquanto as variáveis  $L^*$  e  $a^*$  demonstraram maior distinção entre os tratamentos, cuja diferença não foi significativa estatisticamente devido às variações entre as bateladas, relacionadas à própria matéria-prima (originária de lotes diferentes). ABBOTT (1999), em um estudo relacionado à medida da qualidade de frutas e hortaliças, afirma que estes alimentos são altamente variáveis e que a qualidade das amostras individuais podem apresentar grandes variações em suas quantificações, necessitando de um maior número de amostras e medidas para encontrar significância representativa da amostragem.

A coordenada  $b^*$ , relacionada ao eixo que varia de azul ( $-b^*$ ) a amarelo ( $+b^*$ ), variou em média de 22,51 a 19,05, do início ao final do armazenamento, situando-se na faixa positiva e tendendo, portanto à coloração amarela, característica da batata. Este comportamento foi semelhante ao verificado por BALDWIN *et al.* (1996) em fatias de maçãs expostas por 2h à temperatura ambiente.



Os valores observados para  $L^*$  (coordenada que indica a luminosidade da amostra – na faixa de 100 (branco) a 0 (negro)) variaram de 70,03 a 65,06 (no tempo 0 e aos 9 dias) para a amostra controle, de 70,03 a 68,02 para a amostra intercalada com o filme de 2% de ácido cítrico e de 70,03 a 67,11 para a amostra acondicionada com os filmes de 0,5% de cisteína, como pode ser verificado na Figura 15. Estes dados são comparáveis aos observados por GUNES & LEE (1997), que avaliaram batatas minimamente processadas submetidas à combinação de soluções antioxidantes, atmosfera modificada e armazenamento a 2°C, cujos resultados indicaram que o melhor tratamento antioxidante consistiu na mistura de 0,5% de cisteína e 2% de ácido cítrico (m/v), com valores de  $L^*$  variando de 67,0 a 63,0 (no tempo zero e aos 13 dias de armazenamento respectivamente), desempenho que impressionou por ter sido superior ao obtido para o metabissulfito de sódio, justificando a incorporação destes compostos aos filmes celulósicos em estudo.



**Figura 15-** Variação de  $L^*$  em batatas minimamente processadas durante o armazenamento.

A coordenada  $a^*$  (Figura 16), que no cromatograma indica a variação de verde ( $-a^*$  32 vermelho ( $+a^*$ ), assim como a coordenada  $L^*$  e o parâmetro diferença de cor, é também utilizada para averiguar modificações na cor causadas pelo escurecimento. BALDWIN *et al.* (1996) verificaram a influência de revestimentos comestíveis, antioxidantes e acidulantes na manutenção da cor em maçãs e batatas fatiadas, encontrando menores valores de  $a^*$ , ou seja, menor escurecimento, para as amostras tratadas com o revestimento.

SAPERS *et al.* (1994) avaliaram o escurecimento em cogumelos inteiros e fatiados, encontrando os menores valores de  $a^*$  e os maiores para  $L^*$  nas amostras tratadas com solução de eritorbato de sódio, cisteína e EDTA. Este comportamento também foi observado no presente estudo, cuja variação para  $a^*$  foi de 0,87 a 2,37 nas amostras controle, 0,87 a 1,02 nas amostras com filme de ácido cítrico e de 0,87 a 0,90 nas amostras cobertas com filme de cisteína.

Apesar dos demais filmes ativos (incorporados com 7% de ácido sórbico e mistura de compostos) não terem demonstrado desempenhos satisfatórios na manutenção da cor, deve se ressaltar que a atmosfera modificada ativa não foi

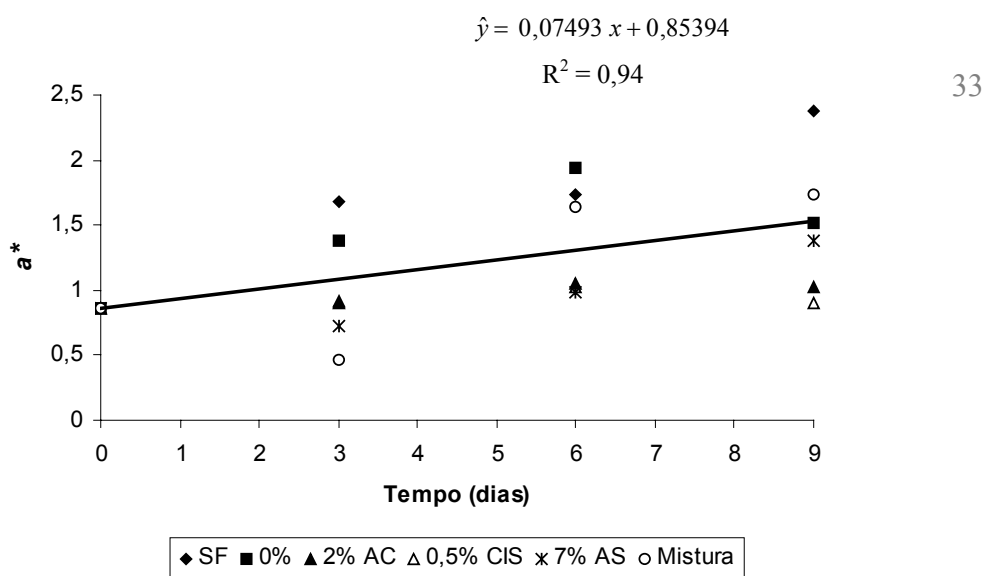
empregada ao produto. Este sistema de embalagem é sugerido por diversos autores como adequada para conferir um alimento visualmente atraente e prolongar sua vida de prateleira (AHVENAINEN, 1996; ZAGORY & KADER, 1988). No entanto, PINELI *et al.* (2005) citam que tratamentos baseados somente na modificação atmosférica da embalagem não foram suficientes para evitar o escurecimento de batatas da cultivar “Ágata” minimamente processadas, mencionando a necessidade de combiná-la com soluções antioxidantes. Esta associação mostrou eficácia nos estudos conduzidos por LANGDON (1987), com batatas fatiadas.

Estudos desenvolvidos por DONG *et al.* (2000) com antioxidantes aplicados à pêra indicaram que as fatias das variedades “Bosc” e “Barlett” exibiram uma cor atraente e textura aceitável por 30 dias, quando imersas por 2 minutos em solução de 0,01% de 4-hexilresorcinol, 0,5% de ácido ascórbico e 1,0% de lactato de cálcio, embaladas em vácuo parcial e armazenadas em temperaturas de 2 a 5°C.

O uso do ácido cítrico é indicado para inibir o escurecimento enzimático através da redução do pH ou combinação com o cobre presente na PPO (agente quelante), sendo testado em batatas, cogumelos etc. (GUNES & LEE, 1997; SAPERS *et al.*, 1994).

BERBARI *et al.* (2003) avaliaram o uso do ácido cítrico na conservação da pasta de alho (acidificação a pH 4,0), encontrando resultados satisfatórios, com o produto mantendo a cor inicial por até três meses de armazenamento à temperatura ambiente.

A cisteína, aminoácido não essencial empregado em medicamentos e como melhorador de farinha, é também pesquisada como inibidor da atividade da PPO em maçãs (OZOGLU & BAYINDIRH, 2002), cogumelos (SAPERS *et al.*, 1994), pêra (SIDDIQ *et al.*, 1994; MONTGOMERY, 1983), batata (GUNES & LEE, 1997), dentre outros. Nestes estudos, este composto demonstrou capacidade para minimizar os efeitos indesejáveis da reação enzimática, como um substituto em potencial do metabissulfito de sódio. ARAÚJO (2004) cita que a cisteína inibe completamente o escurecimento da banana e do abacate minimamente processados quando aplicada na concentração de 5,0mM e 0,32mM, respectivamente. Entretanto, menciona que a forma como esta inibição ocorre não é completamente conhecida, coexistindo duas suposições, uma delas baseada na formação de um conjugado entre a quinona e a cisteína e a outra, na combinação irreversível deste aminoácido com o cobre do centro ativo da PPO.



**Figura 16-** Variação de  $a^*$  em batatas minimamente processadas durante o armazenamento.

Os valores observados para o pH e para a acidez total (%) (Tabela 5 e Figuras 17 e 18) foram significativos, somente, para o fator tempo ( $p < 0,05$ ), oscilando suavemente e indicando que a acidificação através dos filmes ativos é mais lenta do que pelo método usual de imersão (aplicação direta do aditivo). Desta maneira, é possível explicar como o pH das amostras (Figura 17) mantiveram-se próximos a 6,0, considerado elevado e insuficiente para inativar a PPO e evitar seus efeitos.

**Tabela 5-** Resumo da análise de variância para os parâmetros pH e acidez total (%) durante a estocagem de batatas minimamente processadas.

F.V.	G.L.	Q.M.	
		pH	Acidez total (%)
Filmes	5	0,05467222 <sup>ns</sup>	0,01364889 <sup>ns</sup>
Erro (a)	12	0,03415833	0,02115139
Tempo	3	0,08050000*	0,18116481*
Tempo*Filmes	15	0,01791444 <sup>ns</sup>	0,04117259 <sup>ns</sup>
Erro (b)	36	0,01438426	0,03214213

<sup>ns</sup>= valores não significativos ao nível de 5% ( $p > 0,05$ );

\*= valores significativos ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ).

Segundo DUANGMAL & APENTEN (1999), o pH ótimo da referida enzima em batatas, é próximo a 6,8, continuando ativa na faixa entre 4,4 e 6,0 e bloqueada a partir de 4,0. Entretanto, CANTOS *et al.* (2002) encontraram maior atividade da PPO em uma faixa de pH mais baixo, de 5,25 a 5,75, para vários cultivares de batata. Este resultado corrobora com a afirmação de DUANGMAL & APENTEN (1999), de que o pH ótimo depende das propriedades genéticas (variedade), natureza dos substratos fenólicos e métodos de extração, além de estar correlacionado à atividade enzimática.

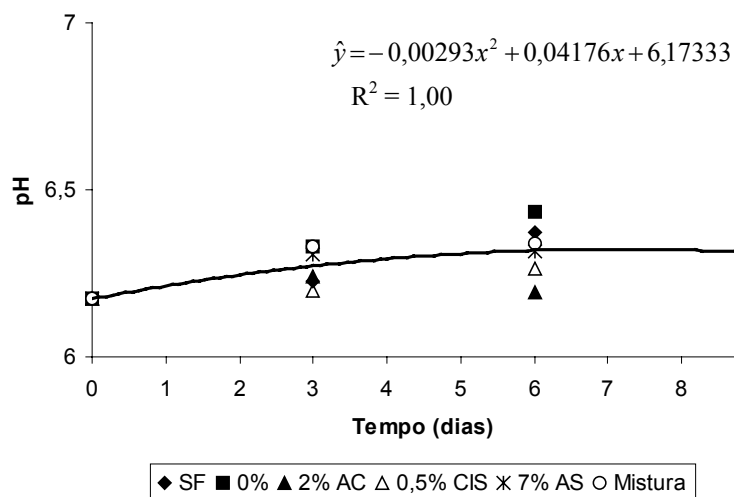
PILON (2003) encontrou variações de pH durante o armazenamento de cenoura, salada mista e pimentão minimamente processados, fato que segundo a autora, poderia estar relacionado aos menores valores de ácidos orgânicos encontrados.

O pH é considerado um dos fatores determinantes para a estabilidade microbiológica dos alimentos, influenciando em sua microbiota, como citado por ARAÚJO (2004), AHVENAINEN (1996) e GIANUZZI & ZARITZKY (1993).

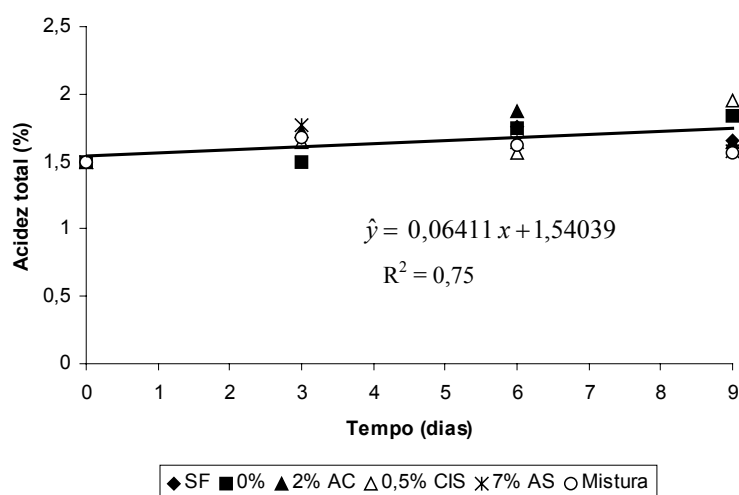
ARAÚJO (2004) relata que produtos minimamente processados com pH e 34 superiores a 4,6 e 0,85, respectivamente, são altamente perecíveis, necessitando de tratamentos para estender sua vida útil, tais como os baseados na acidificação.

A acidez total (%) acompanhou o comportamento observado para o pH, apresentando valores próximos aos relatados por SMITH (1977), na faixa de 0,85% a 1,15% (Figura 18) e contrastando com os valores encontrados por PINELI *et al.* (2005) para a cultivar “Ágata”, cuja média foi de 0,15%. Estas diferenças provavelmente estão relacionadas às características inerentes à matéria-prima que, como citado por SMITH (1977), dependem da época do plantio, do tipo de solo, da estação, localização, nutrição mineral, controle de insetos e doenças, tempo de colheita etc.





**Figura 17-** Variação do pH em batatas minimamente processadas durante o armazenamento.



**Figura 18-** Variação da acidez total (%) em batatas minimamente processadas durante o armazenamento.

Os resultados obtidos para a atividade de água (Aa) e perda de massa (%) são apresentados na Tabela 6 e nas Figuras 19 e 20. A Tabela 6 demonstra que os valores não foram significativos para a atividade de água, indicando que não houve influência dos tratamentos, do tempo de armazenamento e da interação entre esses dois fatores ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 6-** Resumo da análise de variância para os parâmetros Atividade de água (Aa) e perda de massa (%) durante a estocagem de batatas minimamente processadas.

F.V.	G.L.	Q.M.	
		Aa	Perda de massa (%)
Filmes	5	0,00007776 <sup>ns</sup>	0,09915139 <sup>ns</sup>
Erro (a)	12	0,00017374	0,32949028

Tempo	3	0,00004661 <sup>ns</sup>	8,40287917*
Tempo*Filmes	15	0,00005400 <sup>ns</sup>	0,01568694 <sup>ns</sup>
Erro (b)	36	0,00013737	0,04845509

<sup>ns</sup>= valores não significativos ao nível de 5% (p>0,05);

\*= valores significativos ao nível de 5% (p<0,05).

A Figura 19 mostra claramente este comportamento, onde se observa que a atividade de água permaneceu praticamente estável durante os 9 dias de avaliação. ICMSF (1980) cita que a atividade de água depende da temperatura, visto que ela influencia a pressão de vapor de água. Entretanto, ressalta que o efeito da temperatura é pequeno, exceto no caso de alimentos congelados ou com solução saturada, os quais apresentam valores de Aa em torno de 0,953 a -5° C, de 0,907 a -10°C e de 0,823 a -20°C. Como o produto em estudo não foi adicionado de substâncias que pudessem diminuir a Aa pela saturação, tais como açúcar e sal e, não foram expostos a temperaturas de congelamento, observa-se que a estabilidade da atividade de água durante o período de estocagem é compreensível e esperado. Além disso, as amostras não foram submetidas a variações de temperatura, fato que poderia alterar o parâmetro em questão.

A perda de massa (Figura 20) foi mais susceptível à ação do tempo (com valor final em torno de 1,5%), apresentando diferenças significativas (p<0,05) no decorrer da estocagem. Esta queda na qualidade, evidenciada pela desidratação superficial, também é mencionada por PINELI *et al.* (2005), que a correlacionou ao aumento da firmeza da batata minimamente processada, atribuindo tal enrijecimento à perda de água.

REIS *et al.* (2004) observaram perda máxima de 0,13% na massa de bananas minimamente processadas, tratadas com mistura de 0,5% de L-cisteína, 1% de ácido ascórbico e 1% de cloreto de cálcio e acondicionadas em atmosfera modificada ativa. Esta perda, verificada aos 4 dias de armazenamento a 8°C, foi considerada mínima.

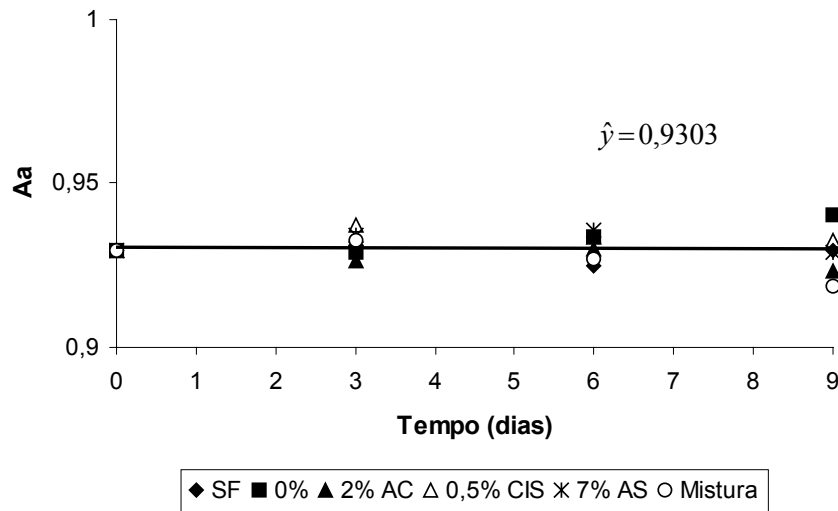
CARVALHO & LIMA (2002) também observaram perda de massa em kiwis tratados com ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio e acondicionados em embalagens de polietileno tereftalato. Entretanto, esta perda, segundo os autores, foi mínima (inferior a 1%), sendo atribuída à embalagem empregada, que promoveu restrições das trocas gasosas do fruto com o meio, criando um ambiente de atmosfera modificada passiva.

SHIBAIRO *et al.* (2002), avaliaram diferentes temperaturas e umidades relativas para o armazenamento de cenouras íntegras, com as combinações de 2°C e 80% U.R., 13°C e 79% U.R. e 13°C e 31% U.R., condições consideradas como ótima, comum e inadequada, respectivamente. Após 30 dias de estocagem, verificaram que a perda de massa das cenouras aumentou com a elevação da temperatura e redução da umidade relativa. Observaram, também, a existência de uma relação significativa entre este parâmetro e a REL (Relative Electrolyte Leakage- Extravasamento Eletrolítico Relativo), parâmetro que mede a permeabilidade do tecido através da perda de eletrólitos, indicando que a perda de água no tecido desta raiz estava associada à injúria da membrana, situação observada, também em outros vegetais. No entanto, este resultado não surpreendeu os autores, visto que tinham conhecimento de que a perda de água provoca mudanças no metabolismo celular, podendo levar à deterioração da membrana.

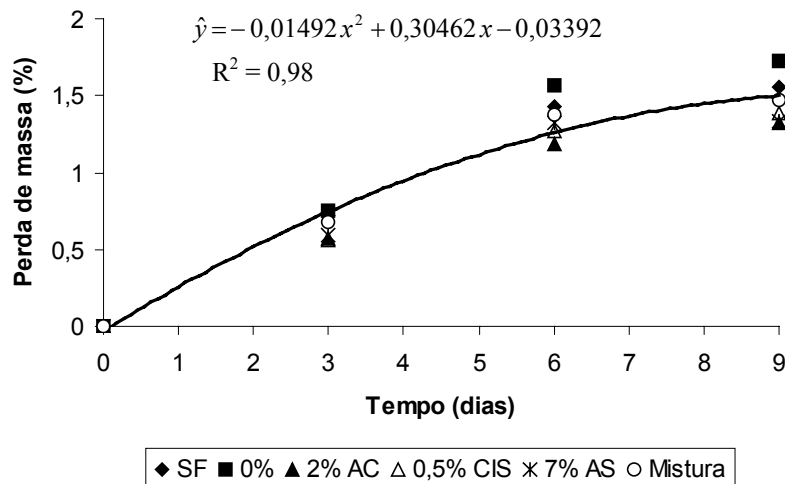
Segundo FINGER & VIEIRA (2002), a taxa de perda de água pelos produtos hortícolas depende da interação entre os fatores do meio (temperatura, umidade e velocidade do ar) e inerentes aos órgãos vegetais (relação superfície/volume, natureza da superfície protetora e integridade física). Os pesquisadores citam, ainda, que a perda

de peso total consiste em um somatório da perda de água por transpiração e da perda de matéria seca pela respiração, com a perda por transpiração determinando em grande parte as reduções quantitativa e qualitativa dos vegetais.

A redução de umidade em frutas e hortaliças, associada a outras alterações metabólicas, leva o produto ao murchamento, tornando-o inaceitável ao consumo. As perdas econômicas devido à perda de peso também podem ser elevadas, fato que demonstra a importância da embalagem, cujos materiais devem ter uma permeabilidade adequada ao oxigênio e ao vapor de água, para diminuir a taxa respiratória e minimizar a perda de peso e desidratação superficial (SARANTOPOÚLOS *et al.*; 2001). As amostras intercaladas com os filmes desenvolvidos apresentaram a mesma redução na massa observada para as amostras sem filme, fato explicado com base no comportamento da celulose que, de acordo com ROBERTSON (1993) é sensível à absorção de umidade, possuindo alta taxa de transmissão ao vapor de água e a gases. Além disso, as bandejas de batatas foram envoltas em filme de polivinilcloro (PVC), que apresenta alta permeabilidade a gases e vapor de água, facilitando a perda de água dos produtos acondicionados.



**Figura 19-** Variação da Aa em batatas minimamente processadas durante o armazenamento.



**Figura 20-** Variação da perda de massa (%) em batatas minimamente processadas durante o armazenamento.

#### 4.4.2- Avaliação da qualidade microbiológica

Os resultados encontrados para a avaliação microbiológica (Tabela 7 e Figuras 21, 22 e 23), indicaram que não houve efeito dos tratamentos ou de sua interação com o tempo de armazenamento ( $p>0,05$ ), sendo as amostras influenciadas somente pelo fator tempo ( $p<0,05$ ).

A RDC nº 12 de 02/01/2001 (BRASIL, 2001) não estabelece um padrão microbiológico para produtos minimamente processados, fixando, somente, os valores de  $10^2$  NMP/g para coliformes a  $45^\circ\text{C}$  e ausência de *Salmonella* sp. em 25g de amostra para hortaliças, legumes e similares (incluindo cogumelo) frescas “in natura”, preparadas, sanificadas, refrigeradas ou congeladas para consumo direto. Fixa, ainda, para raízes, tubérculos e similares nas mesmas condições citadas, os valores de  $10^3$  NMP/g para coliformes a  $45^\circ\text{C}$ , ausência de *Salmonella* sp. em 25g de amostra e  $10^3$  UFC/g para *Staphylococcus* coagulase positiva e *Bacillus cereus*. Neste estudo, os microrganismos avaliados foram escolhidos com base na sua importância para o produto minimamente processado, com a contagem dos Fungos e dos microrganismos psicrotróficos representando os microrganismos deteriorantes, Coliformes totais e a  $45^\circ\text{C}$  como indicadores das condições higiênico-sanitárias do processo e *Staphylococcus* coagulase positiva e *Bacillus cereus* como patógenos de possível ocorrência e indicadores das condições de manipulação e higienização.

**Tabela 7-** Resumo da análise de variância para Fungos filamentosos e leveduras, Psicrotróficos, e *Staphylococcus* coagulase negativa durante a estocagem de batatas minimamente processadas.

F.V.	G.L.	Q.M.		
		Fungos	Psicrotróficos	<i>Staphylococcus</i>
Filmes	5	0,0678656 <sup>ns</sup>	0,4568156 <sup>ns</sup>	0,73317889 <sup>ns</sup>
Erro (a)	12	0,7937597	0,8951264	2,26479583
Tempo	3	35,6122611*	69,0101296*	13,21720185*
Tempo*Filmes	15	0,2525122 <sup>ns</sup>	0,5211319 <sup>ns</sup>	0,26642852 <sup>ns</sup>
Erro (b)	36	0,3077579	0,9353301	0,88236991

<sup>ns</sup>= valores não significativos ao nível de 5% ( $p>0,05$ );

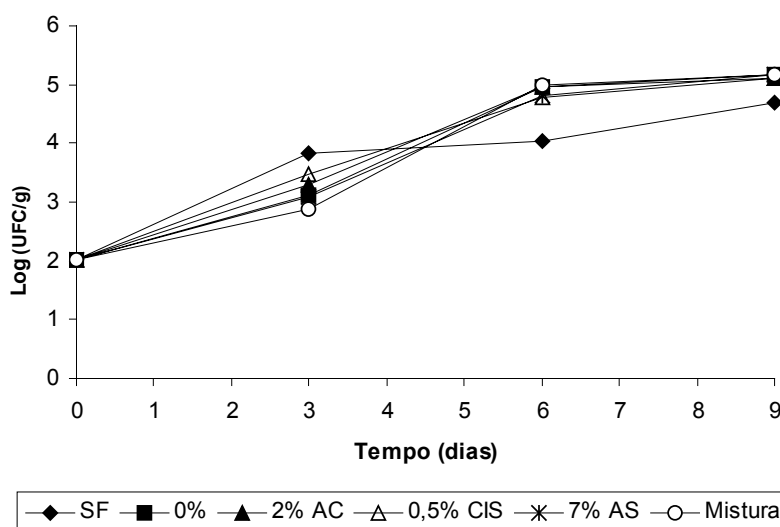
\*= valores significativos ao nível de 5% ( $p<0,05$ ).

Os fungos filamentosos e leveduras (Tabela 8 e Figura 21) apresenta 38 contagens médias, em amostras sem filme, que variaram de 2,03 a 4,68 ci logarítmicos, para os tempos 0 e 9 dias, respectivamente. No 3º dia de avaliação, as amostras intercaladas com os filmes de ácido sórbico e de mistura, continham cerca de 3,09 e 2,89 ciclos logarítmicos destes microrganismos, respectivamente, indicando pequeno efeito inibitório do ácido sórbico que, como citado por DAVIDSON (2000) é um antimicrobiano específico para diversos tipos de fungos filamentosos e leveduras. Estes valores foram ligeiramente inferiores ao encontrado para as amostras sem filme (cerca de 3,82 ciclos logarítmicos) que, entretanto, aumentaram no decorrer do armazenamento, passando a contagens próximas àquelas observadas para os demais tratamentos.

GIANUZZI & ZARITZKY (1993) encontraram fungos filamentosos e leveduras na ordem de  $10^4$  e  $5 \times 10^5$  UFC/g no início e aos 2 meses de armazenamento, respectivamente, em batatas descascadas não acidificadas (controle), embaladas em

vácuo parcial e armazenadas a 4°C. Para as amostras tratadas individualmente com ácido cítrico e ascórbico ou com mistura destes, encontraram, respectivamente, valores inferiores a  $10^5$  UFC/g e próximos de  $5 \times 10^4$  UFC/g.

TOURNAS (2005) avaliou 27 amostras de saladas (alface, “baby carrots” etc.), 12 vegetais minimamente processados (brócolis, alface, espinafre, tomate, dentre outros), 29 amostras de vegetais frescos (pepinos, tomates etc.) e 116 amostras de brotos (de feijão, cebola entre outros) coletados em vários supermercados, encontrando contagens elevadas de fungos em saladas prontas para o consumo ( $1,4 \times 10^3$  a  $1,8 \times 10^5$  UFC/g em alface), nos vegetais minimamente processados ( $5,8 \times 10^5$  UFC/g em couve-flor) e frescos ( $9,5 \times 10^4$  UFC/g em salsa) e contagens alarmantes nos diversos brotos avaliados ( $1,7 \times 10^7$  UFC/g em brotos de feijão).



**Figura 21-** Crescimento de Fungos filamentosos e leveduras em batatas minimamente processadas durante a estocagem.

**Tabela 8-** Médias e Desvios-padrão para o crescimento de Fungos filamentosos e leveduras.

Tratamentos	Tempo (dias)			
	0	3	6	9
SF	2,03 ± 2,62	3,82 ± 5,28	4,05 ± 4,90	4,69 ± 0
0%	2,03 ± 2,62	3,12 ± 4,55	4,95 ± 0	5,18 ± 3,36
2% AC	2,03 ± 2,62	3,31 ± 4,59	4,95 ± 4,77	5,10 ± 4,39
0,5% Cisteína	2,03 ± 2,62	3,49 ± 3,84	4,79 ± 4,85	5,10 ± 4,57
7% AS	2,03 ± 2,62	3,09 ± 4,68	4,80 ± 0	5,18 ± 2,76
Mistura	2,03 ± 2,62	2,89 ± 2,79	5,00 ± 4,31	5,18 ± 0

As médias obtidas estão expressas em Log (UFC/g).

Os valores encontrados para os psicrotróficos (Tabela 9 e Figura 22), aos 9 dias de armazenamento, variaram de 4,60 (controle) a 5,40 ciclos logarítmicos (amostras com filme 0% ou mistura), não apresentando contagem inicial elevada. Isto indica que o processamento foi adequado para reduzir a carga inicial destes microrganismos,

evidenciando também, que a temperatura e as demais condições de armazenamento favoreceram seu crescimento. No entanto, tais valores foram inferiores aos encontrados por GUERZONI *et al.* (1996) em saladas prontas para o consumo, submetidas a diferentes sanitizações e armazenadas em temperatura de 4°C, que variaram de 6,49 (tempo 0) a 8,01 ciclos logarítmicos (aos 10 dias de armazenamento).

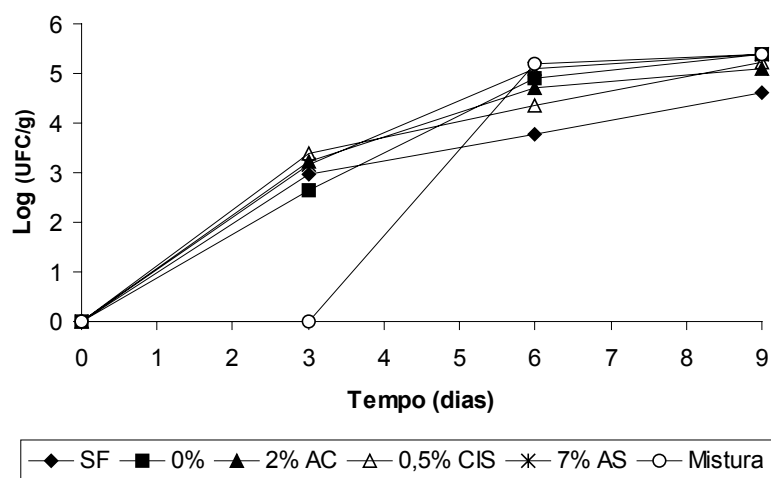
PILON (2003) encontrou valores comparáveis para cenoura minimamente processada e submetida a diversos tratamentos (ar atmosférico, vácuo e atmosfera contendo 2% O<sub>2</sub>, 10% CO<sub>2</sub> e 88% N<sub>2</sub>), que variaram de 10<sup>2</sup> a 10<sup>5</sup> UFC/g durante os 21 dias de armazenamento a 1°C ± 1°C.

VITTI (2003) avaliou o crescimento de microrganismos psicotróficos em beterrabas minimamente processadas, acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido e envoltas com filme de PVC, encontrando, os maiores valores para o controle (sem sanitização) e os menores para as amostras submetidas a 12 minutos de sanitização (200 ppm de cloro ativo), com contagens de 1,37 x 10<sup>3</sup> e 1,82 x 10<sup>2</sup> UFC/g de amostra no início do armazenamento e de 3,80 x 10<sup>5</sup> e 6,24 x 10<sup>3</sup> UFC/g de amostra aos 6 dias de armazenamento a 5 ± 1°C e 85 ± 5% U.R., respectivamente.

SILVA *et al.* (2003) encontraram cerca de 8 ciclos logarítmicos (UFC/g) em mandioca minimamente processada acondicionada em diferentes embalagens (Poliolefinas multicamada (com e sem vácuo)) aos 12 dias de estocagem a 10°C.

FANTUZZI *et al.* (2004) verificaram que o aumento da microbiota psicotrófica (com contagens iniciais de 4 a 5 ciclos logarítmicos) pode ser evitado em temperaturas de estocagem de 1 e 5°C, com aumento significativo da vida útil do repolho minimamente processado, ficando em torno dos 20 dias. Entretanto, observaram, também, aumentos de até 3 ciclos logarítmicos quando o produto foi armazenado a 12°C, cuja vida de prateleira foi inferior a 5 dias.

Estes dados evidenciam que as temperaturas superiores a 5°C favorecem o crescimento destes microrganismos que, de acordo com LAURILA & AHVENAINEN (2002), são os deteriorantes de ocorrência natural nos alimentos refrigerados, apresentando vantagem competitiva sobre muitos patógenos. No presente estudo utilizou-se a temperatura de 8°C por acreditar-se que esta se encontra mais próxima da aplicada nos mercados.



40

**Figura 22-** Crescimento de psicotróficos em batatas minimamente processadas durante a estocagem.

**Tabela 9-** Médias e Desvios-padrão para o crescimento de Psicrotróficos.

Tratamentos	Tempo (dias)			
	0	3	6	9
SF	0 ± 2,36	2,97 ± 3,36	3,78 ± 4,10	4,60 ± 5,16
0%	0 ± 2,36	2,63 ± 3,24	4,89 ± 5,07	5,40 ± 0
2% AC	0 ± 2,36	3,22 ± 3,48	4,72 ± 5,03	5,08 ± 4,99
0,5% Cisteína	0 ± 2,36	3,38 ± 3,10	4,36 ± 4,75	5,23 ± 4,82
7% AS	0 ± 2,36	3,18 ± 3,76	5,11 ± 5,10	5,39 ± 3,80
Mistura	0 ± 2,36	0 ± 2,66	5,20 ± 4,45	5,40 ± 0

As médias obtidas estão expressas em Log (UFC/g).

A contagem de coliformes totais (Tabela 10) variou de 23,3 (tempo 0) a >2400 NMP/g (9 dias), elevadas para um produto sanitizado. SIGRIST (2002) também encontrou contagens elevadas em couve-flor envolta com filme de PVC, que foi da ordem de  $3,1 \times 10^3$  UFC/g a partir do 7º dia de armazenamento a 5°C.

BERBARI *et al.* (2001) estudaram o efeito da água de lavagem clorada na desinfecção de alface minimamente processada, encontrando reduções iniciais, na contagem de coliformes totais, de 2 ciclos logarítmicos para a concentração de 70mg/L de cloro e de 3 ciclos logarítmicos para as concentrações de 100 e 130mg/L. As últimas concentrações conferiram um produto com contagens de  $10^4$  UFC/g de coliformes totais aos 9 dias de armazenamento a 2°C e de  $10^6$  UFC/g aos 6 dias para a concentração de 70mg/L de cloro, indicando o término da vida útil do produto.

VITTI (2003) encontrou contagens de coliformes totais em beterrabas minimamente processadas que variaram, do início ao 6º dia de armazenamento, de 1,5 a 46 NMP/g de produto e de 0,91 a 46 NMP/g de produto para as amostras submetidas a 6 minutos de sanitização e a 12 minutos, respectivamente. A autora observou, também, que as amostras controle (sem sanitização) apresentaram os maiores valores, os quais foram superiores a 110 NMP/g de produto.

BRUNO *et al.* (2005) verificaram a qualidade microbiológica de frutas e hortaliças minimamente processadas comercializadas em Fortaleza, cujos resultados apontaram a contaminação de 53,3% das amostras de hortaliças/ tubérculos e de 33% das amostras de frutas com coliformes totais em contagens superiores a  $10^3$  NMP/g.

Apesar de todas as amostras exibirem resultados negativos para os coliformes a 45°C, observa-se que o processo foi falho para evitar a contaminação por colifor 41 totais. No entanto, verifica-se, também, que a matéria-prima pode carrear uma c microbiana extremamente elevada, proveniente da microbiota natural do solo, como citado por ROSA & CARVALHO (2000). Desta maneira, a lavagem em água corrente e as etapas de sanitização podem ser insuficientes para reduzir a carga inicial a um nível aceitável e que permita contagens menores ao longo do armazenamento.

**Tabela 10** – Contagem de coliformes totais (NMP/g) durante o armazenamento de batatas minimamente processadas.

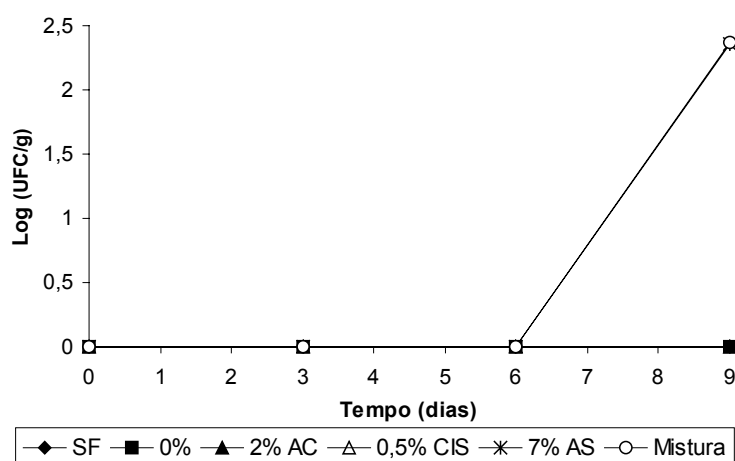
Tratamentos	Tempo (dias)			
	0	3	6	9
SF	23,3 ± 19,5	737,00 ± 628,73	>2400*	>2400*
0%	23,3 ± 19,5	72 ± 68,29	>2400	>2400
2% AC	23,3 ± 19,5	114 ± 116,92	>2400*	>2400
0,5% Cis	23,3 ± 19,5	108,67 ± 113,74	>2400	>2400
7% AS	23,3 ± 19,5	99,33 ± 122,62	>2400	>2400
Mistura	23,3 ± 19,5	59,67 ± 28,87	>2400*	>2400

\* A amostra “SF” apresentou valores de NMP/g iguais a 9 e a 1100, no 6º e 9º dias de armazenamento (na 3ª repetição), respectivamente;

\* As amostras “2% AC” e “Mistura” obtiveram NMP/g iguais a 1100 no 6º dia de armazenamento da 3ª repetição.

As amostras intercaladas com os filmes de ácido sórbico e mistura foram susceptíveis ao crescimento de *Staphylococcus* (Tabela 11 e Figura 23) que, pelo teste da coagulase, apresentaram resultado negativo. Em ambos os tratamentos, o crescimento ocorreu ao final do armazenamento, com valores iguais a 2,36 log (UFC/g), não apresentando contagem até o 6º dia. Esta tendência foi observada somente para estes filmes e nas três repetições, levantando-se a suspeita do ácido sórbico (presente nos dois filmes) ter favorecido esta situação. ARAÚJO (2004), DZIEZAK (1986) e DAVIDSON (2000) citam que este antimicrobiano é efetivo contra fungos filamentosos e leveduras, além de exibir algum efeito inibidor sobre certos gêneros de bactérias, tais como *Bacillus*, *Clostridium*, *Escherichia* e *Lactobacillus*, quando na forma de sorbato. Relatam, também, que possui um pKa de 4,75 e uma maior atividade na faixa de pH entre 6,0 e 6,5.

No entanto, DZIEZAK (1986) comenta que o ácido sórbico perde a ação bacteriostática na presença de grandes concentrações de microrganismos, sendo por eles metabolizado. Isto levanta a hipótese de que, no último dia de avaliação, o crescimento elevado de coliformes totais, fungos e psicrotróficos contribuiu para a redução de sua efetividade, favorecendo o aumento do *Staphylococcus* coagulase negativa.



42

**Figura 23-** Crescimento de *Staphylococcus* coagulase negativa em batatas minimamente processadas durante a estocagem.

**Tabela 11-** Médias e Desvios-padrão para o crescimento de *Staphylococcus* coagulase negativa.

Tratamentos	Tempo (dias)			
	0	3	6	9
SF	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 1,80	0 ± 4,10
0%	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 1,06	0 ± 2,83
2% AC	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 2,14	0 ± 2,23
0,5% Cisteína	0 ± 0	0 ± 1,36	0 ± 1,46	0 ± 3,55
7% AS	0 ± 0	0 ± 1,36	0 ± 4,27	2,36 ± 2,51
Mistura	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 2,32	2,36 ± 2,58

As médias obtidas estão expressas em Log (UFC/g).



Em relação à contagem de *Bacillus cereus*, observou-se que todos os tratamentos avaliados apresentaram resultado negativo, indicando que o processamento foi adequado para evitar a contaminação dos produtos pela referida bactéria.

Apesar das amostras acondicionadas com os filmes ativos serem, em muitas situações, parecidas com as amostras controle, não significa que sejam ineficazes na redução do crescimento de microrganismos, visto que sua ação depende de uma série de fatores, dentre eles o pH do alimento. Como relatado anteriormente, este parâmetro apresentou alterações muito pequenas em todos os tratamentos, situando-se próximo à neutralidade, diminuindo o efeito do antimicrobiano. Além disso, a migração dos agentes ativos (ácido cítrico, cisteína e ácido sórbico) pode não ter sido rápida o suficiente para acompanhar o aumento dos microrganismos deteriorantes, possibilitando sua adaptação gradual. Outro fator que pode ter contribuído para este quadro consiste na temperatura de estocagem, que foi acima da faixa sugerida (0 a 5°C) por LAURILA & AHVENAINEN (2002), AHVENAINEN (1996) entre outros autores. De acordo com RUSHING & FEEN (1962) citados por HUXSOLL & BOLIN (1989), saladas de frutas cítricas adicionadas de 0,033% de benzoato de sódio e 0,066% de sorbato de potássio, tiveram a vida útil prolongada pelo efeito sinérgico entre os aditivos e a baixa temperatura de armazenamento (-1,1°C), desempenho não verificado para outras temperaturas testadas (10 e 4,44°C).

Assim, de uma maneira geral, os resultados encontrados para as amostras avaliadas não divergiram dos citados pela literatura (geralmente com grande número de deteriorantes), podendo ser considerados como satisfatórios ao levar em consideração 43 fato dos produtos terem sido armazenados a 8°C e sem atmosfera modificada ativa; único incidente de maior importância microbiológica consistiu na contagem inicial elevada de coliformes totais, indicando que a sanitização não foi capaz de reduzi-la e que as condições de estocagem favoreceram o seu desenvolvimento. Entretanto, não foi verificada a presença de microrganismos patogênicos, demonstrando que a sanitização, neste caso pode evitar a contaminação.

## 5- CONCLUSÕES

44

Os ensaios de migração indicaram que a cisteína e os ácidos cítrico e sórbico, incorporados aos filmes, se difundem rapidamente para o meio simulante, com índices de migração de 26, 67 e 87% e coeficientes de difusão de  $1,44 \times 10^{-12}$ ,  $1,43 \times 10^{-16}$  e  $1,36 \times 10^{-14} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , respectivamente. O filme de cisteína, no entanto, apresentou degradação, fato que pode estar relacionado à sua instabilidade nas condições utilizadas para a avaliação.

Na avaliação da qualidade microbiológica, observou-se a ausência de patógenos e contagens de microrganismos deteriorantes próximas às encontradas na literatura para hortaliças minimamente processadas. Dentre os filmes avaliados, o filme incorporado com a mistura de aditivos foi o que apresentou o melhor desempenho quanto à inibição do crescimento de psicrotróficos, com contagem inicial inferior a 1 ciclo logarítmico e de 5,4 ciclos logarítmicos aos 9 dias de armazenamento. Além disso, também retardou o crescimento de fungos, apresentando, ao 3º dia, 2,89 ciclos logarítmicos, a menor contagem observada entre todos os tratamentos.

Quanto à avaliação da cor, verificou-se que as amostras intercaladas com os filmes de 2% de ácido cítrico e de 0,5% de monoclórato de *L*-cisteína apresentaram os melhores desempenhos em relação à diferença de cor.

Os resultados observados em conjunto indicaram que a embalagem ativa, quando empregada de maneira isolada, é incapaz de prolongar a vida útil da batata minimamente processada. Este tipo de embalagem, assim como os aditivos utilizados para diversos fins na indústria de alimentos, não substitui o cuidado com a matéria-prima e com o processamento realizado dentro das boas práticas de fabricação; ela surge com o propósito de auxiliar na conservação, conferindo qualidade e segurança ao alimento.

Conclui-se, assim, que os filmes incorporados com ácido cítrico ou cisteína possuem potencial para minimizar o efeito do escurecimento enzimático, mantendo a

cor original da batata minimamente processada, em temperatura de refrigeração, por mais tempo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desempenho observado para os filmes ativos desenvolvidos adquire maior importância no momento em que se ressalta o fato do oxigênio, componente fundamental para a atividade da polifenoloxidase e para o crescimento de microrganismos, não ter sido removido ou alterado na embalagem. Verificou-se, portanto, que os filmes incorporados com agentes antiescurecimento apresentaram potencial para minimizarem as alterações de cor, necessitando, porém, de ajustes quanto à combinação e às concentrações dos compostos ativos, além de uma otimização na estocagem do produto. A falta de correlação entre a atividade da polifenoloxidase e o desempenho quanto à diferença de cor, indica a necessidade de uma complementação do estudo com a avaliação da atividade da peroxidase que, segundo a literatura, também pode favorecer o escurecimento enzimático, atuando em sinergia com a PPO.

## 6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

45

ABBOTT, J. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 207-225, 1999.

AHVENAINEN, R. Active and intelligent packaging- an introduction. In: AHVENAINEN, R. **Novel food packaging techniques**. 1st ed., Cambridge: CRC Press, p. 5-21, 2003.

AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**. v. 7, p. 179-186, 1996.

ALMEIDA, G. C.; PINELI, L. L. O.; MORETTI, C. L.; ONUKI, A. C. A. Comportamento Fisiológico da Batata Cultivar Asterix Minimamente Processada e Intacta Armazenada a 5 e 15°C./ Resumos. In: Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 3., 2004, Viçosa. **Anais do III Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, p. 197. 2004.

ANDRADE, N. J.; ANTUNES, M. A.; BASTOS, M. S. R. Higiene nas indústrias de alimentos minimamente processados. In: Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 3., 2004, Viçosa. **Anais do III Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, p. 40-47. 2004.

APPENDINI, P.; HOTCHKISS, J. H. Review of antimicrobial food packaging. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 3, p. 113-126, 2002.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos- Teoria e Prática**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2004, 478p.

AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J. A. F.; AZEREDO, A. M. C. Embalagens ativas para alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20. n.3, p. 337-341, 2000.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BAKER, R. A. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. **Hortscience**, v. 30, n. 1, p. 35-38, 1995.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; CHEN, X.; HAGENMAIER, R. D. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 151-163, 1996.

BERBARI, S. A. G.; AGUIRRE, J. M. Alternativas para o aproveitamento industrial de batata. **Batata Show**, n.4, maio/2002.

BERBARI, S. A. G.; PASCHOALINO, J. E.; SILVEIRA, N. F. A. Efeito do cloro na água de lavagem para desinfecção de alface minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 197-201, maio/agosto. 2001.

BERBARI, S. A. G.; SILVEIRA, N. F. A.; OLIVEIRA, L. A. T. Avaliação do comportamento de pasta de alho durante o armazenamento (*Allium sativum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 468-472, set./dez. 2003. 46

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: [www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br). Acesso em: 19/07/2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 383, de 05 de agosto de 1999a. Regulamento Técnico que aprova o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de alimentos 7 – Produtos de Panificação e Biscoitos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: [www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br). Acesso em: 19/07/2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 105, de 19 de maio de 1999b. Regulamento Técnico sobre Disposições Gerais para Embalagens e Equipamentos Plásticos em contato com alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: [www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br). Acesso em: 19/07/2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução n. 4, de 24 de novembro de 1988. Revisão das Tabelas I, III, IV e V referente a aditivos intencionais, bem como os Anexos I, II, III e VII, todas do Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1995. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: [www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br). Acesso em: 12/05/2005.

BRODY, A. L. RFID and Active Packaging Among Topics in New Orleans. **Food Technology**, v. 59, n. 6, p. 108-111, June/2005.

BRODY, A. L. Minimally Processed Foods – Demand Maximum Research and Education. **Food Technology**, v. 52, n. 5, p. 62, 64, 66, 204-206, May/1998.

BRUNO, L. M.; QUEIROZ, A. A. M.; ANDRADE, A. P. C.; VASCONCELOS, N. M.; BORGES, M. F. Avaliação microbiológica de hortaliças e frutas minimamente processadas comercializadas em Fortaleza (CE). **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 75-84, jan./jun. 2005.

BUREAU, G. & MULTON, J. L. **Embalaje de los alimentos de gran consumo**. Zaragoza (España): Editorial Acribia, 1995, 748p.

BUSCH, J.M. Enzymic browning in potatoes: a simple assay for a polyphenol oxidase catalysed reaction. **Biochemical Education**, v. 27, p.171-173, 1999.

CAGRI, A., USTUNOL Z., RYSER E. T. Antimicrobial, mechanical, and moisture barrier properties of low pH whey protein-based edible films containing *p*-Amminobenzoic or sorbic acid, **Journal of Food Science**, v. 66, n. 6, p. 865–870, 2001.

CALBO, A. G. **Batata (*Solanum tuberosum*)**. Laboratório de Pós-colheita/EMBRAPA. Disponível em <[www.cnph.embrapa.br/laborato/pos\\_colheita/batata.htm](http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos_colheita/batata.htm)>. Acesso em 20/06/2005.

CANTOS, E.; TUDELA, J. A.; GIL, M. I.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potato <sup>47</sup> **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 3015-3023, 2002.

CARNELOSSI, M. A. G.; YAGUIU, P.; SILVA, E. O.; PUSCHMANN, R. Técnicas do Processamento Mínimo de Hortaliças/Oficina. In: Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 3., 2004, Viçosa. **Anais do III Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, p. 214-217, 2004.

CARVALHO, A. V.; LIMA, L. C. O. Qualidade de kiwis minimamente processados e submetidos a tratamento com ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de cálcio. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 679-685, 2002.

COELHO, A. H. R.; VILELA, E. R.; CHAGAS, S. J. R. Qualidade de batata (*Solanum tuberosum subsp. Tuberosum*) para fritura, em função dos níveis de açúcares redutores e de amido, durante o armazenamento refrigerado e à temperatura ambiente com atmosfera modificada. **Ciênc. e Agrotec.**, Lavras, v.23, n.4, p. 899-910, out./dez., 1999.

DANTAS, M. I.S. **Impacto da embalagem de couve (*Brassica oleraceae cv.acephala*) minimamente processada na intenção de compra do consumidor**. 2001. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG., 2001.

DAVIDSON, P. M. Antimicrobial compounds. In: FRANCIS, F. J. **Encyclopedia of Food Science and Technology**. 2nd. ed. New York: John Wiley & Sons, v. 1, p. 63-75, 2000.

DONG, X.; WROLSTAD, R. E.; SUGAR, D. Extending shelf life of fresh-cut pears. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 1, p. 181-186, 2000.

DUANGMAL, K.; APENTEN, R. K. O. A comparative study of polyphenoloxidases from taro (*Colocasia esculenta*) and potato (*Solanum tuberosum* var. Romano). **Food Chemistry**, v. 64, p. 351-359, 1999.

DZIEZAK, J. D. Preservative Systems in Foods: Antioxidants and Antimicrobial Agents. **Food Technology**, v. 40, n. 9, p.40, 94-136, 1986.

EMBLEM, A. Predicting packaging characteristics to improve shelf-life. In: KILCAST, D.; SUBRAMANIAM, P. (Edit). **The stability and shelf-life of food**. 1st. ed. Cambridge: CRC Press, p. 145-169, 2000.

FANTUZZI, E.; PUSCHMANN, R.; VANETTI, M. C. D. Microbiota contaminante em repolho minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 207-211, abr./jun. 2004.

FEDERAÇÃO da Agricultura do Estado do Paraná- FAEP. **Batata**. Disponível em: <http://www.faep.com.br/comissoes/frutas/cartilhas/hortalicas/batata.htm>. Acesso em: 30/08/2005.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Cadernos didáticos, Viçosa: UFV, v. 19, 2002. 29p.

48

FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L. **Pós-colheita do tubérculo de batata**. Cadernos didáticos, Viçosa: UFV, v. 4, 1997. 32p.

FRANCIS, F. J. **Encyclopedia of Food Science and Technology**. 2n. ed., New York: John Wiley & Sons, v. 1, 2000. 2908p.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1995, 308p.

FRIEDMAN, M. Food browning and its prevention: An overview. **Journal of Agric. Food Chem**, v. 44, n. 3, p. 631-650, 1996.

FRIEDMAN, M. Improvement in the safety of foods by SH-containing amino acids and peptides. A Review. **Journal of Agric. Food Chem**. v. 42, p. 3-20, 1994.

GERALDINE, R. M. Processamento Mínimo do Alho. In: Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 3., 2004, Viçosa. **Anais do III Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, p. 63-70, 2004.

GERALDINE, R. M. **Parâmetros tecnológicos para o processamento mínimo de alho** (*Allium sativum* L.) 2000. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GIANUZZI, L.; LOMBARDI, A. M.; ZARITZKY, N. E. Diffusion of citric and ascorbic acids in pre-peeled potatoes and their influence on microbial growth during refrigerated storage. **J. Sci. Food Agric**, v. 68, p. 311-317, 1995.

GIANUZZI, L.; ZARITZKY, N. E. Chemical preservatives action on microbial growth in a model system of refrigerated prepeeled potatoes. **Journal of Food Protection**, v. 56, n. 9, p. 801-807, 1993.

GOMES, C. A. O. **Recomendações técnicas para produção de batata pré-frita e congelada**. Documentos, n. 16, Rio de Janeiro: EMPBRAPA – CTAA, 1997. 14p.

GUERZONI, M. E.; GIANOTTI, A.; CORBO, M. R.; SINIGAGLIA, M. Shelf-life modeling for fresh-cut vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 195-207, 1996.

GUILBERT, S.; GONTARD, N.; GORRIS, L. G. M. Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. **Lebensin. Wiss u. Technol.**, v. 29, p. 10-17, 1996.

GUNES, G.; LEE, C. Color of Minimally Processed Potatoes as Affected by Modified Atmosphere Packaging and Antibrowning Agents. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 3, p. 572-575, 1997.

HAN, J. H. Antimicrobial food packaging. **Food Technology**, v. 54, n. 3, p. 56-65, 2000.

49

HAN, J. H.; FLOROS, J. D. Potassium sorbate diffusivity in American processed *mozzarella* cheeses. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 3, p. 435-437, 1998.

HENZ, G. P. Sem perdas – veja as principais causas e como diminuir os prejuízos em batata, de forma a preservar seu valor comercial. **Cultivar HF**, p.22-25, Dez/2004 – Jan/2005.

HUXSOLL, C. C.; BOLIN, H. R. Processing and Distribution Alternatives for Minimally Processed Fruits and Vegetables. **Food Technology**, v. 43, n. 2, p. 124-128, 1989.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz - Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. São Paulo: O Instituto, v. 1, 1985, 533 p.

INSTITUTO CAMPINEIRO DE ENSINO AGRÍCOLA- ICEA. **Cultura de batatinha**. Campinas: ICEA, 1987. 42p.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS – ICMSF. **Ecología Microbiana de Los Alimentos 1- Factores que afectan a la supervivencia de los microorganismos en los alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1980. 332p.

IZUMI, H.; WATADA, A. E. Calcium treatment to maintain quality of zucchini squash slices. **Journal of Food Science**, v.60, p. 789-793, 1995.

KING Jr, A. D.; BOLIN, H. R. Physiological and Microbiological Storage Stability of Minimally Processed Fruits and Vegetables. **Food Technology**, v. 43, n. 2, p. 132-135, 1989.

LABUZA, T. P. An Introduction to Active Packaging for Foods. **Food Technology**, v. 50, n. 4, p. 68-71, april/1996.

LACOSTE, A.; SCHAICH, K. M.; ZUMBRUNNEN, D.; YAM, K. L. Advancing controlled release packaging through smart blending. **Packaging Technology and Science**, v. 18, p. 77-87, 2005.

LANGDON, T. T. Preventing of Browning in Fresh Prepared Potatoes Without the Use of Sulfiting Agents. **Food Technology**, v. 41, n.5, p. 64-67, May/1987.

LAURILA, E.; AHVENAINEN, R. Minimal processing of fresh fruits and vegetables. In: JONGEN, W. **Fruit and vegetable processing – Improving quality**. 1st. ed. Cambridge: CRC Press, p. 288-309, 2002.

LEE, C. Y. Enzymatic Browning Reaction. In: FRANCIS, F. J. **Encyclopedia of Food Science and Technology**. 2nd. ed., New York: John Wiley & Sons, v. 1, p. 208-218 2000.

LIM, L. T.; TUNG, M. A. Vapor pressure of allyl isothiocyanate and its transport in PVDC/PVC copolymer packaging film. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 5, p. 1050-1066, 1997.

LIMA, L. C. O. Introdução às Boas Práticas de Fabricação/Oficina. In: Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 3., 2004, Viçosa. **Anais do III Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, p. 218-226, 2004.

LINDLEY, M. G. The impact of food processing on antioxidants in vegetable oils, fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 9, p.336-340, 1998.

MARSHALL, M. R.; KIM, J.; WEI, C. I. Enzymatic browning in fruits, vegetables and seafoods. **FAO**, 2000. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/ags/agsi/ENZYMFINAL/Enzymatic%20Browning.html>. Acesso em: 20/06/2005.

MARTINEZ, M. V.; WHITAKER, J. R. The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends in Food Science & Technology**, v.6, 195-200, 1995.

MELO, P.E. Cultivares de batata potencialmente úteis para processamento na forma de fritura no Brasil e manejo para obtenção de tubérculos adequados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n.197, p.112-119, mar./abr. 1999.



MINISTÉRIO da Agricultura, do Abastecimento e Pecuária do Brasil - MAPA. Disponível em: [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br) . Acesso em 11/05/2005.

MOLNAR-PERL, I.; FRIEDMAN, M. Inhibition of browning by sulfur amino acids. 3. Apples and potatoes. **Journal of Agric. Food Chem.**, v. 38, p. 1652-1656, 1990.

MONTGOMERY, M. W. Cysteine as an inhibitor of browning in pear juice concentrate. **Journal of Food Science**, v. 48, p. 951-952, 1983.

MORETTI, C. L. Panorama do Processamento Mínimo de Hortaliças. In: Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 3., 2004, Viçosa. **Anais do III Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, p. 1-8, 2004.

MORITA, T.; ASSUMPÇÃO, R. M. V. **Manual de soluções, reagentes e solventes (Padronização – Preparo – Purificação)**, 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1. reimp., 1976. 630p.

MYERS, R. A. Packaging Considerations for Minimally Processed Fruits and Vegetables. **Food Technology**, v. 43, n. 2, p. 129-131, 1989.

NANTES, J. F. D.; LEONELLI, F. C. V. A estruturação da cadeia produtiva de vegetais minimamente processados. **Rev. FAE**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 61-69, set./dez. 2000.

OHLSSON, T. Minimal processing – preservation methods of the future: an overview. **Trends in Food Science & Technology**, v. 5, p. 341-345, 1994.

OZOGLU, H.; BAYINDIRH, A. Inhibition of enzymic browning in cloudy apple juice with selected antibrowning agents. **Food Control**, v. 13, p. 213-221, 2002.

PILON, L. **Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração**. 2003. 128f. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – ESALQ -Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PINELI, L. L. O.; MORETTI, C. L.; ALMEIDA, G. C.; ONUKI, A. C. A.; NASCIMENTO, A. B. G. Caracterização química e física de batatas ‘Ágata’ minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 40, n. 10, p. 1035-1041, 2005.

PINELI, L. L. O. Processamento mínimo de batata. In: Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 3., 2004, Viçosa. **Anais do III Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, p.71-81, 2004.

PINTO, C. A. B. P. Melhoramento genético da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n.197, p.120-128, mar./abr. 1999.

PLASTICS ADDITIVES & COMPOUNDING. **Active, Controlled And Intelligent Packaging Market Set To Soar**, p.12, May/June. 2004.

QUINTAVALLA, S.; VICINI, L. Antimicrobial food packaging in meat industry. **Meat Science**, v. 62, p. 373-380, 2002.

RAPEANU, G.; LOEY, A. V.; SMOUT, C.; HENDRICKX, M. Biochemical characterization and process stability of polyphenoloxidase extracted from Victoria grape (*Vitis vinifera* ssp. *Sativa*). **Food Chemistry**, v. 94, p. 253-261, 2006.

REDL, A.; GONTARD, N.; GUILBERT, S. Determination of sorbic acid diffusivity in edible wheat gluten and lipid based films. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 1, p. 116-120, 1996.

REIS, C. M. F.; VILLAS BOAS, E. V. B.; BOARI, C.A.; PÍCCOLI, R. H. Qualidade e vida de prateleira de banana 'prata' minimamente processada. **Ciência agrotecnologia – Comunicação**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 696-702, maio/junho, 2004.

RESENDE, L. M. A.; MASCARENHAS, M. H. T.; PAIVA, B. M. Aspectos econômicos da produção e comercialização de batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.197, p.9-19, mar./abr.1999.

ROBERTSON, G. L. **Food Packaging: principles and practice**. 1st. ed. New York: Marcel Dekker, 1993. 676p.

ROONEY, M. L. **Active Food Packaging**. 1st. ed., London: Blackie Academic & Professional, 1995. 260p.

RONK, R. J.; CARSON, K. L.; THOMPSON, P. Processing, Packaging, and Regulation of Minimally Processed Fruits and Vegetables. **Food Technology**, v. 4: 52, p. 136-139, 1989.

ROSA, O. O.; CARVALHO, E. P. Características microbiológicas de frutos e hortaliças minimamente processados. **Bol. SBCTA**, v. 34, n. 2, p. 84-92, jul./dez. 2000.

ROWE, R. C. **Potato Health Management**. v.2, Minnesota, USA: APS PRESS, 1993. 178p.

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L.; MILLER, F. C.; COOKE, P. H.; CHOI, S. W. Enzymatic browning control in minimally processed mushrooms. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 5, p. 1042-1047, 1994.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, É. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 215p.

SHARMA, V. K.; MOULIN, A.; MILLERO, F. J.; De STEFANO, C. Dissociation constants of protonated cysteine species in seawater media. **Marine Chemistry**, v. 99, p. 52-61, 2006.

SHIBAIRO, S. I.; UPADHYAYA, M. K.; TOIVONEN, P. M. A. Changes in water potential, osmotic potential, and tissue electrolyte leakage during mass loss in carrots stored under different conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 95, p. 13-21, 2002.

SIDDIQ, M.; CASH, J. N.; SINHA, N. K.; AKHTER, P. Characterization and inhibition of polyphenoloxidase from pears (*Pyrus communis* L. cv. Bosc and Red). **Journal of Food Biochemistry**, v. 17, n. 5, p. 327-337, 1994.

SIECZKA, J. B. Potatoes and potato processing. In: FRANCIS, F. J. **Encyclopedia of Food Science and Technology**. 2nd. ed., New York: John Wiley & Sons, v. 1, p. 1933-1937, 2000.

SIGRIST, J. M. M. **Estudos fisiológicos e tecnológicos de couve-flor e rúcula minimamente processadas**. 2002. 112 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – ESALQ-Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVA, V. V.; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M. Efeito da embalagem em temperatura de estocagem na conservação de mandioca minimamente processada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 197-202, jul/dez 2003.

SILVEIRA, M. F. A. **Filme antimicrobiano celulósico incorporado com ácido sórbico na conservação de massa de pastel**. 2005. 58f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SIMÕES, A do N. **Alterações químicas e atividades de enzimas em folhas de couve inteiras e minimamente processadas**. 2004. 75 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SMITH, O. **Potatoes: production, storing, processing**. 2nd. ed., Westport, Conn: AVI Publishing Company, 1977. 642 p. 53

SOARES, N. F. F. **Bitterness Reduction in Citrus Juice through Naringinase Immobilized into Polymer Film**. 1998. 130f. Tese (Ph.D.) – Cornell University, New York.

STAIR, J. L.; HOLCOMBE, J. A. Metal remediation and preconcentration using immobilized short-chain peptides composed of aspartic acid and cysteine. **Microchemical Journal**, v. 81, p. 69-80, 2005.

TALBURT, W. F.; SMITH, O. **Potato processing**. 3rd. ed., Westport, Conn: AVI Publishing Company, 1975. 705 p.

TEIXEIRA, M. F. S.; DOCKAL, E. R.; CAVALHEIRO, É. T. G. Sensor for cysteine based on oxovanadium (IV) complex of Salen modified carbon paste electrode. **Sensors and Actuators B**, v. 106, p. 619-625, 2005.

THARANATHAN, R. N. Biodegradable films and composit coatings: past, present and future. **Trends in Food Science & Technology**, v. 14, p.71-78, 2003.

THYBO, A. K.; CHRISTIANSEN, J.; KAACK, K.; PETERSEN, M. A. Effect of cultivars, wound healing and storage on sensory quality and chemical components in pre-peeled potatoes. **Lebensin. Wiss u. Technol.**, v. 39, p. 166-176, 2006.

TOURNAS, V. H. Moulds and yeasts in fresh and minimally processed vegetables, and sprouts. **International Journal of Food Microbiology**, v. 99, p.71-77, 2005.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D. F. American Public Health Association – APHA. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3rd. ed. Washington: APHA, 1992. 1219p.

VERMEIREN, L., DEVLIEGHERE, F., BEEST, M. van, KRUIJF, N. de, DEBEVERE, J. Developments in the active packaging of foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 10, p.77-86, 1999.

VILELA, N. J.; HENZ, G. P. Situação atual da participação das hortaliças no agronegócio brasileiro e perspectivas futuras. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 17, n.1, p. 71-89, jan./abr. 2000.

VITTI, M. C. D. **Aspectos fisiológicos, bioquímicos e microbiológicos em beterrabas minimamente processadas**. 2003. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – ESALQ -Universidade de São Paulo, Piracicaba.

WATADA, A. E.; KO, N. P.; MINOTT, P. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 115-125, 1996.

YAM, K. L.; TAKHISTOV, P. T.; MILTZ, J. Intelligent packaging: concepts and applications. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 1, p. 1-10, 2005.

YAMASHITA, F. Filmes e revestimentos biodegradáveis aplicados a frutas e hortaliças minimamente processadas. In: Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 3., 2004, Viçosa. **Anais do III Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, p. 57-62, 2004.

ZAGORY, D.; KADER, A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, p. 70-77, September, 1988.

ZORZELLA, C. A.; VENDRUSCOLO, J. L. S.; TREPTOW, R. O. Caracterização Física, Química e Sensorial de Genótipos de Batatas Processadas na Forma de Chips. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 1, p.15-24, Jan./Jun. 2003.

**“ANEXOS”**

<b>ANEXO I</b>	Tabelas referentes a médias e desvios padrão
<b>ANEXO II</b>	Tabelas referentes à análise de regressão

## ANEXO I

Tabelas referentes a médias e desvios-padrão

56

**Tabela 1-** Médias e desvios-padrão para o parâmetro atividade da PPO.

Tratamentos	Tempo (dias)			
	0	3	6	9
SF	0,00037 ± 0,00015	0,00023 ± 0,00017	0,00035 ± 0,00019	0,00042 ± 0,00016
0%	0,00037 ± 0,00015	0,00032 ± 0,00006	0,00027 ± 0,00008	0,00038 ± 0,00028
2% AC	0,00037 ± 0,00015	0,00035 ± 0,00005	0,00040 ± 0,00009	0,00042 ± 0,00019
0,5% Cisteína	0,00037 ± 0,00015	0,00035 ± 0,00009	0,00038 ± 0,00013	0,00032 ± 0,00016
7% AS	0,00037 ± 0,00015	0,00033 ± 0,00008	0,00035 ± 0,00018	0,00043 ± 0,00023
Mistura	0,00037 ± 0,00015	0,00038 ± 0,00008	0,00035 ± 0,00010	0,00033 ± 0,00022

**Tabela 2-** Médias e desvios-padrão para a coordenada  $L^*$ .

Tratamentos	Tempo (dias)			
	0	3	6	9
SF	70,03 ± 0,42	66,56 ± 1,41	66,26 ± 1,45	65,07 ± 0,16
0%	70,03 ± 0,42	67,39 ± 1,30	66,68 ± 2,02	66,41 ± 2,00
2% AC	70,03 ± 0,42	68,96 ± 0,32	69,03 ± 0,84	68,02 ± 1,35
0,5% Cisteína	70,03 ± 0,42	67,78 ± 0,91	68,38 ± 0,76	67,11 ± 0,57
7% AS	70,03 ± 0,42	68,88 ± 1,66	67,29 ± 2,87	65,77 ± 3,16
Mistura	70,03 ± 0,42	68,30 ± 1,94	66,99 ± 2,57	66,54 ± 2,41

**Tabela 3-** Médias e desvios-padrão para a coordenada  $a^*$ .

Tratamentos	Tempo (dias)			
	0	3	6	9
SF	0,87 ± 0,65	1,69 ± 0,40	1,74 ± 0,59	2,37 ± 0,55

0%	0,87 ± 0,65	1,38 ± 0,53	1,94 ± 0,89	1,51 ± 0,67
2% AC	0,87 ± 0,65	0,90 ± 0,34	1,06 ± 0,43	1,02 ± 0,35
0,5% Cisteína	0,87 ± 0,65	0,92 ± 0,27	1,03 ± 0,35	0,90 ± 0,21
7% AS	0,87 ± 0,65	0,72 ± 0,57	0,98 ± 0,64	1,38 ± 1,16
Mistura	0,87 ± 0,65	0,47 ± 0,45	1,64 ± 0,56	1,74 ± 0,49

**Tabela 4-** Médias e desvios-padrão para a coordenada *b*\*.

Tratamentos	Tempo (dias)			
	0	3	6	9
SF	22,51 ± 1,25	17,45 ± 1,53	18,07 ± 1,44	17,53 ± 1,65
0%	22,51 ± 1,25	18,51 ± 1,61	18,29 ± 1,21	18,30 ± 3,87
2% AC	22,51 ± 1,25	20,30 ± 1,98	20,00 ± 0,41	22,34 ± 0,62
0,5% Cisteína	22,51 ± 1,25	20,26 ± 1,48	20,95 ± 2,00	19,05 ± 0,75
7% AS	22,51 ± 1,25	19,04 ± 0,23	18,77 ± 1,75	17,88 ± 2,14
Mistura	22,51 ± 1,25	20,36 ± 1,90	19,72 ± 2,11	19,23 ± 1,88

**Tabela 5-** Médias e desvios-padrão para o parâmetro pH.

Tratamentos	Tempo (dias)			
	0	3	6	9
SF	6,17 ± 0,22	6,23 ± 0,03	6,37 ± 0,13	6,26 ± 0,04
0%	6,17 ± 0,22	6,33 ± 0,09	6,43 ± 0,12	6,38 ± 0,06
2% AC	6,17 ± 0,22	6,24 ± 0,11	6,19 ± 0,04	6,14 ± 0,03
0,5% Cisteína	6,17 ± 0,22	6,20 ± 0,06	6,26 ± 0,10	6,13 ± 0,15
7% AS	6,17 ± 0,22	6,31 ± 0,16	6,31 ± 0,12	6,48 ± 0,09
Mistura	6,17 ± 0,22	6,33 ± 0,01	6,34 ± 0,03	6,48 ± 0,06

**Tabela 6-** Médias e desvios-padrão para o parâmetro acidez total titulável (%).

Tratamentos	Tempo (dias)			
	0	3	6	9
SF	1,50 ± 0,083	1,68 ± 0,25	1,76 ± 0,14	1,65 ± 0,14
0%	1,50 ± 0,083	1,50 ± 0,092	1,74 ± 0,13	1,84 ± 0,39
2% AC	1,50 ± 0,083	1,72 ± 0,14	1,87 ± 0,14	1,65 ± 0,16
0,5% Cisteína	1,50 ± 0,083	1,65 ± 0,24	1,57 ± 0,10	1,95 ± 0,37
7% AS	1,50 ± 0,083	1,77 ± 0,18	1,64 ± 0,15	1,57 ± 0,035
Mistura	1,50 ± 0,083	1,68 ± 0,20	1,62 ± 0,13	1,57 ± 0,10

As médias obtidas estão expressas em porcentagem.

**Tabela 7-** Médias e desvios-padrão para o parâmetro Aa.

Tratamentos	Tempo (dias)			
	0	3	6	9
SF	0,93 ± 0,016	0,93 ± 0,016	0,92 ± 0,013	0,93 ± 0,010
0%	0,93 ± 0,016	0,93 ± 0,017	0,93 ± 0,0023	0,94 ± 0,020
2% AC	0,93 ± 0,016	0,93 ± 0,020	0,93 ± 0,0044	0,92 ± 0,0048
0,5% Cisteína	0,93 ± 0,016	0,94 ± 0,0030	0,93 ± 0,0039	0,93 ± 0,0094
7% AS	0,93 ± 0,016	0,93 ± 0,0040	0,94 ± 0,0021	0,93 ± 0,0043
Mistura	0,93 ± 0,016	0,93 ± 0,0086	0,93 ± 0,0072	0,92 ± 0,013

**Tabela 8-** Médias e desvios-padrão para o parâmetro perda de massa (%).

Tratamentos	Tempo (dias)			
	0	3	6	9
SF	0 ± 0	0,72 ± 0,37	1,43 ± 0,56	1,56 ± 0,66
0%	0 ± 0	0,75 ± 0,38	1,57 ± 0,77	1,72 ± 0,79
2% AC	0 ± 0	0,57 ± 0,092	1,19 ± 0,18	1,32 ± 0,21
0,5% Cisteína	0 ± 0	0,56 ± 0,12	1,27 ± 0,19	1,39 ± 0,16
7% AS	0 ± 0	0,59 ± 0,23	1,32 ± 0,39	1,33 ± 0,33
Mistura	0 ± 0	0,68 ± 0,21	1,37 ± 0,25	1,47 ± 0,14

As médias obtidas estão expressas em porcentagem.

## ANEXO II

58

Tabelas referentes à análise de regressão

**Tabela 1-** Resumo da análise de regressão para a variável  $L^*$ 

F.V.	G.L.	Q.M.
Regressão	2	117,6058 <sup>ns</sup>
Falta de ajuste	1	3,5244
Tempo	3	40,3767
Resíduo (erro b)	68	2,3296

ns – Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 2-** Resumo da análise de regressão para a variável  $a^*$ 

F.V.	G.L.	Q.M.
Regressão	1	4,5473 <sup>ns</sup>
Falta de ajuste	2	0,1344
Tempo	3	1,6054
Resíduo (erro b)	68	0,3922

ns – Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 3-** Resumo da análise de regressão para a variável  $b^*$ 

F.V.	G.L.	Q.M.
Regressão	2	136,1336 <sup>ns</sup>
Falta de ajuste	1	10,3327
Tempo	3	48,8220



Resíduo (erro b)	68	3,1942
------------------	----	--------

ns – Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 4-** Resumo da análise de regressão para o parâmetro acidez total (%)

F.V.	G.L.	Q.M.
Regressão	2	0,5330 <sup>ns</sup>
Falta de ajuste	1	0,0105
Tempo	3	0,1812
Resíduo (erro b)	68	0,0308

ns – Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 5-** Resumo da análise de regressão para o parâmetro pH

F.V.	G.L.	Q.M.
Regressão	2	0,2415 <sup>ns</sup>
Falta de ajuste	1	0
Tempo	3	0,08050
Resíduo (erro b)	68	0,0216

ns – Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 6-** Resumo da análise de regressão para o parâmetro perda de massa (%)

59

F.V.	G.L.	Q.M.
Regressão	2	27,7945 <sup>ns</sup>
Falta de ajuste	1	0,4141
Tempo	3	8,4029
Resíduo (erro b)	68	0,0945

ns – Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.