

Uso de filmes ativos na conservação de batata minimamente processada

Use of active films in the minimally processed potato conservation

Érika Endo¹; Nilda de Fátima Ferreira Soares²;
Danielle Augusta Alvarenga dos Santos³; Soraia Vilela Borges⁴;
Edimar Aparecida Filomeno Fontes⁵; Maria Paula Junqueira C. Gonçalves⁶

Resumo

Batatas da variedade “Monalisa”, foram fatiadas e minimamente processadas e, após, cobertas por filmes ativos, empregados para minimizar o escurecimento enzimático e o crescimento de microrganismos. Utilizaram-se filmes celulósicos incorporados com aditivos (2% de ácido cítrico (AC), 0,5% de monoclórato de *L*-cisteína (CIS), 7% de ácido sórbico (AS) e mistura dos compostos mencionados (MIS)) ou sem a incorporação destes (Filme FP), que foram intercalados às batatas fatiadas. Como controle, foram utilizadas batatas mantidas sem filme intercalado (SF). Todas as amostras foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido, envoltas em filme de PVC e armazenadas por 9 dias a 8°C ± 2°C. A cada três dias, as amostras de batatas foram avaliadas quanto à cor, pH, atividade de água (Aa) e qualidade microbiológica (contagem de Coliformes totais e a 45°C, Fungos filamentosos e leveduras, Psicotróficos, *Bacillus cereus* e *Staphylococcus* coagulase positiva). Observou-se que para os mesmos tempos de estocagem, os tratamentos não diferiram significativamente ($p > 0,05$) para a maioria dos parâmetros avaliados, com exceção da diferença de cor, onde diferiram significativamente aos 10% de probabilidade. Conclui-se que os filmes ativos anti-escurecimento têm potencial de serem usados em vegetais que apresentam deterioração por escurecimento enzimático.

Palavras-chave: Embalagem ativa, processamento mínimo, escurecimento enzimático, conservação

Abstract

Potatoes of the variety “Monalisa” were minimally processed like slices and submitted to different treatments, employed to decrease the enzymatic browning and growth of microorganisms. These treatments consisted on pure cellulose films (FP) or incorporated with active compounds (2% of citric acid (AC), 0,5% of *L*-cysteine Hydrochloride Monohydrate (CIS), 7% of sorbic acid (AS) and film incorporated with all of them (MIS)) which were intercalated to sliced potatoes. For control, potatoes were conditioned without film. All of the samples were conditioned in expanded polystyrene trays, wrapped up in PVC film and stored 8°C ± 2°C by nine days. Every three days, they were evaluated for color, pH, water activity (Aw) and microbiological quality (growth of total Coliformes and to 45°C, Molds and yeasts, Psychrotrophics, *Bacillus cereus* and *Staphylococcus* positive coagulase). 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 conclusion, the active films can minimize the enzymatic browning of vegetables.

Key words: Active packaging, minimal processing, enzymatic browning, conservation

¹ Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFRRJ.

² Professora Adjunta – UFV/DTA. E-mail: nfsoares@ufv.br.

³ Graduanda em Engenharia de Alimentos – UFV/DTA.

⁴ Professora Adjunta – UFLA/DCA.

⁵ Professora Adjunta – CEFET, Rio Pomba.

⁶ Bolsista Prodóc – UFV/DTA.

* Autor para correspondência

Introdução

A batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) tem grande importância na alimentação humana, figurando como a 3ª cultura mais consumida no mundo e apresentando-se, no Brasil, como a hortaliça de maior importância econômica (MELO, 1999; PINELI et al., 2005; PINTO, 1999).

Quando comercializada na forma *in natura*, apresenta baixo valor comercial e perdas decorrentes de desordens fisiológicas – esverdeamento, brotamento etc. – e da deterioração microbiana (FONTES; FINGER, 1997; HENZ, 2005). Diante deste contexto, o processamento mínimo surge como alternativa para minimizar as perdas pós-colheita e oferecer uma nova forma de consumo do tubérculo.

Este processo engloba, basicamente, as etapas de seleção, lavagem, descascamento, corte, sanitização e embalagem, não fazendo uso do tratamento por calor (branqueamento, pasteurização etc.) e mantendo, por este motivo, o frescor e a qualidade organoléptica da matéria-prima. Tais características são, atualmente, muito apreciadas pelos consumidores e aliadas à praticidade inerente à categoria, impulsionam sua comercialização (AHVENAINEN, 1996; LAURILA; AHVENAINEN, 2002).

Entretanto, estes produtos são limitados por várias reações degradativas e, em especial, pelo escurecimento enzimático e crescimento de microrganismos. Estas alterações, por sua vez, estão relacionadas ao descascamento, corte e à intensa manipulação do alimento, favorecendo a ação das polifenoloxidasas (PPO) e a penetração e o crescimento de microrganismos. Tal constatação indica que as etapas de processamento, embalagem e distribuição são fundamentais para garantir a qualidade e a segurança do produto, devendo para tanto, serem otimizadas (BRODY, 1998; LAURILA; AHVENAINEN, 2002).

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; BUSCH, 1999; MARTINEZ; WHITAKER, 1995).

As embalagens podem minimizar as reações deteriorativas através da associação do acondicionamento em atmosfera modificada (aplicação de vácuo, mistura de gases etc.) a baixas temperaturas de estocagem. Outras embalagens com potencial para minimizar os problemas decorrentes do processamento mínimo são as embalagens ativas, que interagem de maneira positiva com o ambiente e o alimento, estendendo a vida de prateleira ou conferindo características sensoriais e/ou nutricionais desejáveis (AHVENAINEN, 2003; AZEREDO; FARIA; AZEREDO, 2000; LACOSTE et al., 2005; RONK; CARSON; THOMPSON, 1989; VERMEIREN et al., 1999). Estas embalagens adquirem maior importância à medida que se observa a tendência em garantir a qualidade e a segurança do alimento, sem o uso abusivo dos aditivos, com o intuito de evitar a deterioração, a intoxicação alimentar e reduzir as alergias decorrentes do uso dos conservadores químicos (AHVENAINEN, 2003). Os materiais de embalagens antimicrobianas possuem este potencial, por diminuir a quantidade de conservadores empregados nos alimentos e direcionar sua ação para a superfície do produto, local de maior ocorrência das reações deteriorativas e do crescimento microbiano (AHVENAINEN, 2003; APPENDINI; HOTCHKISS, 2002; HAN, 2000).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a ação de diferentes filmes celulósicos incorporados com agentes antiescurecimento e antimicrobiano sobre a cor e o crescimento de microrganismos em batatas fatiadas, minimamente processadas e armazenadas por 9 dias, em temperatura de 8°C ± 2°C.

Material e Métodos

Preparo dos filmes

Os filmes de base celulósica foram incorporados com 2% de ácido cítrico (Merck), 0,5% de monoclórato de *L*-cisteína (Vetec), 7% de ácido sórbico (Vetec) ou mistura destes agentes (2% de ácido cítrico + 0,5% de monoclórato de *L*-cisteína + 7% de ácido sórbico) foram preparados pelo método “cast” (processo sob depósito de patente). Também foram preparados filmes sem adição de compostos ativos (FP). 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 do 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 o momento do uso.

Os filmes ativos foram avaliados quanto à migração dos ácidos sórbico (por Cromatografia líquida de alta eficiência, de acordo com metodologia citada por Silveira (2005) e cítrico (titulação com solução de NaOH 0,01N) em simulante (água destilada) para alimentos aquosos e com pH superior a 5,0, conforme Resolução 105 da ANVISA (BRASIL, 1999).

Processamento mínimo da batata

Para o processamento mínimo, batatas médias da variedade “Monalisa” foram adquiridas no mercado do município de Viçosa (MG) e transportadas para a unidade de processamento mínimo de vegetais do Departamento de Biologia/UFV, onde foram lavadas e armazenadas em câmara fria por 12h a 4°C, para redução da temperatura. Após esse período, foram pesadas, lavadas com água potável e descascadas manualmente com facas e descascadores manuais afiados. Em seguida, foram fatiadas na dimensão de 5 mm de espessura por fatia (fatiador Robot Coupe

CL 50), imersas rapidamente em água a 4°C (para retirada do amido e suco celular) e transferidas para solução a 0°C de cloro orgânico (Sumaveg, Diversey Lever) na concentração de 200 mg.L⁻¹ de cloro residual livre (CRL), onde foram mantidas por 10 minutos. Procedeu-se, após esse período, ao enxágüe a 2°C na solução de mesmo cloro a 3 mg.L⁻¹ CRL, centrifugação a 2000 rpm por um minuto (centrífuga doméstica Arno) e embalagem. Nesta etapa, parte das amostras foi mantida sem filme (amostras controle-SF) e outra parte intercalada com os filmes preparados (filme sem aditivos (FP), filme incorporado com 2% de ácido cítrico (AC), 0,5% de monoclórato de *L*-cisteína (CIS), 7% de ácido sórbico (AS) ou mistura dos diferentes compostos (MIS)). Todas as amostras foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido, em porções aproximadas de 200g, envoltas com filme de PVC e transportadas para o Laboratório de embalagens (DTA/UFV), onde foram armazenadas a 8°C ± 2°C, por 9 dias.

Análises realizadas

A cada três dias, as amostras foram avaliadas quanto à cor, através dos parâmetros luminosidade (*L**), *a**, *b** e diferença de cor (ΔE), com leituras realizadas em colorímetro COLORQUEST XE HUNTERLAB, sistema CIELAB. A diferença de cor foi calculada através da fórmula citada por Langdon (1987):

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

Também foram avaliadas em relação ao pH (IAL, 1985), atividade de água (em medidor AQUALAB CX 2T) e qualidade microbiológica (contagem de Coliformes totais e a 45°C, Fungos filamentosos e leveduras, Psicotróficos, *Bacillus cereus* e *Staphylococcus coagulase positiva*), realizada de acordo com os métodos propostos pela APHA – American Public Health Association (VANDERZANT; SPLITTOESSER, 1992).

Planejamento experimental

O planejamento experimental foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos e nas subparcelas os tempos de armazenamento, com três repetições. Os resultados foram avaliados pela análise de variância (ANOVA) e de regressão, com níveis de 5 e 10% de significância.

Resultados e Discussão

Avaliação física e físico-química do produto

Os resultados obtidos para a avaliação da cor (Figuras 1 e 2) indicaram que, para o parâmetro diferença de cor (ΔE) (Figura 1a), os tratamentos foram significativamente diferentes ($p < 0,10$), com os melhores desempenhos apresentados pelas amostras intercaladas com os filmes de ácido cítrico (AC) e de cisteína (CIS). Este comportamento também foi verificado para a luminosidade (L^*) (Figura 1b) e para o parâmetro a^* (variação de verde ($-a^*$) a vermelho ($+a^*$)) (Figura 2a) que, no entanto, não apresentaram diferença significativa ($p > 0,10$) para os tratamentos avaliados. Os valores encontrados para os filmes AC e CIS são comparáveis aos citados por Langdon (1987) para batatas tratadas com 0,2%

de sorbato de potássio, embaladas a vácuo e armazenadas a 4°C por 20 dias. O uso do ácido cítrico e da cisteína é reportada em diversos trabalhos como alternativa para minimizar o escurecimento enzimático, conforme demonstrado nos estudos de Gunes e Lee (1997) para batatas minimamente processadas (tratamento com 0,5% de cisteína, 2,0% de ácido cítrico e atmosfera modificada), de Montgomery (1983) para suco concentrado de pêra (nas concentrações de 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM de cisteína), de Ozoglu e Bayindirh (2002) para suco de maçã tratada com 0,42mM de cisteína, 0,49mM de ácido ascórbico e 0,05mM de ácido cinâmico e de Son, Moon e Lee (2001) para fatias de maçã (tratamento com 0,25% de ácido oxalacético, 0,05% de ácido oxálico, 0,05% de cisteína e 0,05% de ácido kojico). Segundo a literatura, a ação do ácido cítrico na inibição do escurecimento enzimático ocorre através da redução do pH ou da combinação com o cobre presente na PPO (agente quelante), enquanto que no caso da cisteína, o mecanismo da inibição do escurecimento não é completamente conhecido, 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 (ARAÚJO, 2004; GUNES; LEE, 1997; SAPERS et al., 1994).

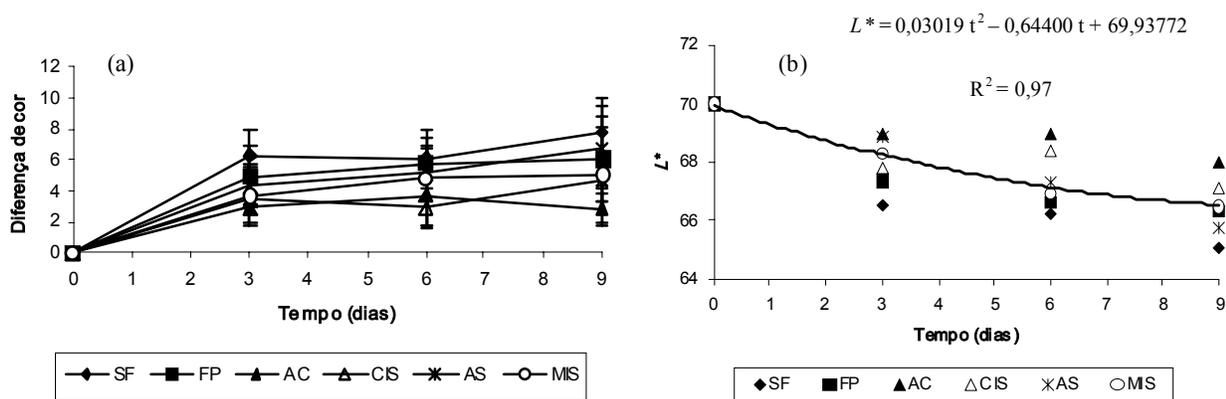


Figura 1. Variação da diferença de cor (a) e da luminosidade (b) em batatas minimamente processadas durante o armazenamento.

SF= Controle (sem filme); FP= Filme puro; AC= Filme incorporado com ácido cítrico; CIS= Filme incorporado com monoclórato de *L*-cisteína; AS= Filme incorporado com ácido sórbico; MIS= Filme incorporado com ácido cítrico, monoclórato de *L*-cisteína e ácido sórbico.

A coordenada b^* (variação de azul ($-b^*$) a amarelo ($+b^*$)) (Figura 2b), apresentou pequena oscilação durante o armazenamento, sem diferença entre os tratamentos ($p>0,05$), 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.

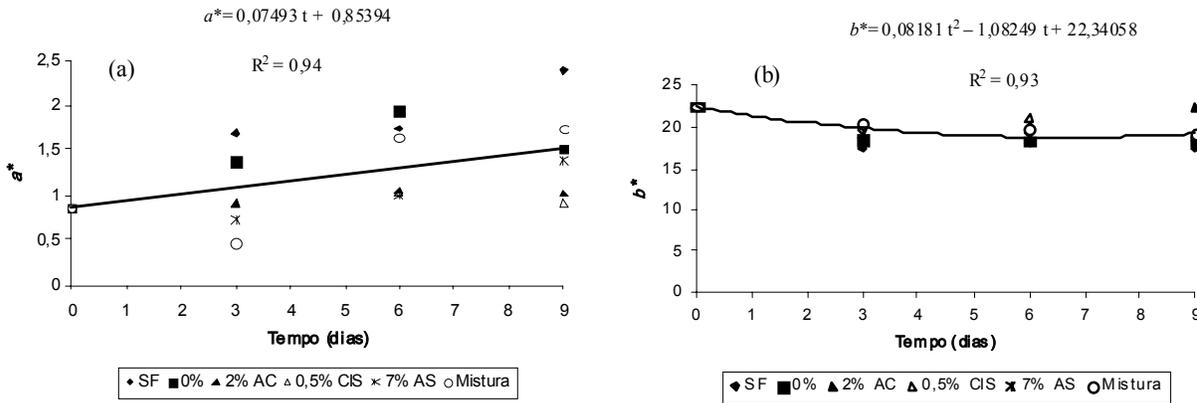


Figura 2. Variação de a^* (a) e b^* (b) em batatas minimamente processadas durante o armazenamento. SF= Controle (sem filme); FP= Filme puro; AC= Filme incorporado com ácido cítrico; CIS= Filme incorporado com monoclórídrico de *L*-cisteína; AS= Filme incorporado com ácido sórbico; MIS= Filme incorporado com ácido cítrico, monoclórídrico de *L*-cisteína e ácido sórbico.

Quanto ao pH (Figura 3), os valores observados para os diferentes tratamentos foram significativos, somente, para o fator tempo ($p<0,05$), os quais mantiveram-se próximo a 6,0, considerados elevados e favoráveis ao crescimento dos microrganismos. O pH é considerado um dos fatores determinantes para a estabilidade microbiológica dos alimentos, influenciando em sua microbiota, como citado por Ahvenainen (1996); Gianuzzi e Zaritzky (1993). Araújo (2004) relata que produtos minimamente processados com pH e A_w 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. Este efeito foi constatado por Baldwin et al. (1996), que observaram menores contagens de microrganismos em maçãs

fatiadas recobertas com formulações celulósicas antimicrobianas em pH 2,5, com comportamento inferior quando ajustadas para o pH 3,5.

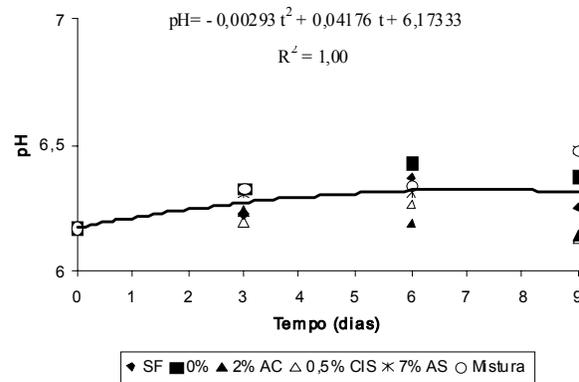


Figura 3. Variação do pH em batatas minimamente processadas durante o armazenamento. SF= Controle (sem filme); FP= Filme puro; AC= Filme incorporado com ácido cítrico; CIS= Filme incorporado com monoclórídrico de *L*-cisteína; AS= Filme incorporado com ácido sórbico; MIS= Filme incorporado com ácido cítrico, monoclórídrico de *L*-cisteína e ácido sórbico.

Os valores obtidos para a atividade de água (Aa) não foram significativos para nenhum dos fatores avaliados ($p > 0,05$), apresentando um valor médio de 0,93 e favorecendo o crescimento dos microrganismos. Esta estabilidade pode estar relacionada ao fato da temperatura de estocagem não ter influenciado significativamente, visto que as amostras não foram congeladas ou adicionadas de substâncias que pudessem diminuir a Aa pela saturação (INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS – ICMSEF, 1980).

Avaliação microbiológica

Com relação à qualidade microbiológica, observou-se que os valores foram influenciados somente pelo tempo de estocagem ($p < 0,05$). 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°C , ausência de *Salmonella* sp. em 25g de amostra e 10^3 UFC/g para *Staphylococcus* coagulase positiva e *Bacillus cereus* para raízes, tubérculos e similares frescos “in natura”, preparados, sanificados, refrigerados ou congelados para consumo direto. Neste estudo, os microrganismos avaliados foram escolhidos com base na sua importância para a batata minimamente processada, com a contagem dos Fungos e dos microrganismos psicrotróficos representando os microrganismos deteriorantes, Coliformes totais e a 45°C como indicadores das condições higiênic-sanitárias do processo e *Staphylococcus* coagulase positiva e *Bacillus cereus* como patógenos de possível ocorrência e indicadores das condições de manipulação e higienização.

Os fungos filamentosos e leveduras apresentaram, ao 3º dia de armazenamento, contagens médias de 3,09 e 2,89 ciclos logarítmicos em amostras intercaladas com filmes de ácido sórbico e filmes incorporados com mistura de compostos, respectivamente (Figura 4). Estes valores foram

ligeiramente inferiores ao obtido para as amostras sem filme (cerca de 3,82 ciclos log) indicando pequeno efeito inibitório do ácido sórbico que, segundo Davidson (2000), é específico contra diversos fungos. Esta diferença inicial desapareceu durante o armazenamento, com todos os tratamentos apresentando contagens similares ao final da estocagem e próximos aos obtidos por Gianuzzi e Zaritzky (1993) para batatas descascadas não acidificadas, embaladas em vácuo parcial e armazenadas a 4°C por 2 meses.

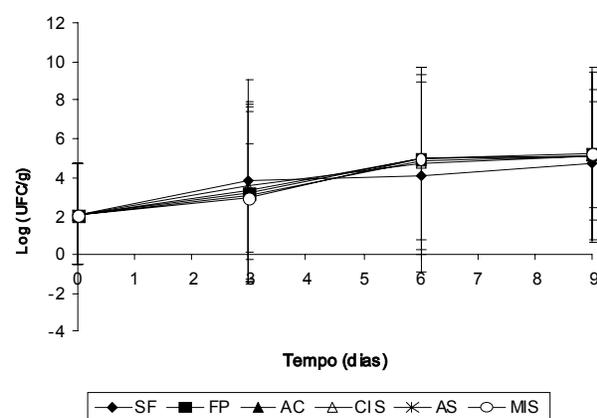


Figura 4. Crescimento de fungos filamentosos e leveduras em batatas minimamente processadas durante a estocagem.

SF= Controle (sem filme); FP= Filme puro; AC= Filme incorporado com ácido cítrico; CIS= Filme incorporado com monocloridrato de *L*-cisteína; AS= Filme incorporado com ácido sórbico; MIS= Filme incorporado com ácido cítrico, monocloridrato de *L*-cisteína e ácido sórbico.

Os valores encontrados para os psicrotróficos (Figura 5), aos 9 dias de armazenamento, variaram de 4,60 (controle) a 5,40 ciclos logarítmicos (amostras com filme 0% ou mistura), apresentando baixa contagem inicial e indicando que as 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% O₂, 10% CO₂ e 88% N₂), que variaram de 10² a 10⁵ UFC/g durante os 21 dias de armazenamento a 1°C ± 1°C.

Silva, Soares e Geraldine (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, Puschmann e Vanetti (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 Laurilla e 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 este valor se aproxima do aplicado nos mercados.

Em relação à contagem dos coliformes, observou-se que ela foi elevada para os totais (Tabela 1) e nula para os coliformes a 45°C, indicando que o processo não evitou a contaminação. Sigrist (2002) também encontrou contagens elevadas em couve-flor envolta com filme de PVC, que foi da ordem de 3,1 x 10³ UFC/g a partir do 7º dia de armazenamento a 5°C.

Berbari, Paschoalino e Silveira (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 10⁴ UFC/g de coliformes totais aos 9 dias de armazenamento a 2°C e de 10⁶ UFC/g aos 6 dias para a concentração de 70mg/L de cloro, indicando o término da vida útil do produto.

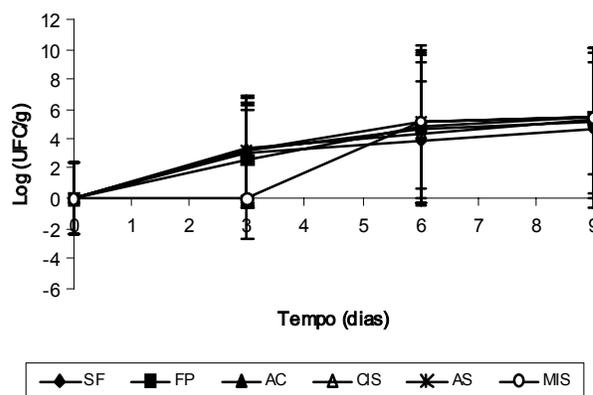


Figura 5. Crescimento de psicotróficos em batatas minimamente processadas durante a estocagem.

SF= Controle (sem filme); FP= Filme puro; AC= Filme incorporado com ácido cítrico; CIS= Filme incorporado com monoclórato de L-cisteína; AS= Filme incorporado com ácido sórbico; MIS= Filme incorporado com ácido cítrico, monoclórato de L-cisteína e ácido sórbico.

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.

A sanitização com compostos clorados é citada como um dos métodos mais eficazes, como comprovado por Berbari, Paschoalino e Silveira (2001). Entretanto, Ahvenainen (1996) menciona que tais compostos não são, necessariamente, efetivos em tubérculos e repolhos. Além disso, a matéria-prima pode carrear uma carga microbiana extremamente elevada, proveniente da microbiota natural do solo (ROSA; CARVALHO, 2000).

Tabela 1. 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*
FP	23,3 ± 19,5	72 ± 68,29	>2400	>2400
AC	23,3 ± 19,5	114 ± 116,92	>2400*	>2400
CIS	23,3 ± 19,5	108,67 ± 113,74	>2400	>2400
AS	23,3 ± 19,5	99,33 ± 122,62	>2400	>2400
MIS	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 “AC” e “MIS” obtiveram NMP/g iguais a 1100 no 6º dia de armazenamento da 3ª repetição.

As amostras intercaladas com os filmes de ácido sórbico e de mistura foram susceptíveis ao crescimento de *Staphylococcus* (Figura 6) 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). Esta tendência foi observada somente para estes filmes, suspeitando-se que o ácido sórbico possa ter favorecido este comportamento. Araújo (2004) e Davidson (2000) citam que este antimicrobiano possui um pKa de 4,75, permanecendo ativo até o pH máximo de 6,5. Como o pH não apresentou diferença significativa para os tratamentos ($p > 0,05$), ficando em torno de 6,0, a ação deste ácido pode ter sido dificultada. Tal situação foi verificada por Cagri, Ustunol e Ryser (2001) para filmes comestíveis protéicos e incorporados com ácido sórbico, onde observaram que em meios com pH 6,5, cerca de 1,25% do antimicrobiano encontrava-se na forma não dissociada, não apresentando efeito inibitório. Outro fator que pode ter diminuído a eficácia deste antimicrobiano se baseia na observação de Dziezak (1986), que comenta a perda da ação bacteriostática na presença de grande número de microrganismos, através da metabolização. Isto leva a crer que, ao final do armazenamento, a dissociação do ácido aliada ao crescimento elevado dos demais microrganismos

citados reduziu sua efetividade, favorecendo o aumento do *Staphylococcus* coagulase negativa.

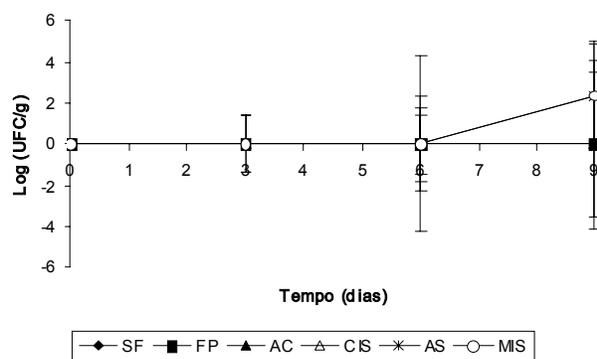


Figura 6. Crescimento de *Staphylococcus* coagulase negativa em batatas minimamente processadas durante a estocagem.

SF= Controle (sem filme); FP= Filme puro; AC= Filme incorporado com ácido cítrico; CIS= Filme incorporado com monoclórídrico de L-cisteína; AS= Filme incorporado com ácido sórbico; MIS= Filme incorporado com ácido cítrico, monoclórídrico de L-cisteína e ácido sórbico.

Em relação aos *Bacillus cereus*, verificou-se que todas as amostras avaliadas apresentaram resultado negativo, demonstrando que o processamento foi adequado para evitar a contaminação dos produtos pela referida bactéria.

O fato das amostras acondicionadas com os filmes ativos terem se comportado, em muitas situações,

similares às amostras controle, indicou que estes filmes não conseguiram inibir o crescimento dos microrganismos avaliados. Entretanto, deve se ressaltar que sua ação depende de uma série de fatores, dentre eles, do 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 e ácido sórbico, pode não ter sido rápida o suficiente (cujos coeficientes de difusão em água ficaram em torno de $1,43 \times 10^{-16} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ e $1,36 \times 10^{-14} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente) para acompanhar o aumento dos microrganismos deteriorantes, possibilitando sua adaptação gradual.

Conclusões

Os filmes avaliados não alteraram o pH de maneira a retirá-lo da faixa correspondente à neutralidade, fato que pode ter contribuído para o crescimento dos microrganismos. Também não favoreceram alterações significativas nos valores da atividade de água do produto.

Entre os filmes avaliados, os incorporados com ácido cítrico e monoclórato de *L*-cisteína apresentaram os melhores resultados para a manutenção de cor, enquanto que o filme incorporado com a mistura de compostos ativos demonstrou melhor desempenho quanto à inibição do crescimento de fungos e de microrganismos psicrotróficos no início do armazenamento. Entretanto, este tratamento favoreceu, aparentemente, o desenvolvimento de *Staphylococcus* coagulase negativa, comportamento que também foi verificado para o filme incorporado com ácido sórbico.

Devido às altas contagens de Coliformes totais, verifica-se que a sanitização, o acondicionamento e a estocagem devem ser aperfeiçoados.

Conclui-se que o desempenho dos filmes ativos avaliados neste estudo pode ser considerado como satisfatório para minimizar o escurecimento

enzimático e insuficiente para reduzir o crescimento microbiano, visto que os valores encontrados se assemelharam aos mencionados na literatura e que não houve o emprego da atmosfera modificada ativa, uma tecnologia reconhecidamente eficaz (quando utilizada adequadamente) na extensão da vida de prateleira dos minimamente processados. Diante do exposto, verifica-se que devem ser realizados ajustes na formulação e no processamento da matéria-prima para que a manutenção da cor e a estabilidade microbiológica do produto sejam asseguradas por um maior período.

Agradecimentos

À CAPES pela concessão da bolsa de mestrado e ao CNPq, FINEP e FAPEMIG pelo suporte financeiro.

Referências

- AHVENAINEN, R. Active and intelligent packaging- an introduction. In: AHVENAINEN, R. *Novel food packaging techniques*. Cambridge: CRC Press, 2003. p. 5-21.
- _____. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends Food Science Technology*, Cambridge, v. 7, n. 6, p. 179-186, 1996.
- APPENDINI, P.; HOTCHKISS, J. H. Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science Emerging Technologies*, New York, v. 3, n. 2, p. 113-126, 2002.
- ARAÚJO, J. M. A. *Química de alimentos: teoria e prática*. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004.
- 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.; CHEN, X.; HAGENMAIER, R. D. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biology Technology*, Amsterdam, v. 9, n. 2, p. 151-163, 1996.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm>. Acesso em: 19 ago. 2005.

- _____. Resolução nº 105, de 19 de maio de 1999. Regulamento Técnico sobre disposições gerais para embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=19772>>. Acesso em: 19 ago. 2005.
- 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/ago. 2001.
- BRODY, A. L. Minimally processed foods: demand maximum research and education. *Food Technology*, Chicago, v. 52, n. 5, p. 62-66, 204-206, May, 1998.
- BUSCH, J. M. Enzymic browning in potatoes: a simple assay for a polyphenol oxidase catalysed reaction. *Biochemical Education*, Elmsford, v. 27, n. 3, 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. *Food Science*, Chicago, v. 66, n. 6, p. 865-870, 2001.
- DAVIDSON, P. M. Antimicrobial compounds. In: FRANCIS, F. J. *Encyclopedia of food science and technology*. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 2000. v. 1, p. 63-75.
- DZIEZAK, J. D. Preservative systems in foods: antioxidants and antimicrobial agents. *Food Technology*, Chicago, v. 40, n. 9, p. 40, 94-136, 1986.
- 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.
- FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L. *Pós-colheita do tubérculo de batata*. Viçosa: UFV, 1997. (Cadernos Didáticos, 4).
- GIANUZZI, L.; ZARITZKY, N. E. Chemical preservatives action on microbial growth in a model system of refrigerated prepeeled potatoes. *Journal of Food Protection*, Des Moines, v. 56, n. 9, p. 801-807, 1993.
- GUERZONI, M. E.; GIANOTTI, A.; CORBO, M. R.; SINIGAGLIA, M. Shelf-life modeling for fresh-cut vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 9, n. 2, p. 195-207, 1996.
- GUNES, G.; LEE, C. Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agents. *Food Science*, Chicago, v. 62, n. 3, p. 572-575, 1997.
- HAN, J. H. Antimicrobial food packaging. *Food Technology*, Chicago, v. 54, n. 3, p. 56-65, 2000.
- HENZ, G. P. Sem perdas: principais causas e como diminuir os prejuízos em batata, de forma a preservar seu valor comercial. *Cultivar Hortaliças e Frutas*, Pelotas, v. 5, n. 1, p. 22-25, jan. 2005.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS – ICMSF. *Ecologia Microbiana de Los Alimentos 1: factores que afectan a la supervivencia de los microorganismos en los alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia, 1980.
- LACOSTE, A.; SCHAICH, K. M.; ZUMBRUNNEN, D.; YAM, K. L. Advancing controlled release packaging through smart blending. *Packaging Technology and Science*, Inglaterra, v. 18, n. 2, p. 77-87, 2005.
- LANGDON, T. T. Preventing of browning in fresh prepared potatoes without the use of sulfiting agents. *Food Technology*, Chicago, 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*. Cambridge: CRC Press, 2002. p. 288-309.
- LEE, C. Y. Enzymatic browning reaction. In: FRANCIS, F. J. *Encyclopedia of food science and technology*. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 2000. v. 1, p. 208-218.
- MARTINEZ, M. V.; WHITAKER, J. R. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends in Food Science & Technology*, Cambridge, v. 6, n. 6, p. 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.
- MONTGOMERY, M. W. Cysteine as an inhibitor of browning in pear juice concentrate. *Food Science*, Chicago, v. 48, n. 3, p. 951-952, 1983.
- OZOGLU, H.; BAYINDIRH, A. Inhibition of enzymic browning in cloudy apple juice with selected antibrowning agents. *Food Control*, Guildford, v. 13, n. 4, p. 213-221, 2002.
- PILON, L. *Estabelecimento da vida útil de hortaliças minimamente processadas sob atmosfera modificada e refrigeração*. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, 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.
- PINTO, C. A. B. P. Melhoramento genético da batata. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 120-128, mar./abr. 1999.
- RONK, R. J.; CARSON, K. L.; THOMPSON, P. Processing, packaging, and regulation of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology*, Chicago, v. 43, n. 2, p. 136-139, 1989.
- ROSA, O. O.; CARVALHO, E. P. Características microbiológicas de frutos e hortaliças minimamente processados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 34, n. 2, p. 84-92, jul./dez. 2000.
- SAPERS, G. M.; MILLER, R. L.; MILLER, F. C.; COOKE, P. H.; CHOI, S. W. Enzymatic browning control in minimally processed mushrooms. *Food Science*, Chicago, v. 59, n. 5, p. 1042-1047, 1994.
- SIGRIST, J. M. M. *Estudos fisiológicos e tecnológicos de couve-flor e rúcula minimamente processadas*. 2002. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 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*, Campinas, 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. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SON, S. M.; MOON, K. D.; LEE, C. Y. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. *Food Chemistry*, Amsterdam, v. 73, n. 1, p. 23-30, 2001.
- VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D. F. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 3.ed. Washington: APHA, 1992.
- VERMEIREN, L.; DEVLIEGHERE, F.; BEEST, M. V.; KRUIJF, N.; DEBEVERE, J. Developments in the active packaging of foods. *Trends Food Science Technology*, Cambridge, v. 10, n. 3, p. 77-86, 1999.
- VITTI, M. C. D. *Aspectos fisiológicos, bioquímicos e microbiológicos em beterrabas minimamente processadas*. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

