

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE FILME ATIVO NA CONSERVAÇÃO DE BATATA MINIMAMENTE PROCESSADA

Nilda de Fátima Ferreira Soares¹
Ana Clarissa dos Santos Pires¹
Érika Endo²
Miriam Aparecida Pinto Vilela¹
Aline Fonseca da Silva¹
Edimar Aparecida Filomeno Fontes¹
Nathalia Ramos de Melo¹

RESUMO

O processamento mínimo de batata apresenta limitações quanto ao escurecimento enzimático. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia de filmes incorporados com ácidos cítrico e ascórbico sobre a conservação do produto. Foram realizadas análises da atividade da polifenoloxidase (PPO), da cor, da acidez, pH, da atividade de água (a_w), de bolores e leveduras e psicrotróficos 0, 2, 5 e 9 dias após o processamento. Não houve diferença ($p>0,05$) entre as análises dos tratamentos o que pode estar relacionado com dificuldades (interferência da temperatura, interação com a matriz polimérica, etc.) quanto à migração dos ácidos para a batata. A atividade da PPO mostrou tendência à diminuição, durante o tempo de estocagem, em função da baixa temperatura, menor que a temperatura ótima da enzima. Bolores, leveduras e psicrotróficos aumentaram, em média, 3 a 4 ciclos log, respectivamente, após 5 dias de armazenamento. Esse aumento ocorreu em decorrência da a_w elevada, pH próximo da neutralidade, disponibilidade de nutrientes e oxigênio, e ausência de antimicrobiano na batata minimamente processada. Os valores de L^* diminuíram ao longo da estocagem, indicando escurecimento das amostras. Os filmes com os diferentes ácidos foram flexíveis. Nas concentrações testadas, os filmes mostraram baixa eficiência na inibição do escurecimento da batata.

Palavras-chave: batata, polifenoloxidase, escurecimento enzimático, embalagem ativa

ABSTRACT

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF ACTIVE FILM FOR THE CONSERVATION OF MINIMALLY PROCESSED POTATO

Minimally processed potato presents limitations mainly due to enzymatic browning. This work aimed to evaluate the effectiveness of films incorporated with citric and ascorbic acids on potato conservation. Polyphenol oxidase (PPO) activity, color, acidity, pH, water activity (a_w), molds, yeasts and psychrotrophics countings were carried out at 0, 2, 5 and 9 days of storage at $8 \pm 2^\circ\text{C}$. There was no difference ($p>0,05$) among the treatments. The PPO activity showed a tendency to decrease during the time of storage in function of the low temperature, below the optimum temperature for enzyme activity. Molds, yeasts and psychrotrophics increased on average 3 and 4 log cycles, respectively, after five days of storage. This increase occurred due to high a_w , neutral pH, readiness of nutrients and oxygen and absence of antimicrobials in the minimally processed potato. The values of L^* decreased along the storage period, indicating darkness of the samples. The films produced with the different acids were flexible, however the acid concentrations used showed low efficiency in inhibiting potato browning.

Key words: potato, polyphenol oxidase, enzymatic browning, active packaging

¹ Departamento de Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. E-mail: nfsoares@ufv.br; amaclarissasp@yahoo.com.br; miriamaop@yahoo.com.br; alinefonseca3@yahoo.com.br; eaffontes@ufv.br; nathaliarm@hotmail.com

² Departamento de Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. E-mail: erikaendo@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Batata (*Solanum tuberosum subsp. tuberosum*) é uma tuberosa amplamente consumida em todo o mundo como fonte de carboidrato (Melo, 1999).

Um das formas de agregar valor e oferecer uma nova opção de consumo institucional e/ou doméstico é o processamento mínimo dos vegetais. Entretanto, o escurecimento causado pela ação da enzima polifenoloxidase (PPO) é um dos principais problemas relacionados com alteração da cor, formação de sabores estranhos e perdas nutricionais da batata. A atividade enzimática está diretamente relacionada ao oxigênio e ao pH elevado, entre outros fatores que promovem a formação de compostos escuros, as o-quinonas.

A embalagem é de fundamental importância na conservação de produtos, especialmente dos minimamente processados. Uma tendência da atualidade é a utilização das embalagens ativas, que interagem com o alimento, modificando alguma propriedade desejável nutricional, microbiológica e/ou físico-química.

Este trabalho teve como objetivo desenvolver tecnologia para conservação de batata fatiada minimamente processada, por meio da avaliação da eficiência de filmes celulósicos incorporados com ácido cítrico ou ácido ascórbico, inibindo o escurecimento e o crescimento de microrganismos em batata.

REVISÃO DE LITERATURA

No Brasil, a batata é comercializada principalmente na forma *in natura*. Na forma industrializada, o comércio ainda é pouco significativo (Melo, 1999).

Uma das formas de agregar valor aos vegetais consiste em processá-los minimamente. Esses vegetais têm seu consumo em ascensão devido ao aumento da demanda por alimentos de alta qualidade, seguros, saudáveis e prontos para o consumo (Appendini & Hotchkiss, 2002).

As etapas do processamento mínimo, que incluem lavagem, seleção, sanitização, centrifugação e baixa temperatura de estocagem e comercialização, devem ser realizadas adequadamente para que os produtos apresentem o frescor esperado, mantenham seu valor nutricional e tenham uma vida de prateleira comercialmente viável (Geraldine, 2000).

A batata ao ser descascada e/ou fatiada escurece devido à ação enzimática, que continua durante o período de armazenamento. A modificação na cor, além de causar um impacto visual negativo, também gera sabor não característico (*off-flavour*) e perdas nutricionais, o que está relacionado à ação das PPOs, enzimas que promovem a oxidação e a desidrogenação dos compostos fenólicos nas frutas e nos vegetais, formando os produtos intermediários denominados o-quinonas, de coloração marrom-avermelhada. Esses compostos são altamente reativos e provocam uma série de reações não-enzimáticas, resultando na produção das melaninas, pigmentos insolúveis e de coloração marrom-escura. Nas células vegetais íntegras, a PPO encontra-se nos plastídeos e os substratos fenólicos nos vacúolos, uma separação física que evita a oxidação dos fenóis e o conseqüente escurecimento (Ivengar & Mc Evily, 1992).

Dentre os vários fatores que determinam a taxa do escurecimento enzimático, destacam-se: a concentração da PPO e dos compostos fenólicos, o pH (dependente do substrato e da fonte da enzima), a temperatura e a disponibilidade de oxigênio (Martinez & Whitaker, 1995).

Os métodos utilizados a fim de evitar os danos causados pela PPO são a diminuição do pH com ácido cítrico (também é um agente quelante) e a adição de antioxidantes (ácido ascórbico, bissulfito de sódio), entre outros (Martinez & Whitaker, 1995; Pineli, 2004).

A viabilidade técnica e comercial dos vegetais minimamente processados depende da eficiência da embalagem, que também funciona como uma importante ferramenta de *marketing* nos pontos de venda (Nantes & Leonelli, 2000).

As embalagens ativas são desenvolvidas para interagir de forma desejável com o produto, mudando as condições de acondicionamento para aumentar a vida de prateleira e melhorar a sua segurança ou as suas propriedades sensoriais. Os filmes que recebem aditivos e estão em contato com a superfície do produto liberam, de forma controlada, o composto para a superfície do alimento, onde a maioria das reações químicas e microbiológicas ocorre. Assim, o consumidor estará ingerindo menos aditivos ao longo da vida de prateleira. Existem diversos tipos de embalagens ativas, como os absorvedores de oxigênio, de etileno, de umidade, liberados de antioxidantes, liberadores e/ou

absorvedores de aromas, imobilização de enzimas e embalagens antimicrobianas (Azeredo *et al.*, 2000; Vermeiren *et al.*, 1999).

MATERIAL E MÉTODOS

Preparo do filme

Os filmes foram preparados pelo método “cast” segundo Soares (1998) (processo sob patente), utilizando acetato de celulose como base e com adição dos ácidos cítrico ou ascórbico na concentração de 1,5% m/m. Este valor foi escolhido de acordo com testes preliminares realizados em laboratório. Também foram preparados filmes sem ácido. Os filmes foram cortados nas dimensões de 14 x 14cm para serem colocados em bandejas de poliestireno, sobre camadas de batatas fatiadas. A espessura dos filmes foi medida, com auxílio de um micrômetro, em dez pontos diferentes. Antes do uso, os filmes foram expostos por cinco minutos à luz UV (Prodicil, 110v, 254nm) em ambas as faces, com o objetivo de eliminar a possível carga microbiana.

Seleção da matéria-prima

Batatas (*Solanum tuberosum*) médias, escovadas, redondas, levemente achatadas ou ovaladas, foram compradas de um mercado do município de Viçosa, MG e armazenadas a 8°C durante 12 horas, para remoção do calor de campo, até o processamento.

Processamento mínimo da batata

Esta etapa foi realizada na Unidade de Processamento Mínimo de Vegetais do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Viçosa. Os tubérculos foram pesados, lavados com água potável, descascados por abrasão, passando pelo desbaste em processador cenourete e catetinho (Eterna, modelo PECD). O acabamento foi feito no mesmo processador, mas os tubérculos foram também submetidos ao tratamento manual para remoção de defeitos residuais. Em seguida, as batatas foram fatiadas na espessura de 5 mm, utilizando fatiador Robot Coupe CL 50. As fatias foram imersas rapidamente em água gelada (7°C) para

retirada do amido e suco celular. As etapas seguintes consistiram de imersão por 10 minutos a 7°C em solução de cloro orgânico (Sumaveg) na concentração de 200 mg. L⁻¹ de cloro residual livre (CRL), enxague a 7°C em solução do mesmo cloro a 3 mg . L⁻¹ CRL e centrifugação em máquina da marca Arno por um minuto.

Acondicionamento

As amostras foram acondicionadas em três camadas de fatias intercaladas com os diferentes filmes em bandejas de poliestireno expandido e envoltas com filme de poli (cloreto de vinila (PVC). Também foram preparadas amostras sem filme de acetato. Todas as amostras foram armazenadas a 8 ± 2°C, durante 9 dias.

Análises do produto processado

Os tratamentos foram avaliados nos tempos 0, 2, 5 e 9 dias após o processamento, quanto à qualidade microbiológica, à cor, à atividade de PPO, à acidez titulável, ao pH e à atividade de água.

A qualidade microbiológica foi avaliada através das análises de bolores e leveduras (UFC.g⁻¹) e psicrotróficos (UFC.g⁻¹), conforme metodologia proposta pela APHA (Vanderzant & Splittstoesser, 1992). Determinou-se a cor em colorímetro (Colorquest II, sistema CIELAB), com leitura por reflectância das coordenadas L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho e verde) e b* (intensidade de amarelo e azul). A atividade de PPO foi determinada pelo método descrito por Simões (2004). As análises de acidez titulável e pH foram realizadas de acordo com as metodologias descritas em normas do Instituto Adolfo Lutz (1985). A atividade de água foi determinada utilizando-se aparelho AQUALAB (*Decagon Device Inc/USA* modelo CX2T).

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos SF (controle; sem filme), 0% (com filme sem antioxidante), AC (com filme adicionado de 1,5% de ácido cítrico), AA (com filme adicionado de 1,5% de ácido ascórbico) e nas subparcelas os tempos 0, 2, 5 e 9 dias após o processamento, com três repetições. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Para o fator qualitativo, as médias foram comparadas

utilizando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t, no nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos filmes flexíveis e não houve diferença ($p < 0,05$) quanto à espessura dos filmes produzidos, sendo a espessura média de 28 μm .

Os resumos das análises estatísticas dos resultados estão apresentados na Tabela 1 (atividade de PPO, pH, atividade de água (a_w) e acidez) e Tabela 2 (valores a^* , b^* e L^*). Os valores de a_w e acidez não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$), com valores médios de 0,94 e 1,30 %, respectivamente, no tempo zero e com 0,93 e 1,32 % após 9 dias de estocagem. Quanto ao pH, houve interação ($p > 0,05$) entre o efeito do tempo e o efeito dos filmes, com valor médio inicial

de 6,26 e final de 5,98. Observou-se diminuição do pH ao longo do tempo de estocagem, provavelmente em função da liberação dos ácidos incorporados no filme para o alimento.

Visualmente constatou-se maior escurecimento na superfície lateral das fatias, onde ocorreram mais injúrias pela abrasão, comparada com a porção central da fatia (Figura 1).



Figura 1. Batata minimamente processada após 7 dias de estocagem.

Tabela 1. Resumo da Análise de Variância para PPO, pH, Aw e acidez

FV	GL	QM			
		PPO	pH	Aw	Acidez
Filme	3	0.00000065 ^{n.s.}	0.00511389 ^{n.s.}	0.00002372 ^{n.s.}	0.00369774 ^{n.s.}
Erro(a)	8	0.00001341	0.00164375	0.00002460	0.03440781
Tempo	3	0.00005321*	0.18056944*	0.00012261*	0.48352691*
F x T	9	0.00000038 ^{n.s.}	0.00490463*	0.00000956 ^{n.s.}	0.03010422 ^{n.s.}
Erro (b)	24	0.00001390	0.00147708	0.00001230	0.03215156

Tabela 2. Resumo da Análise de Variância para valores de L^* , a^* e b^*

FV	GL	QM		
		L^*	a^*	b^*
Filme	3	1.6473910 ^{n.s.}	0.09591389 ^{n.s.}	0.28943542 ^{n.s.}
Erro(a)	8	5.1625312	0.39109167	0.86998333
Tempo	3	59.6258021*	14.22589167*	18.31712986 ^{n.s.}
FilmexTempo	9	1.2749521 ^{n.s.}	0.30760463 ^{n.s.}	4.79789468 ^{n.s.}
Erro (b)	24	1.988	0.16791389	3.33359722

^{n.s.} Não significativo ($p > 0,05$); * Significativo ($p < 0,05$)

Não houve diferença na atividade da PPO nos tratamentos, entretanto, observou-se efeito do tempo ($p < 0,05$): ocorreu uma queda acentuada na atividade enzimática após dois dias de estocagem e manutenção até o final do período avaliado (Figura 2). A atividade inicial pode estar relacionada com a temperatura mais próxima da temperatura ótima da enzima logo após o processamento, bem como com o oxigênio, a maior concentração de substrato, com a injúria sofrida, com o pH próximo do ótimo (pH 6,8) e com a atividade de água, uma vez que esta propicia melhor contato da enzima com o substrato.

Não houve diferença ($p > 0,05$) entre os valores de a^* , b^* e L^* nos tratamentos. Em relação ao tempo, houve diferença ($p < 0,05$) em a^* e L^* (Figura 3), mas não houve para o valor b^* ($p > 0,05$). Para L^* , os valores diminuíram ao longo do tempo de estocagem, indicando

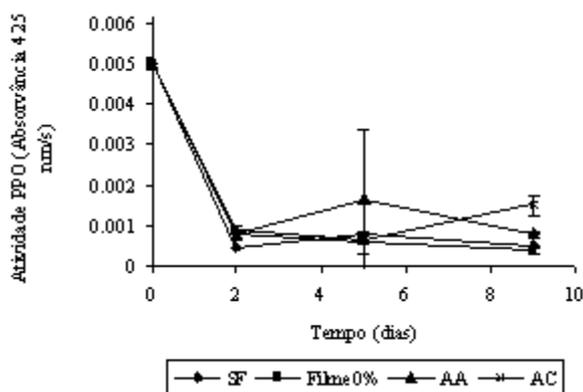


Figura 2. Atividade da PPO durante a estocagem de batatas minimamente processadas a $8 \pm 2^\circ\text{C}$

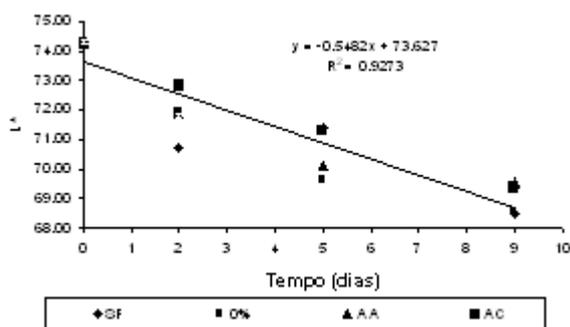


Figura 3. Valor de L^* de batatas minimamente processadas durante o período de estocagem a $8 \pm 2^\circ\text{C}$

escurecimento do produto, enquanto o valor de a^* aumentou, indicando a formação de o-quinonas.

Não existe padrão microbiológico na legislação vigente para microrganismos deteriorantes em vegetais minimamente processados. No tempo zero, o log das contagens (UFC.g⁻¹) de bolores e leveduras e de psicrotróficos (Figuras 4 e 5) foi de 1,95 e 1,62, respectivamente. No quinto dia, esses valores foram 5,17 e 5,22. Esse aumento pode ter sido em decorrência da a_w elevada, do pH próximo da neutralidade, da disponibilidade de nutrientes e oxigênio e ausência de antimicrobiano na batata minimamente processada. Além dos fatores citados, esses resultados podem ser decorrentes de problemas quanto à migração dos ácidos para a superfície da batata, que podem não ter migrado ou difundido muito pouco. Estudos desenvolvidos com filmes poliméricos incorporados com agentes antimicrobianos revelaram que a sua bioatividade depende do peso molecular dos agentes incorporados, da estrutura polimérica e da temperatura de armazenamento. O efeito da temperatura sobre a difusão foi observado em filme de *k*-carragena incorporado com sorbato de potássio, onde houve redução da difusividade

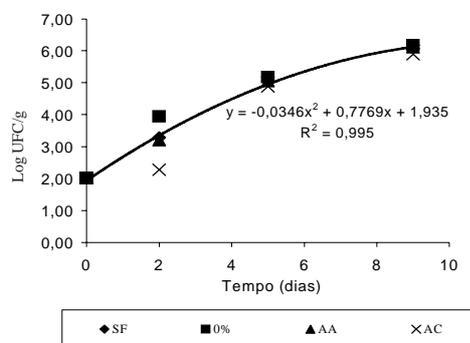


Figura 4. Contagem de bolores e leveduras de batatas minimamente processadas durante a estocagem a $8 \pm 2^\circ\text{C}$

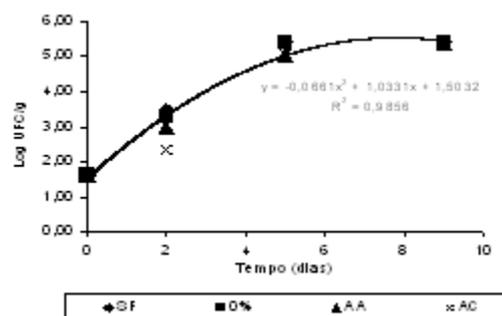


Figura 5. Contagem de psicrotróficos de batatas minimamente processadas durante a estocagem a $8 \pm 2^\circ\text{C}$.

do composto de $4,24 \times 10^{-13}$ para $1,29 \times 10^{-13}$ devido à redução da temperatura de 40°C para 5°C (Choi *et al.*, 2005; Buonocore *et al.*, 2003; Alifragis *et al.*, 2002). Outros trabalhos demonstram que a migração pode ser afetada pela interação do composto com a matriz polimérica e, também, pelo seu tamanho, sua forma e sua polaridade (Cagri *et al.*, 2001).

CONCLUSÕES

Os filmes produzidos a partir da incorporação dos ácidos cítricos ou ascórbico apresentaram boa flexibilidade e, portanto, potencialidade para aplicação no envolvimento de produtos alimentícios. As elevadas contagens de bolores e leveduras e psicrotrofos, a partir do quinto dia de armazenamento, tornaram o produto impróprio, quando este for estocado por período superior a cinco dias. A reduzida eficiência do filme pode ser devido à baixa liberação dos compostos incorporados para a superfície do produto na temperatura de refrigeração.

Os resultados deste trabalho mostram que o desenvolvimento de embalagens ativas é um desafio inovador para aumentar a conservação e segurança alimentar, além de preservar as características sensoriais e nutricionais do produto. Deve-se estudar o efeito desta embalagem com concentrações mais elevadas dos ácidos estudados.

REFERÊNCIAS

- Alifragis, J, Rizos, AK, Tsatsakis, AM, Tzatzarakis, M, Shtilman, M (2002) New polymeric systems with controlled release action: a light scattering investigation. *Journal of Non-Crystalline Solids* 307-310: 882-886.
- Appendini, P, Hotchkiss, JH (2002) Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 3: 113-126.
- Azeredo, HMC, Faria, JAF, Azeredo, AMC (2000) Embalagens ativas para alimentos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 20:3.
- Buonocore, GG, Del Nobile, MA, Panizza, A, Corbo, MR, Nicolais, L (2003) A general approach to describe the antimicrobial agent release from highly swellable films intended for food packaging applications. *Journal of Controlled Release* 90:97-107.
- Cagri, A, Ustunol Z, Ryser ET (2001) Antimicrobial, mechanical, and moisture barrier properties of low pH whey protein-based edible films containing *p*-Amminobenzoic or sorbic acid. *Journal of Food Science* 66(6): 865-870.
- Choi, JH, Choi, WY, Cha, DS, Chinnan, MJ, Park, HJ, Lee, DS, Park, JM (2005) Diffusivity of potassium sorbate in *k*-carrageenan based antimicrobial film. *Lebens. Wiss. und Tech.* 38: 417-423.
- Geraldine, RM (2000) Parâmetros tecnológicos para o processamento mínimo de alho (*Allium sativum L.*). Tese de mestrado. Viçosa. 84p.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. V.1 Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos, São Paulo: O Instituto, 1985. 533 p.
- Ivengar, R, Mc Evily, AJ (1992) Anti-browning agents: alternatives to the use of sulfites in foods. *Trends in Food Science and Technology* 3: 60-63.
- Martinez, MV, Whitaker, JR (1995) The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends in Food Science & Technology* 6: 195-200.
- Melo, PE (1999) Cultivares de batata potencialmente úteis para processamento na forma de fritura no Brasil e manejo para obtenção de tubérculos adequados. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte* 20(197):112-122.
- Nantes, JFD, Leonelli, FCV (2000) A estruturação da cadeia produtiva de vegetais minimamente processados. *Revista FAE* 3(3): 61-69.
- Pineli, LLO (2004) Processamento mínimo de batata. In: Encontro Nacional Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, Viçosa. Anais, Editora UFV, p.71-81.
- Simoës, AN (2004) Alterações químicas e atividades de enzima em folhas de couve inteiras e minimamente processadas. Tese de mestrado, Viçosa. 74p.
- Soares, NFF (1998) Bitterness Reduction in Citrus Juice

- through Naringinase Immobilized into Polymer Film.
Tese de doutorado. New York. 130p.
- Vanderzant, C, Splittstoesser, DF (1992) American public health association - APHA. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 3.ed. Washington: APHA, 1992.1219p.
- Vermeiren, L, Devlieghere, F, Van Beest, M, Kruijf N; Devere, J (1999) Development in the active packaging of foods. Trends in Food Science and Technology 10: 77-86.

Aceito para publicação em 29/08/2006