

Características físico-químicas e microbiológicas de morango minimamente processado

Physical-chemical and microbiological characteristics of fresh-cut strawberry

Adriana dos Reis PONCE¹, Maria Inês Dantas BASTIANI²,
Valéria Paula MINIM³, Maria Cristina Dantas VANETTI^{1*}

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações físico-químicas e microbiológicas de morangos submetidos ao processamento mínimo. Foram avaliados os efeitos da lavagem com cloreto de cálcio ou polietilenoglicol na microbiota contaminante e na textura dos morangos e da sanificação com ozônio gasoso ou clorado orgânico. Análises de textura, cor, perda de massa e microbiota contaminante foram feitas durante o armazenamento a 5 °C por 12 dias em embalagens envoltas com uma a quatro camadas de filme de cloreto de polivinil (PVC). A adição de até 1,5% de cloreto de cálcio ou de 0,5% de polietilenoglicol na água de lavagem não garantiu a manutenção da textura do morango ao final do período de armazenamento. A ozonização dos morangos por 60 minutos foi mais efetiva para reduzir ($p < 0,05$) a contagem de mesófilos aeróbios, fungos e leveduras e coliformes do que a ozonização por 30 minutos ou a imersão em solução de clorado orgânico. Os morangos armazenados em embalagens recobertas com três camadas de filme PVC apresentaram aumento na textura e na intensidade de escurecimento e redução na microbiota contaminante. Os principais fungos isolados de morangos minimamente processados durante o armazenamento pertenciam ao gênero *Fusarium* e à espécie *Cladosporium cladosporioides*.

Palavras-chave: processamento mínimo; morango; gás ozônio.

Abstract

This study aimed to evaluate the physical-chemical and microbiological changes in strawberries subjected to the fresh-cut process. The effects on the contaminants and texture of strawberries washed with calcium chloride and polyethylene glycol and of ozone gas and organic chlorine as sanitizer to reduce microbial contamination were evaluated. Analyses of texture, color, weight loss and microbial contaminants were made during storage at 5 °C for 12 days in packs wrapped in up to four layers of PVC film. The addition of 0.5, 1.0 and 1.5% of calcium chloride or 0.5% of polyethylene glycol in the washing water did not ensure the maintenance of the texture of the strawberry at the end of the period of storage. The ozonation of strawberries for 60 minutes was more effective in reducing ($p < 0.05$) the count of mesophilic aerobic microorganisms, yeasts and molds and coliforms, when compared to results obtained with strawberries ozonized for 30 minutes and immersed in a solution of organic chlorine. The strawberries stored in packages covered with three layers of PVC film showed an increase in texture and intensity of browning and a reduction in microbial contaminants. The main molds isolated on the strawberry were of the genus *Fusarium* and the species *Cladosporium cladosporioides*.

Keywords: fresh-cut; strawberry; ozone gas.

1 Introdução

A produção brasileira de morangos no ano de 2007 foi estimada em aproximadamente 100 mil toneladas, com uma área ocupada de 3.500 ha (ANTUNES et al., 2007), uma produção pequena quando comparada a de outros países como os EUA, que alcança 998,8 mil toneladas (USDA, 2005). Entretanto, a produção nacional de morangos se expande a cada ano, com predominância do cultivo em pequenas propriedades rurais. Por se tratar de exploração que agrega mão de obra familiar, possui grande importância econômica e social, caracterizando-se em excelente fonte de renda para pequenas propriedades.

Por ser um produto de alta perecibilidade no mercado in natura, o morango requer a utilização de tecnologia adequada para melhor conservação. Uma alternativa para aumentar o

prazo de vida útil do morango in natura seria submetê-lo ao processamento mínimo, com adoção de etapas que possam garantir um produto que atenda à demanda do mercado consumidor atual, com tendência de consumo crescente de alimentos saudáveis, frescos e de alta qualidade. Entre os tratamentos que são aplicados a morangos in natura citam-se a imersão em solução contendo cálcio, para manter a firmeza (GARCÍA; HERRERA; MORILLA, 1996; CAMARGO et al., 2000; MISHA, 2001), manutenção em embalagens com atmosfera modificada ou controlada (AHAONI; BARKAI-GOLAN, 1987; SMILANICK; CRISOSTO; MLIKOTA, 1999; CALEGARO; PEZZI; BENDER, 2002; MORAES et al., 2008); recobrimento comestível (GARCÍA; MEDINA; OLÍAS, 1998; HENRIQUE;

Recebido para publicação em 6/3/2008

Aceito para publicação em 7/7/2009 (003254)

¹ Departamento de Microbiologia, Universidade Federal de Viçosa – UFV, CEP 36570-000, Viçosa - MG, Brasil, E-mail: mvanetti@ufv.br

² Departamento de Nutrição e Saúde, Universidade Federal de Viçosa – UFV, CEP 36570-000, Viçosa - MG, Brasil

³ Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa – UFV, CEP 36570-000, Viçosa - MG, Brasil

*A quem a correspondência deve ser enviada

CEREDA, 1999; VIEITES et al., 2006); e irradiação (IAEA, 1999; FRANÇOSO et al., 2008).

A imersão em solução de até 1% de CaCl_2 mantém a firmeza durante a estocagem (ROSEN; KADER, 1989; GARCIA; HERRERA; MORILLA, 1996; MISHA, 2001) além de promover aumento no conteúdo em cálcio e sólidos solúveis e auxiliar no controle da deterioração pós-colheita (GARCÍA; HERRERA; MORILLA, 1996; MISHA, 2001). Segundo Lara, Garcia e Vendrell (2004), o tratamento com cloreto de cálcio 1% atrasa o amadurecimento e melhora a resistência ao ataque de fungos sem prejudicar a aparência externa dos pseudofrutos.

A atmosfera modificada contendo concentrações elevadas de CO_2 nas embalagens tem sido benéfica para a qualidade do morango pós-colheita, além de aumentar a vida de prateleira. Dentre as vantagens proporcionadas por concentrações elevadas de CO_2 , pode-se citar o aumento ou a manutenção da firmeza do morango armazenado sob refrigeração (EL-KAZZAZ; SOMMER; FORTLAGE, 1983; RAGAERT et al., 2006) e o controle efetivo do fungo *Botrytis* (AHAONI; BARKAI-GOLAN, 1987). Uma forma menos onerosa de aumentar a concentração de CO_2 no interior das embalagens é a utilização de filme de cloreto de polivinil (PVC). O aumento da espessura dos filmes diminui as trocas gasosas e a concentração de CO_2 aumenta gradativamente com a respiração do vegetal, e esta é gradativamente inibida com o aumento da concentração de CO_2 , aumentando a vida pós-colheita (BRACKMANN; HUNSCHE; BALEM, 1999). Trata-se, portanto, de uma alternativa promissora para aumentar a vida de prateleira de frutas, já que, tradicionalmente, os produtores utilizam filmes plásticos esticáveis de baixa espessura para cobrir o produto nas embalagens comerciais.

O gás ozônio (O_3) pode ser uma alternativa para a sanificação do morango, pois a lavagem em solução clorada leva à absorção de água por parte dos pseudofrutos. O ozônio é um agente antimicrobiano potente e aprovado nos Estados Unidos como aditivo alimentar (FDA, 2001). A utilização do gás ozônio na higienização de alimentos mostra que a vida de prateleira de frutas e vegetais pode ser aumentada. Em maçãs, por exemplo, o tratamento com ozônio resultou em menor perda de peso e deterioração, provavelmente em razão da oxidação do etileno (GUZEL-SEDYDIM; GRENNE; SEYDIM, 2004). Entretanto, em morangos, o tratamento com 5000 mg.L^{-1} de ozônio resultou em menor conteúdo de vitamina C após 12 dias a 2°C (ALLENDE et al., 2007).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações químicas, físicas, e microbiológicas dos morangos submetidos ao processamento mínimo visando aumentar a vida de prateleira do produto.

2 Material e métodos

2.1 Processamento mínimo

O processamento mínimo do morango fresco, cultivar Camarosa, em ponto de maturação comercial, adquirido no comércio varejista de Viçosa-MG, consistiu das etapas de

seleção, remoção do cálice, lavagem, sanificação, embalagem e armazenamento.

Na etapa de lavagem, cerca de 100 g de morangos foram imersos nas soluções contendo de 0,5%, 1,0% ou 1,5% cloreto de cálcio (CaCl_2) ou 0,5% de polietilenoglicol (PEG) a 4°C por 5 minutos, sendo posteriormente secos sob jato de ar sintético ultrapuro e seco, com temperatura de 12°C por 5 minutos. O tratamento controle consistiu na imersão em água potável e secagem em ar sintético. Alterações de peso foram verificadas nas etapas de processamento e durante o período de 11 dias de armazenamento a 5°C . As análises microbiológicas consistiram em contagem padrão de mesófilos aeróbios, contagem de fungos e leveduras e do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e a 45°C , realizadas logo após a secagem. Durante o armazenamento, foi realizada análise de textura.

A sanificação foi feita por imersão dos morangos, por 10 minutos, em solução de clorado orgânico (Sumaveg®, Johnson Diversey, Brasil Ltda), 200 mg.L^{-1} , ou em ozônio gasoso, gerado em uma unidade piloto do gerador de ozônio gasoso Multivácuo®, na concentração de 50 mg.L^{-1} , fluxo de 15 L/minuto , por 30 e 60 minutos em temperatura ambiente. Os tratamentos controle consistiram da limpeza dos morangos com jato de ar, proveniente de um balão de ar comprimido, com temperatura aproximada de 12°C e da imersão em água destilada em temperatura ambiente. Após cada tratamento, foram realizadas a contagem padrão de mesófilos aeróbios, a contagem de fungos e leveduras e NMP de coliformes totais e a 45°C . O tratamento que reduziu significativamente a microbiota foi escolhido para dar continuidade ao experimento.

Após processamento mínimo, os morangos foram armazenados em embalagens cobertas com uma a quatro camadas de filme PVC (Boreda, Contagem, Minas Gerais, Brasil) transparente e esticável para embalar alimentos e, durante o armazenamento a 5°C por 12 dias, foram realizadas análises de pH, textura, cor, perda de massa, contagem de psicrotrofos e de fungos e leveduras.

2.2 pH

O pH do homogenato preparado com 25 g de morangos em igual volume de água destilada foi determinado em potenciômetro Digemed®.

2.3 Textura

Para determinar a firmeza dos morangos foi utilizado um texturômetro eletrônico modelo TA.HD plus Texture Analyser (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, Reino Unido) utilizando uma sonda que simula o dente incisivo.

2.4 Cor

As alterações de cor da superfície dos morangos foram acompanhadas em colorímetro Color Mod.CR-10 (Minolta Coltd, Osaka, Japão). Os resultados foram expressos utilizando o índice de escurecimento (IE) (PALOU et al., 1999).

2.5 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram feitas com porções de 20 g do produto pesado assepticamente e homogeneizado com 180 mL de água peptonada 0,1%. A homogeneização foi feita em Stomacher® (Seward, Reino Unido). Diluições decimais apropriadas foram preparadas e alíquotas dessas diluições foram transferidas para meios específicos para a determinação de cada grupo de microrganismos. Cada diluição foi plaqueada em duplicata.

A contagem padrão de aeróbios mesófilos foi realizada pela técnica de espalhamento em superfície, inoculando-se uma alíquota de 0,1 mL das diluições em ágar para contagem padrão (PCA) com incubação a $35 \pm 0,5$ °C por 48 ± 3 horas (MORTON, 2001). A contagem de psicrótróficos foi feita usando a técnica de espalhamento em superfície, inoculando 0,1 mL das diluições em ágar PCA e incubando a 7 °C por 7 a 8 dias (COUSIN et al., 2001).

A contagem padrão de fungos e leveduras foi feita por espalhamento em superfície inoculando 0,1 mL das diluições em ágar Batata Dextrose (BDA) acidificado com ácido tartárico a 10% para pH 3,5 com subsequente incubação a 25 °C por 5 dias (BEUCHAT; COUSIN, 2001). Colônias de fungos predominantes nas placas contendo entre 20 e 100 colônias foram selecionadas para identificação de contaminantes.

Os coliformes foram determinados pela técnica do NMP, em caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) no teste presuntivo, caldo Bile Verde Brilhante (BVB), para confirmar coliformes totais, e caldo *Escherichia coli* (EC), para confirmar coliformes a 45 °C (KORNACKI; JOHNSON, 2001).

2.6 Identificação de fungos

A identificação de fungos foi realizada por meio da observação de características morfológicas, como cor do micélio, cor dos conídios e característica das estruturas de reprodução.

2.7 Análises de dados

Os resultados da avaliação dos métodos de higienização dos morangos minimamente processados foram estatisticamente analisados segundo delineamento inteiramente casualizado. A unidade experimental consistiu de 100 g de morangos minimamente processados. A redução na contagem de microrganismos foi analisada por Análise de Variância (ANOVA) ao nível de 5% de probabilidade. A significância entre as médias dos tratamentos foi verificada pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAEG (Versão 9.1).

3 Resultados e discussão

3.1 Lavagem

O pH inicial dos morangos variou em torno de 3,3 e os tratamentos com CaCl_2 e PEG não afetaram o pH. A acidez elevada inibiu o crescimento de bactérias enquanto favoreceu

o crescimento de fungos filamentosos e leveduras. Resultados semelhantes foram observados por Souza et al. (1999) quando a imersão de morangos em soluções de CaCl_2 0,5% ou 1% não afetou significativamente o pH dos frutos. As soluções de CaCl_2 e PEG usadas na lavagem dos morangos não foram mais efetivas do que a água na remoção de microrganismos mesófilos aeróbios e fungos e leveduras. A redução do número de fungos e leveduras e de mesófilos aeróbios nos diferentes tratamentos em relação à água não chegou a 0,03 ciclo logarítmico.

Os morangos imersos em soluções de CaCl_2 1,5% ou PEG 0,5% absorveram menos água durante o processo de lavagem e apresentaram ganho de 1,1% na massa, enquanto os lavados em água apresentaram um ganho de 1,3% (Tabela 1). O tratamento de secagem com jato de ar ultrapuro e seco a 12 °C removeu de 98 a 99% da água absorvida pelos morangos durante o processo de lavagem. A perda de massa após o armazenamento por 11 dias a 5 °C foi menor à medida que se aumentou a concentração de CaCl_2 na solução de lavagem dos morangos (Tabela 1).

O aumento da textura de morangos imediatamente após o tratamento com 1,5% de CaCl_2 e 0,5% de PEG não foi significativo e não foi mantido durante o armazenamento (Figura 1). A imersão dos morangos em CaCl_2 promove aumento temporário na textura, como observado por Rosen e

Tabela 1. Média de ganho e perda de massa de morangos in natura após a lavagem com soluções de cloreto de cálcio e polietilenoglicol durante armazenamento por oito dias a 5 °C após lavagem.

Tratamento de imersão	Ganho de massa após lavagem (%)	Perda de massa ao final do período de armazenamento (%)
Água destilada	$1,3 \pm 0,25^a$	$0,6 \pm 0,33^a$
CaCl_2 0,5%	$1,5 \pm 0,36^a$	$0,7 \pm 0,41^a$
1,0%	$1,4 \pm 0,42^a$	$0,6 \pm 0,28^a$
1,5%	$1,1 \pm 0,45^a$	$0,5 \pm 0,17^a$
PEG 0,5%	$1,1 \pm 0,36^a$	$0,6 \pm 0,18^a$

*Média de duas repetições. ¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

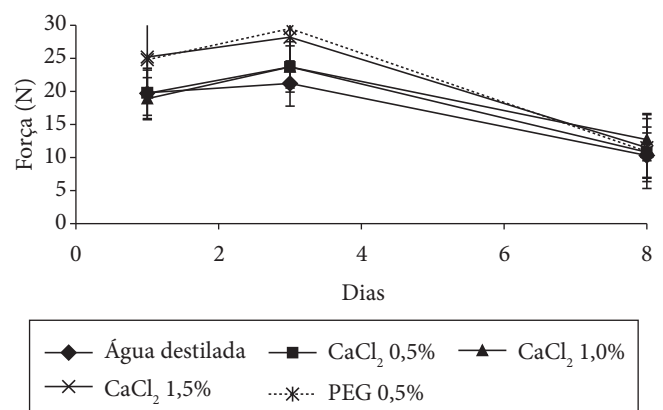


Figura 1. Análise de textura durante armazenamento por oito dias a 5 °C após lavagem.

Kader (1989), que registraram manutenção da firmeza durante sete dias de armazenamento a 2,5 °C em morangos tratados com 0,5 e 1,0% de CaCl₂. Segundo Suutarinen et al. (2000), o aumento da firmeza dos morangos tratados se deve à interação do cálcio com a pectina da parede celular, formando o pectato de cálcio, que mantém a estrutura da parede vegetal.

3.2 Sanificação

A redução de 0,2 ciclo log na contagem de mesófilos aeróbios e de 0,8 ciclo log na população de fungos e leveduras não foi significativa ($p > 0,05$) em morangos sanificados com solução clorada (Sumaveg®), quando comparada a dos morangos lavados apenas com água (Tabela 2). Reis et al. (2008) verificaram que a imersão de morangos minimamente processados em solução de Sumaveg® a 200 ppm, em solução de peróxido de hidrogênio 10% ou em solução de dicloro isocianurato de sódio (Hidrosan®) a 200 ppm, por 15 minutos, foram eficientes para manter a qualidade de morangos minimamente processados. Esses autores também observaram que, com o uso dos sanificantes, a contagem de fungos filamentosos e leveduras se manteve abaixo de 30 UFC.g⁻¹ por 12 dias de armazenamento.

O tratamento dos morangos com O₃ por 60 minutos reduziu significativamente ($p < 0,05$) em 1,3 ciclos log a contagem de fungos e leveduras em relação aos do tratamento controle (Tabela 2).

A presença de coliformes totais foi constatada apenas em morangos de uma das repetições e observou-se redução de 78% desses contaminantes nos morangos expostos ao O₃ por 30 minutos e de 100% nos morangos ozonizados por 60 minutos. Coliformes a 45 °C não foram encontrados em morangos após a aplicação dos tratamentos de sanificação adotados.

Há poucos relatos na literatura da ozonização de morangos com gás ozônio (BIALKA; DEMIRCI, 2007; BIALKA; DEMIRCI; PURI, 2008). Em tratamentos com O₃ aquoso, houve redução de 92,3% na microbiota aeróbia mesófila e de 91,0% na população de fungos e leveduras (SMILANICK; CRISOSTO; MLIKOTA, 1999). O crescimento micelial de *B. cinerea* foi reduzido em morangos tratados com 1,5 µL.L⁻¹ de O₃ em solução a 2 °C por três dias e mantidos a 20 °C (NADAS; OLMO; GARCÍA, 2003). Allende et al. (2007) não verificaram nenhum sinal visual de

crescimento fúngico em morangos tratados com 5000 mg.L⁻¹ de ozônio após 12 dias de estocagem a 2 °C. Bialka e Demirci (2007) verificaram que a utilização de ozônio gasoso ocasionou uma redução de 2,06 e 2,96 ciclos log na população de *Salmonella* a *Escherichia coli* O157:H7, respectivamente, em morangos ocasionalmente contaminados com esses patógenos.

Pela maior efetividade em reduzir contaminantes analisados, o tratamento com gás ozônio por 60 minutos foi escolhido para ser utilizado na continuidade deste estudo e pode ser recomendado para o tratamento em processamento industrial.

3.3 Embalagem

Observou-se que a população de fungos e leveduras e de bactérias psicrotróficas contaminantes de morangos acondicionados em embalagens recobertas com diferentes camadas de filme PVC não variou significativamente durante o período de armazenamento (Tabela 3). Também se observou uma redução na população de fungos em relação à população de leveduras durante o armazenamento. Embora não tenha sido determinada a concentração de CO₂ no interior das embalagens, é possível ter ocorrido a redução da permeabilidade a gases quando foi usado maior número de camadas de filme plástico. O aumento da atmosfera com gás carbônico no interior da embalagem interfere no crescimento de microrganismos aeróbios contaminantes, como fungos, mas não é suficiente para inibir a microbiota facultativa e anaeróbia. Ahaoni e Barkai-Golan (1987) verificaram que a utilização de atmosfera com 10,5% de CO₂ foi bastante efetiva no controle de *Botrytis* em morangos durante o período de armazenamento.

Não foram observadas diferenças significativas entre perda de massa nos morangos embalados com uma a quatro camadas de filme PVC, e esta perda variou de 1,3 a 2,2% ao longo de 12 dias de armazenamento a 5 °C. Moraes et al. (2008) verificaram que a utilização das atmosferas contendo 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ foi importante no controle da perda de massa dos morangos armazenados a 5 a 10 °C por 7 dias.

O pH dos morangos armazenados em embalagens recobertas com uma e quatro camadas de filme PVC aumentou somente após o sexto dia de armazenamento, enquanto aqueles embalados com duas e três camadas de filme PVC apresentaram aumento de pH nos primeiros seis dias de armazenamento.

Morangos embalados e recobertos com uma e duas camadas de filme PVC apresentaram uma perda de 45 e 9,8% de textura, enquanto aqueles embalados com três e quatro camadas de filme PVC apresentaram um aumento de 6,46 e 0,45% na firmeza, respectivamente (Figura 2). Segundo Brackmann, Hunsche e Balem (1999), a espessura dos filmes diminui as trocas gasosas, aumenta a concentração de CO₂ na embalagem e resulta no aumento da vida pós-colheita das frutas. Concentrações elevadas de CO₂ podem ocasionar um aumento ou manutenção da firmeza do morango armazenado em baixas temperaturas (EL-KAZZAZ; SOMMER; FORTLAGE, 1983). A variação observada na firmeza dos morangos pode estar relacionada com o aumento na concentração de CO₂ na embalagem, devido ao número de camadas de filme utilizado que reduz as trocas gasosas. Moraes et al. (2008) verificaram que atmosferas

Tabela 2. Logaritmo do número de mesófilos aeróbios e fungos e leveduras* em morangos in natura submetidos ao processo de sanitização com solução clorada (Sumaveg®) e tratamento de ozonização.

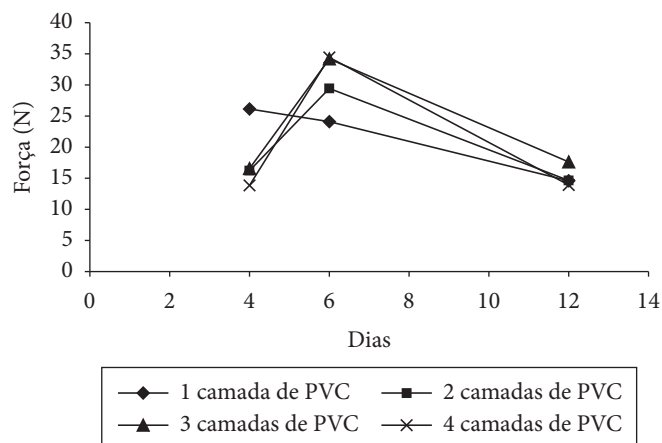
Sanificação	Log UFC.g ⁻¹	
	Mesófilos aeróbios ¹	Fungos e leveduras ¹
Água destilada (controle 1)	5,2 ± 0,87 ^a	5,8 ± 1,20 ^a
Solução clorada	5,0 ± 0,79 ^a	5,0 ± 0,85 ^a
Jato de ar (controle 2)	4,7 ± 0,29 ^a	4,5 ± 0,62 ^a
O ₃ 30 minutos	4,5 ± 0,86 ^a	3,9 ± 0,32 ^{ab}
O ₃ 60 minutos	3,4 ± 1,08 ^a	3,2 ± 1,01 ^b

*Média de três repetições. ¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3. Logaritmo do número de fungos e leveduras e psicrotróficos em morangos armazenados à 5 °C por 7 dias em embalagem recobertas com diferentes camadas de filme PVC esticável.

Número de camadas de filme PVC	Log UFC.g ⁻¹ *					
	Fungos e leveduras ¹			Psicrotróficos ¹ dias de armazenamento		
	Dias de armazenamento			Dias de armazenamento		
	1	4	7	1	4	7
1	3,84 ± 0,07 ^a	4,37 ± 0,13 ^a	5,76 ± 0,03 ^a	4,04 ± 0,01 ^a	4,17 ± 0,35 ^a	4,32 ± 0,23 ^a
2	4,36 ± 0,54 ^a	4,25 ± 0,61 ^a	4,42 ± 0,60 ^a	4,48 ± 0,57 ^a	4,07 ± 0,52 ^a	3,16 ± 0,79 ^a
3	4,63 ± 0,16 ^a	4,45 ± 0,28 ^a	4,12 ± 0,60 ^a	4,46 ± 0,53 ^a	4,5 ± 1,0 ^a	2,94 ± 1,75 ^a
4	3,82 ± 0,18 ^a	3,36 ± 0,95 ^a	5,34 ± 0,90 ^a	3,90 ± 0,20 ^a	3,74 ± 0,25 ^a	3,73 ± 0,97 ^a

*Média de duas repetições. ¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Figura 2.** Análise de textura em morangos armazenados a 5 °C por 12 dias em embalagem recoberta com diferentes camadas de filme PVC esticável.

contendo 3% O₂ + 10% CO₂ e 3% O₂ + 15% CO₂ mantiveram melhor a firmeza de morangos, armazenados a 5 a 10 °C por 7 dias, em relação à atmosfera ambiente.

Segundo Donazzolo et al. (2003), morangos cv. Oso Grande, acondicionados em bandejas armazenadas a 20 °C e embaladas com filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 45 mm, apresentaram maior firmeza de polpa, menor evolução da cor vermelha e menor perda por podridões; porém, apresentaram sabor alcoólico. Esses mesmos autores relataram que morangos acondicionados em bandejas cobertas por filme de PVC de 15 mm não mantiveram a qualidade quando armazenados por 14 dias a 0 °C e mais três dias a 20 °C.

Durante o armazenamento foi observado também aumento na intensidade de escurecimento dos morangos, independente do tratamento utilizado. Esta alteração pode estar associada ao processo de amadurecimento que continua a ocorrer durante o armazenamento (CONTI; MINAMI; TAVARES, 2002). Maior intensidade de escurecimento de 24% foi verificada em morangos embalados em bandejas recobertas por três camadas de filme PVC. O aumento da intensidade de escurecimento não representa necessariamente, perdas de atributos sensoriais, uma vez que a cor vermelha escura em morangos também é atraente para o consumo.

3.4 Identificação de fungos contaminantes

Os principais fungos isolados de morangos minimamente processados foram classificados como membros do gênero *Fusarium*. Existem relatos desse gênero como contaminante de alimentos, apresentando espécies produtoras de micotoxinas (SCHOLLENBERGER et al., 2005; TOURNAS; KATSOUDAS, 2005; TOURNAS; HEERS; BURGESS, 2006). Foi verificada também a presença da espécie de fungo *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) de Vries. Esta espécie é relatada como fitopatogênica de flores de morangueiro na Califórnia (GUBLER et al., 1999). Pode-se sugerir que este fungo também pode ser responsável por problemas pós-colheita por tornar o pseudofruto menos atraente, causar deformidades e reduzir o valor de mercado (KAN-RICE, 1999; KOIKE, 2000).

4 Conclusões

As soluções de lavagem avaliadas não foram mais eficientes do que a água na remoção de contaminantes do morango, enquanto a ozonização gasosa por 60 minutos mostrou ter potencial para ser adotada como processo sanitizante para morangos.

Os morangos armazenados em embalagens recobertas com três camadas de filme PVC, além de apresentarem redução no número de microrganismos contaminantes, tiveram aumento na textura durante o armazenamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) o suporte financeiro e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) a concessão de uma bolsa de iniciação científica.

Referências bibliográficas

- AHAONI, Y.; BARKAI-GOLAN, R. Pre-harvest fungicide sprays and polyvinyl wraps to control *Botrytis* rot and prolong the post-harvest storage life of strawberry. **Journal of Horticultural Science**, v. 62, n. 2, p. 177-181, 1987.
- ALLENDE, A. et al. Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O₃, super atmospheric O₂ and high CO₂) on health promoting compounds and shelf-life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 46, n. 3, p. 201-211, 2007.
- ANTUNES, L. E. C. et al. Produção integrada de morango (PIMo) no Brasil. In: Morango: conquistando novas fronteiras. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 34-39, 2007.

- BEUCHAT, L. R.; COUSIN, M. A. Yeasts and molds. In: DOWNES, F. P.; ITO, K. (eds.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. Washington: APHA, 2001. p. 209-215.
- BIALKA, K. L.; DEMERCI, A. Utilization of gaseous ozone for the decontamination of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* on raspberries and strawberries. **Journal of Food Protection**, v. 70, n. 5, p. 1093-1098, 2007.
- BIALKA, K. L.; DEMERCI, A.; PURI, V. M. Modeling the inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* on raspberries and strawberries resulting from exposure to ozone or pulsed UV-light. **Journal of Food Engineering**, v. 85, n. 3, p. 444-449, 2008.
- BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M.; BALEM, T. A. Efeito de filmes de PVC esticável e polietileno em morangos cv. Tangi. **Revista Brasileira de Agrociências**, v. 5 n. 2, p. 89-92, 1999.
- CALEGARO, J. M.; PEZZI, E.; BENDER, R. J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1049-1055, 2002.
- CAMARGO, Y. R. et al. Efeito do cálcio sobre o amadurecimento de morangos (*Fragaria ananassa* Duch.) CV. Campineiro. **Ciência Agrotécnica**, v. 24, n. 4, p. 968-972, 2000.
- CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 10-17, 2002.
- COUSIN, M. A. et al. Psychrotrophic microorganisms. In: DOWNES, F. P.; ITO, K. (eds.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. Washington: APHA, 2001. p. 159-166.
- DONAZZOLO, J. et al. Utilização de filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) para prolongar a vida pós-colheita de morangos, CV. Oso Grande. **Ciência Agrotécnica**, v. 27, n. 1, p. 165-172, 2003.
- EL-KAZZAZ, M. K.; SOMMER, N. F.; FORTLAGE, R. J. Effect of different atmospheres on postharvest decay and quality of fresh strawberry. **Phytopathology**, v. 73, n. 2, p. 282-285, 1983.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FDA. **Secondary direct food additives permitted in food for human consumption**. Silver Spring, Maryland, 2001. Disponível em: <<http://www.fda.gov/OHRMS/Dockets/98fr/062601a.htm>> Acesso em: 28 maio 2006.
- FRANÇOSO, I. L. T. et al. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 614-619, 2008.
- GARCÍA, J. M.; HERRERA, S.; MORILLA, A. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, n. 1, p. 30-33, 1996.
- GARCÍA, J. M.; MEDINA, R. J.; OLÍAS, J. M. Quality of strawberries automatically packed in different plastic films. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 6, p. 1037-1041, 1998.
- GUBLER, W. D. et al. First report of blossom blight of strawberry caused by *Xanthomonas fragariae* and *Cladosporium cladosporioides* in California. **Plant Disease**, v. 83, n. 4, p. 400, 1999.
- GUZEL-SEYDIDIM, Z. B.; GREENE, A. K.; SEYDIDIM, A. C. Use of ozone in the industry. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 37, n. 4, p. 453-460, 2004.
- HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria ananassa* Duch) cv IAC Campinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 231-233, 1999.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - IAEA. **Food irradiation**. Viena, Áustria, 1999. Disponível em: <<http://www.iaea.org/programmes/nafa/d5/public/foodirradiation.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2005.
- KAN-RICE, P. **Two new culprits cause strawberry blight**. California: University of California, 1999. Disponível em: <<http://news.ucanr.org/newsstorymain.cfm?story=241>>. Acesso em: 12 fev. 2009.
- KOIKE, S. T. **Research on Cladosporium and strawberry flowers**. California: Universidade da California, 2000. Disponível em: <http://www.calstrawberry.com/research_library/00-06.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2009.
- KORNACKI, J. L.; JOHNSON, J. L. Enterobacteriaceae, coliforms, and *Escherichia coli* as quality and safety. In: DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. Washington: APHA, 2001. p. 9-81.
- LARA, I.; GARCÍA, P.; VENDRELL, M. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 34, n. 3, p. 331-339, 2004.
- MISHA, S. **Calcium chloride treatment of fruits and vegetables**. Texas: Tetra Technologies, Inc., 2002.
- MORAES, I. V. M. et al. Características físicas e químicas de morango processado minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera controlada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 274-281, 2008.
- MORTON, R. D. Aerobic plate count. In: DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. Washington: APHA, 2001. p. 183-193. (cap. 16)
- NADAS, A.; OLMO, M.; GARCÍA, J. M. Growth of *Botrytis cinerea* and strawberry quality in ozone-enriched atmospheres. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 5, p. 1798-1802, 2003.
- PALOU, E. et al. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 1, p. 42-45, 1999.
- RAGAERT, P. et al. Role of yeast proliferation in the quality degradation of strawberries during refrigerated storage. **International Journal of Food Microbiology**, v. 108, n. 1, p. 42-50, 2006.
- REIS, K. C. et al. Efeito de diferentes sanificantes sobre a qualidade de morango cv. Oso Grande. **Ciência Agrotécnica**, v. 32, n. 1, p. 196-202, 2008.
- ROSEN, J. C.; KADER, A. A. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. **Journal of Food Science**, v. 54, n. 3, p. 656-659, 1989.
- SCHOLLENBERGER, M. et al. Survey of *Fusarium* toxins in foodstuffs of plant origin marketed in Germany. **International Journal of Food Microbiology**, v. 97, n. 3, p. 317-326, 2005.
- SMILANICK, J. L.; CRISOSTO, C.; MLIKOTA, F. Postharvest use of ozone on fresh fruit. **Perishables Handling Quarterly**, v. 99, p. 10-14, 1999.
- SOUZA, A. L. B. Post-harvest application of CaCl₂ in strawberry fruits (*Fragaria ananassa* Dutch cv. Sequóia): evaluation of fruit quality and post-harvest life. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 4, p. 841-848, 1999.
- SUUTARINEN, J. et al. The effects of calcium chloride and sucrose prefreezing treatments on the structure of strawberry tissues. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 33, n. 2, p. 89-102, 2000.
- TOURNAS V. H.; KATSODAS, E. Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruits. **International Journal of Food Microbiology**, v. 105, n. 1, p. 11-17, 2005.
- TOURNAS, V. H.; HEERES J.; BURGESS, L. Moulds and yeasts in fruit salads and fruit juices. **Food Microbiology**, v. 23, n. 7, p. 684-688, 2006.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **U.S. Strawberry Industry, 1970-2004**. Washington, 2005. Disponível em: <<http://usda.mannlib.cornell.edu/data-sets/specialty/95003/>> Acesso em: 28 maio 2006.
- VIEITES, R. L. et al. Conservação do morango armazenado em atmosfera modificada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 2, p. 243-252, 2006.