

PATRÍCIA SOUZA DE OLIVEIRA

AÇÃO DE ABSORVEDORES DE ETILENO E DE OXIGÊNIO
NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MORANGO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

O48c
2011

Oliveira, Patrícia Souza de, 1983-
Ação de absorvedores de etileno e de oxigênio na
conservação pós-colheita de morango / Patrícia Souza
de Oliveira. – Viçosa, MG, 2011.
ix, 52f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexo.

Orientador: Raimundo Santos Barros.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Morango - Fisiologia pós-colheita. 2. Permanganato
de potássio. 3. Morango - Conservação. 4. Absorção.

5. Oxigênio. 6. Etileno. 7. *Fragraria x ananassa*.

I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 634.756

PATRÍCIA SOUZA DE OLIVEIRA

AÇÃO DE ABSORVEDORES DE ETILENO E DE OXIGÊNIO
NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MORANGO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

APROVADA: 23 de fevereiro de 2011

Profa. Rosana Gonçalves R. das Dores

Prof. Vicente Wagner Dias Casali

Prof. Fernando Luiz Finger
(Co-orientador)

Prof. Raimundo Santos Barros
(Orientador)

A Deus, por toda força

AGRADEÇO.

*Ao meu pai Álvaro Camilo de Oliveira e aos meus irmãos
Alisson e Márcia Souza de Oliveira, pelo apoio*

DEDICO.

*A minha mãe Lêige Souza de Oliveira (para sempre presente no meu coração), por todo
esforço prestado a mim*

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Biologia Vegetal, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Fernando Luiz Finger, pela orientação e todo apoio a mim prestado.

Ao professor Paulo Roberto Cecon, pelo apoio e ajuda estatística.

Ao professor Raimundo Santos Barros, pelas sugestões finais.

Aos professores Vicente Wagner Dias Casali e Rosana Gonçalves Rodrigues das Dores, por participarem da banca.

Ao colega Franciscléudo Bezerra, por toda ajuda e conselhos.

Ao colega Ueder Lopes e ao pesquisador Hécio Costa (INCAPER-ES), pela ajuda na obtenção dos morangos.

À amiga Juliane Karsten, por toda ajuda na realização das análises e pela amizade.

Aos estagiários Danilo Pereira e Caroline Kishimoto, e a Lucilene Silva, por toda ajuda durante os experimentos.

Aos funcionários do laboratório pós-colheita Geraldo e Sebastião, e ao Ribeiro, por todo apoio durante a condução deste trabalho.

Aos amigos de curso e as companheiras de laboratório, pela amizade durante o mestrado.

As amigas de república; Paola Garcia, Sara Mendes e Lilian Marques, e ao Mateus Tadim, pelo companheirismo.

Aos meus familiares e ao meu noivo Rhyder Teófilo, por todo carinho e apoio prestados.

A todos que, de alguma forma, me ajudaram na realização deste trabalho,

OBRIGADA!

BIOGRAFIA

PATRÍCIA SOUZA DE OLIVEIRA, filha de Álvaro Camilo de Oliveira e Lêige Souza de Oliveira, nasceu no dia 13 de setembro de 1983, em Ribeirão Vermelho – MG.

Em 2004 iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Lavras - UFLA, na cidade de Lavras – MG, onde, em julho de 2008, tornou-se Engenheira Agrônoma.

No ano de 2009 ingressou no curso de Mestrado em Fisiologia Vegetal na Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa – MG, submetendo-se à defesa de dissertação em 23 de fevereiro de 2011.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	1

CAPÍTULO 1: EFEITO DE ABSORVEDORES DE ETILENO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MORANGOS

RESUMO	2
1- INTRODUÇÃO	3
2- MATERIAL E MÉTODOS	6
2.1- Material Vegetal.....	6
2.2- Tratamentos.....	6
2.3- Análises físico-químicas.....	7
2.4- Análises enzimáticas.....	9
2.5- Avaliação visual.....	11
2.6- Análise estatística.....	12
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
3.1- Análises físico-químicas.....	13
3.2- Análises enzimáticas.....	16
3.3- Avaliação visual.....	20
4- CONCLUSÕES	24
5- REFERÊNCIAS	25

CAPÍTULO 2: AÇÃO DE ABSORVEDORES DE ETILENO E DE OXIGÊNIO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MORANGOS

RESUMO	29
1- INTRODUÇÃO	30
2- MATERIAL E MÉTODOS	33
2.1- Material Vegetal.....	33
2.2- Tratamentos.....	33
2.3- Análises físico-químicas.....	34
2.4- Análises enzimáticas.....	34
2.5- Avaliação visual.....	34
2.6- Análise estatística.....	35
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
3.1- Análises físico-químicas.....	36
3.2- Análises enzimáticas.....	38
3.3- Avaliação visual.....	42
4- CONCLUSÕES	46
5- REFERÊNCIAS	47
CONCLUSÕES GERAIS	50
ANEXOS	51

RESUMO

OLIVEIRA, Patrícia Souza de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Ação de absorvedores de etileno e de oxigênio na conservação pós-colheita de morango**. Orientador: Raimundo Santos Barros. Co-orientadores: Fernando Luiz Finger e Paulo Roberto Cecon

Com o presente trabalho objetivou-se estudar a influência do filme de PVC (cloreto de polivinila), de diferentes dosagens de KMnO_4 (absorvedor de etileno) e do sachê absorvedor de oxigênio (O-Buster) sobre a qualidade e conservação pós-colheita de morangos ‘Oso Grande’. Para isto foram feitas análises físico-químicas, enzimáticas e visual de 2 em 2 dias nos frutos armazenados por 14 dias, aos 4 °C. A presença do PVC foi indispensável para manter as características visuais e a redução da perda de massa fresca dos frutos ao longo do período de armazenamento. Os frutos tratados com diferentes dosagens de KMnO_4 (1, 2, 3 e 4 g), de modo geral, tiveram comportamento semelhante aos frutos do tratamento controle com filme de PVC, que mantiveram os valores de acidez total titulável (ATT), aumentaram os açúcares solúveis totais (AST) e diminuíram os açúcares redutores (AR) aos 14 dias de armazenamento. A atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD) e álcool desidrogenase (ADH) diminuiu nos frutos armazenados com sachê de KMnO_4 ; entretanto, quanto a ADH os frutos tratados com KMnO_4 diferiram dos frutos do controle com PVC. Houve acúmulo de etanol nos frutos dos tratamentos utilizados ao final do armazenamento. A dosagem de 1 g de KMnO_4 (T3), foi eficaz em retardar o crescimento visível de fungos nos frutos armazenados por 14 dias, sendo visualizados frutos contaminados apenas no último dia de armazenamento. Os tratamentos com sachês absorvedores de oxigênio e de etileno tiveram efeito sinérgico sobre os frutos armazenados durante 14 dias. A combinação dos dois absorvedores manteve os valores de ATT, a atividade das enzimas PPO e ADH, e aumentou os AST nos frutos. Nas demais variáveis analisadas, os tratamentos com absorvedores de oxigênio e etileno e a combinação dos dois na mesma embalagem de PVC não diferiram entre si e mantiveram os valores de AR e a atividade da POD, e acumulou pouco etanol nos frutos ao final do armazenamento. A combinação dos sachês absorvedores de oxigênio e de etileno foi eficaz em retardar o crescimento visível de fungos em até 12 dias de armazenamento. A melhor forma de conservação

dos morangos, de acordo com os resultados, foi armazenamento em embalagens contendo sachês absorvedores de oxigênio e de etileno, fechadas com filme de PVC e armazenadas aos 4 °C, durante 12 dias.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Patrícia Souza de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, february, 2011. **Action of ethylene and oxygen absorbers on postharvest strawberry conservation.** Adviser: Raimundo Santos Barros. Co-advisers: Fernando Luiz Finger and Paulo Roberto Cecon

The present work aimed to study the influence of the PVC (polyvinyl chloride) film of different concentrations of KMnO_4 (ethylene absorbent) and the oxygen absorber sachet (O-Buster) on the quality and postharvest conservation of 'Oso Grande' strawberries. In order to achieve this physical-chemical, enzymatic and visual analyses were performed every 2 days on fruits stored for 14 days at 4 °C. The presence of PVC was essential to maintain the visual characteristics and reduction of weight loss of the fruits during the storage period. The fruits treated with different doses of KMnO_4 (1, 2, 3 and 4 g) generally showed similar behavior to the fruits of the control treatment with PVC film, which kept the values of titratable total acidity (TTA), increased the total soluble sugars (TSS) and decreased the reducing sugars (RS) at 14 days of storage. The activity of the polyphenol oxidase (PPO), peroxidase (POD) and alcohol dehydrogenase (ADH) enzymes decreased in fruits stored with KMnO_4 sachets, however, regarding to ADH and the fruits treated with KMnO_4 differed from the fruits of the control treatment with PVC. There was accumulation of ethanol in the fruits of the treatments used at the end of storage. The dosage of 1 g of KMnO_4 (T3) was effective in delaying the visible growth of fungi in fruits stored for 14 days, contaminated fruits could only be seen in the last day of storage. The treatments with sachets of oxygen and ethylene had synergistic effect on the fruits that were stored for 14 days. The combination of the two absorbers kept the values of ATT, the PPO and ADH enzyme activity, and increased the AST in the fruits. In the remaining variables, the treatments with oxygen and ethylene absorbers and the combination of both in the same package of PVC did not differ among themselves and have retained the values of AR and the POD activity, and accumulated a small quantity of ethanol in the fruits at the end of storage. The combination of oxygen and ethylene absorbing sachets was effective in delaying the visible growth of fungi within 12 days of storage. The best way preserve strawberries, according to the results, was the storage in packages containing oxygen and ethylene

absorbing sachets, sealed with PVC film and stored at 4 °C for 12 days.

INTRODUÇÃO GERAL

É cada vez mais crescente a procura por alimentos que fazem bem para a saúde. Dentre esses alimentos, destacam-se as frutas frescas. Para uma vida saudável recomendá-se um consumo diário de 5 porções de frutas (TREVISAN, 2011).

As frutas são ricas em nutrientes benéficos e fonte de fibras para o organismo. Entre as frutas mais consumidas encontra-se o morango, altamente consumido pelo seu sabor atrativo, nas formas “in natura” e processada.

No Brasil, há produção de morangos o ano inteiro, devido à criação de novas cultivares, permitindo assim o desenvolvimento da cultura em várias condições climáticas (SANTOS, 2011).

Apesar do grande consumo, os produtores de morangos enfrentam problemas de campo, em função da alta susceptibilidade dos frutos ao ataque de fungos fitopatogênicos, causando grandes perdas. Os fungos causam perdas na pré e pós-colheita e contribuem para reduzir a vida pós-colheita dos morangos (SCHESTIBRATOV et al., 2005).

Outro problema enfrentado é a alta perecibilidade dos morangos, dificultando dessa forma a vida de prateleira, uma vez que são altamente perecíveis, necessitando de muito cuidado no manuseio, transporte e armazenamento. O ideal para prolongar a vida de prateleira dos morangos é o uso de baixas temperaturas durante o transporte e armazenamento combinado com outras técnicas (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Em função dos problemas enfrentados, e com o propósito principal de aumentar a vida de prateleira dos morangos, objetivou-se com este trabalho: 1) avaliar a ação de diferentes dosagens de permanganato de potássio (absorvedor de etileno) sobre a conservação de morangos ‘Oso Grande’ armazenados aos 4 °C em embalagens PET (tereftalato de polietileno) envoltas por filme de PVC, e 2) avaliar os efeitos da presença de sachês absorvedores de etileno (permanganato de potássio) e de oxigênio (O-Buster) sobre a conservação desses morangos.

CAPÍTULO 1

EFEITO DE ABSORVEDORES DE ETILENO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MORANGOS

RESUMO

É importante o uso de filmes de PVC (cloreto de polivinila) para manter as características visuais e a redução da perda de massa fresca dos frutos ao longo do período de armazenamento. A falta de PVC nas embalagens concentrou a acidez titulável total (ATT), açúcares solúveis totais (AST) e açúcares redutores (AR) ao final do armazenamento, em função da maior perda de água pelos frutos. Quando presente, o PVC diminuiu a atividade da polifenoloxidase (PPO), aumentou a atividade da álcool desidrogenase (ADH) e levou a um maior acúmulo de etanol nos frutos, devido à restrição de oxigênio no interior da embalagem, porém não influenciou a atividade da peroxidase (POD). Os frutos armazenados com sachês de KMnO_4 , de modo geral, tiveram comportamento semelhante aos frutos do tratamento controle sem sachê, sendo que mantiveram os valores de ATT, aumentaram os AST e diminuíram os AR aos 14 dias de armazenamento. A atividade das enzimas PPO, POD e ADH diminuiu nos frutos armazenados com KMnO_4 . Entretanto quanto a atividade de ADH, os frutos tratados com KMnO_4 diferiram dos frutos do controle. Houve acúmulo de etanol nos frutos ao final do armazenamento. A dosagem de 1 g de KMnO_4 foi eficaz em retardar o crescimento visível de fungos nos frutos armazenados, sendo visualizados frutos contaminados apenas no último dia de armazenamento. De acordo com os resultados obtidos, é possível retardar até 12 dia de armazenamento a contaminação por fungos e conservar os morangos durante 12 dias aos 4 °C, em embalagens PET (tereftalato de polietileno) contendo sachê de 1 g de KMnO_4 , cobertas com filme de PVC.

Palavras-chave: *Fragraria x ananassa* Duch., permanganato de potássio, conservação

1- INTRODUÇÃO

As frutas são importantes fontes de vitaminas e minerais, nutrientes indispensáveis para uma vida saudável. Dentre as frutas consumidas mundialmente, o morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) se destaca, sendo consumido em grande quantidade, em função do seu sabor atrativo (FRANÇOSO et al., 2008).

O morangueiro é uma importante cultura cultivada em todo o mundo, e a produção está aumentando progressivamente. Muitas cultivares de morango foram criadas, permitindo seu cultivo em várias condições climáticas. Porém, existem ainda muitos fatores que limitam o rendimento das plantas, e um deles é a susceptibilidade a uma variedade de fungos fitopatogênicos, bactérias e vírus (SCHESTIBRATOV et al., 2005). De acordo com MALGARIM et al. (2006), devido à elevada perecibilidade pós-colheita, o morango é altamente suscetível ao ataque de agentes patogênicos causadores de podridões.

A produção de morangos no Brasil concentra-se, principalmente, nos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo, Paraná e Distrito Federal (ANTUNES et al., 2007).

O morango é uma fruta não-climatérica, altamente perecível, devido à alta taxa respiratória, sendo assim de difícil conservação, o que acarreta perdas consideráveis, tanto qualitativas, quanto econômicas (CHITARRA & CHITARRA, 2005). O uso de temperaturas baixas é essencial para realizar armazenamento, transporte dos frutos para mercados distantes. Segundo ZAICOVSKI et al. (2006), em altas temperaturas, a respiração aumenta significativamente, levando ao consumo das substâncias de reserva e, conseqüentemente, a deterioração da fruta.

Açúcares e ácidos orgânicos são os principais substratos respiratórios utilizados, causando mudanças no teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável e pH, durante o armazenamento dos frutos (ZHENG et al., 2007).

Porém, para o armazenamento prolongado do morango, só a redução da temperatura não é suficiente para manter a qualidade desse fruto, sendo necessário associarem-se outras técnicas, visando prolongar a vida útil (MALGARIM et al., 2006).

A combinação de temperaturas baixas e a utilização de atmosfera controlada (AC) ou modificada (AM) é um eficiente meio para controlar as perdas pós-colheita (DONAZZOLO et al., 2003). De acordo com BRACKMANN et al. (1999), o uso da

técnica de AC é mais difícil, pois são necessários analisadores de gases, CO₂ em cilindros e uma estrutura adequada para o armazenamento. Dessa forma, usa-se a técnica da AM, em que se utilizam filmes plásticos, os quais proporcionam aumento gradativo da concentração de CO₂ no ambiente de armazenamento, em função da respiração do produto, e esta, vai sendo posteriormente inibida com o aumento da concentração de CO₂.

De acordo com LANA & FINGER (2000), a maior vantagem da utilização de filmes plásticos na comercialização de produtos hortícolas é manter a qualidade dos produtos pela redução da perda de água. Morangos ‘Tangi’ armazenados à temperatura de 0,5 °C, utilizando as espessuras dos filmes de PVC (30 e 35 µm) e de polietileno (30 e 60 µm) mostraram ser eficientes no controle de podridões e na manutenção da qualidade do fruto (BRACKMANN et al., 1999). Resultado semelhante foi encontrado por SHIN et al. (2007), em morangos ‘Jewel’ armazenados a 0.5, 10 e 20 °C.

Embora o morango seja classificado como fruta não-climatérica, o etileno estimula o crescimento de fungos. Dessa forma, o armazenamento em atmosfera modificada, associado ao uso de absorvedores de etileno, como permanganato de potássio que absorve e oxida o etileno liberado pelo fruto e fungos, podem reduzir a taxa de deterioração (RESENDE et al., 2001).

Os absorvedores de etileno à base de permanganato de potássio são utilizados na forma de sachês impregnados com materiais como vermiculita e perlita (FERREIRA, 2009). Sem entrar em contato com o produto, o permanganato de potássio tem a finalidade de reduzir a concentração de etileno do ambiente de armazenamento por oxidação (CARON, 2009). O processo inicia-se com a oxidação do etileno (CH₂CH₂) a acetaldeído (CH₃CHO), o qual é oxidado a ácido acético (CH₃COOH). Posteriormente, se houver quantidades suficientes de permanganato de potássio para continuar a reação, o ácido acético é oxidado a dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O) (SORBENTSYSTEM, 2011). Após a reação, o permanganato de potássio passa da cor violeta ao marrom, indicando que os sachês devem ser trocados (FERREIRA, 2009).

A adição de permanganato de potássio às embalagens de armazenamento de morangos ‘Torrey’, revelou ser um meio prático na comercialização local e à longa distância, uma vez que aumentou a vida de prateleira dos morangos armazenados à temperatura ambiente ou a 0 °C (WILLS et al., 1995). Além disso, frutos armazenados com sachês de permanganato de potássio foram menos suscetíveis ao ataque de fungos,

como *Botrytis cinerea*, principal fungo causador da deterioração do morango a 20 °C.

De acordo com SCHESTIBRATOV et al. (2005), o mofo cinzento ou podridão dos frutos, causada por *Botrytis cinerea*, é uma das doenças mais destrutivas de morango, causando substancial perda de rendimento antes e após a colheita. Resultado diferente foi encontrado por BOWER et al. (2003), em que concentrações de etileno de até 1 µL/L não afetaram a taxa de desenvolvimento da doença em morangos armazenados a 0 e 20 °C, mas promoveram o escurecimento do cálice. Segundo esse autor, as diferenças na resposta seriam devido às características das cultivares, condições de crescimento, armazenamentos em diferentes condições, níveis de etileno ou presença latente de focos de *Botrytis* trazidos do campo de cultivo.

Além de estimular o crescimento de fungos, o etileno está envolvido na síntese de compostos fenólicos, através da ativação de enzimas chave da rota dos fenilpropanoides, como a fenilalanina amônia liase (PAL). Quando presentes em altas concentrações, os compostos fenólicos são oxidados pela enzima polifenol oxidase (PPO), que também é estimulada pelo etileno (RODRIGUES & ONO, 2011).

A PPO é uma enzima envolvida com o escurecimento enzimático dos tecidos, quando enzima e compostos fenólicos entram em contato, produzindo quinonas na presença de oxigênio. As quinonas resultantes da oxidação dos compostos fenólicos apresentam coloração vermelha a marron-avermelhada; no entanto, a polimerização subsequente das quinonas gera moléculas mais escuras (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A peroxidase (POD) também está envolvida com o escurecimento enzimático dos tecidos, e é estimulada pelo etileno (RODRIGUES & ONO, 2011). A POD remove hidrogênio de diferentes compostos fenólicos e utiliza tanto o peróxido de hidrogênio como acceptor de hidrogênio.

Em função da alta susceptibilidade ao ataque de fungos, e com o propósito de controlar a ação do etileno, o objetivo deste trabalho foi avaliar a ação do filme de PVC e de diferentes dosagens de permanganato de potássio sobre a qualidade e conservação pós-colheita de morangos armazenados aos 4 °C em embalagens PET (tereftalato de polietileno).

2- MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Material Vegetal

Morangos (*Fragraria x ananassa* Duch. cv. Oso Grande) foram colhidos no estágio de maturação comercial (1/2 a 3/4 da superfície de cor vermelho-brilhante) em uma propriedade no município Venda Nova do Imigrante-ES e transportados em caixas de plástico até a Universidade Federal de Viçosa-MG, onde foram realizadas as análises. No laboratório, 24 h após a colheita, os frutos foram selecionados de acordo com a uniformidade, cor e ausência de defeitos. Posteriormente, foram acondicionados em bandejas comerciais PET (tereftalato de polietileno) sem tampa com capacidade para 250 g e recobertas com filme de PVC (cloreto de polivinila).

Os morangos foram armazenados em câmaras frias, com temperatura de $4 \pm 0,5$ °C, sob 90-95% UR, durante 14 dias.

Os morangos utilizados foram produzidos em canteiros com mulching preto, irrigados por gotejamento e cobertos por túnel baixo. A colheita foi realizada no período da manhã, temperatura média de 15,0 °C, nos meses de julho e agosto de 2010.

2.2- Tratamentos

As embalagens receberam sachês de permanganato de potássio com diferentes dosagens. Foram efetuados 6 tratamentos com 4 repetições cada, totalizando 24 unidades experimentais, por dia de análise. Os tratamentos foram:

- ✓ T1: (controle 1) bandeja coberta com PVC;
- ✓ T2: (controle 2) bandeja sem PVC;
- ✓ T3: bandeja + PVC + sachê com 1g de KMnO_4 ;
- ✓ T4: bandeja + PVC + sachê com 2g de KMnO_4 ;
- ✓ T5: bandeja + PVC + sachê com 3g de KMnO_4 ;
- ✓ T6: bandeja + PVC + sachê com 4 g de KMnO_4 .

A unidade experimental foi constituída de uma bandeja (± 250 g de morangos, em média 12 frutos) coberta com filme de PVC. Foram tomados dois tratamentos

controle, com e sem filme de PVC, para comparar o efeito da atmosfera modificada.

Os sachês de permanganato de potássio (KMnO₄) foram preparados conforme metodologia descrita por FERREIRA (2009). Foram pesados 1, 2, 3 e 4 g de KMnO₄ puro para análise (PA) e 6,5 g de vermiculita para cada sachê. O permanganato de potássio foi dissolvido em água desionizada, sendo essa solução colocada em contato com a vermiculita previamente autoclavada. Esse material foi levado para a estufa em 80 °C, a fim de proceder-se à secagem. Após a secagem, a vermiculita impregnada com permanganato de potássio foi pesada novamente, dividida pelo número total de sachês de cada tratamento e foi colocada em saquinhos de TNT (tecido não tecido). Os sachês foram armazenados em frascos hermeticamente fechados até o momento de instalação do experimento.

2.3- Análises físico-químicas

A amostragem foi efetuada cortando todos os morangos de cada unidade experimental (bandeja). As amostras para as análises químicas foram retiradas, pesadas e congeladas de 2 em 2 dias, até o 14º dia de armazenamento.

Acidez titulável Total (ATT)

A acidez titulável total foi determinada pelo procedimento titulométrico de acordo com IAL (1985). Foram utilizados 10 g do material congelado. A amostra foi coberta com água desionizada e triturada em politron de haste Ultra Turrax. Posteriormente, o volume foi completado para 50 mL. A titulação foi realizada com NaOH 0,1 N padronizado até atingir-se o pH 8,1. O volume gasto de NaOH na titulação da amostra foi usado no cálculo da % equivalente em ácido cítrico presente na amostra, segundo a fórmula:

$$\checkmark \%ATT = \frac{V(\text{NaOH}) \times N(\text{NaOH}) \times Fc \times \text{Eq. Ac} \times 100}{\text{Massa da amostra (g)}}$$

Em que: V = volume gasto de NaOH na titulação (mL);

N = normalidade da base (N);

Fc = fator de correção da base;

Eq. Ac = equivalente grama do ácido cítrico (0,064).

Açúcares solúveis totais (AST)

Foram quantificados a partir de aproximadamente 5 g de amostra imersa em etanol 80% fervente e armazenada aos 4 °C. O material armazenado foi triturado em polítron de haste Ultra Turrax e filtrado em papel filtro. Após 3 lavagens, completou-se o volume para 40 mL com etanol 80%. O extrato alcoólico foi armazenado aos 4 °C para posterior quantificação dos açúcares solúveis totais e redutores.

✓ Quantificação

A quantificação de açúcares solúveis totais foi feita de acordo com o método fenol-sulfúrico (DUBOIS et al.,1956). Após diluir 80 vezes as amostras (125 µL do extrato alcoólico em balão de 10 mL, completado com água desionizada) foi retirada uma alíquota de 250 µL do extrato alcoólico e transferida para tubos de ensaio com rosca, onde foram adicionados 250 µL de fenol 5%. Os tubos foram agitados e, posteriormente, receberam 1,25 mL de H₂SO₄ concentrado. Foram novamente agitados e colocados em banho aquecido por 20 minutos, em 30 °C. Após serem retirados do banho-maria, os tubos foram agitados novamente e, então, foram feitas as leituras de absorbância no espectrofotômetro, no comprimento de onda de 490 nm. Os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de sacarose 1%. O teor de açúcares solúveis totais foi expresso em % AST.

Açúcares redutores (AR)

Os açúcares redutores foram quantificados a partir de aproximadamente 5 g de amostra imersa em etanol 80% fervente e armazenada aos 4 °C. Foi utilizado o mesmo extrato alcoólico obtido na extração do AST.

✓ Quantificação

Os açúcares redutores foram quantificados segundo metodologia de Somogy-Nelson (NELSON, 1944). Após diluição de 50 vezes das amostras (0,2 mL do extrato alcoólico em balão de 10 mL completado com água desionizada) foi retirada uma alíquota de 200 µL do extrato alcoólico e transferida para tubos Eppendorfs, em que foram adicionados 200 µL do reagente de Nelson (8,0 mL do reagente de Nelson 1 e 2,0 mL do reagente de Nelson 2). Os tubos Eppendorfs foram agitados e incubados, por 15 minutos, em água fervente. Após resfriar em água, foram adicionados 200 µL da

solução arsenomolibdica, com posterior agitação dos tubos Eppendorfs. Foram adicionados 600 μ L de água desionizada e os tubos foram novamente agitados. As leituras no espectrofotômetro foram realizadas a 540 nm. Os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de glicose 1%. O teor de açúcares redutores foi expresso em % AR.

2.4- Análises enzimáticas

As análises foram realizadas a partir de amostras congeladas com nitrogênio líquido. Foram determinadas as atividades das enzimas polifenol oxidase, peroxidase e álcool desidrogenase.

Polifenol oxidase, PPO (EC 1.10.3.1)

A atividade da PPO foi determinada segundo NEVES (2003). A extração foi realizada a partir de 2 g de morango, os quais foram triturados em Politron de haste Ultra Turrax com 10 mL de solução tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 6,5), contendo Triton X-100 1,0%. O material foi filtrado em 4 camadas de gaze e centrifugado a 14000 g, por 30 minutos, aos 4 °C. O sobrenadante foi utilizado para determinar a atividade da PPO. Todo procedimento de extração foi realizado sob banho de gelo.

A atividade da PPO foi determinada a partir da reação de 1 mL de tampão fosfato de potássio 150 mM (pH 6,8), contendo catecol 30 mM e 500 μ L de extrato enzimático. As leituras foram feitas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 420 nm aos 25 °C e os resultados expressos em UA PPO/min/mg proteína.

Peroxidase, POD (EC 1.11.1.7)

A atividade da POD foi determinada de acordo com NEVES (2003). A extração foi feita a partir de 2 g de morango, triturados em Politron de haste Ultra Turrax com 10 mL de solução tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 6,5), contendo bissulfito de sódio 0,1% e cloreto de sódio 150 mM. O material foi filtrado em 4 camadas de gaze e centrifugado em 14000 g, por 30 minutos, aos 4 °C. O sobrenadante foi utilizado para determinar a atividade da POD. Todo procedimento de extração foi realizado sob banho de gelo.

Para determinar-se a atividade da POD, foi feita a reação a partir de 1500 μ L de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 6,0), 500 μ L de guaiacol 1,7%, 500 μ L de peróxido de hidrogênio 1,8% e 500 μ L de extrato enzimático. As leituras foram feitas em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 470 nm aos 25 °C. Os resultados foram expressos em UA POD/min/mg proteína.

Álcool desidrogenase, ADH (EC 1.1.1.1)

Para determinar-se a atividade da ADH foi seguida metodologia proposta por MITCHELL et al., (1995). A extração foi realizada a partir de 3,5 g de morango, triturados em politron de haste Ultra Turrax com 10 mL de solução tampão Tris-HCl 100 mM (pH 8,5), contendo 1,0% w/v PVP, 20 mM CaCl_2 , 0,1 mM ZnSO_4 e 0,8 mM PMSF. O material foi filtrado em 4 camadas de gaze e centrifugado a 14.000 g, durante 30 minutos, aos 4 °C. O sobrenadante foi utilizado para determinar-se a atividade da ADH. Todo o processo de extração foi realizado sob banho de gelo.

A atividade da ADH foi determinada a partir da reação de 500 μ L de tampão glicina-KOH 100 mM (pH 9,5), 100 μ L de NAD 2mM, 100 μ L de etanol 95% 40 mM, 200 μ L de água e 100 μ L de extrato enzimático. As leituras foram feitas a 340 nm aos 25 °C em espectrofotômetro. Os resultados foram expressos em μ M NADH/min/mg proteína.

✓ Teor proteico

Para determinar a concentração de proteína nos extratos enzimáticos foi utilizada soroalbumina bovina (BSA) como padrão, segundo BRADFORD (1976).

Quantificação de etanol

O etanol foi quantificado segundo metodologia proposta por EL-MIR et al. (2001). Na extração foram utilizados cerca de 2 g de morango macerados com 1 mL de água em cadinhos. O material coletado foi centrifugado a 14000 g, durante 30 minutos, aos 4 °C. O sobrenadante foi utilizado na reação para quantificar o etanol nas amostras.

A quantificação de etanol foi feita a partir da reação de 300 μ L de tampão Trizma-HCl 333,33 mM (pH 9,0), 50 μ L de NAD 25 mM, 490 μ L de água, 10 μ L de álcool desidrogenas (ADH) e 150 μ L de extrato. A enzima ADH foi dissolvida e diluída

100 vezes em tampão fosfato de sódio 100 mM (pH 7,5). A leitura foi feita em espectrofotômetro a 340 nm.

Os valores foram comparados (diferença de absorbâncias final e inicial) com a curva padrão de etanol 95%. Para a curva foi feita a mesma reação para quantificação de etanol, com exceção do extrato e de 490 µL de água. Utilizou-se 10, 20, 30, 40 e 50 µL de etanol 20 mM, combinado com 630, 620, 610, 600 e 590 µL de água respectivamente. Os resultados foram expressos em mg/100 g MF.

2.5- Avaliação visual

Os frutos foram avaliados visualmente quanto ao aparecimento de fungos, determinando-se o índice de contaminação expresso em %. As bandejas de morango foram avaliadas de 2 em 2 dias, durante 14 dias de armazenamento, sendo que cada tratamento teve 4 repetições. Em cada dia de análise, o número de frutos contaminados por tratamento foi contado em função do total de frutos contidos nas bandejas (em média 12 frutos por bandeja) (Figura 1) e foi estabelecido o índice de contaminação variando de 0-7:

- ✓ 0: 0% de frutos contaminados;
- ✓ 1: 2,5% de frutos contaminados;
- ✓ 2: 5% de frutos contaminados;
- ✓ 3: 7,5% de frutos contaminados;
- ✓ 4: 10% de frutos contaminados;
- ✓ 5: 12,5% de frutos contaminados;
- ✓ 6: 15% de frutos contaminados;
- ✓ 7: 20% de frutos contaminados.

Os frutos contaminados foram encaminhados para o Laboratório de Proteção de Plantas da Universidade Federal de Viçosa, onde foram identificados os fungos.



Figura 1: Análise visual. O círculo representa um fruto contaminado por *Rhizopus stolonifer*.

2.6- Análise estatística

Utilizou-se o esquema fatorial 6 x 8, em que o primeiro fator foi representado pelos tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6), e o segundo pelos dias de análises (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias). A unidade experimental foi constituída de uma bandeja (\pm 250 g de morangos). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 repetições. Foi realizada a análise de variância sobre os dados obtidos e aplicado o teste de média Duncan, ao nível de 10% de probabilidade, para compararem-se os efeitos de tratamentos nos diferentes intervalos de tempo após a colheita. Utilizou-se o programa estatístico SAEG (UFV, 2010).

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1- Análises físico-químicas

✓ Acidez Titulável Total (ATT)

Houve interação significativa entre os tratamentos e o tempo de armazenamento (Tabela 1). Independentemente da presença do permanganato de potássio nas embalagens, o PVC reduziu as alterações nos valores de ATT, ao longo do armazenamento. A partir do quarto dia de armazenamento, os frutos do tratamento 2 tiveram maiores valores de ATT, do que os frutos dos demais tratamentos. Esse acúmulo de ácidos nos frutos do tratamento 2 se deve à maior desidratação ao longo do período de armazenamento, visto que a ausência de PVC permitiu maior perda de água pelos frutos.

Segundo CASALI et al. (2004), a utilização de filme de PVC nas embalagens de morangos ‘Oso Grande’ controlou a perda de água durante 7 dias de armazenamento. Morangos ‘Sweet Charlie’ pré-resfriados logo após a colheita e armazenados durante uma semana, em 1 °C, tiveram perda de massa de 1,9% quando armazenados em embalagem com filme de PVC, e 9,9% de perda em embalagens sem PVC (NUNES et al., 1995).

Ao final do período de armazenamento, os frutos dos tratamentos 2 e 3 tiveram, em média, o maior e menor valor de ATT, respectivamente 1,11 e 0,57% equivalentes em ácido cítrico. Resultado diferente foi encontrado em morangos ‘Camarosa’, em que os frutos armazenados em embalagens sem filme PVC apresentaram 0,61% equivalentes em ácido cítrico, quando os morangos foram armazenados a 0 °C, durante 9 dias e, posteriormente, foram armazenados por mais 3 dias, a 8 °C (MALGARIM et al., 2006). Resultado intermediário foi encontrado em morangos ‘Oso Grande’, armazenados durante 7 dias a 2 °C, que apresentaram valor médio de ATT de 0,70% equivalentes em ácido cítrico (CASALI, 2004).

Segundo CORDENUNSI et al. (2003), os valores de ATT em morango podem variar de 0,6 a 2,3% equivalentes em ácido cítrico, sendo que os frutos com baixa acidez são mais saborosos e agradáveis. A cultivar utilizada teve baixa acidez no início do armazenamento que foi mantida ao longo do período nos frutos tratados com filme de PVC.

Tabela 1: Valores médios de acidez titulável total (% equivalente em ácido cítrico) de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias

DIAS/TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0	0,75a	0,75a	0,75a	0,75a	0,75a	0,75a
2	0,77ab	0,77ab	0,76ab	0,80a	0,74bc	0,71c
4	0,77bc	0,89a	0,78b	0,70d	0,74c	0,76bc
6	0,77bc	0,87a	0,72de	0,79b	0,75cd	0,70e
8	0,74bc	1,00a	0,71c	0,75b	0,71c	0,76b
10	0,68bc	1,01a	0,65c	0,68bc	0,67bc	0,70b
12	0,81b	1,11a	0,77c	0,65d	0,82b	0,77c
14	0,74b	1,11a	0,57d	0,77b	0,75b	0,69c

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Duncan. **T1:** bandeja+PVC (controle 1), **T2:** bandeja sem PVC (controle 2), **T3:** bandeja+PVC+1 g de KMnO₄, **T4:** bandeja+PVC+2 g de KMnO₄, **T5:** bandeja+PVC+3 g de KMnO₄ e **T6:** bandeja+PVC+4 g de KMnO₄

✓ Açúcares Solúveis totais (AST)

Houve nos valores de AST interação significativa entre os tratamentos analisados e os dias de armazenamento (Tabela 2). Em todos os tratamentos houve aumento no teor de AST nos frutos ao final do armazenamento. Entretanto, os frutos do tratamento 2 tiveram maiores valores de AST do que os frutos dos demais tratamentos. Essa maior concentração de açúcares foi em função da maior perda de água pelos frutos armazenados sem filme de PVC. Aos 14 dias de armazenamento, os frutos do tratamento 2 tiveram maior valor de AST e os frutos do tratamento 6 o menor valor, sendo, em média, respectivamente 9,23 e 5,40%.

KAFKAS et al. (2007), estudando os diferentes estádios de maturação de morangos ‘Camarosa’ encontraram resultado semelhante de AST, 5,79%, nos frutos colhidos no estádio maduro.

Os frutos armazenados com sachês 2 e 3 g de KMnO₄ (T4 e T5) não diferiram dos frutos do tratamento controle (T1) ao final do armazenamento.

Tabela 2: Valores médios de açúcares solúveis totais (%) de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias

DIAS/TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0	4,65a	4,65a	4,65a	4,65a	4,65a	4,65a
2	4,51ab	5,01a	5,05a	4,07b	4,18b	4,41b
4	4,71bc	4,96ab	5,42a	4,16c	4,29c	4,32c
6	4,71b	4,75b	4,79b	5,71a	5,10b	3,89c
8	4,30b	7,09a	4,59b	4,31b	4,39b	4,69b
10	4,88b	5,11b	4,21c	6,06a	4,71bc	5,91a
12	4,96d	7,20a	4,90d	5,36cd	6,43b	5,71c
14	7,00b	9,23a	5,94cd	6,45bc	6,41bc	5,40d

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Duncan. **T1:** bandeja+PVC (Controle 1), **T2:** bandeja sem PVC (controle 2), **T3:** bandeja+PVC+1 g de KMnO₄, **T4:** bandeja+PVC+2 g de KMnO₄, **T5:** bandeja+PVC+3 g de KMnO₄ e **T6:** bandeja+PVC+4 g de KMnO₄

✓ Açúcares redutores (AR)

Houve na variável AR interação significativa entre os tratamentos e o tempo de armazenamento (Tabela 3). Os tratamentos com PVC, independentemente da presença do permanganato de potássio nas embalagens, diminuíram os AR nos frutos ao final do armazenamento. Resultado diferente foi encontrado nos frutos do tratamento 2, que a partir do décimo segundo dia de armazenamento, acumularam AR e tiveram valores superiores aos frutos dos demais tratamentos. Esse acúmulo de açúcares redutores nos frutos do tratamento 2 foi devido à maior desidratação dos frutos armazenados sem filme de PVC, concentrando os açúcares a semelhança de ATT e AST.

Ao final do período de armazenamento, os valores médios maior e menor de AR foram 7,01 e 3,91%, respectivamente, dos frutos dos tratamentos 2 e 5. Resultado semelhante foi encontrado em morangos ‘Selva’, armazenados durante 13 dias, a 5 °C, em ar, os quais tiveram 3,8% de AR (PELAYO et al. 2003).

Tabela 3: Valores médios de açúcares redutores (%) de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias

DIAS/TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0	5,60 ^a	5,60a	5,60a	5,60a	5,60a	5,60a
2	5,02b	5,01b	5,65a	4,73b	4,60b	4,62b
4	5,47 ^a	5,81a	4,70b	4,81b	4,61b	4,42b
6	5,85 ^a	5,24b	4,78c	4,67c	3,96d	3,62d
8	3,74bc	5,26a	4,02b	3,83bc	3,99b	3,45c
10	3,80b	4,64a	3,73b	3,42b	3,62b	4,70a
12	4,28c	6,25a	4,15c	4,51bc	4,51bc	4,77b
14	4,74bc	7,01a	4,81b	4,66bc	3,91d	4,30cd

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Duncan. **T1:** bandeja+PVC (Controle 1), **T2:** bandeja sem PVC (controle 2), **T3:** bandeja+PVC+1 g de KMnO₄, **T4:** bandeja+PVC+2 g de KMnO₄, **T5:** bandeja+PVC+3 g de KMnO₄ e **T6:** bandeja+PVC+4 g de KMnO₄

3.2- Análises enzimáticas

✓ Polifenol oxidase (PPO)

Não houve interação significativa entre os tratamentos e o tempo de armazenamento para a atividade de PPO (Tabela 4). Apenas houve diferença significativa entre os dias de armazenamento. Em todos os tratamentos com PVC, independentemente da presença do permanganato de potássio nas embalagens, houve menor atividade da PPO nos frutos, provavelmente devido ao menor acesso de oxigênio no interior da embalagem, limitando a atividade da enzima.

À semelhança do AR, no décimo segundo dia, os frutos do tratamento 2 tiveram maior atividade da PPO do que os frutos dos demais tratamentos, provavelmente devido ao maior acesso de oxigênio pela falta do PVC nas embalagens.

Ao final do período de armazenamento, os tratamentos não diferiram entre si, e os morangos tiveram valor médio de 0,08 UA/min/mg proteína. Resultado semelhante foi encontrado por COSTA (2009), em morangos ‘Dover’ armazenados durante 8 dias, a 5 °C, em que todos os tratamentos utilizados apresentaram o mesmo comportamento sobre a atividade da PPO, ao longo do período de armazenamento. Segundo o autor, a PPO é uma enzima envolvida no escurecimento dos tecidos e, dessa forma, quando o fruto sofre algum tipo de dano durante a colheita ou conservação, a PPO e os compostos fenólicos entram em contato, ocorrendo à formação de melanina (composto de coloração escura).

O escurecimento enzimático de vegetais inicia-se em resposta a injúrias físicas e fisiológicas (impactos, abrasões, “chilling”, excesso de CO₂) como resultado da oxidação de compostos fenólicos (SILVA et al., 2009).

Tabela 4: Valores médios de polifenol oxidase (UA/min/mg proteína) de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias

DIAS/TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0	0,10a	0,10a	0,10a	0,10a	0,10a	0,10a
2	0,09a	0,09a	0,10a	0,04a	0,10a	0,07a
4	0,08c	0,07c	0,16a	0,15ab	0,15ab	0,09bc
6	0,10b	0,15ab	0,11ab	0,14ab	0,16ab	0,17a
8	0,10ab	0,15a	0,05b	0,05b	0,04b	0,04b
10	0,06a	0,08a	0,05a	0,04a	0,03a	0,05a
12	0,05b	0,15a	0,04b	0,03b	0,02b	0,05b
14	0,06a	0,12a	0,06a	0,08a	0,06a	0,07a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Duncan. **T1:** bandeja+PVC (Controle 1), **T2:** bandeja sem PVC (controle 2), **T3:** bandeja+PVC+1 g de KMnO₄, **T4:** bandeja+PVC+2 g de KMnO₄, **T5:** bandeja+PVC+3 g de KMnO₄ e **T6:** bandeja+PVC+4 g de KMnO₄

✓ Peroxidase (POD)

Os valores de atividade da enzima peroxidase apresentaram interação significativa entre os tratamentos e o tempo de armazenamento (Tabela 5). A presença do filme de PVC e do permanganato de potássio nas embalagens não influenciou a atividade da POD, visto que os frutos dos tratamentos utilizados tiveram comportamento semelhante ao longo do armazenamento, obtendo-se menor atividade ao final do período.

Ao final do armazenamento, os frutos do tratamento 3 tiveram maior atividade da POD, em média 0,71 UA/min/mg proteína, enquanto os tratamentos 2 e 5 foram estatisticamente iguais e os frutos tiveram, em média, menor atividade, 0,46 UA/min/mg proteína. A provável redução do etileno obtida pelos tratamentos com KMnO₄ não influenciou a atividade da POD.

Segundo TIAN et al. (2000), a peroxidase faz parte do sistema de defesa antioxidante das plantas, e está presente em todas as células. Durante o amadurecimento de morangos ‘Pajaro’, armazenados a 20 °C, a POD teve sua atividade diminuída. Entretanto, em frutos tratados com etileno, a atividade da POD foi mantida durante os três dias de armazenamento. De acordo com o autor, espécies ativas de oxigênio, induzidas por estresses pós-colheita como perda de água, podem estar envolvidas no

amadurecimento de espécies não-climatéricas.

Entretanto, de acordo com SILVA et al. (2009), assim como a PPO, a POD também está envolvida no escurecimento de tecidos, quando enzima e compostos fenólicos entram em contato, produzindo melanina, responsável pelo escurecimento.

Tabela 5: Valores médios de peroxidase (UA/min/mg proteína) de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias

DIAS/TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0	0,86a	0,86a	0,86a	0,86a	0,86a	0,86a
2	0,90b	0,70b	0,70b	0,82b	1,23a	1,32a
4	0,48d	0,75abc	0,84ab	0,65bcd	0,96a	0,58cd
6	0,76a	0,74a	0,71a	0,62a	0,67a	0,82a
8	0,83ab	0,97a	0,95a	0,70b	0,50c	0,75ab
10	0,68a	0,58a	0,68a	0,67a	0,71a	0,55a
12	1,05a	0,62c	0,90ab	0,79bc	0,71bc	0,88ab
14	0,68ab	0,45b	0,71a	0,64ab	0,46b	0,67ab

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Duncan. **T1:** bandeja+PVC (Controle 1), **T2:** bandeja sem PVC (controle 2), **T3:** bandeja+PVC+1 g de KMnO₄, **T4:** bandeja+PVC+2 g de KMnO₄, **T5:** bandeja+PVC+3 g de KMnO₄ e **T6:** bandeja+PVC+4 g de KMnO₄

✓ Álcool desidrogenase (ADH)

Houve interação significativa entre os tratamentos testados e o período de armazenamento (Tabela 6). O uso do PVC nas embalagens sem permanganato de potássio aumentou a atividade da ADH ao final do armazenamento, provavelmente devido à restrição de oxigênio no interior da embalagem, induzindo o processo fermentativo. O tratamento sem PVC não influenciou a atividade da ADH, mantendo a atividade constante nos frutos ao final do armazenamento.

Aos 14 dias de armazenamento, os frutos do tratamento 1 tiveram maior atividade da ADH, valor médio de 0,69 μ M NADH/min/mg proteína, os tratamentos 5 e 6 foram estatisticamente iguais e os frutos tiveram menor atividade, valor médio de 0,24 μ M NADH/min/mg proteína. A provável redução do etileno no interior da embalagem promovida pelo KMnO₄ diminuiu a atividade da ADH nos frutos, comparado aos frutos dos tratamentos controle sem KMnO₄ com PVC (T1) e sem PVC (T2).

FERNANDEZ-TRUJILLO et al. (1999) relataram que a atividade das enzimas piruvato descarboxilase (PDC) e ADH foi afetada pela cultivar e atmosfera utilizada. Cultivares de morango tolerantes a elevado CO₂ (20 kPa), armazenadas por 9 dias, a 2

°C, tiveram maior atividade das enzimas PDC e ADH em frutos tratados, enquanto cultivares intolerantes apresentaram menor atividade destas enzimas. O significado das diferentes respostas de cultivares de morango a elevado CO₂ em relação à atividade das enzimas PDC e ADH não está claro. Comparando-se o efeito da temperatura sobre a atividade das enzimas da fermentação alcoólica, PDC e ADH, ZHANG et al. (2005) relataram maior atividade dessas enzimas nos frutos tratados a 20 °C do que a 2 °C.

Tabela 6: Valores médios de álcool desidrogenase ($\mu\text{M NADH}/\text{min}/\text{mg}$ proteína) de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias

DIAS/TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0	0,52a	0,52a	0,52a	0,52a	0,52a	0,52a
2	0,49b	0,52b	0,70a	0,38b	0,45b	0,42b
4	0,49ab	0,56ab	0,56ab	0,64a	0,46b	0,59ab
6	0,53abc	0,45bc	0,56ab	0,46bc	0,67a	0,39c
8	0,40a	0,38a	0,39a	0,27a	0,38a	0,40a
10	0,28b	0,34b	0,30b	0,33b	0,49a	0,52a
12	0,33c	0,35c	0,81a	0,54b	0,40bc	0,42bc
14	0,69a	0,55b	0,41c	0,32cd	0,22d	0,25d

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Duncan. **T1:** bandeja+PVC (Controle 1), **T2:** bandeja sem PVC (controle 2), **T3:** bandeja+PVC+1 g de KMnO₄, **T4:** bandeja+PVC+2 g de KMnO₄, **T5:** bandeja+PVC+3 g de KMnO₄ e **T6:** bandeja+PVC+4 g de KMnO₄

✓ Quantificação de etanol

Os valores de etanol apresentaram interação significativa entre os tratamentos e o período de armazenamento (Tabela 7). De forma geral, houve acúmulo de etanol nos frutos de todos os tratamentos ao final do armazenamento. Entretanto, a falta de PVC nas embalagens levou à maior acúmulo de etanol nos frutos do tratamento 2, do que os frutos dos demais tratamentos com PVC.

Ao final do período de armazenamento, os frutos do tratamento 2 tiveram maior quantidade de etanol, valor médio de 14,73 mg/100 g MF, os tratamentos 5 e 6 foram estatisticamente iguais e os frutos tiveram menor quantidade, valor médio de 8,02 mg/100 g MF. O maior acúmulo de etanol nos frutos do tratamento 2 pode ser devido à maior atividade respiratória dos frutos armazenados sem PVC, o que levou a redução da disponibilidade de oxigênio para a oxidação aeróbica do piruvato, induzindo assim maior acúmulo de etanol. As maiores dosagens de permanganato de potássio utilizadas nos tratamentos 5 e 6, levaram a menor acúmulo de etanol nos frutos aos 14 dias de

armazenamento.

ZHANG et al., (2005) relataram o efeito da temperatura sobre o acúmulo de produtos da fermentação em morangos ‘Jewel’, tratados com 20 kPa de CO₂, armazenados a 2 e 20 °C, por 9 e 6 dias, respectivamente. A 2 °C houve acúmulo dos compostos acetaldeído, etanol e acetato de etila, enquanto a 20 °C, o etanol apresentou pequeno acúmulo.

PONCE-VALADEZ et al. (2008) encontraram resultado diferente, utilizando a mesma cultivar de morango ‘Jewel’ tratadas com 20% de CO₂ e mantidas no ar durante 12 dias, uma vez que a produção de etanol passou de 0,04 mg/100 g para 18 mg/100 g, do dia zero para o quarto dia de armazenamento, e permaneceu relativamente constante durante o resto do período de armazenamento.

Tabela 7: Valores médios de etanol (mg/100 g MF) de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias

DIAS/TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0	2,98a	2,98a	2,98a	2,98a	2,98a	2,98a
2	6,19ab	3,24c	3,97c	5,84b	3,74c	6,97a
4	7,34b	8,59a	7,56b	5,66c	6,02c	6,23c
6	5,74b	6,22b	7,21a	5,59b	5,33bc	4,50c
8	5,67c	6,66b	7,17ab	8,07a	6,98b	5,34c
10	6,35e	6,68de	8,20bc	8,57ab	7,54cd	9,37a
12	11,80b	13,65a	13,63a	11,90b	13,25a	11,84b
14	9,51c	14,73a	9,39c	11,62b	8,43d	7,61d

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Duncan. **T1:** bandeja+PVC (Controle 1), **T2:** bandeja sem PVC (controle 2), **T3:** bandeja+PVC+1 g de KMnO₄, **T4:** bandeja+PVC+2 g de KMnO₄, **T5:** bandeja+PVC+3 g de KMnO₄ e **T6:** bandeja+PVC+4 g de KMnO₄

3.3- Avaliação visual

Houve crescimento visível de fungos a partir do sexto dia de armazenamento, quando os frutos dos tratamentos 4 e 6 apresentaram índice 2, o que representa 5% de frutos contaminados (Figura 2). A partir do décimo dia de armazenamento, os frutos do tratamento controle (T1) tiveram índice de contaminação 2, o qual aumentou com o tempo de armazenamento, obtendo índice 6, ou seja 15% de morangos contaminados, no último dia de armazenamento. No décimo segundo dia de armazenamento, todos os tratamentos tinham frutos contaminados, com exceção do tratamento 3, que apenas apresentou frutos com fungo no último dia de armazenamento, e os frutos tiveram

índice 5. O tratamento 3 (bandeja+PVC+1 g de KMnO_4) foi eficaz em retardar o crescimento de fungos, uma vez que só apresentou frutos contaminados no último dia de armazenamento e, quando comparado com o tratamento controle (T1) os frutos obtiveram menor índice.

Ao final de período de armazenamento, os frutos dos tratamentos 2 e 4 tiveram o menor e o maior índice de contaminação, respectivamente 1 e 7. Resultado semelhante foi encontrado por WILL et al. (1995), em que morangos ‘Torrey’ tratados com sachês de KMnO_4 mostraram ser menos suscetíveis ao ataque de fungos, como *Botrytis cinerea*, principal causador da deterioração do morango a 20 °C, além de ter prolongado a vida de prateleira dos frutos, quando comparado com o tratamento sem KMnO_4 .

A menor contaminação dos frutos foi detectada no tratamento 2 (Figura 2), porém os frutos estavam murchos e sem brilho (Figura 3), devido a maior perda de água.

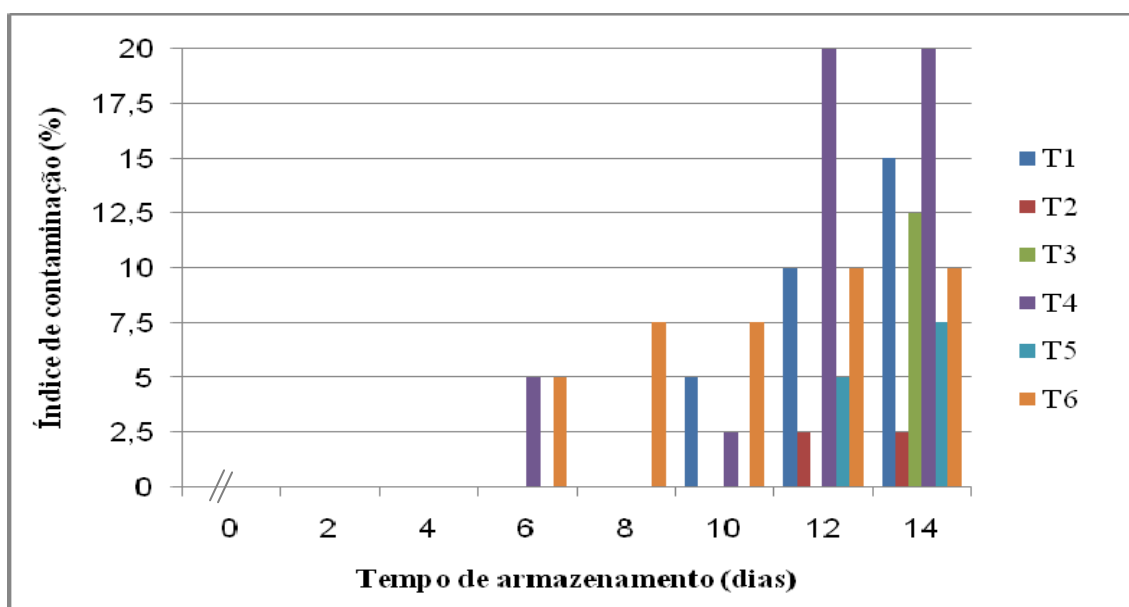


Figura 2: Índice de contaminação de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias. Índice 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 representam respectivamente 0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15 e 20% de frutos contaminados por dia de análise e tratamento. **T1:** (controle 1) bandeja+PVC, **T2:** (controle 2) bandeja sem PVC, **T3:** bandeja+PVC+1 g de KMnO_4 , **T4:** bandeja+PVC+2 g de KMnO_4 , **T5:** bandeja+PVC+3 g de KMnO_4 e **T6:** bandeja+PVC+4 g de KMnO_4

O fungo mais encontrado foi o *Botrytis cinerea*, seguido dos fungos *Geotrichum candidum*, *Rhizopus stolonifer* e *Colletotrichum* spp. Os fungos *Botrytis cinerea* e *Colletotrichum* spp são considerados fungos de campo e pós-colheita, sendo que os fungos *Geotrichum candidum* e *Rhizopus stolonifer* são fungos que se desenvolvem durante a vida pós-colheita dos frutos. Resultado semelhante foi encontrado por VIEITES et al. (2006), em morangos ‘Oso Grande’, nos quais foram detectadas, a partir do décimo dia de armazenamento a 0 °C, doenças causada, principalmente por *Botrytis cinerea*.

Segundo SCHESTIBRATOV et al. (2005), o mofo cinzento ou podridão dos frutos, causada por *Botrytis cinerea*, é uma das doenças mais destrutivas do morango, causando substancial perda de rendimento antes e após a colheita.



Figura 3: Aparência de morangos cultivar Oso Grande ao final do período de 14 dias de armazenamento a 4 °C. **T1:** (controle 1) bandeja+PVC, **T2:** (controle 2) bandeja sem PVC, **T3:** bandeja+PVC+1 g de KMnO_4 , **T4:** bandeja+PVC+2 g de KMnO_4 , **T5:** bandeja+PVC+3 g de KMnO_4 e **T6:** bandeja+PVC+4 g de KMnO_4

4- CONCLUSÕES

✓ O uso de filmes de PVC (cloreto de polivinila) é fundamental para manter as características visuais (brilho e frescor) e redução da perda de massa fresca dos frutos, ao longo do período de armazenamento. A ausência do filme de PVC nas embalagens concentrou as variáveis acidez titulável total (ATT), açúcares solúveis totais (AST) e açúcares redutores (AR) ao final do armazenamento, em função da maior perda de água. Quando presente, o PVC diminuiu a atividade da polifenoloxidase (PPO), aumentou a atividade da álcool desidrogenase (ADH) e levou à maior acúmulo de etanol nos frutos, devido à restrição de oxigênio no interior da embalagem, e não influenciou a atividade da peroxidase (POD);

✓ Os frutos armazenados com sachês de KMnO_4 , de modo geral, tiveram comportamento semelhante aos frutos do tratamento controle com filme de PVC, sendo que mantiveram os valores de ATT, aumentaram os AST e diminuíram os AR aos 14 dias de armazenamento. A atividade das enzimas PPO, POD e ADH diminuiu nos frutos tratados com KMnO_4 . Entretanto para a variável ADH, os frutos tratados com KMnO_4 diferiram dos frutos do tratamento controle com filme de PVC. Houve acúmulo de etanol nos frutos ao final do armazenamento;

✓ O tratamento com 1 g de KMnO_4 foi eficaz em retardar o crescimento visível de fungos nos frutos armazenados, apresentando frutos contaminados apenas no último dia de armazenamento;

✓ De acordo com os resultados obtidos, é possível retardar em até 12 dias a contaminação por fungos e conservar os morangos durante 12 dias, a 4 °C, em embalagens contendo sachê de 1 g de KMnO_4 cobertas com filme de PVC.

5- REFERÊNCIAS

- ANTUNES, O. T.; CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; NIENOW, A. A.; CECCHETTI, D.; RIVA, E.; MARAN, R. E. Produção de cultivares de morangueiro polinizadas pela abelha jataí em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 94-99, 2007.
- BOWER, J. H.; BIASI, W.V.; MITCHAM, E.J. Effects of ethylene and 1-MCP on the quality and storage life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, n. 3, p. 417-423, 2003.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.
- BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M.; BALEM, T. A. Efeito de filmes de PVC esticável e polietileno no acúmulo de CO₂ e na manutenção da qualidade pós-colheita de morangos cv. Tangi. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 5, n. 2, p. 89-92, 1999.
- CARON, V. C. **Conservação refrigerada de lima ácida ‘Tahiti’ em combinação com atmosfera modificada, ácido giberélico e permanganato de potássio**. 2009. 98 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Piracicaba-SP.
- CASALI, M. E. **Atraso no resfriamento e modificação da atmosfera para morangos**. 2004. 65 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 783 p. 2005.
- CORDENUNSI, B. R.; NASCIMENTO, J. R. O.; LAJOLO, F. M. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. **Food Chemistry**, v. 83, n. 2, p. 167-173, 2003.
- COSTA, F. B. **Fisiologia e conservação de cultivares de morango inteiro e minimamente processado**. 2009. 115 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- DONAZZOLO, J.; HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A.; WACLAWOVSKY, A. J. Utilização de filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) para prolongar a vida pós-colheita de morangos, cv. Oso Grande. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n.1, p.165-172, 2003.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

- EL-MIR, M.; GERASOPOULOS, D.; METZIDAKIS, I.; KANELIS, A. K. Hypoxic acclimation prevents avocado mesocarp injury caused by subsequent exposure to extreme low oxygen atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, n. 3, p. 215-226, 2001.
- FERNANDEZ-TRUJILLO, J. P.; NOCK, J. F.; WATKINS, C. B. Fermentation metabolism and organic acid concentration in fruit of selected strawberry cultivars with different tolerances to carbon dioxide. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 124, n. 6, p. 696-701, 1999.
- FERREIRA, A. P. S. **Conservação pós-colheita do jiló em embalagens ativas**. 2009. 36 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- FRANÇOSO, I. L. T.; COUTO, M. A. L.; BRAZACA, S. G.C.; ARTHUR, V. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n.3, p. 614-619, 2008.
- IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985, v. 1. 533p.
- KAFKAS, E.; KOŞAR, M.; PAYDAŞ, S.; A, KAFKAS, S.; A, BAŞER, K. H. C. Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. **Food Chemistry**, v. 100, n. 3, p. 1229-1236, 2007.
- LANA, M.; FINGER, F. L. **Atmosfera modificada e controlada: Aplicação na conservação de produtos hortícolas**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 34p.
- NEVES, L. L. M. **Envolvimento de enzimas oxidativas no escurecimento do quiabo [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench]**. 2003. 72 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- MALGARIM, M. B.; CANTILLANO, R.F.F.; COUTINHO, E.F. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. camarosa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, p. 185-189, 2006.
- MITCHELL, W.C.; JELENKOVIC, G. Characterizing NAD- and NADP-dependent alcohol dehydrogenase enzymes of strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 120, n.5, p. 798-801, 1995.
- NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, n. 1, p. 375-380, 1944.
- NUNES, M. C. N.; BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A.; MORAIS, A. M. M. B. Effects of delays to cooling and wrapping on strawberry quality (cv. Sweet Charlie). **Food Control**, v. 6, n. 6, p. 323-328, 1995.

- PELAYO, C.; EBELER, S. E.; KADER, A. A. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 °C in air or air + 20 kPa CO₂. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27, n. 2, p. 171-183, 2003.
- PONCE-VALADEZ, M.; WATKINS C. B. Fermentation and malate metabolism in response to elevated CO₂ concentrations in two strawberry cultivars. **Physiologia Plantarum**, v. 134, n. 1, p. 121-133, 2008.
- RESENDE, J. M.; BOAS, E. V. B. V.; CHITARRA, M. I. F. Uso de atmosfera modificada na conservação pós-colheita do maracujá amarelo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n.1, p. 159-168, 2001.
- RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O. **Hora certa**. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/artigos/artigo.asp?id=697>>. Acessado em: 29 mar 2011.
- SANTOS, P. E. T. **Características básicas das principais cultivares de morango plantadas no Brasil**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap02.htm>>. Acessado em: 31 mar 2011.
- SCHESTIBRATOV, K. A.; DOLGOV, S. V. Transgenic strawberry plants expressing a thaumatin II gene demonstrate enhanced resistance to *Botrytis cinerea*. **Scientia Horticulturae**, v. 106, n. 2, p. 177-189, 2005.
- SILVA, M. V.; ROSA, C. I. L. F.; VILAS BOAS, E. V. B. Conceitos e métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 83-96, 2009.
- SHIN, Y.; LIU, R. H.; NOCK, J. F.; HOLLIDAY, D.; WATKINS, C. B. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, n. 3, p. 349-357, 2007.
- SORBENTSYSTEM. **The problem:** ethylene gas. Disponível em: <<http://www.sorbentsystem.com/epaxtech.html>>. Acessado em: 29 mar 2011.
- TIAN, M. S.; PRAKASH, S.; ELGAR, H. J.; YOUNG, H.; BURMEISTER, D. M.; ROSS, G. S. Responses of strawberry fruit to 1-methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene. **Plant Growth Regulation**, v. 32, n. 1, p. 83-90, 2000.
- TREVISAN, R. **5 tipos de frutas ao dia**. Disponível em: <<http://revistavivasaude.uol.com.br/saude-nutricao/75/artigo142468-2.asp>>. Acessado em: 31 mar 2011.
- WILLS, R. B. H.; KIM, G. H. Effect of ethylene on postharvest life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, n. 3-4, p. 249-255, 1995.

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG 9.1: Sistema de análises estatística. Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernades, 2010.
- VIEITES, R. L.; EVANGELISTA, R. M.; SILVA, C. S.; MARTINS, M. L. Conservação do morango armazenado em atmosfera modificada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 2, p. 243-252, 2006.
- ZAICOVSKI, C. B.; TIBOLA, C. S.; MALGARIM, M. B.; FERRI, V. C.; PEGORARO, C.; CERO, J. D.; SILVA, P. R. Resveratrol na qualidade pós-colheita de morango “camarosa”. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 4, p. 443-446, 2006.
- ZHANG, J. J.; WATKINS, C. B. Fruit quality, fermentation products, and activities enzymes during elevated CO₂ treatment of strawberry fruit at high and low temperatures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 130, n. 1, p.124-130, 2005.
- ZHENG, Y.; WANG, S. Y.; WANG, C. Y.; ZHENG, W. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. **LWT- Food Science and Technology**, v. 40, n. 1, p. 49-57, 2007.

CAPÍTULO 2

AÇÃO DE ABSORVEDORES DE ETILENO E DE OXIGÊNIO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MORANGOS

RESUMO

O uso de filmes de PVC (cloreto de polivinila) foi essencial para manter as características visuais e redução da perda de massa fresca dos frutos ao longo do período de armazenamento. Frutos armazenados sem PVC tiveram maior desidratação, e conseqüentemente concentraram acidez titulável total (ATT), açúcares solúveis totais (AST) e açúcares redutores (AR) ao final do armazenamento. A enzima álcool desidrogenase (ADH) teve maior atividade nos frutos armazenados sem PVC. Quando presente nas embalagens, o PVC manteve os valores de ATT e AR, e reduziu os AST nos frutos ao final do armazenamento. O PVC não influenciou a atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD), a produção de etanol e manteve baixa a atividade da ADH nos frutos. Os tratamentos com sachês absorvedores de oxigênio e etileno tiveram efeito sinérgico sobre os frutos armazenados durante 14 dias. A combinação dos dois absorvedores manteve os valores de ATT, a atividade das enzimas PPO e ADH, e aumentou os AST nos frutos. Nas demais variáveis analisadas, os tratamentos com absorvedores de oxigênio e etileno e a combinação dos dois sachês não diferiram estatisticamente entre si e os frutos mantiveram os valores de AR, a atividade da POD e acumularam etanol ao final do armazenamento. A combinação dos sachês absorvedores de oxigênio e etileno foi eficaz em retardar o crescimento visível de fungos em até 12 dias de armazenamento. A melhor forma de conservação dos morangos, de acordo com os resultados, foi o armazenamento em embalagens PET (tereftalato de polietileno) contendo sachês absorvedores de oxigênio e etileno, fechadas com filme de PVC e armazenadas a 4 °C, durante 12 dias.

Palavras-chave: *Fragraria x ananassa* Duch., absorvedor de O₂, permanganato de potássio, conservação

1- INTRODUÇÃO

O morango é uma fruta altamente perecível, com alta taxa respiratória e reduzida vida pós-colheita. Em função dos altos teores de umidade, açúcares e ácidos é substrato ideal de organismos patogênicos, os quais proliferam e causam consideráveis danos durante o amadurecimento, transporte e armazenamento à temperatura ambiente (SIQUEIRA et al., 2009). Altas temperaturas promovem aumento na taxa respiratória dos frutos, levando ao consumo das substâncias de reserva e, dessa forma, aceleram a senescência (ZAICOVSKI et al., 2006). Aumento na temperatura de armazenamento de 4 para 12 °C, aumenta respectivamente a taxa respiratória de 30 para 50% de CO₂ em morangos minimamente processados, no oitavo dia de armazenamento (CAMPANIELLO et al., 2008).

Apenas o uso de baixa temperatura não é o suficiente para prolongar a vida pós-colheita desses frutos, sendo necessária a combinação com outras técnicas de conservação. O armazenamento de morangos a 5 °C foi mais eficaz na manutenção de algumas características químicas, físicas e sensoriais, do que a 15 °C, apesar de não ter sido suficiente para manter a qualidade dos frutos por mais de 4 dias de armazenamento (PINELI, 2008).

Com a finalidade de reduzir a taxa respiratória, a produção e ação do etileno, o uso de absorvedores de O₂ pode resultar no aumento da vida de prateleira de frutas e hortaliças. Segundo CRUZ et al. (2008), os absorvedores de oxigênio, comercialmente disponíveis, estão em forma de pequenos sachês, contendo agentes metálicos redutores, incluindo o óxido de ferro em pó, carbonato ferroso e platina metálica. O absorvedor de oxigênio O-Buster é constituído à base de ferro e, baseia-se na oxidação do ferro na presença de água (CRUZ et al., 2008; VENTURINI, 2003).

Segundo MEXIS et al. (2010), o absorvedor de oxigênio (Ageless[®] ZPT-50) mostrou excelente desempenho na proteção de amêndoas durante pelo menos 12 meses de armazenamento, independentemente do material da embalagem (permeabilidade ao oxigênio), bem como das condições de iluminação e temperatura de armazenamento. Resultado semelhante foi encontrado por JENSEN et al. (2003), em que a qualidade inicial de nozes não foi alterada durante 13 meses de armazenamento, independentemente da temperatura de armazenamento, quando foi utilizado um absorvedor de oxigênio.

A combinação do uso de absorvedor de oxigênio (Ageless[®] ZPT-100) e filme de barreira flexível em embalagens de flocos de batata-doce, promoveu significativa melhora na retenção de β -carotenos durante 7 meses de armazenamento. A retenção de β -carotenos é importante na qualidade nutricional e na cor de vegetais desidratados ricos em β -carotenos, tais como flocos de batata-doce (EMENHISER et al., 1999).

O uso de absorvedor de oxigênio (Ageless[®]) em embalagens de uva-passas oferece boa alternativa aos fumigantes químicos, como o brometo de metila, por controlar 100% da infestação do besouro *Tribolium castaneum*, além de manter a cor dos frutos e ter provavelmente retardado a produção de micotoxinas (TARR et al., 2005).

CHARLES et al. (2003), em estudo com tomate, relataram que o absorvedor de oxigênio (ATCO[®] LH100), demonstrou forte redução da duração do período transitório e sobre a eliminação do pico de CO₂.

Envolvidas com o escurecimento dos tecidos, as enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) podem ter a atividade reduzida com o controle de oxigênio nas embalagens de armazenamento, uma vez que a PPO é dependente de O₂ e a POD pode utilizar o O₂ para oxidarem os compostos fenólicos, resultando em compostos de coloração escura (melanina) (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Entretanto, níveis reduzidos de oxigênio no ambiente de armazenamento, podem levar ao metabolismo fermentativo, ativando-se a enzima álcool desidrogenase (ADH), responsável pela formação de etanol (TAIZ, 2004).

Apesar de ser considerado fruto não climatérico, experimentos com morangos, em que a concentração de etileno foi controlada, mostraram que a vida de prateleira dos frutos foi prolongada com os menores níveis de etileno na atmosfera de armazenamento de 0 ou 20 °C (WILLS et al., 1995). TIAN et al. (2000), relataram que o efeito do etileno sobre a respiração de morangos, depende da dose utilizada; quanto maior a dose, maior a taxa respiratória. O desenvolvimento da cor e o amolecimento do fruto foram acelerados pelo tratamento com etileno.

Utilizado como absorvedor de etileno, o sachês de permanganato de potássio é eficaz na absorção deste gás. A adição de sachês de permanganato de potássio (KMnO₄) às embalagens de morangos prolongou a vida pós-colheita e reduziu o acúmulo de etileno, em ambas as temperaturas estudadas 0 e 20 °C (WILLS et al., 1995). Em maçãs 'Royal Gala', o absorvedor de etileno à base de KMnO₄ mostrou ser viável na

manutenção da qualidade das frutas, imediatamente após a colheita, durante o transporte refrigerado, exportação e comercialização à temperatura ambiente. Sachês de KMnO_4 reduziram a concentração de etileno no interior das embalagens, promovendo maior retenção da cor verde na casca e firmeza da polpa, durante armazenamento convencional e em temperatura ambiente (AMARANTE et al., 2009).

Em mamão ‘Sunrise Golden’, o KMnO_4 foi eficiente em manter os frutos no estágio pré-climatérico, durante 25 dias de armazenamento, e não interferiu no amadurecimento normal dos frutos após serem retirados das embalagens. O aumento da dosagem de KMnO_4 resultou em menores perdas de matéria fresca dos frutos, consistência e extravasamento de eletrólitos da polpa. Embalagens sem absorvedor de etileno apresentaram maior concentração de CO_2 , do que os demais tratamentos com KMnO_4 , durante os 25 dias de armazenamento (SILVA et al., 2009a).

Em nêspersas ‘Precoce de Itaquera’, a combinação da embalagem coberta com filme de PVC e, mantida em baixa temperatura com sachês absorvedores de etileno foi eficaz em reduzir o teor de etileno, independentemente da temperatura utilizada, e a taxa respiratória das frutas armazenadas a 6 °C, prolongando a vida pós-colheita (CAMPOS et al., 2007).

FERREIRA (2009) relatou que o uso de sachês com 1,0 g de KMnO_4 e uso de absorvedor de oxigênio em embalagens de jiló cobertas com filme de PVC, armazenadas a 5 °C, promoveram menor perda de matéria fresca e melhor aparência dos frutos ao longo do período de armazenamento.

Com a finalidade de reduzir a concentração de etileno e a taxa respiratória, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de sachês absorvedores de etileno (permanganato de potássio) e de oxigênio (O-Buster) e do filme de PVC sobre a qualidade e conservação pós-colheita de morangos armazenados a 4 °C em embalagens PET (tereftalato de polietileno).

2- MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Material Vegetal

Os morangos foram obtidos e tratados conforme descrito no Capítulo 1. Foram armazenados em câmaras frias com temperatura de $4 \pm 0,5$ °C sob 90-95% UR, durante 14 dias.

Os morangos utilizados foram produzidos em canteiros com mulching preto, irrigados por gotejamento e cobertos por túnel baixo. A colheita foi realizada no período da manhã, temperatura média de 18,9 °C, nos meses de setembro e outubro de 2010.

2.2- Tratamentos

As bandejas de morango receberam sachês de permanganato de potássio e de absorvedor de O₂. Foram utilizados 5 tratamentos com 4 repetições cada, totalizando 20 unidades experimentais por dia de análise. Os tratamentos foram:

- T1: (controle 1) bandeja coberta com PVC;
- T2: (controle 2) bandeja sem PVC;
- T3: bandeja + PVC + sachê absorvedor de O₂ (O-Buster);
- T4: bandeja + PVC + sachê de KMnO₄;
- T5: bandeja + PVC + sachês de O₂ e KMnO₄;

Foi utilizada a melhor dosagem de permanganato de potássio (1 g de KMnO₄) obtida no Capítulo 1. O sachê absorvedor de oxigênio, marca O-Buster, foi comprado da empresa Didai Tecnologia localizada em São Paulo-SP, por meio da empresa fornecedora Everest International Business, Inc Nanjing china Tianhua Tech Co., LTD, localizada na China.

A unidade experimental foi constituída de uma bandeja (± 250 g de morangos, em média 10 frutos) coberta com filme de PVC. Foram tomados dois tratamentos controle, com e sem filme de PVC, para comparar o efeito da atmosfera modificada.

2.3- Análises físico-químicas

A amostragem e as análises físico-químicas foram feitas conforme citado no Capítulo 1.

As amostras foram retiradas de 2 em 2 dias durante 14 dias de armazenamento.

- **Acidez titulável Total (ATT)**
- **Açúcares solúveis totais (AST)**
- **Açúcares redutores (AR)**

2.4- Análises enzimáticas

As análises foram feitas a partir de amostras congeladas com nitrogênio líquido, conforme metodologias descritas no Capítulo 1. Foram determinadas as atividades das enzimas polifenol oxidase, peroxidase e álcool desidrogenase.

- **Polifenol oxidase, PPO (E.C. 1.10.3.1)**
- **Peroxidase, POD (E.C. 1.11.1.7)**
- **Álcool desidrogenase, ADH (E.C. 1.1.1.1)**
- **Quantificação de etanol**

2.5- Avaliação visual

Os frutos foram avaliados visualmente quanto ao aparecimento de fungos, determinando-se o índice de contaminação expresso em %. As bandejas de morango foram avaliadas de 2 em 2 dias, durante 14 dias de armazenamento, cada tratamento apresentando 4 repetições. Em cada dia de análise, o número de frutos contaminados por tratamento foi contado em função do total de frutos contidos nas bandejas (em média 10 frutos por bandeja) e foi estabelecido o índice de contaminação variando de 0-6:

- 0: 0% de frutos contaminados;
- 1: 2,5% de frutos contaminados;
- 2: 7,5% de frutos contaminados;
- 3: 12,5% de frutos contaminados;
- 4: 17,5% de frutos contaminados;
- 5: 20% de frutos contaminados;
- 6: 40% de frutos contaminados.

Os frutos contaminados foram encaminhados para o Laboratório de Proteção de Plantas da Universidade Federal de Viçosa, onde foram identificados os fungos.

2.6- Análise estatística

Foi utilizado o esquema fatorial 5 x 8, em que o primeiro fator foi representado pelos tratamentos (T1, T2, T3, T4 E T5), e o segundo pelos dias de análises (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias). A unidade experimental foi constituída de uma bandeja (\pm 250 g de morangos). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 repetições. Foi realizada a análise de variância sobre os dados obtidos e aplicado o teste de média de Duncan, ao nível de 10% de probabilidade, para compararem-se os efeitos de tratamentos nos diferentes intervalos de tempo após a colheita. Utilizou-se o programa estatístico SAEG (UFV, 2010).

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1- Análises físico-químicas

➤ Acidez Titulável Total (ATT)

Houve interação significativa entre os tratamentos e o tempo de armazenamento (Tabela 1). O uso do filme de PVC nas embalagens de armazenamento reduziu as alterações nos valores de ATT ao longo do armazenamento. Ao final do armazenamento, o tratamento 2 foi superior aos demais tratamentos, e os frutos tiveram valor médio de 0,74% equivalentes em ácido cítrico, e os frutos do tratamento 3 o menor valor, em média 0,56% equivalentes em ácido cítrico. A maior concentração de ácidos nos frutos do tratamento 2 foi devido a maior perda de água pelos frutos armazenados sem PVC.

PELAYO et al. (2003) obtiveram resultado semelhante, 0,59% equivalentes em ácido cítrico, em morangos ‘Selva’, após 13 dias de armazenamento a 5 °C, em ar + 20 kPa CO₂. GIL et al. (1997) relataram valor intermediário de ATT em morangos ‘Selva’, 0,72% equivalentes em ácido cítrico, ao final de 10 dias de armazenamento, a 5 °C.

O absorvedor de oxigênio apresentou efeito sinérgico em associação com o absorvedor de etileno, uma vez que agindo sozinho (T3), o absorvedor de oxigênio reduziu a ATT nos frutos ao final do armazenamento e, quando agiu em conjunto com o absorvedor de etileno (T5) manteve os valores de ATT nos frutos ao longo do armazenamento. Já o absorvedor de etileno (T4), independentemente do absorvedor de oxigênio, manteve os valores de ATT nos frutos ao longo do armazenamento.

Tabela 1: Valores médios de acidez titulável total (% equivalente em ácido cítrico) de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias

DIAS/TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5
0	0,66a	0,66a	0,66a	0,66a	0,66a
2	0,50b	0,62a	0,60a	0,65a	0,63a
4	0,57b	0,59b	0,57b	0,66a	0,60b
6	0,55c	0,65b	0,64b	0,74a	0,65b
8	0,66a	0,68a	0,65ab	0,63ab	0,58b
10	0,63b	0,78a	0,59b	0,65b	0,60b
12	0,59a	0,65a	0,51b	0,63a	0,60a
14	0,63b	0,74a	0,56c	0,65b	0,62b

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Duncan. **T1:** bandeja+PVC (controle 1), **T2:** bandeja sem PVC (controle 2), **T3:** bandeja+PVC+sachê absorvedor de O₂, **T4:** bandeja+PVC+sachê de KMnO₄ e **T5:** bandeja+PVC+sachês de O₂ e KMnO₄

➤ Açúcares Solúveis Totais (AST)

Os valores dos açúcares solúveis totais apresentaram interação significativa entre os tratamentos e o tempo de armazenamento (Tabela 2). Os frutos armazenados com filme de PVC tiveram redução nos valores de AST ao final do armazenamento, em comparação com os frutos sem PVC.

Aos 14 dias de armazenamento, os frutos do tratamento 2 apresentaram teor médio de AST superior aos frutos dos demais tratamentos, 7,59%, sendo que os tratamentos 1 e 4 foram estatisticamente iguais e os frutos obtiveram menor teor, em média 3,83%. De forma semelhante à ATT, a maior concentração de AST obtida nos frutos do tratamento 2 ao final do armazenamento, foi em função da maior desidratação dos frutos armazenados sem PVC. Resultado semelhante de AST, 3,96%, foi encontrado em morangos ‘Selva’ armazenados durante 13 dias a 5 °C, em ar + 20 kPa CO₂ (PELAYO et al. 2003).

O absorvedor de etileno teve sinergismo com o absorvedor de oxigênio, visto que quando aplicado isolado (T4), ele reduziu os AST nos frutos, conforme o tratamento controle com PVC (T1), mas quando aplicado simultaneamente com o absorvedor de oxigênio (T5) aumentou os AST nos frutos ao final do armazenamento. Entretanto, independentemente do absorvedor de etileno, o tratamento com absorvedor de oxigênio (T3) aumentou os AST nos frutos ao final do armazenamento.

Tabela 2: Valores médios de açúcares solúveis totais (%) de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias

DIAS/TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5
0	4,55 ^a	4,55a	4,55a	4,55a	4,55a
2	3,26c	4,91a	4,38ab	3,89bc	4,41ab
4	4,19b	4,45ab	4,89ab	4,86ab	5,18a
6	4,07b	4,89ab	4,89ab	3,17c	5,12a
8	4,40b	4,26b	4,06b	5,77a	4,89b
10	3,98b	5,26a	3,70b	3,84b	4,11b
12	3,47b	4,23ab	4,79a	4,44a	4,47a
14	3,82c	7,59a	5,19b	3,85c	5,26b

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Duncan. **T1:** bandeja+PVC (controle 1), **T2:** bandeja sem PVC (controle 2), **T3:** bandeja+PVC+sachê absorvedor de O₂, **T4:** bandeja+PVC+sachê de KMnO₄ e **T5:** bandeja+PVC+sachês de O₂ e KMnO₄

➤ Açúcares redutores (AR)

Os valores dos açúcares redutores apresentaram interação significativa entre os tratamentos comparados e os dias de armazenamento (Tabela 3). Independentemente do uso dos sachês absorvedores de etileno e de oxigênio nas embalagens de armazenamento, o filme de PVC reduziu as alterações nos valores de AR ao longo do armazenamento.

Ao final do armazenamento, os frutos do tratamento 2 concentraram AR, acumulando, valor médio de 4,68%, sendo superior aos frutos dos demais tratamentos, os quais acumularam 3,52% de AR. A maior concentração de AR nos frutos do tratamento 2 foi devida à maior desidratação dos frutos armazenados sem PVC, à semelhança das variáveis ATT e AST.

Resultado semelhante foi encontrado por KAFKAS et al. (2007), em morangos ‘Camarosa’ colhidos no estágio maduro, os quais apresentaram 3,51% de AR.

Tabela 3: Valores médios de açúcares redutores (%) de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias

DIAS/TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5
0	3,56 ^a	3,56a	3,56a	3,56a	3,56a
2	3,41b	2,27c	4,21a	3,34b	4,52a
4	4,21bc	5,15a	4,76ab	3,73c	4,50b
6	4,04 ^a	3,93a	4,20a	4,31a	3,81a
8	4,63 ^a	3,97b	3,57b	4,84a	4,69a
10	4,06bc	5,11a	3,87c	4,54b	3,95bc
12	4,16bc	4,75ab	4,93a	4,60ab	3,86c
14	3,63b	4,68a	3,70b	3,29b	3,47b

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Duncan. **T1:** bandeja+PVC (controle 1), **T2:** bandeja sem PVC (controle 2), **T3:** bandeja+PVC+sachê absorvedor de O₂, **T4:** bandeja+PVC+sachê de KMnO₄ e **T5:** bandeja+PVC+sachês de O₂ e KMnO₄

3.2- Análises Enzimáticas

➤ Polifenol oxidase (PPO)

Houve interação significativa entre os tratamentos e o tempo de armazenamento (Tabela 4). A presença do filme de PVC, do absorvedor de oxigênio e dos sachês absorvedores de etileno e de oxigênio, agindo em conjunto nas embalagens, não influenciaram a atividade da PPO ao longo do armazenamento. Da mesma forma, o nível de oxigênio nas embalagens não influenciou a atividade da PPO, visto que, ao

final do armazenamento, os tratamentos 2 (sem PVC) e 3 (com absorvedor de oxigênio) foram estatisticamente iguais. De modo diferente, o tratamento com absorvedor de etileno (T4) influenciou a atividade da PPO, diminuindo sua atividade ao final do armazenamento.

Ao final do armazenamento, os tratamentos 2 e 3 foram estatisticamente iguais e superiores aos demais tratamentos, e os frutos obtiveram valor médio de 0,13 UA/min/mg proteína, nos frutos do tratamento 4 houve a menor atividade, 0,04 UA/min/mg proteína. Resultado diferente foi encontrado por COSTA (2009), em que morangos ‘Dover’ envolvidos com filme de PVC e armazenados durante 8 dias, a 5 °C, apresentaram menor atividade da PPO do que os frutos dos demais tratamentos, apresentando ao final do período de armazenamento valor de 4,70 UE min/mg proteína.

Segundo SILVA et al. (2009b), a PPO está relacionada com o escurecimento dos tecidos, quando enzima e compostos fenólicos entram em contato, produzindo um composto de coloração escura (melanina).

Tabela 4: Valores médios de polifenol oxidase (UA/min/mg proteína) de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias

DIAS/TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5
0	0,13a	0,13a	0,13a	0,13a	0,13a
2	0,08c	0,17b	0,22a	0,15b	0,16b
4	0,14ab	0,13ab	0,09c	0,16a	0,12bc
6	0,13c	0,22a	0,13c	0,17b	0,15bc
8	0,11bc	0,16a	0,09c	0,09c	0,14ab
10	0,07c	0,10bc	0,08c	0,14a	0,12ab
12	0,10cd	0,18a	0,13bc	0,09d	0,16ab
14	0,10b	0,15a	0,14a	0,04c	0,10b

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Duncan. **T1:** bandeja+PVC (controle 1), **T2:** bandeja sem PVC (controle 2), **T3:** bandeja+PVC+sachê absorvedor de O₂, **T4:** bandeja+PVC+sachê de KMnO₄ e **T5:** bandeja+PVC+sachês de O₂ e KMnO₄

➤ Peroxidase (POD)

Os valores da variável POD apresentaram interação significativa entre os tratamentos e os dias de armazenamento (Tabela 5). De modo geral, os frutos dos tratamentos apresentaram comportamento semelhante ao longo do armazenamento, reduzindo a atividade da POD ao final de armazenamento. O uso do PVC não influenciou a atividade da POD; entretanto, frutos das embalagens com PVC e

absorvedor de oxigênio tiveram menor atividade da POD ao final do armazenamento, provavelmente devido a falta de oxigênio promovida pelo absorvedor no interior da embalagem.

Ao final do armazenamento, os frutos do tratamento 1 tiveram maior atividade, valor médio de 1,08 UA/min/mg proteína, e os frutos do tratamento 3 a menor atividade, 0,48 UA/min/mg proteína.

Resultado diferente foi encontrado por COSTA (2009), em que morangos ‘Dover’ envolvidos com filme de PVC e armazenados durante 8 dias, a 5 °C, tiveram menor atividade da POD do que os frutos dos demais tratamentos, apresentando valor de 1,90 UA/min/mg proteína, ao final do período de armazenamento.

Tabela 5: Valores médios de peroxidase (UA/min/mg proteína) de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias

DIAS/TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5
0	1,44a	1,44a	1,44a	1,44a	1,44a
2	1,09b	1,09b	1,58a	1,39ab	1,41ab
4	1,01b	0,88b	0,95b	1,42a	1,43a
6	1,68a	0,97c	1,58ab	1,17c	1,29bc
8	1,45a	1,63a	1,36a	1,56a	1,05b
10	1,06ab	1,07ab	1,32a	0,86b	1,37a
12	1,08b	1,59a	1,72a	1,12b	0,71c
14	1,08a	0,99ab	0,48c	0,78abc	0,74bc

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Duncan. **T1:** bandeja+PVC (controle 1), **T2:** bandeja sem PVC (controle 2), **T3:** bandeja+PVC+sachê absorvedor de O₂, **T4:** bandeja+PVC+sachê de KMnO₄ e **T5:** bandeja+PVC+sachês de O₂ e KMnO₄

➤ Álcool desidrogenase (ADH)

Houve interação significativa entre os tratamentos e os dias de armazenamento (Tabela 6). O uso de PVC nas embalagens de armazenamento reduziu as alterações na atividade da ADH ao longo do armazenamento, e a presença do absorvedor de oxigênio reduziu a atividade da ADH nos frutos ao final do armazenamento.

No último dia de armazenamento, os frutos do tratamento 2 tiveram maior atividade da ADH, valor médio de 0,47 µM NADH/min/mg proteína, e os frutos do tratamento 3 a menor atividade, 0,24 µM NADH/min/mg proteína. A maior atividade da ADH nos frutos do tratamento 2, provavelmente, foi devida à maior respiração dos frutos armazenados sem PVC, levando a restrição de oxigênio nas embalagens.

Segundo KE et al. (1993), a indução da fermentação alcoólica em morangos deve-se ao aumento na síntese das enzimas piruvato descarboxilase (PDC) e álcool desidrogenase (ADH), ativadas pelo decréscimo do pH citoplasmático e/ou aumento da concentração dos substratos piruvato, acetaldeído e NADH.

De acordo com KENNEDY et al. (1992), havendo condições de anaerobiose, o piruvato é inicialmente convertido a lactato, pela lactato desidrogenase (LDH), mas com o decréscimo do pH citoplasmático a atividade da LDH é inibida, e a atividade das enzimas PDC e ADH é estimulada, produzindo respectivamente, acetaldeído e etanol. Concentrações baixa de O₂ (0.25%) e/ou alta de CO₂ (50%) diminuem o pH citoplasmático, e conseqüentemente aumentam a atividade da PDC e ADH e, como resultado, há acúmulo de acetaldeído e etanol.

Tabela 6: Valores médios de álcool desidrogenase ($\mu\text{M NADH}/\text{min}/\text{mg}$ proteína) de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias

DIAS/TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5
0	0,38a	0,38a	0,38a	0,38a	0,38a
2	0,30b	0,38ab	0,34ab	0,34ab	0,41b
4	0,38ab	0,41a	0,38ab	0,29bc	0,24c
6	0,30c	0,73a	0,42b	0,42b	0,41b
8	0,26c	0,33c	0,50b	0,64a	0,63a
10	0,52a	0,46a	0,48a	0,48a	0,45a
12	0,64a	0,65a	0,49b	0,48b	0,47b
14	0,36b	0,47a	0,24c	0,38ab	0,31bc

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Duncan. **T1:** bandeja+PVC (controle 1), **T2:** bandeja sem PVC (controle 2), **T3:** bandeja+PVC+sachê absorvedor de O₂, **T4:** bandeja+PVC+sachê de KMnO₄ e **T5:** bandeja+PVC+sachês de O₂ e KMnO₄

➤ Quantificação de etanol

Os valores de etanol tiveram interação significativa entre os tratamentos analisados e os dias de armazenamento (Tabela 7). De modo geral, os tratamentos comparados tiveram comportamento semelhante e os frutos acumularam etanol ao final do armazenamento. A presença de PVC não influenciou a produção de etanol. Houve maior acúmulo de etanol nos frutos do tratamento com absorvedor de oxigênio (T3), apesar da menor atividade da ADH.

Ao final do armazenamento, os frutos do tratamento 3 obtiveram maior acúmulo de etanol, valor médio de 9,32 mg/100 g MF, e os frutos do tratamento 2 menor

acúmulo, 7,15 mg/100 g MF. Resultado semelhante, em relação ao acúmulo de etanol, foi encontrado por DONAZZOLO et al. (2003), em que a baixa pressão parcial de O₂ e alta de CO₂ desenvolveram sabor alcoólico nos morangos ‘Oso Grande’, armazenados a 20 °C, tornando-os impróprios a comercialização.

KE et al. (1993), também relataram em morangos ‘Selva’ expostos a 0,25% de O₂ ou 50% de CO₂, armazenados durante 9 dias, a 5 °C, maior acúmulo de acetaldeído, etanol e acetato de etila, os quais são associados com redução no sabor.

Tabela 7: Valores médios de etanol (mg/100 g MF) de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias

DIAS/TRATAMENTOS	T1	T2	T3	T4	T5
0	6,92a*	6,92a	6,92a	6,92a	6,92a
2	8,09a	7,92ab	5,95d	6,42cd	7,00bc
4	7,83b	7,76b	6,62c	9,32a	5,61d
6	5,01c	8,37a	6,09a	8,35a	5,63bc
8	6,99a	5,09b	5,94ab	6,43a	6,00ab
10	6,74b	8,63a	4,41c	6,65b	6,66b
12	7,40b	6,27c	7,15bc	7,51b	9,04a
14	7,42bc	7,15c	9,32a	7,83bc	8,43ab

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas, não diferem entre si, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste Duncan. **T1:** bandeja+PVC (controle 1), **T2:** bandeja sem PVC (controle 2), **T3:** bandeja+PVC+sachê absorvedor de O₂, **T4:** bandeja+PVC+sachê de KMnO₄ e **T5:** bandeja+PVC+sachês de O₂ e KMnO₄

3.3- Avaliação visual

No quarto dia de armazenamento, houve crescimento visível de fungos nos frutos dos tratamentos 3 e 4, nos quais os índices foram 1 e 2, respectivamente, o que indica 2,5 e 7,5 % de frutos contaminados (Figura 1). Após o quarto dia, apenas foi visualizado crescimento de fungos no último dia de armazenamento, sendo que os frutos do tratamento 1 tinha maior índice de contaminação, índice 6, representando 40% de frutos contaminados, seguido dos frutos dos tratamento 3, 5 e 4, os quais apresentaram índices 5, 4 e 3, respectivamente.

Apesar de o tratamento 5 (bandeja+PVC+sachês de O₂ e KMnO₄) ter causado índice de contaminação maior do que o tratamento 4, no último dia de armazenamento, o tratamento 5 foi mais eficaz em retardar o crescimento dos fungos, pois os frutos contaminados surgiram no décimo quarto dia de armazenamento, e quando comparado com o tratamento controle (T1) foi capaz de reduzir mais que 50% da contaminação dos

frutos. Os frutos do tratamento 2 obtiveram índice 0 ao longo do período de armazenamento, mas os frutos armazenados sem filme de PVC perderam muita água com o passar do tempo. Dessa forma, ao final do período de armazenamento, encontravam-se murchos e sem brilho (Figura 2).

Resultado semelhante foi encontrado em morangos ‘Torrey’ tratados com KMnO_4 , em que o tratamento com KMnO_4 foi eficaz em reduzir a concentração de etileno nos frutos armazenados a 0 e 20 °C, aumentar a vida pós-colheita e reduzir o ataque de fungos, principalmente *Botrytis cinerea* (WILL et al., 1995).

Resultado diferente foi relatado por BOWER et al. (2003), em morangos tratados com inibidor da ação do etileno, o 1-MCP, o qual reduziu a concentração de etileno, mas acelerou o desenvolvimento de podridão nos frutos armazenados a 0 e 5 °C, e ainda aumentou a produção de CO_2 . De acordo com o autor, o etileno não afetou a taxa de desenvolvimento da podridão.

Resultado semelhante foi encontrado por MALGARIM et al. (1996), em morangos ‘Camarosa’, em que os frutos armazenados em bandejas cobertas com filme de PVC apresentaram maior % de podridão do que os frutos dos demais tratamentos ao final do período de armazenamento.

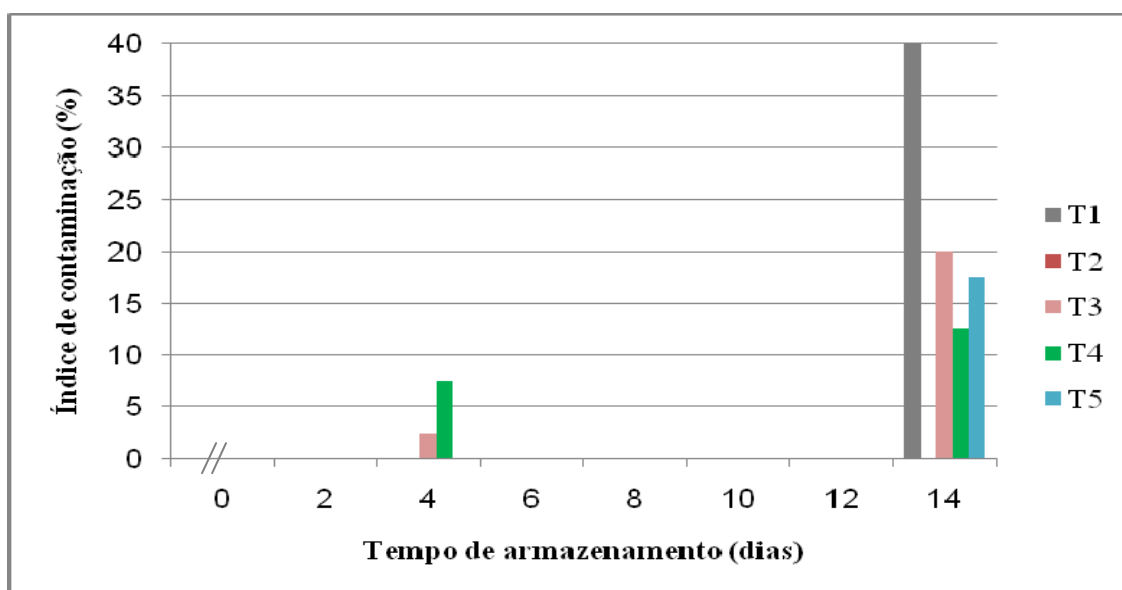


Figura 1: Índice de contaminação de morangos cultivar Oso Grande, armazenados a 4 °C durante 14 dias. Índice 0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6 representam respectivamente 0; 2,5; 7,5; 12,5; 17,5; 20 e 40% de frutos contaminados por dia de análise e tratamento. **T1:** (controle 1) bandeja+PVC, **T2:** (controle 2) bandeja sem PVC, **T3:** bandeja+PVC+sachê absorvedor de O₂, **T4:** bandeja+PVC+sachê de KMnO₄ e **T5:** bandeja+PVC+sachês de O₂ e KMnO₄

O fungo mais encontrado foi o *Botrytis cinerea*, seguido dos fungos *Geotrichum candidum*, *Rhizopus stolonifer* e *Colletotrichum* spp. Os fungos *Botrytis cinerea* e *Colletotrichum* spp são considerados fungos de campo e pós-colheita, sendo que os fungos *Geotrichum candidum* e *Rhizopus stolonifer* são fungos que se desenvolvem na vida pós-colheita dos frutos.



Figura 2: Aparência de morangos cultivar Oso Grande ao final do período de 14 dias de armazenamento a 4 °C. **T1:** (controle 1) bandeja+PVC, **T2:** (controle 2) bandeja sem PVC, **T3:** bandeja+PVC+sachê absorvedor de O₂, **T4:** bandeja+PVC+sachê de KMnO₄ e **T5:** bandeja+PVC+sachês de O₂ e KMnO₄

4- CONCLUSÕES

➤ É fundamental o uso de filmes de PVC (cloreto de polivinila) para manter as características visuais (brilho e frescor) e redução da perda de massa fresca dos morangos ao longo do período de armazenamento. Os frutos armazenados sem PVC exibiram maior desidratação, e conseqüentemente, concentraram acidez titulável total (ATT), açúcares solúveis totais (AST) e açúcares redutores (AR) ao final do armazenamento. A enzima álcool desidrogenase (ADH) teve maior atividade nos frutos sem PVC, em função, provavelmente, da maior respiração dos frutos. Quando presente nas embalagens, o PVC manteve os valores de ATT e AR, e reduziu os AST nos frutos ao final do armazenamento. O PVC não influenciou a atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) e a produção de etanol, e manteve a atividade da ADH nos frutos.

➤ Os tratamentos com sachês absorvedores de oxigênio e de etileno tiveram efeito sinérgico sobre os frutos armazenados durante 14 dias. A combinação dos dois absorvedores manteve os valores de ATT, a atividade das enzimas PPO e ADH, e aumentou os AST nos frutos. Quanto às demais variáveis analisadas, os tratamentos com absorvedores de oxigênio (T3) e etileno (T4) e a combinação dos dois (T5) não diferiram entre si e mantiveram os valores de AR e a atividade da POD, e acumulou etanol nos frutos ao final do armazenamento;

➤ A combinação dos sachês absorvedores de oxigênio e etileno (T5) foi eficaz em retardar o crescimento visível de fungos em até 12 dias de armazenamento;

➤ A melhor forma de conservação dos morangos, de acordo com os resultados, foi o armazenamento em embalagens PET (tereftalato de polietileno) contendo sachês absorvedores de oxigênio e etileno, fechadas com filme de PVC e armazenadas a 4 °C, durante 12 dias.

5- REFERÊNCIAS

- AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A. Sachês absorvedores de etileno na pós-colheita de maçãs 'Royal Gala'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 71-77, 2009.
- BOWER, J. H.; BIASI, W.V.; MITCHAM, E.J. Effects of ethylene and 1-MCP on the quality and storage life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, n. 3, p. 417-423, 2003.
- CAMPANIELLO, D.; BEVILACQUA, A.; SINIGAGLIA, M.; CORBO, M. R. Chitosan: Antimicrobial activity and potential applications for preserving minimally processed strawberries. **Food Microbiology**, v. 25, n. 8, p. 992-1000, 2008.
- CAMPOS, J. T.; HASEGAWA, P. N.; PURGATTO, E.; LAJOLO, F.; CORDENUNSI, B. R. Qualidade pós-colheita de nêspas submetidas ao armazenamento sob baixa temperatura e atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 401-407, 2007.
- CHARLES, F.; SANCHEZ, J.; GONTARD, N. Active modified atmosphere packaging of fresh fruits and vegetables: modeling with tomatoes and oxygen absorber. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 5, p. 1736-1742, 2003.
- COSTA, F. B. **Fisiologia e conservação de cultivares de morango inteiro e minimamente processado**. 2009. 115 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- CRUZ, R. S.; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M. Avaliação do volume de oxigênio absorvido por sachê absorvedor de oxigênio em diferentes temperaturas e umidades relativas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1538-1542, 2008.
- DONAZZOLO, J.; HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A.; WACLAWOVSKY, A. J. Utilização de filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) para prolongar a vida pós-colheita de morangos, cv. Oso Grande. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n.1, p.165-172, 2003.
- EMENHISER, C.; WATKINS, R. H.; SIMUNOVIC, N.; SOLOMONS, N.; BULUX, J.; BARROWS, J.; SCHWARTZ, S. J. Packaging preservation of p-carotene in sweet potato flakes using flexible film and an oxygen absorber. **Journal of Food Quality**, v. 22, n. 1, p. 63-73, 1999.
- FERREIRA, A. P. S. **Conservação pós-colheita do jiló em embalagens ativas**. 2009. 36 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

- GIL, M. I.; HOLCROFT, D. M.; KADER, A. A. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 5, p. 1662-1667, 1997.
- JENSEN, P. N.; SORENSEN, G.; BROCKHOFF, P.; BERTELSEN, G. Investigation of packaging systems for shelled walnuts based on oxygen absorbers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 17, p. 4941-4947, 2003.
- KAFKAS, E.; KOŞAR, M.; PAYDAŞ, S.; A, KAFKAS, S.; A, BAŞER, K. H. C. Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. **Food Chemistry**, v. 100, n. 3, p. 1229-1236, 2007.
- KE, D.; EL-SHEIKN, T.; MATEOS, M.; KADER, A. A. Anaerobic metabolism of strawberries under elevated CO₂ and reduced O₂ atmospheres. **Acta Horticulturae**, v. 343, n. 92, p. 93-99, 1993.
- KENNEDY, R. A.; RUMPHO, M. E.; FOX, T. C. Anaerobic metabolism in plants. **Plant Physiology**, v. 100, n. 1, p. 1-6, 1992.
- MALGARIM, M. B.; CANTILLANO, R.F.F.; COUTINHO, E.F. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. camarosa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, p. 185-189, 2006.
- MEXIS, S. F.; KONTOMINAS, M. G. Effect of oxygen absorber, nitrogen flushing, packaging material oxygen transmission rate and storage conditions on quality retention of raw whole unpeeled almond kernels (*Prunus dulcis*). **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, n. 1, p. 1-11, 2010.
- PELAYO, C.; EBELER, S. E.; KADER, A. A. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 °C in air or air + 20 kPa CO₂. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27, n. 2, p. 171-183, 2003.
- PINELI, L. L. O.; ROCHA, T. O.; MORETTI, C. L.; CAMPOS, A. B. ; BRASILEIRO, A. V.; GLEICY, G.; SANTANA, M. A.; SANTOS, M. S.; CAMPOS, N. A. Caracterização física, química e sensorial de morangos ‘Oso grande’ e ‘Camino Real’ armazenados a 5 e a 15 °C. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 5497-5501, 2008.
- SILVA, D. F. P.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; ROCHA, A. Potassium permanganate effects in postharvest conservation of the papaya cultivar Sunrise Golden. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.7, p. 669-675, 2009a.
- SILVA, M. V.; ROSA, C. I. L. F.; VILAS BOAS, E. V. B. Conceitos e métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 83-96, 2009b.

- SIQUEIRA, H. H.; BOAS, B. M. V.; SILVA, J. D.; NUNES, E. E.; LIMA, L. C. O.; SANTANA, M. T. A. Armazenamento de morango sob atmosfera modificada e refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, edição especial, p. 1712-1715, 2009.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. SANTARÉM, E. R. *et al.* 3ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 719 p. 2004.
- TARR, C. R.; CLINGELEFFER, P. R. Use of an oxygen absorber for disinfestation of consumer packages of dried vine fruit and its effect on fruit colour. **Journal of Stored Products Research**, v. 41, n. 1, p. 77-89, 2005.
- TIAN, M. S.; PRAKASH, S.; ELGAR, H. J.; YOUNG, H.; BURMEISTER, D. M.; ROSS, G. S. Responses of strawberry fruit to 1-methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene. **Plant Growth Regulation**, v. 32, n. 1, p. 83-90, 2000.
- WILLS, R. B. H.; KIM, G. H. Effect of ethylene on postharvest life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, n. 3-4, p. 249-255, 1995.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG 9.1: Sistema de análises estatística. Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernades, 2010.
- VENTURINI, A. C. **Embalagens de transporte (Masterpack) com atmosfera modificada e absorvedores de oxigênio para o aumento da vida útil de carne bovina**. 2003, 103 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP.
- ZAICOVSKI, C. B.; TIBOLA, C. S.; MALGARIM, M. B.; FERRI, V. C.; PEGORARO, C.; CERO, J. D.; SILVA, P. R. Resveratrol na qualidade pós-colheita de morangos “camarosa”. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 4, p. 443-446, 2006.

CONCLUSÕES GERAIS

- ❖ É fundamental o uso de filmes de PVC (cloreto de polivinila) para manter as características visuais (brilho e frescor) e redução da perda de massa fresca dos morangos ao longo do período de armazenamento;
- ❖ O uso de sachês de 1 g de KMnO_4 , como absorvedores de etileno, foi eficaz em retardar o crescimento visível de fungos durante 12 dias de armazenamento a 4 °C;
- ❖ A combinação de sachês absorvedores de oxigênio e de etileno teve efeito sinérgico, mantendo constante o valor da maior parte das variáveis estudadas e foi eficaz em retardar o crescimento visível de fungos em até 12 dias de armazenamento a 4 °C;
- ❖ O fator limitante na conservação dos morangos armazenados com PVC foi o fungo *Botrytis*, enquanto nos frutos armazenados sem PVC foi a murcha.

ANEXOS

TABELAS ANÁLISE DE VARIÂNCIA

1° CAPÍTULO

Tabela 1: Resumo da análise de variância das variáveis: etanol (ET), açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), acidez titulável total (ATT), álcool desidrogenase (ADH), peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO).

FV	GL	Quadrados médios						
		ET	AST	AR	ATT	ADH	POD	PPO
Blocos	3	0,8768 ^{ns}	0,6017 ^{ns}	0,5149 ^{ns}	0,0050**	0,0449 ^{ns}	0,1170 ^{ns}	0,0040 ^{ns}
Tratamentos	5	6,1802**	5,7410**	6,6759**	0,2262**	0,0414 ^{ns}	0,0479 ^{ns}	0,0052 ^{ns}
Dias	7	221,3648**	13,5293**	6,5288**	0,0165**	0,1185**	0,3088**	0,0210**
Trat.xDias	35	7,2950**	2,0598**	1,0936**	0,0223**	0,0549**	0,0955**	0,0037 ^{ns}
Resíduo	141	0,6779 ^{ns}	0,2351 ^{ns}	0,1431 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	0,0137 ^{ns}	0,0317 ^{ns}	0,0028 ^{ns}
CV(%)		11,36	9,41	7,99	3,53	25,39	23,43	60,15

**F significativo ao nível de 1% de probabilidade

^{ns}F não significativo

2° CAPÍTULO

Tabela 2: Resumo da análise de variância das variáveis: etanol (ET), açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), acidez titulável total (ATT), álcool desidrogenase (ADH), peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO).

FV	GL	Quadrados médios						
		ET	AST	AR	ATT	ADH	POD	PPO
Blocos	3	0,1437 ^{ns}	17,2728**	8,7452**	0,0704**	0,0045 ^{ns}	0,3341**	0,0004 ^{ns}
Tratamentos	4	3,6638**	5,2414**	0,2011 ^{ns}	0,0383**	0,0336**	0,0681 ^{ns}	0,0098**
Dias	7	7,2541**	2,1455**	3,0556**	0,0150**	0,1143**	0,8242**	0,0088**
Trat.xDias	28	5,0577**	1,9103**	1,2001**	0,0081**	0,0403**	0,2899**	0,0041**
Resíduo	117	0,6736 ^{ns}	0,4433 ^{ns}	0,2329 ^{ns}	0,0030 ^{ns}	0,0062 ^{ns}	0,0696 ^{ns}	0,0008 ^{ns}
CV(%)		11,65	14,73	11,88	8,81	18,73	21,46	22,97

**F significativo ao nível de 1% de probabilidade

^{ns}F não significativo