

ALINE ROCHA

USO DE PERMANGANATO DE POTÁSSIO NA CONSERVAÇÃO
PÓS-COLHEITA DE BANANA ‘PRATA’

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL

2005

ALINE ROCHA

USO DE PERMANGANATO DE POTÁSSIO NA CONSERVAÇÃO
PÓS-COLHEITA DE BANANA 'PRATA'

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 18 de fevereiro de 2005.

Prof. Claudio Horst Bruckner
(Conselheiro)

Prof. Paulo Roberto Cecon
(Conselheiro)

Prof. Dalmo Lopes de Siqueira

Prof. Ebenézer de Oliveira Silva

Prof. Luiz Carlos Chamhum Salomão
(Orientador)

Aos meus pais João e Ana, que foram fundamentais nesta conquista.

Às minhas irmãs Mônica, Cassiana, Patrícia e demais familiares.

Aos meus amigos, que fazem parte desta história.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais João e Ana, pela compreensão e força e pelo suporte e apoio para que eu chegasse até aqui; às minhas irmãs Cassiana e Patrícia, por, mesmo de longe, terem me apoiado e contribuído para esta conquista; à Mônica, pela ajuda, paciência e pelo companheirismo durante a realização deste trabalho; e aos meus demais familiares, por terem acreditado nesta conquista e pelo apoio ao longo desse tempo.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de concluir a graduação e o mestrado, em especial aos professores dessa Instituição, pelos ensinamentos ao longo desses sete anos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudo.

Ao Professor Luiz Carlos Chamhum Salomão, pela orientação, disponibilidade, confiança e pelos ensinamentos.

Aos Professores Conselheiros Paulo Roberto Cecon, pelos aconselhamentos, ensinamentos e pelas ajudas na estatística deste trabalho; e Claudio Horst Bruckner, pelos aconselhamentos, ensinamentos e pelas sugestões.

Aos Professores Dalmo Lopes de Siqueira e Ebenézer de Oliveira Silva, pela disposição em participar da Banca Examinadora e pelas sugestões.

Ao Professor Carlos Frankl Sperber, pela orientação na iniciação científica, pelos ensinamentos, pelo apoio e pela amizade.

A Stella, Danieele e Robson, pela ajuda nos experimentos; e ao Américo, pela disposição e ajuda em fotografar os experimentos.

A Elaine e Silvana, pela compreensão, pelo companheirismo e pela força ao longo desse período de convivência.

Aos meus colegas e amigos do Curso de Agronomia e do Mestrado, pela força, pelo encorajamento e pelos momentos de distração que fizeram os meus dias mais fáceis.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, fizeram parte deste trabalho.

BIOGRAFIA

ALINE ROCHA, filha de João da Rocha Filho e Ana Rita Julina da Rocha, nasceu em Uibaí, Bahia, em 26 de maio de 1979.

Em março de 2003, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG.

Nesse mesmo mês e ano, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Fitotecnia da UFV, submetendo-se à defesa de tese em 18 de fevereiro de 2005.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1	7
EFEITO DO PERMANGANATO DE POTÁSSIO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE BANANA ‘PRATA’ ARMAZENADA À TEMPERATURA AMBIENTE	7
RESUMO	7
1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1. Análises	13
2.1.1. Índice de cor da casca	13
2.1.2. Perda de matéria fresca	13
2.1.3. Produção de CO ₂	14
2.1.4. Produção de etileno	14
2.1.5. Concentração de CO ₂ e de etileno nas embalagens	15
2.1.6. Consistência	15
2.1.7. Extravasamento de solutos	15
2.1.8. Teor de sólidos solúveis totais (SST)	16
2.1.9. Acidez titulável	16

	Página
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1. Índice de cor da casca	17
3.2. Perda de matéria fresca	20
3.3. Produção de CO ₂	22
3.4. Produção de etileno	23
3.5. Concentração de CO ₂ e etileno no interior das embalagens.....	25
3.6. Consistência	28
3.7. Extravasamento de solutos.....	31
3.8. Teor de sólidos solúveis totais	33
3.9. Acidez titulável	35
4. CONCLUSÕES	38
CAPÍTULO 2	39
EFEITO DO PERMANGANATO DE POTÁSSIO NA CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO PÓS-COLHEITA DE BANANA ‘PRATA’ ARMAZENADA SOB REFRIGERAÇÃO.....	39
RESUMO	39
1. INTRODUÇÃO	41
2. MATERIAL E MÉTODOS	43
2.1. Análises	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
3.1. Índice de cor da casca	46
3.2. Perda de matéria fresca	49
3.3. Produção de CO ₂	51
3.4. Concentração de CO ₂ no interior das embalagens	53
3.5. Consistência	55
3.6. Extravasamento de solutos.....	57
3.7. Teor de sólidos solúveis totais	59
3.8. Acidez titulável	61
4. CONCLUSÕES	64
CONCLUSÕES GERAIS	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
APÊNDICES.....	72
APÊNDICE A	73

RESUMO

ROCHA, Aline, M. S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2005. **Uso de permanganato de potássio na conservação pós-colheita de banana 'Prata'**. Orientador: Luiz Carlos Chamhum Salomão. Conselheiros: Claudio Horst Bruckner e Paulo Roberto Cecon.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do permanganato de potássio (KMnO_4) associado à embalagem plástica na manutenção da qualidade pós-colheita de banana 'Prata' (*Musa* spp. AAB) armazenada à temperatura ambiente e sob refrigeração. Buquês de quatro frutos foram embalados em sacos de polietileno de baixa densidade, com espessura de 28 μm , nos quais foram incluídos sachês de KMnO_4 . Foram conduzidos dois experimentos: Experimento 1: armazenamento a $21,52 \pm 3,79$ °C e concentrações de KMnO_4 de 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; e 2,0 g/kg de fruto, e Experimento 2: armazenamento a $16,56 \pm 0,81$ °C e concentrações de KMnO_4 de 0,0; 0,125; 0,250; 0,375; e 0,500 g/kg de fruto. Em ambos os experimentos, os frutos foram mantidos nas embalagens durante 25 dias, nas temperaturas mencionadas anteriormente e a $90 \pm 5\%$ de umidade relativa. Após esse período, os frutos foram retirados das embalagens, e os buquês do Experimento 1 permaneceram no mesmo ambiente, enquanto os do Experimento 2 foram mantidos a $22,11 \pm 1,37$ °C e $90 \pm 5\%$ de umidade relativa. Os experimentos foram montados em parcelas subdivididas no tempo, tendo nas parcelas as concentrações de KMnO_4 e nas subparcelas os dias de avaliação (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9 dias após a retirada das embalagens), no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e um buquê por repetição. Os dados foram analisados

por meio de análises de variância e regressão. A escolha dos modelos de regressão linear foi feita com base na significância dos coeficientes de regressão no nível de 5% de probabilidade, pelo teste 't' de Student, no coeficiente de determinação e no potencial para explicar o fenômeno biológico e para os modelos de regressão não-linear, com base nos dois últimos itens. O teste de Dunnett foi utilizado para comparar os buquês da testemunha (dia do armazenamento) com os do dia da retirada das embalagens (25^o dia de armazenamento), no nível de 5% de probabilidade. Para as análises de concentração de CO₂ e etileno foi montado um experimento à parte, com as cinco concentrações de KMnO₄ e cinco repetições, sendo a análise dos dados descritiva. No Experimento 1, os frutos do tratamento sem KMnO₄ não tiveram o amarelecimento normal da casca, embora já se encontrassem na fase pós-climatérica no dia da retirada da embalagem, os quais ficaram imprestáveis para consumo. Os frutos tratados com KMnO₄ permaneceram na fase pré-climatérica ao longo dos 25 dias embalados e tiveram o amadurecimento normal após a retirada das embalagens. No Experimento 2, os frutos sem KMnO₄, no dia da retirada das embalagens, apresentaram polpa com menor consistência e maior acidez titulável em relação aos com KMnO₄. Após a retirada das embalagens, os frutos sem KMnO₄ exibiram teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável máximos antes dos demais tratamentos, ao mesmo tempo em que o teor de sólidos solúveis totais foi menor que nos frutos tratados. Esse conjunto de fatos indicou amadurecimento parcial durante o armazenamento refrigerado. Entretanto, frutos tratados com 0,125 e 0,500 g de KMnO₄/kg apresentaram estágio de maturação mais avançado no dia da retirada das embalagens em relação aos dos tratamentos com 0,250 e 0,375 g de KMnO₄/kg, que permaneceram com suas características originais. Apesar disso, todos os frutos tratados com KMnO₄ tiveram amadurecimento normal após a retirada das embalagens.

ABSTRACT

ROCHA, Aline, M. S., Universidade Federal de Viçosa, February 2005. **Use of potassium permanganate in the postharvest conservation of 'Prata' banana.** Adviser: Luiz Carlos Chamhum Salomão. Committee members: Claudio Horst Bruckner and Paulo Roberto Cecon.

The objective of this study was to investigate the effect of potassium permanganate (KMnO_4) associated with plastic film on quality of banana (*Musa* spp. AAB) 'Prata' stored under room and low temperatures. Bunches of four fruits were wrapped in low density polyethylene bags (28 μm thick) with KMnO_4 sachets in it. Two experiments were mounted: Experiment 1: storage at 21.52 ± 3.79 °C and KMnO_4 concentrations of 0.0; 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 g/kg of fruit, and Experiment 2: storage at 16.56 ± 0.81 °C and KMnO_4 concentrations of 0.0; 0.125; 0.250; 0.375 and 0.500 g/kg of fruit. The fruits were kept in the polyethylene bags for 25 days under previously described temperatures and 90 ± 5 % relative humidity. After this period, fruits were removed from plastic bags and those of experiment 1 remained in the same environment, while those of experiment 2 were maintained at 22.11 ± 1.37 °C and 90 ± 5 % relative humidity. The treatments were distributed in split plots in an entirely randomized design with four replications and one bunch per replication. The plots represented the KMnO_4 treatments and the subplots, the evaluated time, (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 9 days after the remotion of the bags). Data were analyzed by variance analyses and regression. The choice of the linear regression models was based on the significance of the regression coefficients (5% probability by the 't' Student test), on the

determination coefficient and on the potential to explain the biological phenomenon. For the non-linear regression models the choice was based on the two last items. The Dunnett test was used to compare the control (day of storage) with the day the bunches were removed from the bags (25th storage day) at 5% probability. For CO₂ and ethylene concentrations in the bags, a separate experiment was conducted with five KMnO₄ concentrations in five replications, where the descriptive statistics were applied. In experiment 1, fruit skins in the treatment without KMnO₄ turned yellowish green although these fruits were already in the postclimacteric phase in the day of the remotion of the bags. These fruits were worthless for consumption. Fruits treated with KMnO₄ remained in the pre-climacteric phase throughout the 25 days they were kept wrapped up and ripened normally after remotion of the bags. In experiment 2, in the day of the remotion of the bags fruits without KMnO₄ presented a softer pulp and a higher titratable acidity compared to those with KMnO₄. After the remotion of the bags, fruits without KMnO₄ reached the maxima of total soluble solids and titratable acidity percentages before the other treatments, but total soluble solids was lower than those treated fruits. These facts indicate a partial ripening during the cool storage. However, the ripening stage of fruits treated with 0.125 and 0.500 g of KMnO₄/kg was more advanced on the day the bags were removed compared to fruits of the treatments with 0.250 and 0.375 g KMnO₄/kg, which maintained their original characteristics. Nevertheless, all fruits treated with KMnO₄ ripened normally after bags removal.

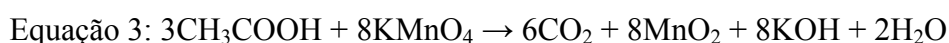
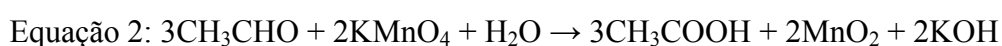
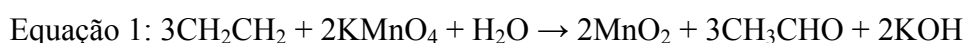
INTRODUÇÃO GERAL

A banana (*Musa* spp.) é uma das frutas mais consumidas no mundo na forma “in natura” e explorada na maioria dos países de clima tropical. Sua produção mundial em 2003 foi de 68,3 milhões de toneladas e a brasileira, de 6,5 milhões de toneladas, representando 9,5% da produção mundial (FAO, 2004). Em 2002, o Brasil exportou aproximadamente 241 mil toneladas, constituindo apenas 1,64% da exportação mundial (FAO, 2004). A pequena exportação ocorre devido ao elevado consumo interno e à curta vida pós-colheita que inviabilizam, economicamente, o seu transporte a longas distâncias.

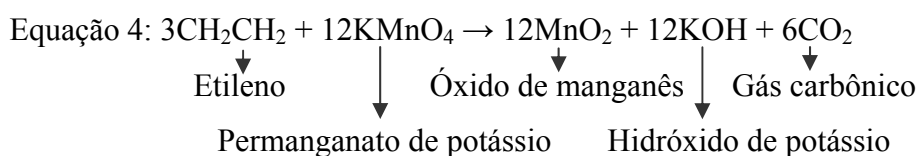
A banana é um fruto climatérico que produz altos níveis de etileno durante o amadurecimento. Considerando que a sua qualidade está relacionada à minimização da taxa de deterioração, ou seja, manutenção das características normais do produto, como textura, cor, sabor e aroma, de forma a manter os frutos atraentes ao consumidor pelo maior tempo possível, é necessário utilizar tecnologias que diminuam o metabolismo e desacelerem o processo maturativo.

Em banana e outros frutos, verifica-se que a remoção e, ou, redução da concentração de etileno no ambiente de armazenamento são eficientes em prolongar a vida pós-colheita. Isso pode ser feito com absorvedores de etileno, como o KMnO_4 em sachês ou impregnado em embalagens plásticas (embalagem ativa) ou, ainda, em filtros químicos. Estes oxidam o etileno liberado pelo próprio fruto durante o amadurecimento, prolongando a fase pré-climatérica e a vida pós-colheita (RESENDE et al., 2001). A oxidação do etileno pelo KMnO_4 leva à formação, inicialmente, de acetaldeído

(CH₃CHO), sendo este oxidado a ácido acético (CH₃COOH), que, havendo KMnO₄ suficiente, será convertido em água (H₂O) e gás carbônico (CO₂), cujas reações se encontram nas Equações 1, 2 e 3 (SORBENTSYSTEMS, 2005). Para maior eficiência do processo, é necessário contato íntimo entre os produtos, o que é conseguido impregnando suportes inorgânicos porosos, como vermiculita expandida ou alumina, com solução saturada de KMnO₄ (SCOTT, 1969; SHORTER et al., 1992; WILLS et al., 1998). O KMnO₄, não-volátil, pode ser separado fisicamente do produto, eliminando o risco de injúria química (WILLS et al., 1998).



Combinando as Equações 1 a 3, têm-se a Equação 4:



Blidi et al. (1993) afirmaram que o KMnO₄ é o primeiro absorvedor químico de etileno adaptado para pequeno volume de armazenamento. Entretanto, é consumido rapidamente, precisando ser renovado durante o período de conservação. Geralmente, esse tratamento é associado à atmosfera modificada, em embalagens de polietileno, para retardar o amadurecimento de bananas (SALUNKE; DESAI, 1986). A alta umidade do ambiente de armazenamento reduz a eficiência do KMnO₄, pois ele reage com a água (WILLS et al., 1998).

Em frutos climatéricos, a concentração de etileno não afeta a taxa respiratória máxima, porém retarda ou antecipa o pico climatérico. Na presença de altas concentrações de etileno, tem-se a antecipação do pico climatérico, enquanto em baixas concentrações ocorre o retardamento (BURG; BURG, 1962). Maçã ‘Gala’, um fruto climatérico, quando em baixa concentração de etileno tem seu amadurecimento retardado (BRACKMANN et al., 2000). O uso de KMnO₄ no ambiente de armazenamento de maçã reduz a concentração desse gás de 250 para 10 µL.L⁻¹, estendendo a vida de mercado desse fruto (TAIZ; ZEIGER, 2002).

Para que o absorvedor de etileno seja eficiente no armazenamento de banana, é necessário que ele mantenha a concentração desse gás abaixo de $0,1 \mu\text{L.L}^{-1}$ (SCOTT, 1969). Em experimento realizado com bananas ‘Cavendish’, embaladas em sacos de polietileno associados ao uso de KMnO_4 (100 g de purafil/2,5 kg de fruto) impregnado em vermiculita, foi constatado que, mesmo aplicando etileno, após três dias de armazenamento, a concentração desse gás após 24 h da aplicação foi baixa a ponto de não ser possível detectá-lo no interior das embalagens. Nas embalagens sem absorvedor, a concentração de etileno permaneceu alta por vários dias (FUCHS; TEMKIN-GORODESISKI, 1971).

Os filmes plásticos funcionam como barreira ao movimento do vapor da água, garantindo a manutenção de umidade relativa elevada no interior da embalagem e a turgidez dos produtos. Por isso, ocorre redução sensível na perda de massa dos frutos e retardamento na elevação das taxas respiratórias e no amadurecimento. Também há queda na produção de etileno, atrasando o amolecimento (perda da firmeza) e várias outras transformações bioquímicas, como a degradação da clorofila e o aparecimento dos pigmentos carotenóides. Devido ao acúmulo de CO_2 nesse ambiente, o qual tem ação fungistática e bactericida, há uma diminuição no crescimento de microrganismos (PESIS et al., 1986; ZAGORY; KADER, 1988; CHITARRA; CHITARRA, 1990). O uso de embalagem de polietileno para banana diminui os estragos por fricção e ocorre redução na perda de massa durante o transporte (SCOTT et al., 1971).

Frutos armazenados em atmosfera controlada ou em atmosfera modificada têm o seu amadurecimento retardado, pois, nesses ambientes, os baixos níveis de O_2 inibem a síntese e ação do etileno, e os altos níveis de CO_2 inibem a ação do etileno (OETIKER; YANG, 1995). O uso de KMnO_4 no interior das embalagens manteve baixos níveis de etileno, retardando o amadurecimento de bananas (CHAMPION, 1968; WILLS et al., 1998). Os baixos níveis de etileno e os altos níveis de CO_2 proporcionados pelo uso de embalagem de polietileno sem perfurações e absorvedor de etileno à base de KMnO_4 (100 g de vermiculita impregnada com solução saturada de KMnO_4 /cacho) retardaram o amolecimento de banana cv. ‘Williams’ (SATYAN et al., 1992).

Alta concentração de CO_2 inibe o amadurecimento da casca de bananas, que permanece com a cor verde-amarelada, enquanto a polpa se torna madura e mole (CHAMPION, 1968; BLEINROTH, 1971; FUCHS; TEMKIN-GORODESISKI, 1971). Para evitar que a polpa entre em colapso, é necessário que os frutos sejam removidos da

embalagem, pois esse amadurecimento anormal inicia-se aproximadamente 14 dias após a embalagem dos frutos em polietileno a 20 °C (SCOTT et al., 1970).

O KMnO_4 associado à embalagem de polietileno foi eficiente em reduzir a concentração de etileno nas embalagens, proporcionando menor severidade de podridão amarga e escaldadura superficial em maçãs ‘Granny Smith’ (SHORTER et al., 1992). A associação de atmosfera controlada com KMnO_4 no armazenamento de maçã ‘Gala’ manteve a firmeza, suculência e menor perda de água por oito meses de armazenamento, reduzindo, dessa forma, as perdas e mantendo a alta qualidade comestível dos frutos (BRACKMANN; SACKET, 1999). Além disso, a concentração de 9,5 g/kg de fruto (Green Keeper) manteve boa aparência externa em maracujá-amarelo, devido à redução da perda de água e à ausência de fungos e manchas escuras na casca (RESENDE et al., 2001). Em morangos ocorreram o prolongamento da vida pós-colheita e a redução das podridões, além de deixar os frutos mais firmes, com concentração do absorvedor (Ethypac) de 10 g/250 g de frutos (WILLS; KIM, 1995). Em manga ‘Espada Vermelha’, teve influência positiva no controle do aparecimento de manchas de deterioração e na manutenção da qualidade quando armazenada a 12 °C por 14 dias, seguidos de quatro dias em temperatura ambiente ou a 12 °C por 28 dias e consumo imediato, utilizando-se 4,7 g de sachê/kg de fruto (PFAFFENBACH et al., 2003).

A utilização de sachês contendo vermiculita impregnada com KMnO_4 na concentração de 5% reduziu a incidência de podridões em pêssegos ‘Chimarrita’, porém não houve benefícios na manutenção da qualidade desse cultivar, quando armazenados em câmara de resfriamento a -0,2 °C durante 45 dias de armazenamento, seguido de dois dias de exposição a 20 °C (BRACKMANN et al., 2003). No entanto, Nava e Brackmann (2001) verificaram que a remoção de etileno da câmara não retardou o amadurecimento de pêssegos ‘Chiripá’ durante o armazenamento refrigerado ou em atmosfera controlada.

A utilização de embalagem ativa, filme de polietileno co-extrudado com incorporação do mineral tipo zeólito (zeolite) comercializado como absorvedor de etileno, para acondicionamento de cherimóia, manteve os frutos com coloração verde-clara e boa aparência após duas semanas. No final de quatro semanas, os frutos do tratamento-controle (sem ‘zeolite’) já se apresentavam moles, enquanto o ‘zeolite’ garantiu a conservação da firmeza dos frutos no decurso das avaliações (MELO et al., 2002).

Bananas ‘Dwarf Cavendish’ acondicionadas em embalagem de polietileno com absorvedor de etileno ‘Purafil’ (100 g/2,5 kg de fruto) tiveram o amadurecimento retardado, e depois de oito dias não foi detectado etileno na embalagem armazenada a 21,1 °C. Após a retirada da embalagem, o pico climatérico da respiração foi atingido em um dia no tratamento-controle e o índice de cor 8, aos 11 dias. Os frutos mantidos com absorvedor de etileno permaneceram verdes e não mostraram o pico climatérico por 10 dias após a remoção da embalagem (LIU, 1970). Em banana ‘Prata’, o uso da atmosfera modificada juntamente com KMnO_4 retardou o início do amadurecimento (ZICA, 1972; PINTO, 1978), favoreceu a menor perda de peso (PINTO, 1978) e o teor de amido começou a diminuir somente aos 27 dias após a colheita, porém os frutos ficaram impróprios para o consumo (ZICA, 1972).

A remoção do etileno utilizando KMnO_4 em condições de atmosfera controlada (2 kPa de O_2 /7 kPa de CO_2) teve grande eficiência na manutenção da firmeza e acidez dos frutos de Kiwi, e estes puderam ser mantidos por no mínimo oito meses à temperatura de -0,5 °C (MAZARO et al., 2000).

Bananas ‘Kluai Khai’ (*Musa AA*) acondicionadas em embalagens de polietileno não perfuradas (0,11 mm de espessura) juntamente com sachês de KMnO_4 (30 g de giz impregnado com solução saturada de KMnO_4), armazenadas em caixas de papelão corrugado a 10 °C e 90% de umidade relativa não apresentaram sintomas de injúria por frio durante 18 dias de armazenamento. Após 12 ou 18 dias de armazenamento seguidos de quatro dias à temperatura de 28 °C, a consistência, sólidos solúveis totais e ‘flavour’ foram mais altos nos frutos que estavam em atmosfera modificada que nos frutos do tratamento-controle (sem embalagem e sem absorvente de etileno) (NGUYEN et al., 2004).

Com base nesses trabalhos, observou-se que a vida pós-colheita de banana e de outros frutos pode ser prolongada mediante o uso de atmosfera modificada associada a KMnO_4 , tanto em temperatura ambiente quanto sob refrigeração. Porém, a literatura não é conclusiva quanto à concentração de KMnO_4 a ser usada.

A hipótese de trabalho é que a presença de KMnO_4 no ambiente de armazenamento da banana ‘Prata’ estende a fase pré-climatérica do fruto, permitindo sua comercialização em mercados distantes, porém sem prejudicar o amadurecimento após a remoção do produto.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a efetividade do KMnO_4 , em diversas concentrações, associado à atmosfera modificada por filme de polietileno de baixa densidade, na manutenção e conservação da qualidade e no prolongamento da vida pós-colheita de banana 'Prata' (*Musa* spp. AAB), armazenada em temperatura ambiente e sob refrigeração.

CAPÍTULO 1

EFEITO DO PERMANGANATO DE POTÁSSIO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE BANANA ‘PRATA’ ARMAZENADA À TEMPERATURA AMBIENTE

RESUMO

O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito do KMnO_4 associado à embalagem plástica no prolongamento da vida pós-colheita e na manutenção e conservação da qualidade de banana ‘Prata’ (*Musa* spp. AAB) armazenada à temperatura ambiente. Utilizaram-se sachês de KMnO_4 , os quais foram inseridos em sacos de polietileno de baixa densidade e espessura de 28 μm , contendo buquês de quatro frutos com peso médio de $500,9 \pm 40,6$ g. As concentrações de KMnO_4 utilizadas foram de 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; e 2,0 g/kg de fruto, sendo os buquês embalados mantidos por 25 dias em câmara fria com temperatura média de $21,52 \pm 3,79$ °C e umidade relativa do ar de $90 \pm 5\%$. Após esse período foram retirados das embalagens e mantidos nas mesmas condições ambientes até o completo amadurecimento. As avaliações ocorreram no dia do armazenamento, no dia da retirada dos buquês das embalagens e, a partir daí, diariamente (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9 dias após a retirada das embalagens). O experimento foi organizado no arranjo experimental em parcelas subdivididas no tempo, em que as concentrações de KMnO_4 constituíram as parcelas e os dias de avaliação, as subparcelas, no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e um

buquê por repetição. A avaliação dos dados foi feita por meio das análises de variância e regressão. Nos modelos lineares, as equações foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão no nível de 5% de probabilidade, pelo teste 't' de Student, no coeficiente de determinação e no potencial para explicar o fenômeno biológico e, para os não-lineares, com base nos dois últimos critérios. Além disso, aplicou-se o teste de Dunnett para comparar as características dos frutos do dia do armazenamento com as do dia da retirada das embalagens. Para as variáveis concentração de CO₂ e etileno do interior da embalagem foi montado um experimento à parte com as cinco doses de KMnO₄ e cinco repetições, que foi avaliado ao longo dos 25 dias de armazenamento, sendo a análise dos dados descritiva. Durante os 25 dias de armazenamento, os frutos tratados com KMnO₄ preservaram suas características originais, isto é, continuavam na fase pré-climatérica, enquanto os não-tratados atingiram a fase pós-climatérica. Os frutos tratados com 0,5; 1,0; e 1,5 tiveram a ascensão climatérica nos dois primeiros dias após a retirada das embalagens e os tratados com 2,0 g de KMnO₄/kg de fruto, a ascensão praticamente suprimida. A concentração de CO₂ nas embalagens aumentou até 12 horas após o acondicionamento, estabilizando-se a partir daí. No dia da retirada da embalagem, a concentração de CO₂ e etileno foi maior nas embalagens sem KMnO₄. Após a retirada das embalagens, os frutos tratados com KMnO₄ tiveram a firmeza de polpa reduzida rapidamente entre o primeiro e o terceiro dia e a perda de eletrólitos da casca aumentada do terceiro ao sétimo dia. Nesses frutos, a acidez titulável aumentou e atingiu seu valor máximo por volta do 5^o dia. Por sua vez, o teor de sólidos solúveis totais aumentou até atingir o máximo próximo ao dia 5 e, depois, estabilizou-se. O KMnO₄ não alterou o amarelecimento normal da casca, enquanto os frutos não-tratados não completaram o amarelecimento normal. O aumento da concentração de KMnO₄ resultou em menor perda de matéria fresca pelo fruto.

1. INTRODUÇÃO

A banana é um fruto climatérico que produz altas concentrações de etileno e sensível a concentrações de $0,1 \mu\text{L.L}^{-1}$ (SCOTT, 1969), resultando em vida pós-colheita curta. Para prolongar a vida de prateleira de banana é necessário utilizar tecnologias que reduzam as concentrações ou removam o etileno do ambiente de armazenamento, e isso pode ser conseguido utilizando-se KMnO_4 . Este oxida o etileno produzido pelo próprio fruto durante o amadurecimento, alongando, assim, a fase pré-climatérica e a vida pós-colheita (RESENDE et al., 2001).

A associação de KMnO_4 e atmosfera modificada manteve a qualidade da banana ‘Prata’ (*Musa* sp.) armazenada a $25\text{ }^\circ\text{C}$ (BRACKMAN et al., 2002) e de banana ‘Williams’ armazenada às temperaturas de $37, 30, 25$ e $20\text{ }^\circ\text{C}$, não interferindo no amadurecimento normal a $20\text{ }^\circ\text{C}$ após a remoção da embalagem (SCOTT; GANDANEGARA, 1974). A vida pós-colheita dos frutos armazenados a $30\text{ }^\circ\text{C}$ na presença de KMnO_4 foi similar à apresentada pelos frutos armazenados a $12,8\text{ }^\circ\text{C}$ na ausência de KMnO_4 (SCOTT; GANDANEGARA, 1974).

Segundo Liu (1970), o uso de KMnO_4 associado a sacos de polietileno propiciou amadurecimento mais lento de bananas ‘Dwarf Cavendish’ no estádio pré-climatérico, armazenadas em temperatura de $21,1\text{ }^\circ\text{C}$, além de manter a concentração de etileno no interior das embalagens menor que em embalagens sem o KMnO_4 . Além disso, foi eficiente em retardar o amadurecimento de bananas ‘Prata’ (ZICA, 1972; PINTO, 1978) e favoreceu a menor perda de matéria fresca (PINTO, 1978). O armazenamento de cachos de bananas ‘Williams’ a 28 e $20\text{ }^\circ\text{C}$ embalados em tubos de polietileno associado

a KMnO_4 resultou em vida de prateleira de três semanas ou mais (SATYAN et al., 1992).

Este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito do KMnO_4 , associado à embalagem de polietileno de baixa densidade, na conservação e manutenção da qualidade pós-colheita de banana 'Prata' armazenada à temperatura ambiente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Cachos de banana ‘Prata’ (*Musa* spp. AAB) foram obtidos de pomar comercial em Cajuri (latitude: 20° 47’ 26’’ S; longitude: 42° 47’ 48’’ W e altitude: 698 m), Minas Gerais, em 19 de julho de 2004. Destes foram selecionadas a segunda, terceira e quarta pencas, das quais se eliminaram os frutos danificados, doentes e malformados. Os frutos apresentavam diâmetro médio de 33 mm e se encontravam no estágio pré-climatérico (casca de cor verde). As pencas foram transportadas, em caixas forradas com plástico-bolha, para o Laboratório de Pós-Colheita da Universidade Federal de Viçosa, onde foram decompostas em buquês de quatro frutos com massa de $500,9 \pm 40,6$ g cada, que passaram por outro processo de seleção. Em seguida, os buquês foram lavados com água mais detergente neutro 0,2%, durante 5 min, para coagulação do látex e limpeza superficial, sendo logo após imersos em solução de fungicida Sportak na dose de 110 mL/100 L de água por 5 min e secados ao ar.

Cada buquê foi acondicionado em sacos de polietileno de baixa densidade, com espessura de 28 μm , dos quais o ar foi retirado com o auxílio de um aspirador de pó. No interior de cada embalagem foram incluídos sachês de KMnO_4 em cinco concentrações (0,0; 0,5; 1,0; 1,5; e 2,0 g/kg de fruto, sendo 0, 1, 2, 3 e 4 sachês por embalagem, respectivamente). Foram preparados sachês com 0,25 g de KMnO_4 cada. Utilizaram-se 2,5 g de vermiculita expandida, que foram impregnados com 2,5 mL de solução aquosa de KMnO_4 1 g/10 mL de solução e secadas em estufa a 60 °C. A seguir, esse material foi acondicionado em sachês de papel poroso e armazenado em sacos de polietileno, em geladeira, até o momento de ser utilizado.

Após embalados, os buquês foram armazenados durante 25 dias em câmara fria, visto ser esse período suficiente para realizar transporte a longas distâncias, por exemplo a exportação, via navio, para o mercado europeu. A temperatura média da câmara foi de $21,52 \pm 3,79$ °C e a umidade relativa do ar, de $90 \pm 5\%$.

Após esse período, os buquês foram retirados das embalagens e mantidos nas mesmas condições ambientes até o completo amadurecimento. As amostragens foram feitas no dia do armazenamento, no dia da retirada dos buquês das embalagens e a partir daí, diariamente (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9 dias após a retirada das embalagens). As amostras foram utilizadas para análises dos frutos quanto a coloração, perda de matéria fresca, respiração e produção de etileno, bem como para análises da polpa quanto a consistência, extravasamento de solutos, teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável. Além dessas, foram realizadas análises da concentração de etileno e CO₂ no interior das embalagens.

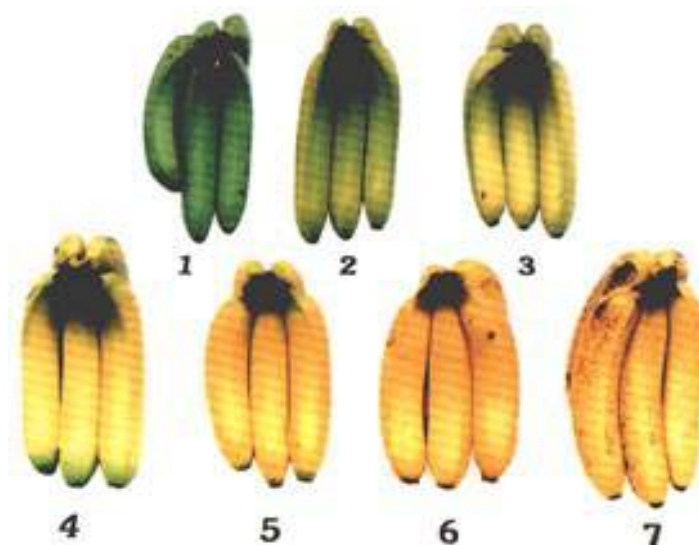
O experimento foi conduzido em parcelas subdivididas no tempo, tendo-se nas parcelas as cinco concentrações de KMnO₄ e nas subparcelas, os nove dias de amostragens (após a retirada dos buquês das embalagens), sendo a unidade experimental constituída do buquê de quatro frutos. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados foram analisados por meio das análises de variância e regressão. Os modelos ajustados por meio de regressão linear, nas avaliações de perda de matéria fresca e acidez titulável, foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão no nível de 5% de probabilidade, pelo teste “t” de Student, no coeficiente de determinação e no potencial para explicar o fenômeno biológico; nos modelos ajustados com regressão não-linear, a escolha foi realizada com base nos dois últimos itens. Independentemente de a interação concentração *versus* dias ser ou não significativa, optou-se pelo seu desmembramento, dado o interesse em estudo. Também foi realizado o teste de Dunnet no nível de 5% de probabilidade, para comparar a testemunha (dia do armazenamento) com o dia da retirada dos buquês das embalagens (25^o dia de armazenamento).

Para as análises de concentração de etileno e CO₂ no interior das embalagens foi montado um experimento à parte, com as cinco concentrações de KMnO₄ e cinco repetições. As análises foram realizadas ao longo do período de armazenamento até os frutos serem retirados das embalagens (após 25 dias de armazenamento). A análise estatística foi descritiva.

2.1. Análises

2.1.1. Índice de cor da casca

Para esta análise, fez-se a avaliação visual de cada fruto do buquê, calculando, a partir daí, a média do índice que representou esse buquê. A evolução da coloração da casca foi determinada de acordo com a escala visual descrita por Dadzie e Orchard (1996), segundo a qual o estágio 1 corresponde a frutos com a coloração de casca totalmente verde; o 2, frutos com coloração de casca verde com traços amarelos; o 3, frutos com coloração de casca mais verde que amarela; o 4, frutos com coloração de casca mais amarela que verde; o 5, frutos com coloração de casca amarela com as pontas verdes; o 6, frutos com coloração de casca totalmente amarela; e o 7, frutos com coloração de casca totalmente amarela, com pontuações marrons (Figura 1).



Fonte: Dadzie e Orchard (1996)

Figura 1 – Escala de maturação de bananas, baseada nas alterações da coloração da casca.

2.1.2. Perda de matéria fresca

Os frutos foram pesados em balança eletrônica de precisão de 0,1 g no dia do armazenamento, no dia da retirada dos frutos das embalagens e, a partir daí,

diariamente. Os resultados foram expressos em porcentagem, considerando-se a diferença entre o peso inicial do fruto e aquele obtido em cada período de amostragem.

2.1.3. Produção de CO₂

A produção de CO₂ pelos frutos foi determinada por cromatografia gasosa. Para isso, os frutos foram acondicionados em frascos de vidro herméticos com volume de 3.280 mL. Sessenta minutos após o fechamento dos frascos, alíquotas de 1,0 mL de sua atmosfera foram retiradas com seringa hipodérmica e injetadas em cromatógrafo a gás GOW MAC, Série 550, com detector de condutividade térmica, equipado com coluna de alumínio preenchida com Porapak Q.

As condições de trabalho foram: fluxo de 40 mL por minuto de gás hélio, que foi o gás de arraste; corrente elétrica de 150 mA; temperaturas da coluna, do detector e do injetor de 50, 70 e 80 °C, respectivamente; e temperatura ambiente de 20 a 23 °C.

A quantificação de CO₂ foi feita por meio de comparação dos picos produzidos pela amostra, no cromatograma, e os produzidos pela injeção de uma alíquota-padrão composta de 5,96% mol de CO₂ por mol de mistura CO₂ + N₂. Os resultados foram expressos em mg de CO₂/kg/h.

2.1.4. Produção de etileno

A produção de etileno foi determinada por cromatografia gasosa. Para isso, os frutos foram acondicionados em frascos de vidro herméticos com volume de 3.280 mL. Sessenta minutos após o fechamento dos frascos, alíquotas de 3,0 mL de sua atmosfera foram retiradas com uma seringa hipodérmica e injetadas em cromatógrafo a gás, modelo CG 37-D, equipado com detector de ionização de chama e coluna de aço inoxidável preenchida com Porapak R.

Para a execução da técnica, foi utilizado um fluxo de 30 mL por minuto de N₂, 210 mL por minuto de ar sintético e 30 mL por minuto de H₂; temperaturas da coluna, do vaporizador e do detector de 80, 100 e 140 °C, respectivamente; e temperatura ambiente de 20 a 23 °C.

A quantificação de etileno foi feita por meio de comparação dos picos produzidos pela amostra, no cromatograma, e os pela injeção de uma alíquota-padrão. Os resultados foram expressos em µL de etileno/kg/h.

2.1.5. Concentração de CO₂ e de etileno nas embalagens

As concentrações de CO₂ e de etileno no interior das embalagens de polietileno foram determinadas conforme as metodologias descritas anteriormente. Alíquotas de 1 mL para análise de CO₂ e 3 mL para análise de etileno foram retiradas da atmosfera interna das embalagens e injetadas nos cromatógrafos a gás. As amostragens foram feitas periodicamente até a retirada dos frutos das embalagens. Os orifícios abertos nas embalagens pelas agulhas das seringas eram vedados, após cada amostragem, com fita adesiva. Os resultados foram expressos em porcentagem.

2.1.6. Consistência

Foi retirada uma porção da casca na região mediana de cada fruto do buquê sem que ocorresse fermento da polpa. A seguir, a polpa de cada fruto foi submetida a uma força até que o tecido não apresentasse mais resistência. A força foi aplicada por meio da ponteira (12 mm de diâmetro) de um penetrômetro SHIMPO modelo DFS 100 (Digital Force Gauge). Os resultados foram dados pela média da força aplicada aos frutos do buquê e expressos em kPa.

2.1.7. Extravasamento de solutos

O vazamento de eletrólitos é uma medida para estimar a alteração da permeabilidade da membrana em resposta a estresses ambientais, crescimento, desenvolvimento e variação genotípica (WHITLOW et al., 1992).

A análise foi feita de acordo com a metodologia descrita por Serek et al. (1995), com modificações. Foram retirados discos de 1,14 cm de casca da região mediana de cada fruto do buquê, por meio de um perfurador de rolhas. Os discos foram lavados em água destilada e secados superficialmente com papel absorvente. A seguir, permaneceram por um período de repouso de duas horas em tubos de ensaio contendo 18 mL de água destilada em condições ambientes. Terminado o tempo de repouso, foi medida a condutividade elétrica da água com um condutivímetro Schot modelo CG 853. Posteriormente, os tubos de ensaio contendo os discos de casca foram autoclavados (121 °C a 1,5 atm) por 30 min e a condutividade elétrica, medida novamente. Os resultados foram expressos como a razão entre os valores obtidos na primeira e segunda

medições, multiplicada por 100. A partir desses valores, fez-se a média dos valores para o buquê, a qual foi utilizada para análise dos dados.

2.1.8. Teor de sólidos solúveis totais (SST)

Para esta análise foram retiradas amostras compostas da polpa da região mediana de cada fruto do buquê, as quais passaram por processo de maceração em cadinhos de porcelana. O macerado foi envolto em algodão e comprimido manualmente, para extrair o suco. O teor de SST do suco foi determinado com o auxílio de um refratômetro portátil, Atago modelo N1, com leitura na faixa de 0 a 32 °Brix. Foram feitas três leituras desse suco, sendo a média destas utilizada para a análise dos dados.

2.1.9. Acidez titulável

Foram retiradas amostras compostas da polpa dos frutos do buquê, com massa de aproximadamente 5,0 g, que foram acondicionadas em papel-alumínio, congeladas em nitrogênio líquido e mantidas em congelador na temperatura de -20 °C até o momento das análises. As amostras foram trituradas em homogeneizador de tecidos tipo Politron, juntamente com 50 mL de água destilada. Posteriormente, foram transferidas para erlenmeyers, completando-se o volume para 100 mL, com água destilada. Foram adicionadas a essa solução três gotas de indicador fenolftaleína 1%, procedendo-se às titulações, sob agitação, com solução de NaOH 0,05 N, previamente padronizada com biftalato de potássio. Os resultados foram expressos em g de ácido málico por 100 g de polpa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Índice de cor da casca

O índice de cor da casca apresentou diferença estatística no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett, entre a testemunha (dia do armazenamento) e o tratamento sem KMnO_4 no dia da retirada dos buquês das embalagens, enquanto nos demais tratamentos não houve diferença estatística, indicando que os frutos tratados com KMnO_4 permaneceram verdes após os 25 dias de armazenamento (Quadro 1). Esse resultado confirma os de Hernández (1973), que, trabalhando com plátanos ‘Maricongo’ e ‘Guayamero’ armazenados a 29,4 °C e embalados com polietileno mais 200 g de Purafil (absorvedor de etileno) por cacho, obteve frutos completamente verdes por 25 dias.

Nos dias seguintes à remoção das embalagens e do absorvedor de etileno, essa variável teve comportamento sigmoidal em função dos dias de avaliação (D) nas respectivas concentrações de KMnO_4 (Figura 2).

Os frutos do tratamento sem KMnO_4 não acompanharam a mudança de cor da casca seguida pelos demais tratamentos, porém no último dia de avaliação eles se apresentavam com o índice de cor de casca 7 igual aos demais (Figura 2). Não exibiram o amarelecimento normal da casca (Figura 3), apesar de estarem completamente maduros internamente. Observou-se que os frutos desse tratamento tinham coloração de casca amarelo-esverdeada, enquanto os tratados com KMnO_4 estavam com suas cascas completamente amareladas no dia 5 (Figura 3). Em bananas, o amarelecimento é

Quadro 1 – Médias e coeficientes de variação amostral do índice de cor de casca de banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO₄, após 25 dias de armazenamento

Tratamentos (C; D) ¹	Índice de Cor de Casca	Coefficiente de Variação Amostral (%)
Testemunha ²	1,0	0
(0,0; 25)	3,0 *	72,01
(0,5; 25)	1,3	40,00
(1,0; 25)	1,3	40,00
(1,5; 25)	1,0	0,00
(2,0; 25)	1,1	15,38

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade; ¹C (g de KMnO₄/kg de fruto); D (dia da retirada dos buquês das embalagens); e ²Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento.

—————	0,0 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 2,1812 + 6,5444/(1 + e^{-(D-6,4723)/2,56})$	R ² = 0,5600
.....	0,5 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 0,6193 + 5,7190/(1 + e^{-(D-2,7616)/0,9562})$	R ² = 0,9476
-----	1,0 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = -0,5324 + 7,22234/(1 + e^{-(D-2,34318)/1,6396})$	R ² = 0,8671
-.-.-.-.-	1,5 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 0,0169 + 6,4736/(1 + e^{-(D-2,5202)/1,1921})$	R ² = 0,9628
-----	2,0 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = -1,5688 + 8,3345/(1 + e^{-(D-2,0028)/1,9925})$	R ² = 0,8318

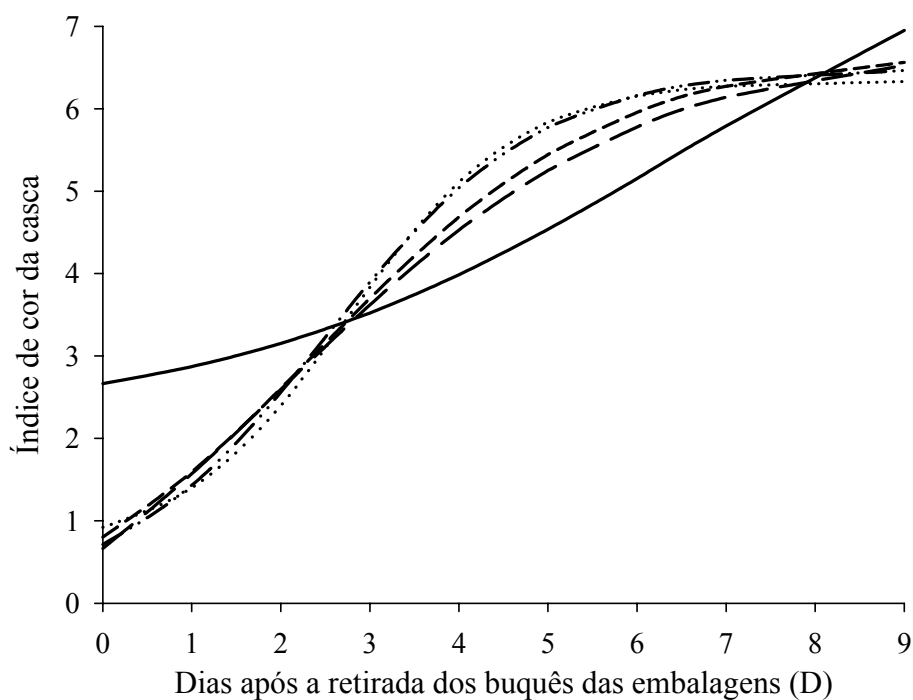


Figura 2 – Estimativa do índice de cor da casca de banana ‘Prata’, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO₄.

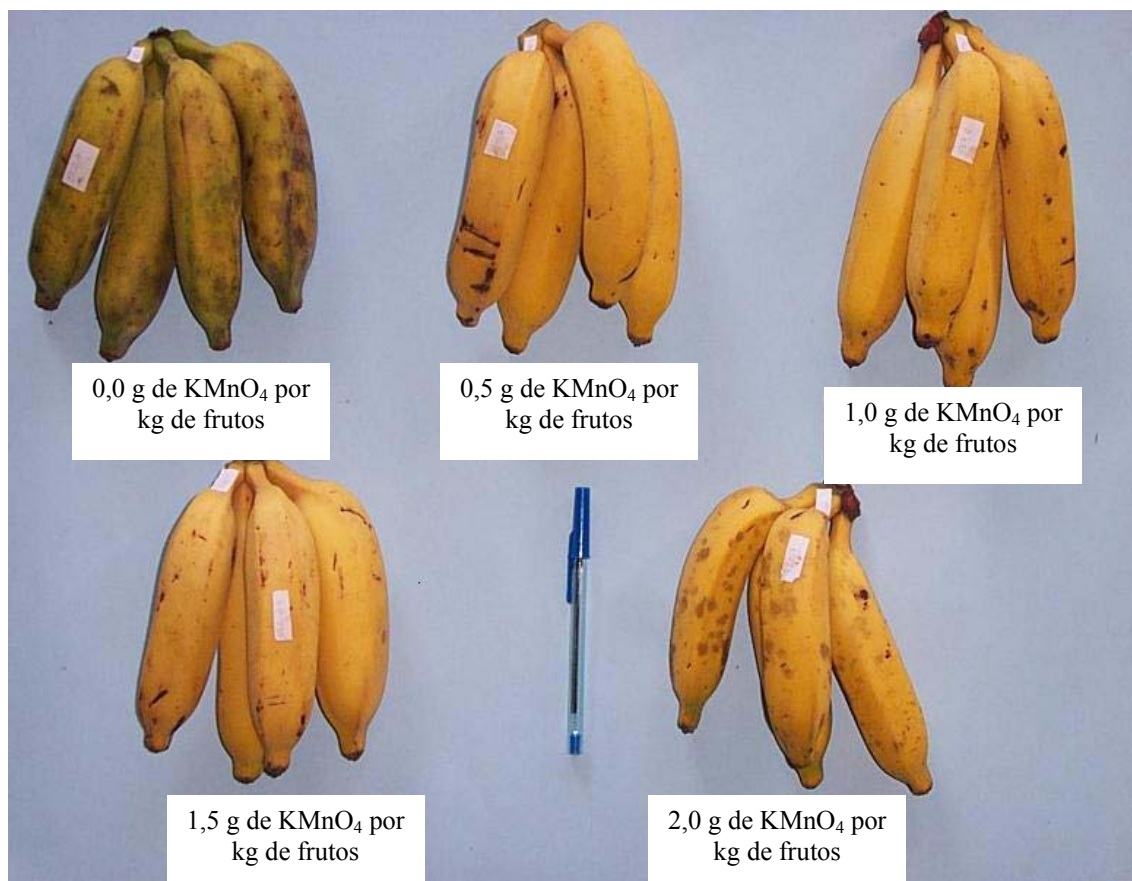


Figura 3 – Coloração da casca de banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO_4 , no 5º dia após a retirada dos buquês das embalagens.

resultado, quase que exclusivo, da degradação das clorofilas e não da biossíntese de novos carotenóides (PALMER, 1971). Os principais agentes de degradação da clorofila são mudanças no pH, sistemas oxidativos e clorofilases (WILLS et al., 1998).

A taxa de degradação de clorofila ocorre em função da atividade das clorofilases e peroxidases e pela ação direta da luz, sendo extremamente acelerada com a elevação da concentração de O_2 acima de 21% e retardada pelo aumento na concentração de CO_2 de 0,03% para 15% (LANA; FINGER, 2000). Portanto, esse amarelecimento anormal apresentado pelos frutos sem tratamento com KMnO_4 (Figura 3) é explicado pela alta concentração de CO_2 no interior das embalagens (item 3.5), já que os frutos tiveram sua ascensão climatérica ainda embalados (ver Produção de CO_2 e de Etileno nos itens 3.3 e 3.4, respectivamente).

Altas concentrações de CO₂ e, ou, etileno e baixas de O₂ nas embalagens por longo período podem desenvolver amadurecimento anormal ('green ripe'), e as bananas permanecem verdes e tornam-se amolecidas pela ação do etileno (FUCHS; TEMKIN-GORODEISKI, 1971; SATYAN et al., 1992).

Os frutos tratados com KMnO₄ apresentaram comportamento semelhante entre si, tendo mudança de cor de casca lenta até o 1^o dia, a partir daí tiveram mudança acelerada até atingir o estágio 6, no dia 5, e foram atingir o estágio 7 no 9^o dia após a retirada das embalagens (Figuras 2 e 3).

A mudança de cor da casca nos frutos tratados com KMnO₄ acompanhou a ascensão climatérica apresentada por eles. A alteração rápida do índice de cor da casca a partir do 1^o dia coincide com a ascensão até atingir o pico. Nesse ponto, a cor da casca apresentou índice de cor da casca igual a 4,0. No índice 6 (fruto próprio para consumo), a curva climatérica já se encontrava na fase descendente (item 3.3). O KMnO₄ não interferiu no amarelecimento normal da casca de banana 'Prata'.

Liu (1970), trabalhando com bananas 'Dwarf Cavendish' embaladas em filmes de polietileno mais sachês de KMnO₄ (25 g de purafil/1,5 kg de fruto), armazenadas em temperatura de 21,1 °C, verificou que os frutos permaneceram com coloração de casca verde durante os oito dias que permaneceram embalados e por mais 10 dias após a retirada da embalagem. Os frutos sem purafil atingiram o índice de cor de casca '8' (frutos com coloração de casca completamente amarela, com pontuações marrons) no 11^o dia após a retirada das embalagens.

A concentração de 0,5 g de KMnO₄/kg de fruto já foi eficiente em reter o amadurecimento dos frutos no interior das embalagens e não interferiu no amarelecimento após a retirada da embalagem.

3.2. Perda de matéria fresca

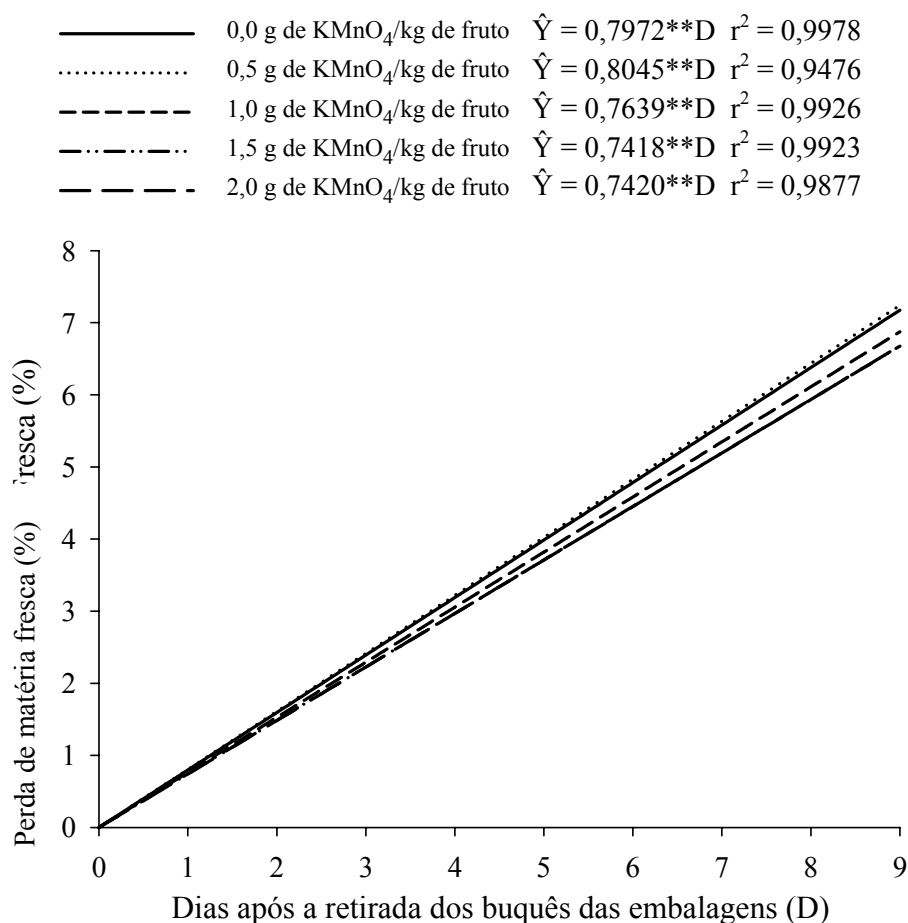
A variável perda de matéria fresca apresentou diferença estatística no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett, entre a testemunha (dia do armazenamento) e os demais tratamentos, no dia da retirada dos buquês das embalagens (D) (Quadro 2), pois se considerou o dia do armazenamento como perda de matéria fresca zero ('0').

A variável perda de matéria fresca apresentou comportamento linear em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO₄ (Figura 4).

Quadro 2 – Médias e coeficiente de variação amostral da perda de matéria fresca de banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO₄, após 25 dias de armazenamento

Tratamentos (C;D) ¹	Perda de Matéria Fresca (%)	Coefficiente de Variação Amostral (%)
Testemunha ²	0,00	0,00
(0,0; 25)	2,87 *	14,52
(0,5; 25)	2,77 *	43,34
(1,0; 25)	2,64 *	22,87
(1,5; 25)	2,56 *	36,45
(2,0; 25)	2,14 *	16,18

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade; ¹C (g de KMnO₄/kg de fruto); D (dia da retirada dos buquês das embalagens); e ²Média da perda de matéria fresca no dia do armazenamento.



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste ‘t’ de Student

Figura 4 – Estimativa da perda de matéria fresca de banana ‘Prata’, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO₄.

A perda de matéria fresca acumulada foi crescente à medida que os frutos foram amadurecendo (Figura 4). Com o amadurecimento dos frutos, as membranas celulares vão perdendo sua permeabilidade seletiva, o que resulta em vazamento de solutos (PALMER, 1971). Os tecidos de banana no pico climatérico encontram-se permeáveis a moléculas de baixo peso molecular (BRADY et al., 1970), portanto perdendo mais água. Após o início do amadurecimento, bananas têm perdas consideráveis de água por transpiração (SALUNKE; DESAI, 1986).

Observando a Figura 4, vê-se que a perda de matéria fresca no dia 9 foi praticamente igual em todos os tratamentos, ficando entre 6 e 7,5%. Os tratamentos com 0,0 e 0,5 g de KMnO_4/kg de fruto foram os que apresentaram maior perda.

Brackmann et al. (1998) observaram que, em berinjela armazenada a 10 °C em sacos de polietileno mantidos abertos com umidade relativa de 97% com e sem remoção de etileno, a remoção deste reduziu a perda de massa em razão, provavelmente, da desaceleração do metabolismo, evitando maior respiração e transpiração.

Observou-se que houve perda de matéria fresca relativamente baixa (entre 2,87 e 2,14%) durante os 25 dias em que os frutos permaneceram embalados (Quadro 2). Isso ocorreu, provavelmente, pela alta umidade relativa no interior das embalagens, inibindo a transpiração (SOUSA et al., 2000; BRACKMANN et al., 1998). Scott et al. (1971) verificaram perda de peso de 0,1% em bananas acondicionadas em embalagem de polietileno durante 11 dias à temperatura de 16,3 a 25,7 °C, enquanto Pinto (1978) encontrou perdas de 1,86% em banana ‘Prata’ embalada em polietileno associado a KMnO_4 , durante 18 dias de armazenamento à temperatura de 19 a 23 °C.

Após a retirada dos buquês da embalagem houve aumento acentuado na perda de matéria fresca, atingindo valores entre 6 e 7,5%, porém os frutos não apresentaram aparência de murcha, mantendo-se túrgidos. Esses dados confirmam os de Carvalho (1984), que, após 30 dias de acondicionamento, retirou os frutos de banana ‘Prata’ das embalagens, e estes tiveram perda de peso de 10% até o completo amadurecimento.

3.3. Produção de CO_2

Os frutos do tratamento sem KMnO_4 apresentaram taxa respiratória maior, em relação aos tratados após os 25 dias de armazenamento. Entre estes últimos, os do tratamento com 2,0 g de KMnO_4/kg de fruto tiveram maior taxa respiratória (Figura 5A). A alta taxa respiratória apresentada pelos frutos no 25º dia de armazenamento

(Figura 5A) não é comparável com a dos demais dias, pois as análises foram realizadas logo após a retirada dos buquês das embalagens. Portanto, o CO₂ resultante da respiração deve ter-se acumulado tanto no interior das embalagens quanto nos espaços intercelulares dos frutos, induzindo uma superestimação da taxa respiratória. Evidência disso foi a redução da taxa no dia subsequente à retirada dos frutos das embalagens, em todos os tratamentos (Figura 5B).

Observou-se que a taxa respiratória apresentada no dia do armazenamento pelos frutos do tratamento sem KMnO₄ (Figura 5A) foi de aproximadamente um sexto daquela apresentada pelas bananas no 1^o dia após a retirada dos buquês das embalagens (Figura 5B). Entretanto, nos frutos dos demais tratamentos foi observado aumento na taxa respiratória de aproximadamente o dobro (Figura 5AB).

Os frutos dos tratamentos sem KMnO₄ apresentaram taxa respiratória decrescente após a retirada da embalagem, indicando que já estavam no estágio pós-climatérico (Figura 5B). Os buquês tratados com 0,5; 1,0; e 1,5 g de KMnO₄ apresentaram ascensão climatérica nos dois primeiros dias após a retirada das embalagens, atingindo o pico no 3^o dia. A partir daí, a taxa respiratória começou a diminuir, caracterizando o início da fase pós-climatérica (Figura 5B), apesar de o índice de cor da casca ser próximo a 4 (Figura 2). Salomão (1995) observou, diferentemente, que na banana ‘Mysore’ o pico climatérico coincidia com o índice de cor da casca 6. Os frutos tratados com 2 g de KMnO₄/kg de fruto tiveram a ascensão climatérica praticamente suprimida.

O KMnO₄ foi eficiente em manter os frutos na fase pré-climatérica ao longo dos 25 dias que permaneceram embalados. Esse resultado confirma o de Liu (1970), trabalhando com bananas ‘Dwarf Cavendish’; e Liu et al. (1986), em experimento com maçãs ‘McIntosh’, em que os frutos apresentaram ascensão climatérica após a retirada da embalagem e do armazenamento em atmosfera controlada, respectivamente.

3.4. Produção de etileno

Os buquês tratados com KMnO₄ exibiram a ascensão climatérica do etileno nos dois primeiros dias após a retirada dos frutos das embalagens (Figura 6), enquanto os não-tratados apresentaram o climatério quando ainda estavam embalados e se encontravam no estágio pós-climatérico no dia da retirada das embalagens. Portanto, o KMnO₄ foi eficiente em oxidar o etileno produzido pelo fruto, dado que os buquês com esses tratamentos não amadureceram enquanto embalados.

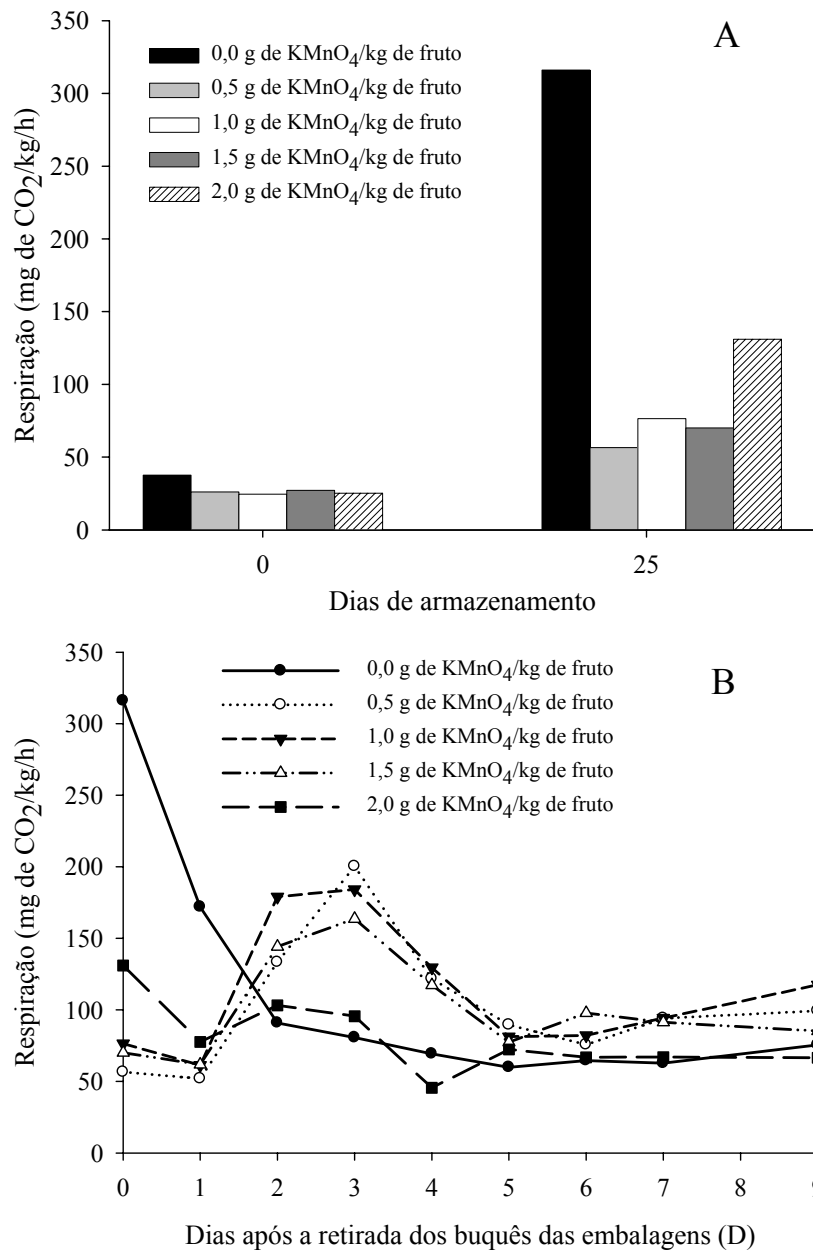


Figura 5 – Taxa respiratória (mg de CO₂/kg/h) da banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO₄: A) no dia do armazenamento e após a retirada dos buquês das embalagens e B) nos dias subsequentes à retirada dos frutos das embalagens.

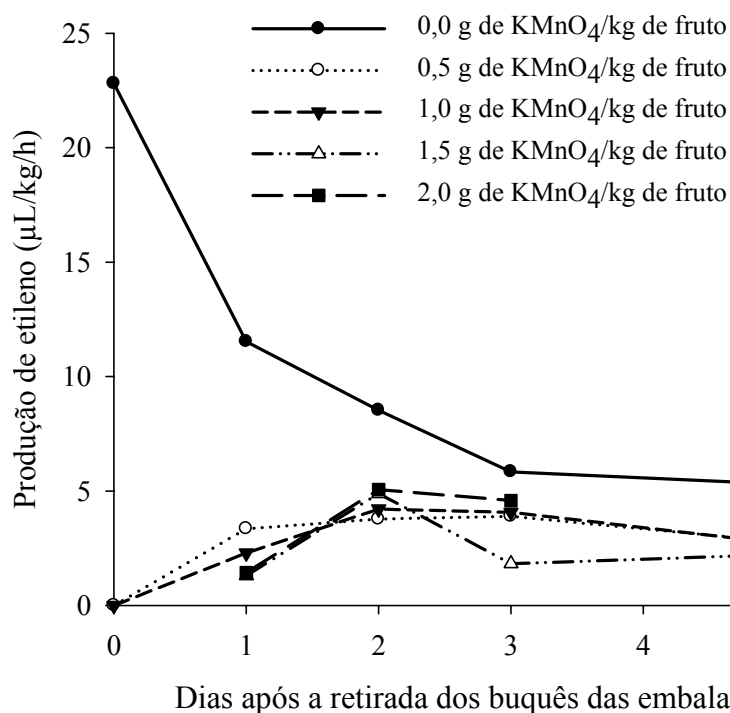


Figura 6 – Produção de etileno ($\mu\text{L}/\text{kg}/\text{h}$) pela banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO_4 , nos dias subsequentes à retirada dos buquês das embalagens.

O KMnO_4 retarda o amadurecimento por manter baixa concentração de etileno no período de armazenamento (WILLS et al., 1998).

Os frutos tratados com KMnO_4 tiveram comportamento climatérico normal com o etileno, e o pico climatérico do etileno ocorreu no 2^o dia (Figura 6), precedendo o da respiração em um dia (Figura 5B).

Maças ‘McIntosh’ armazenadas em câmaras com atmosfera controlada e baixas concentrações de etileno pelo uso de KMnO_4 (45 kg de purafil/câmara de armazenamento com capacidade para 30 milhões de toneladas de fruto) permaneceram no estágio pré-climatérico durante sete meses de armazenamento, e no dia da retirada dos frutos, nas condições de 20 °C, a produção de etileno foi de 0,65 $\mu\text{L}/\text{kg}/\text{h}$ (LIU et al., 1986).

3.5. Concentração de CO_2 e etileno no interior das embalagens

A concentração de CO_2 no interior das embalagens aumentou nas primeiras 12 horas de acondicionamento, e com 24 horas a concentração nas embalagens sem

KMnO₄ apresentava-se ligeiramente superior às demais (Figura 7A). A partir do 16^o dia, a concentração de CO₂ no interior das embalagens elevou-se rapidamente (Figura 7B).

Conforme descrito na metodologia, esse experimento foi montado à parte, e as amostragens de gases eram feitas sempre nas mesmas embalagens e os orifícios abertos pela agulha hipodérmica, vedados com fita adesiva. A possível má vedação desses orifícios pode ter permitido a entrada de O₂ do meio externo no interior das embalagens, reativando o processo respiratório e contribuindo para a elevação do teor de CO₂. Para confirmar essa hipótese, no 25^o dia de armazenamento as amostras gasosas foram retiradas de embalagens intactas. Observou-se que a concentração de CO₂ nas embalagens contendo KMnO₄ aproximou-se daquelas observadas nos primeiros 16 dias de armazenamento (Figura 7B), ficando entre 2 e 5%, considerada por Lana e Finger (2000) como concentração ótima de CO₂ para banana armazenada em atmosfera controlada e temperatura entre 12 e 15 °C. No entanto, nas embalagens sem KMnO₄ a concentração de CO₂ realmente se elevou, comparativamente aos primeiros dias de análise. Esses resultados confirmam o que foi inferido nos itens 3.3 e 3.4, ou seja, após 25 dias de armazenamento os frutos tratados com KMnO₄ encontravam-se na fase pré-climatérica, enquanto os não-tratados, na fase pós-climatérica.

O uso de KMnO₄ associado a embalagens de polietileno, em experimentos com banana ‘Dwarf Cavendish’, manteve a concentração de CO₂ menor que nas embalagens sem KMnO₄ ao longo de 13 dias de armazenamento (FUCHS; TEMKINGORODEISKI, 1971). Bananas ‘Williams’, embaladas em filmes de polietileno com sachês de KMnO₄ (25 g de vermiculita impregnada com solução saturada) e armazenadas a 20 °C, apresentaram concentração de CO₂ entre 3,2 e 10% durante os 15 dias em que ficaram embaladas, enquanto nas embalagens sem KMnO₄ a concentração foi de 2,8 a 20,7% no mesmo período (SCOTT et al., 1970).

Nota-se, na Figura 8, que o KMnO₄ foi eficiente em manter baixa concentração de etileno no interior das embalagens. Nas embalagens sem KMnO₄, a concentração de etileno elevou-se rapidamente a partir do 16^o dia, tal qual observado na concentração de CO₂. Nesse caso, a mesma justificativa anterior é válida.

Nas embalagens contendo sachês de KMnO₄, a concentração de etileno foi de 0,46 ± 0,83; 1,05 ± 2,36; e 0,77 ± 1,73 µL/L no dia da retirada dos buquês das embalagens nos tratamentos de 0,5; 1,0; e 1,5 g de KMnO₄/kg de fruto, respectivamente, e no tratamento de 2,0 g de KMnO₄/kg de fruto não foi possível detectar etileno no interior da embalagem. No entanto, nas embalagens sem KMnO₄ a

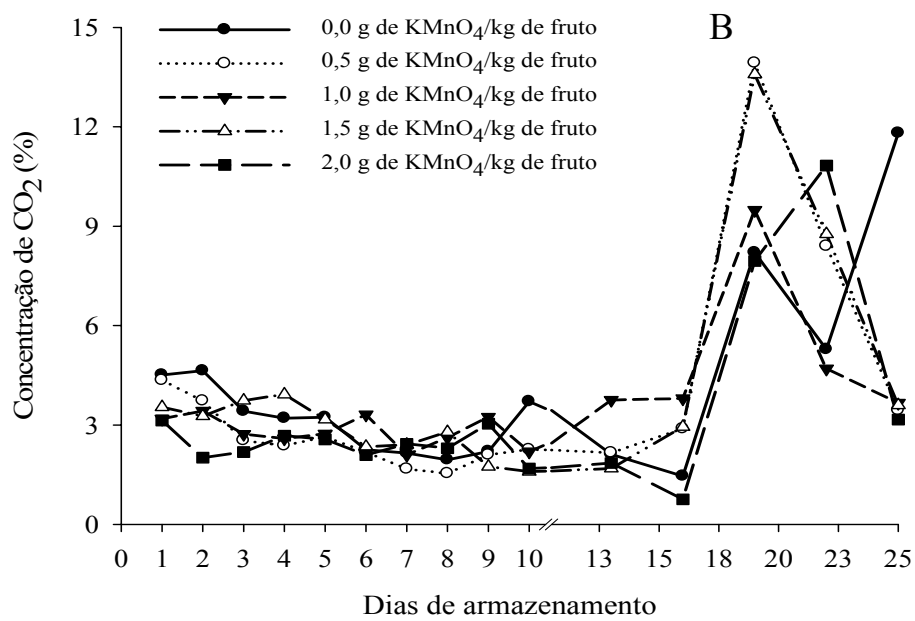
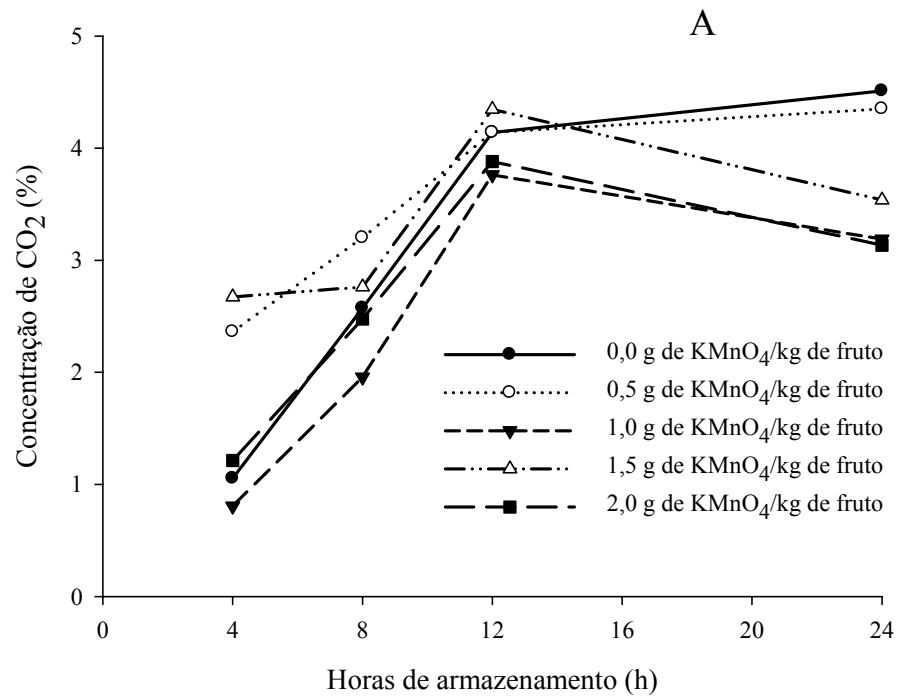


Figura 7 – Concentração de CO₂ no interior das embalagens: A) nas primeiras horas após o armazenamento dos frutos e B) durante 25 dias de armazenamento.

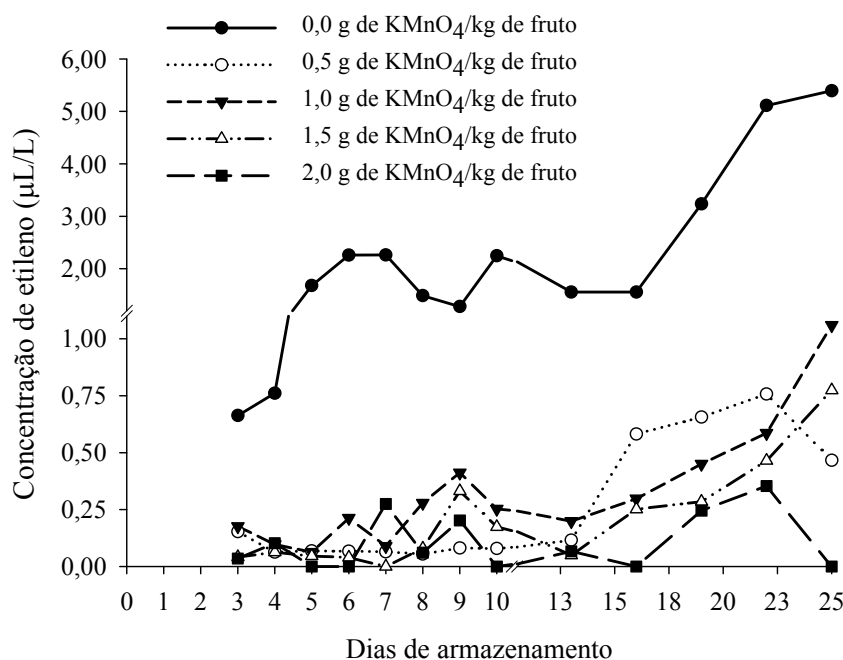


Figura 8 – Concentração de etileno no interior das embalagens, durante 25 dias de armazenamento de bananas ‘Prata’.

concentração de etileno foi de $5,39 \pm 3,41 \mu\text{L/L}$ no 25º dia. O KMnO_4 foi eficiente em manter o fruto na fase pré-climatérica, apesar de Scott (1969) ter afirmado que, para isso, é necessário manter a concentração de etileno inferior a $0,1 \mu\text{L/L}$.

Liu (1970) e Fuchs e Temkin-Gorodeiski (1971) também obtiveram comportamento semelhante em trabalhos com bananas. Em banana ‘Williams’ embalada em filmes de polietileno e com sachês de KMnO_4 (25 g de vermiculita impregnada com solução saturada de KMnO_4) e armazenada a 20°C , a concentração de etileno em 15 dias estava entre $0,004$ e $0,93 \mu\text{L/L}$, enquanto nas embalagens sem KMnO_4 a concentração foi de $0,06$ a $7,9 \mu\text{L/L}$ no mesmo período (SCOTT et al., 1970).

3.6. Consistência

No dia da retirada dos buquês das embalagens, os frutos do tratamento sem KMnO_4 diferiram estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett, daqueles da testemunha (dia do armazenamento), enquanto os dos demais tratamentos não apresentaram diferença estatística (Quadro 3). Logo, o KMnO_4 foi efetivo em manter os frutos firmes durante os 25 dias de acondicionamento. Esses dados

Quadro 3 – Médias e coeficientes de variação amostral da consistência da polpa de banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO₄, após 25 dias de armazenamento

Tratamentos (C;D) ¹	Consistência (kPa)	Coefficiente de Variação Amostral (%)
Testemunha ²	812,22	1,34
(0,0; 25)	155,17 *	15,12
(0,5; 25)	784,65	6,13
(1,0; 25)	821,86	2,20
(1,5; 25)	848,81	4,59
(2,0; 25)	836,45	1,14

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade; ¹C (g de KMnO₄/kg de fruto); D (dia da retirada dos buquês das embalagens); e ²Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento.

confirmam os de Zica e Brune (1973), que observaram que bananas ‘Prata’ embaladas em polietileno associado a KMnO₄ e armazenadas a 22 ± 1 °C apresentaram firmeza de polpa constante durante 25 dias de armazenamento, enquanto os frutos sem KMnO₄ começaram a perder firmeza a partir do 13^o dia de armazenamento. Bananas ‘Williams’ armazenadas a 28 °C em embalagens de polietileno contendo KMnO₄ mostraram-se com maior firmeza de polpa após 38 dias de armazenamento em relação ao tratamento sem KMnO₄; depois da retirada dos frutos da embalagem, o amadurecimento ocorreu normalmente (SCOTT et al., 1970).

Após a retirada dos frutos e dos absorvedores de etileno das embalagens, essa variável apresentou comportamento logístico em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO₄ (Figura 9).

Os frutos dos tratamentos sem KMnO₄ apresentaram consistência próxima a 140 kPa no dia da retirada das embalagens, a qual permaneceu praticamente constante até o 3^o dia. Em seguida houve redução rápida até o 6^o dia, estabilizando-se em aproximadamente 50 kPa até o 9^o dia após a retirada dos buquês das embalagens (Figura 9). O amolecimento dos frutos ainda na embalagem pode ter ocorrido devido às elevadas concentrações de CO₂ e etileno na embalagem. A manutenção da consistência de Kiwi armazenado em atmosfera controlada é influenciada pela presença ou ausência de etileno no ambiente, pois a adição deste acelera o amolecimento dos frutos, e as maiores concentrações de CO₂ favorecem a maior consistência de polpa (ARPAIA et al., 1985). Alta concentração de CO₂ em atmosfera modificada inibe a quebra das

substâncias pécicas, e a textura é retida mais firme por um longo período de tempo (WILLS et al., 1998).

Os frutos tratados com KMnO_4 tiveram comportamento similar entre si e mantiveram-se consistentes até o 1º dia; a partir daí houve acentuada redução de consistência até o 3º dia, atingindo médias de aproximadamente 220 kPa e, em seguida, teve redução lenta até o 5º dia e depois tendeu à estabilização até o 9º dia, com consistência de polpa próxima a 150 kPa (Figura 9). Observa-se, nessa figura, que, no dia 9, a consistência da polpa dos frutos tratados com KMnO_4 foi semelhante à dos sem KMnO_4 no dia da remoção das embalagens (Figura 9). No entanto, a combinação de fatores como o amolecimento excessivo da polpa e o amarelecimento anormal da casca, observados a partir da retirada da embalagem, tornou os frutos impróprios para o consumo.

—————	0,0 g de KMnO_4 /kg de fruto	$\hat{Y} = 40,1419 + 99,1097/(1 + (D/4,6126)^{4,3613})$	$R^2 = 0,8537$
.....	0,5 g de KMnO_4 /kg de fruto	$\hat{Y} = 139,5482 + 679,6118/(1 + (D/2,4805)^{5,6585})$	$R^2 = 0,9910$
-----	1,0 g de KMnO_4 /kg de fruto	$\hat{Y} = 147,2117 + 678,0542/(1 + (D/2,3809)^{5,6863})$	$R^2 = 0,9929$
-.-.-.-.-	1,5 g de KMnO_4 /kg de fruto	$\hat{Y} = 145,3166 + 687,27838/(1 + (D/2,3571)^{6,1209})$	$R^2 = 0,9909$
-----	2,0 g de KMnO_4 /kg de fruto	$\hat{Y} = 142,8611 + 694,6747/(1 + (D/2,4069)^{5,2103})$	$R^2 = 0,9916$

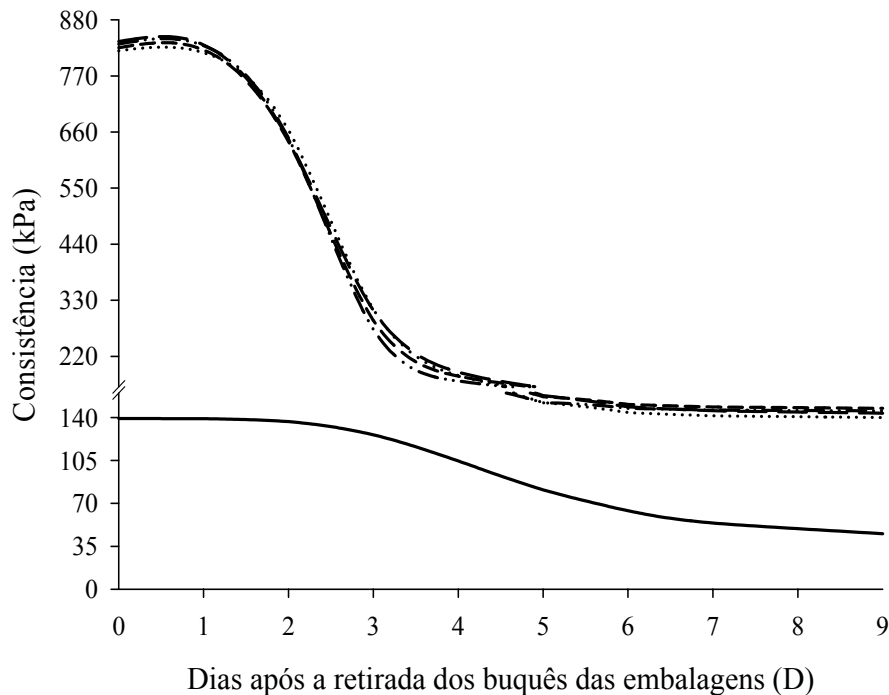


Figura 9 – Estimativa da consistência da polpa de banana ‘Prata’, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO_4 .

A perda de consistência da polpa dos frutos tratados com KMnO_4 coincidiu com a ascensão climatérica. A partir do 5^o dia, a consistência manteve-se praticamente inalterada, coincidindo com o estágio de cor da casca 6 (fruto próprio para o consumo).

Maçã ‘Gala’ armazenada em atmosfera controlada à temperatura de 1 °C, associada à baixa concentração de etileno, obtida por filtros químicos preenchidos com vermiculita impregnada com KMnO_4 , apresentou, após 8,5 meses de armazenamento, consistência de polpa próxima àquela do início do armazenamento, e sete dias após a exposição dos frutos à temperatura ambiente (20 °C) ela permaneceu mais alta que a dos frutos-controle (BRACKMANN; CERETTA, 1999; BRACKMANN; SAQUET, 1999). Maçã ‘McIntosh’ armazenada a 3,3 °C em atmosfera controlada e baixa concentração de etileno pelo uso de KMnO_4 (45 kg de KMnO_4 por câmara com capacidade para 30 milhões de toneladas de fruto) após 7,5 meses de armazenamento apresentaram a mesma firmeza do dia da colheita; após 7 dias a 20 °C, a firmeza dos frutos no armazenamento convencional permaneceu mais baixa em relação aos expostos à baixa concentração de etileno (LIU et al., 1986).

3.7. Extravasamento de solutos

O KMnO_4 manteve a permeabilidade seletiva das membranas durante os 25 dias de armazenamento, dado que apenas o tratamento sem KMnO_4 apresentou-se estatisticamente diferente da testemunha (dia do armazenamento) no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett (Quadro 4). Nos demais tratamentos, a perda de eletrólitos não se alterou, indicando manutenção da permeabilidade seletiva.

O extravasamento de solutos apresentado pelos frutos nos dias subseqüentes à retirada das embalagens teve equações ajustadas do tipo sigmoidal, exceto na concentração de 0,0 g de KMnO_4 /kg de fruto, que foi constante, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO_4 (Figura 10).

A perda de eletrólitos nos frutos armazenados sem KMnO_4 foi constante e elevada ao longo dos dias de avaliação (Figura 10). Isso aconteceu porque os frutos desse tratamento já se encontravam na fase pós-climatérica, e, portanto, as membranas celulares já haviam perdido sua permeabilidade seletiva. Os frutos tratados com KMnO_4 apresentaram comportamento semelhante entre si. Neles, a perda de eletrólitos foi praticamente constante até o 2^o dia, a partir de quando houve perda acelerada até o 7^o dia e, em seguida, pequeno incremento na perda de eletrólitos (Figura 10).

Quadro 4 – Médias e coeficientes de variação amostral do extravasamento de solutos (perda de eletrólitos) da casca de banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO₄, após 25 dias de armazenamento

Tratamentos (C;D) ¹	Extravasamento de Solutos (%)	Coefficiente de Variação Amostral (%)
Testemunha ²	8,51	1,54
(0,0; 25)	31,99 *	38,29
(0,5; 25)	9,19	7,31
(1,0; 25)	13,78	69,16
(1,5; 25)	9,71	3,07
(2,0; 25)	9,68	11,38

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade; ¹C (g de KMnO₄/kg de fruto); D (dia da retirada dos buquês das embalagens); e ²Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento.

Erro!

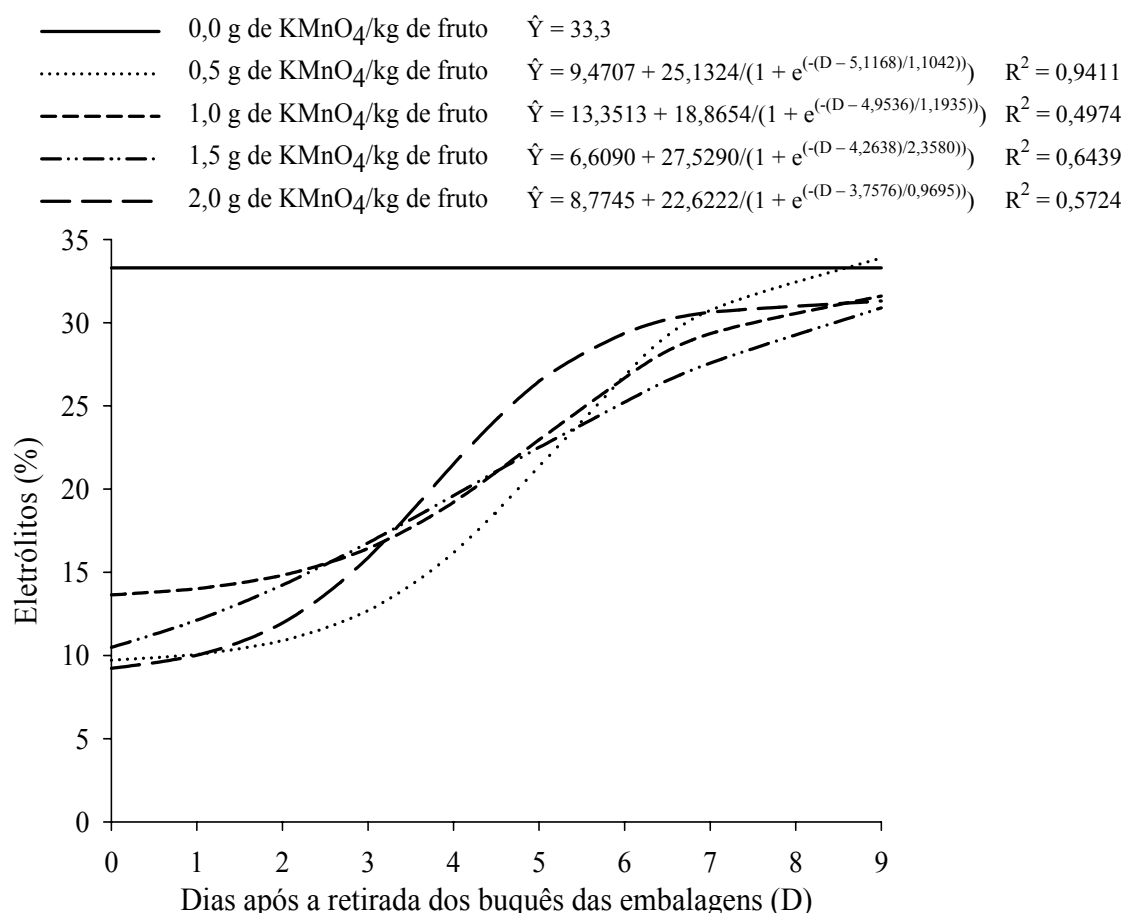


Figura 10 – Estimativa do extravasamento de solutos (perda de eletrólitos) da casca de banana ‘Prata’, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO₄.

A perda de eletrólitos pelos frutos tratados com KMnO_4 coincidiu com a ascensão climatérica e indicou que, depois de ocorrido o pico climatérico, por volta do 3º dia (Figura 5B), a perda de permeabilidade seletiva das membranas foi acelerada (Figura 10). Portanto, essa perda está ligada ao amadurecimento e à senescência da banana ‘Prata’. Segundo Palmer (1971), durante o amadurecimento as membranas celulares perdem integridade, o que resulta em vazamento de solutos. Essas mudanças na funcionalidade da membrana são resultantes do decréscimo da fluidez dos lipídios e modificação estrutural e do declínio das proteínas da membrana durante a senescência (SEREK et al., 1995).

3.8. Teor de sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis totais não se alterou nos frutos tratados com KMnO_4 durante os 25 dias de armazenamento, em relação à testemunha no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett (Quadro 5). Nos frutos não-tratados, a média elevou-se de 8,40 para 21,07 °Brix.

Quadro 5 – Médias e coeficientes de variação amostral do teor de sólidos solúveis totais da banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO_4 , após 25 dias de armazenamento

Tratamentos (C;D) ¹	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	Coefficiente de Variação Amostral (%)
Testemunha ²	8,40	5,68
(0,0; 25)	21,07 *	18,05
(0,5; 25)	7,51	52,39
(1,0; 25)	9,96	62,66
(1,5; 25)	7,43	19,02
(2,0; 25)	8,87	41,22

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade; ¹C (g de KMnO_4 /kg de fruto); D (dia da retirada dos buquês das embalagens); e ²Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento.

Nos dias subseqüentes à retirada dos frutos das embalagens, essa variável apresentou comportamento logístico, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO_4 (Figura 11).

- 0,0 g de KMnO₄/kg de fruto $\hat{Y} = 21,4$
- 0,5 g de KMnO₄/kg de fruto $\hat{Y} = 7,2424 + 18,7118/(1 + (D/2,2262)^{4,0002})$ $R^2 = 0,9331$
- 1,0 g de KMnO₄/kg de fruto $\hat{Y} = 8,3006 + 18,4361/(1 + (D/2,3162)^{-3,9615})$ $R^2 = 0,8844$
- 1,5 g de KMnO₄/kg de fruto $\hat{Y} = 6,9090 + 19,6657/(1 + (D/1,9792)^{-3,6074})$ $R^2 = 0,9640$
- — — 2,0 g de KMnO₄/kg de fruto $\hat{Y} = 8,1479 + 16,6172/(1 + (D/2,2359)^{-4,6281})$ $R^2 = 0,9082$

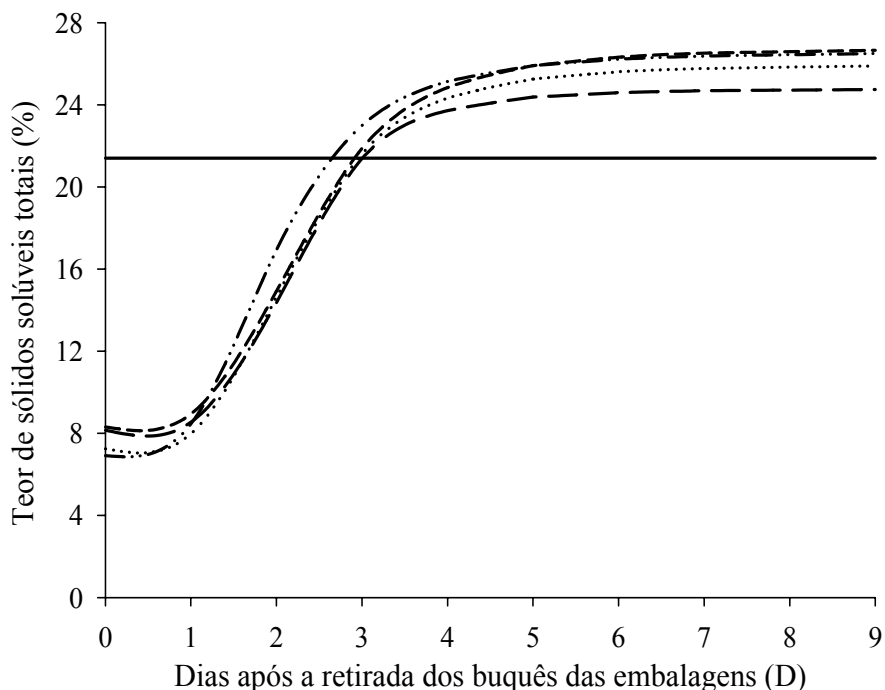


Figura 11 – Estimativa do teor de sólidos solúveis totais da polpa de banana ‘Prata’, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO₄.

O teor de sólidos solúveis totais dos frutos não tratados com KMnO₄ permaneceu constante após a retirada dos buquês das embalagens (Figura 11). Entretanto, aqueles tratados com KMnO₄ tiveram comportamento similar, e até o 1º dia os teores de sólidos solúveis totais permaneceram praticamente constantes e, em seguida, houve aumento rápido até o 3º dia e acréscimo lento até o 5º dia, estabilizando-se daí até o 9º dia, entre 24 e 26 °Brix (Figura 11). Depois do 3º dia, o teor de sólidos solúveis totais dos frutos sem KMnO₄ ficou menor que o dos demais tratamentos (Figura 11). Isso pode ter acontecido porque os frutos desse tratamento já se encontravam na fase pós-climatérica e estavam consumindo reservas ou por não ter havido a hidrólise completa do amido no período em que permaneceram embalados.

O teor de sólidos solúveis totais dos frutos tratados com KMnO₄ teve comportamento coincidente com o climatério, dado que o aumento acentuado nesse teor

iniciou juntamente com o climatério respiratório e de etileno (Figuras 5 e 6, respectivamente) e atingiu o teor máximo no 5^o dia, que coincide com o índice de cor da casca 6 (Figuras 2 e 3).

3.9. Acidez titulável

Os frutos do tratamento sem KMnO₄ apresentaram diferença em relação à testemunha (dia do armazenamento), no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett. No entanto, os tratados com KMnO₄ permaneceram com acidez titulável estatisticamente igual àquela apresentada no dia do armazenamento (Quadro 6).

Quadro 6 – Médias e coeficientes de variação amostral do teor de acidez titulável da banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO₄, após 25 dias de armazenamento

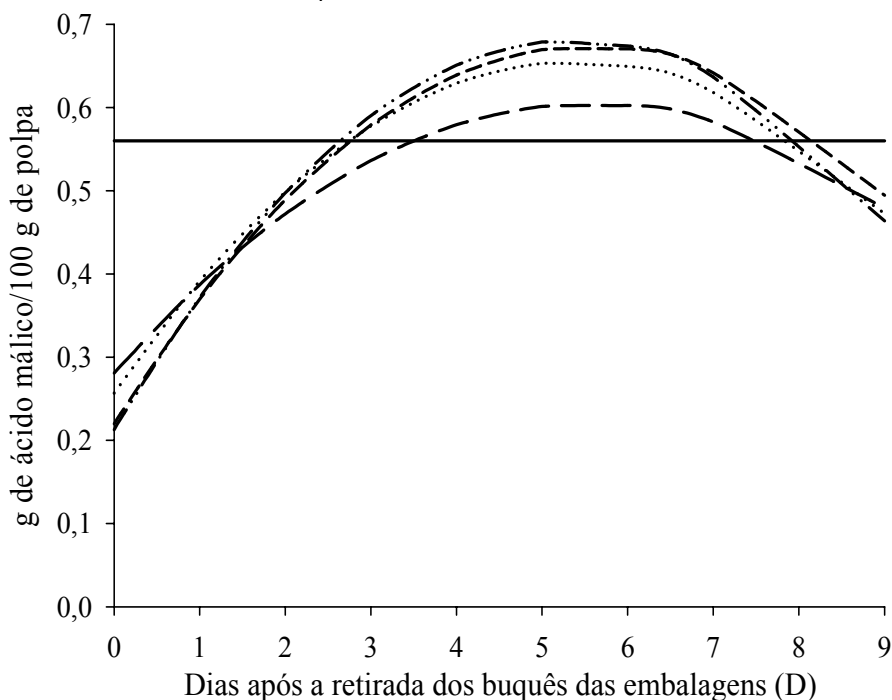
Tratamentos (C;D) ¹	Acidez Titulável ²	Coefficiente de Variação Amostral (%)
Testemunha ³	0,22	2,22
(0,0; 25)	0,59*	30,99
(0,5; 25)	0,35	65,70
(1,0; 25)	0,27	26,92
(1,5; 25)	0,23	4,33
(2,0; 25)	0,34	66,99

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade; ¹C (g de KMnO₄/kg de fruto); D (dias da retirada dos buquês das embalagens); ²Acidez titulável (g de ácido málico/100 g de polpa); e ³Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento.

A acidez titulável em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO₄ teve comportamento quadrático (Figura 12), exceto na concentração de 0,0 g de KMnO₄/kg de fruto.

A acidez titulável apresentada pelos frutos sem KMnO₄ já era alta no dia 0 de avaliação e permaneceu constante (Figura 12), porque as bananas se apresentavam na fase pós-climatérica. Porém, não atingiu o teor máximo alcançado pelos demais tratamentos, como também foi observado nos sólidos solúveis totais (Figura 11). Isso evidencia o amadurecimento anormal no interior das embalagens.

—————	0,0 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 0,56$
.....	0,5 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 0,256715 + 0,148425^{**}D - 0,0138280^{**}D^2$ $r^2 = 0,7756$
-----	1,0 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 0,222031 + 0,164187^{**}D - 0,0148546^{**}D^2$ $r^2 = 0,8551$
- · - · - · -	1,5 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 0,212947 + 0,174762^{**}D - 0,0163228^{**}D^2$ $r^2 = 0,8622$
— · — · —	2,0 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 0,280843 + 0,116676^{**}D - 0,0105128^{**}D^2$ $r^2 = 0,7622$



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste 't' de Student

Figura 12 – Estimativa da acidez titulável (g de ácido málico/100 g de polpa) da polpa de banana 'Prata', em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO₄.

Nos tratamentos com KMnO₄, os frutos apresentaram comportamento semelhante, com a acidez titulável atingindo o teor máximo entre 0,60 e 0,68 g de ácido málico/100 g de polpa, entre o quinto e sexto dias, diminuindo a partir daí até atingir teores menores que 0,50 g de ácido málico/100 g de polpa, indicando que os frutos entraram no estágio pós-climatérico. A faixa de acidez titulável encontrada foi semelhante à de Fernandes et al. (1979). Entre os dias 5 e 6, os frutos tratados com KMnO₄ estavam maduros na condição ideal de consumo, pois apresentavam índice de cor da casca 6 (completamente amarelos), polpa com baixa resistência (macios), teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável máximos.

Os frutos sem KMnO_4 , apesar da coloração verde, encontravam-se completamente maduros internamente no dia da retirada das embalagens e tornaram-se imprestáveis para o consumo. No entanto, os frutos assim tratados permaneceram na fase pré-climatérica durante os 25 dias que estavam embalados e tiveram amadurecimento normal após a retirada das embalagens.

O comportamento dessa variável em função dos dias após a retirada das embalagens confirma Sgarbieri e Figueiredo (1971) e Salomão (1995), que constataram que banana 'Nanica' e 'Mysore', respectivamente, exibem acidez orgânica baixa quando verde, que vai aumentando ligeiramente desde o início do amadurecimento até que a casca se torne completamente amarela e, logo após, decresce continuamente até os estádios de fruta completamente madura e muito madura. Wills et al. (1998) afirmaram que os maiores teores de ácidos orgânicos em banana são atingidos quando os frutos estão completamente maduros.

4. CONCLUSÕES

O KMnO_4 associado à embalagem plástica manteve baixa a concentração de CO_2 e etileno no interior das embalagens e foi eficiente em manter os frutos na fase pré-climatérica durante os 25 dias de armazenamento, possibilitando o transporte a longas distâncias.

Esse produto não interferiu no amadurecimento normal de banana 'Prata' após a retirada dos buquês das embalagens, independentemente da concentração usada.

A concentração de 0,5 g de KMnO_4/kg de fruto foi suficiente para manter as características originais de banana 'Prata' nos 25 dias que ficaram acondicionadas em embalagem plástica e não interferiu no amadurecimento dos frutos após a retirada da embalagem. Portanto, nas condições descritas neste trabalho essa concentração seria adequada para o armazenamento de banana 'Prata'.

CAPÍTULO 2

EFEITO DO PERMANGANATO DE POTÁSSIO NA CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO PÓS-COLHEITA DE BANANA ‘PRATA’ ARMAZENADA SOB REFRIGERAÇÃO

RESUMO

O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito do KMnO_4 associado à embalagem plástica no prolongamento da vida pós-colheita e na manutenção e conservação da qualidade da banana ‘Prata’ (*Musa* spp. AAB) armazenada sob refrigeração. Utilizaram-se sachês de KMnO_4 , os quais foram inseridos em sacos de polietileno de baixa densidade com 28 μm de espessura, contendo buquês de quatro frutos com peso médio de $514,01 \pm 33,03$ g. As concentrações de KMnO_4 utilizadas foram de 0,0; 0,125; 0,250; 0,375; e 0,500 g de KMnO_4/kg de fruto. Os buquês embalados foram mantidos por 25 dias em câmara fria com temperatura média de $16,56 \pm 0,81$ °C e umidade relativa do ar de $90 \pm 5\%$. Após esse período, os frutos foram retirados das embalagens e mantidos à temperatura média de $22,11 \pm 1,37$ °C até o completo amadurecimento. As avaliações ocorreram no dia do armazenamento, no dia da retirada dos buquês das embalagens e, a partir daí, diariamente (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9 dias após a retirada das embalagens). O experimento foi organizado no arranjo experimental em parcelas subdivididas no tempo, em que as concentrações de KMnO_4

constituíram as parcelas e os dias de avaliação, as subparcelas, no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. A análise dos dados foi feita por meio das análises de variância e regressão. Os modelos de regressão linear foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão no nível de 5% de probabilidade, pelo teste 't' de Student, no coeficiente de determinação e no potencial para explicar o fenômeno biológico, enquanto para os não-lineares foram selecionados com base nos dois últimos critérios. Além disso, aplicou-se o teste de Dunnett para comparar as características dos frutos do dia do armazenamento com as do dia da retirada das embalagens. Para a variável concentração de CO₂ foi montado um experimento à parte, com as cinco doses de KMnO₄ e cinco repetições, avaliado ao longo dos 25 dias de armazenamento refrigerado, sendo a análise dos dados descritiva. A concentração de CO₂ nas embalagens aumentou até 12 horas após o acondicionamento e, a partir desse momento, tendeu à estabilização nos tratamentos com 0,0; 0,125; 0,250; e 0,375 g de KMnO₄/kg de fruto, enquanto no tratamento com 0,5 g/kg de fruto continuou aumentando durante 24 horas. No 25^o dia de armazenamento, as embalagens sem KMnO₄ apresentavam-se com maior concentração de CO₂. Os frutos tratados com KMnO₄ exibiram climatério respiratório nos três primeiros dias subseqüentes à retirada da embalagem, enquanto o sem KMnO₄ teve sua ascensão praticamente suprimida. Durante os 25 dias de armazenamento, os frutos sem KMnO₄ tornaram-se menos consistentes e com maior acidez titulável, extravasamento de solutos e casca mais amarela em relação aos demais tratamentos. No entanto, os tratados com 0,250 e 0,375 g de KMnO₄/kg de fruto preservaram suas características originais, isto é, continuavam na fase pré-climatérica, enquanto os tratados com 0,125 e 0,500 g de KMnO₄/kg de fruto encontravam em estado mais adiantado de amadurecimento. Os frutos sem KMnO₄ apresentaram acidez titulável máxima no 3^o dia, quando já se encontravam com o máximo teor de sólidos solúveis totais e baixa resistência da polpa (moles). Além disso, esses frutos apresentaram menor teor de sólidos solúveis totais e atingiram a acidez titulável máxima antes dos demais tratamentos. Apesar disso, eles não se tornaram impróprios para o consumo. Nos demais tratamentos houve amadurecimento normal após a retirada da embalagem e exposição à temperatura ambiente.

1. INTRODUÇÃO

A banana é um fruto climatérico grande produtor de etileno e sensível a concentrações de $0,1 \mu\text{L.L}^{-1}$ desse gás (SCOTT, 1969), resultando em vida pós-colheita curta. Para prolongar a vida de prateleira da banana, é necessário utilizar tecnologias que reduzam ou removam o etileno do ambiente de armazenamento, e isso pode ser conseguido usando produtos como o KMnO_4 . Este oxida o etileno produzido pelo próprio fruto durante o amadurecimento, alongando, assim, a fase pré-climatérica e a vida pós-colheita (RESENDE et al., 2001).

A associação de KMnO_4 com atmosfera modificada manteve a qualidade da banana 'Prata' (*Musa* sp.) armazenada a $12\text{ }^\circ\text{C}$ (BRACKMAN et al., 2002) e da banana 'Williams' estocada à temperatura de $12,8\text{ }^\circ\text{C}$, não interferindo no amadurecimento normal a $20\text{ }^\circ\text{C}$ após a remoção da embalagem (SCOTT; GANDANEGARA, 1974).

Os efeitos da absorção de etileno são menores em relação aos da baixa temperatura. Em trabalho realizado com abacate armazenado a $7\text{ }^\circ\text{C}$, a concentração de CO_2 dentro da embalagem com absorvedor de etileno foi ligeiramente menor que nas sem o absorvedor, enquanto a $3\text{ }^\circ\text{C}$ a concentração de CO_2 nas embalagens foi ligeiramente maior quando se usou absorvedor de etileno (ZAMORANO et al., 1994). Em pêras 'Bartlett' armazenadas a $-1\text{ }^\circ\text{C}$ por três meses, os frutos ficaram firmes e verdes e amadureceram normalmente a $20\text{ }^\circ\text{C}$, independentemente da exposição a maiores ou menores concentrações de etileno (BOWER et al., 2003).

Para frutos climatéricos como a banana, temperaturas baixas retardam o início do amadurecimento, pois reduzem a taxa respiratória e o metabolismo geral (WILLS et al., 1998).

A banana apresenta sintomas de injúria por frio em temperaturas relativamente altas (12 °C); em temperaturas baixas, os sintomas se tornam mais sérios (NGUYEN et al., 2003). Devido a essa elevada sensibilidade da banana à injúria por frio, a temperatura adequada para armazenamento é entre 14 e 16 °C (NGUYEN et al., 2003) e para bananas do subgrupo 'Prata', cerca de 16 °C (LICHTEMBERG, 1999).

Conforme diversos autores, citados por Resende et al. (2001), o uso de embalagem de polietileno juntamente com absorvedores de etileno e baixas temperaturas promove aumento considerável na vida de prateleira dos frutos, por incrementar a concentração de CO₂, reduzir a perda de água e a respiração, inibir a ação do etileno e, conseqüentemente, diminuir o metabolismo da banana. Baixas temperaturas reduzem a capacidade do ambiente em absorver umidade, e, como conseqüência, o produto tem menor perda de água (FONTES et al., 1999).

O armazenamento de cachos de banana 'Williams' a 13 °C, embalados em tubos de polietileno de baixa densidade com 0,1 mm de espessura, juntamente com sachês de KMnO₄ (100 g de vermiculita impregnada com solução saturada de KMnO₄), resultou em conservação dos cachos por 16 semanas, enquanto a 20 °C esse tempo caiu para cinco a seis semanas. No armazenamento a 13 °C, os frutos amadureceram normalmente quando removidos das embalagens, e o fator limitante para a vida de prateleira foi a podridão da haste (SATYAN et al., 1992). Em mangas 'Palmer', a utilização de temperatura baixa (13 °C) retardou o amadurecimento em relação ao armazenamento em condições ambientes e o KMnO₄ não interferiu na conservação desses frutos (JERÔNIMO; KANESIRO, 2000).

Este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito do KMnO₄ associado a sacos de polietileno de baixa densidade na conservação e manutenção da qualidade pós-colheita de banana 'Prata' armazenada sob refrigeração.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Cachos de banana ‘Prata’ (*Musa* spp. AAB) foram obtidos em pomar comercial em Cajuri (latitude: 20° 47’ 26” S, longitude: 42° 47’ 48” W e altitude: 698 m), Minas Gerais, em 24 de setembro de 2004. Dos quais foram selecionadas a segunda, terceira e quarta pencas, eliminando-se frutos danificados, doentes e malformados. As bananas na colheita tinham diâmetro médio de 35 mm e se encontravam no estágio pré-climatérico (cor de casca verde). As pencas foram transportadas, em caixas forradas com plástico bolha, para o Laboratório de Pós-Colheita da Universidade Federal de Viçosa, onde foram decompostas em buquês de quatro frutos com massa de $514,01 \pm 33,03$ g cada, que passaram por nova seleção. Em seguida, os buquês foram lavados com água mais detergente neutro a 0,2%, durante 5 min, para coagulação do látex e limpeza superficial, e logo após imersos em solução de fungicida Sportak, na dose de 110 mL/100 L de água por 5 min e secados ao ar.

Cada buquê foi acondicionado em embalagem hermética de polietileno de baixa densidade, com espessura de 28 μ m, retirando-se parcialmente com o auxílio de um aspirador de pó. No interior de cada embalagem foram incluídos sachês de KMnO_4 em cinco concentrações (0,0; 0,125; 0,250; 0,375; e 0,500 g/kg de fruto, sendo 0, 1, 2, 3 e 4 sachês por embalagem, respectivamente). Foram preparados sachês com 0,0625 g de KMnO_4 cada. Para isso, 2,5 g de vermiculita expandida foram impregnados com 2,5 mL de solução aquosa de KMnO_4 0,250 g/10 mL de solução e secados em estufa a 60 °C. A seguir, esse material foi acondicionado em sachês de papel poroso e armazenado em sacos de polietileno, em geladeira, até o momento de ser utilizado.

Após a embalagem, os buquês foram armazenados por 25 dias em câmara fria, visto que esse período é suficiente para realizar transporte a longas distâncias, por exemplo a exportação via navio para o mercado europeu. A temperatura média da câmara foi de $16,56 \pm 0,81$ °C e umidade relativa do ar de $90 \pm 5\%$.

Após esse período, os buquês foram retirados das embalagens e mantidos na câmara à temperatura ambiente, com média de $22,11 \pm 1,37$ °C, até o completo amadurecimento. As amostragens foram feitas no dia do armazenamento, no dia da retirada dos buquês das embalagens (25^o dia de armazenamento) e, a partir daí, diariamente (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9 dias após a retirada das embalagens). As amostras foram utilizadas para análises dos frutos quanto a coloração, perda de matéria fresca e respiração, para exame da polpa quanto a consistência, extravasamento de solutos, teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável. Além dessas, foi feita a análise de concentração de CO₂ no interior das embalagens.

O experimento foi conduzido em parcelas subdivididas no tempo, tendo-se nas parcelas as cinco concentrações de KMnO₄ e, nas subparcelas, os nove dias de amostragem (após a retirada dos buquês das embalagens), sendo a unidade experimental constituída do buquê de quatro frutos. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. A análise dos dados foi por meio das análises de variância e regressão. Os modelos de regressão linear foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão no nível de 5% de probabilidade, pelo teste “t” de Student, no coeficiente de determinação e no potencial de explicar o fenômeno biológico; os não-lineares foram selecionados com base nos dois últimos critérios. Independentemente de a interação concentração *versus* dias de avaliação ser ou não significativa, optou-se pelo seu desdobramento, dado o interesse em estudo. Também foi realizado o teste de Dunnett a 5% de probabilidade, para comparar a testemunha (dia do armazenamento) com os frutos do dia da retirada das embalagens (25^o dia de armazenamento).

Para as análises de concentração de CO₂ no interior das embalagens foi montado um experimento à parte com as cinco concentrações de KMnO₄ e cinco repetições. As análises foram realizadas até o dia da retirada dos buquês das embalagens, sendo a análise estatística descritiva.

2.1. Análises

As metodologias das análises de índice de cor de casca, perda de matéria fresca, produção de CO₂, concentração de CO₂ no interior das embalagens, consistência, extravasamento de solutos, teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável foram semelhantes às descritas no Capítulo 1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Índice de cor da casca

O índice de cor da casca apresentou diferença estatística no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett, entre a testemunha (dia do armazenamento) e os tratamentos com 0,0; 0,125; e 0,500 g de KMnO_4/kg de fruto no dia da retirada dos buquês das embalagens (Quadro 1). Nos demais tratamentos não houve diferença estatística em relação à testemunha, o que indica que os frutos desses últimos permaneceram verdes durante os 25 dias de armazenamento (Quadro 1). Hernández (1973), trabalhando com plátanos ‘Maricongo’ e ‘Guayamero’, armazenados a 12,8 °C e embalados com polietileno mais 200 g de purafil por cacho (absorvedor de etileno), obteve frutos completamente verdes por 55 dias.

Após a remoção da embalagem, observou-se comportamento sigmoidal no índice de cor de casca em todos os tratamentos, em relação aos dias de avaliação (D), nas respectivas concentrações de KMnO_4 (Figura 1).

Os frutos dos tratamentos com 0,0; 0,125; e 0,500 g de KMnO_4/kg de fruto apresentaram estágio de coloração de casca mais avançado do que os tratamentos com 0,250 e 0,375 g de KMnO_4/kg de fruto no dia 0. Apesar disso, todos os tratamentos tiveram comportamento semelhante, sendo até o 1º dia a mudança de coloração lenta, e a partir do 2º dia o amarelecimento foi rápido até o 5º dia, atingindo o estágio 6 entre os dias 5 e 6. Daí em diante, a mudança de cor foi lenta, alcançando o estágio 7 apenas no dia 9 (Figuras 1 e 2).

Quadro 1 – Médias e coeficiente de variação amostral do índice de cor da casca de banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO₄, após 25 dias de armazenamento

Tratamentos (C; D) ¹	Índice de Cor de Casca	Coefficiente de Variação Amostral (%)
Testemunha ²	1,0	0,00
(0,000; 25)	1,8 *	58,92
(0,125; 25)	2,0 *	70,71
(0,250; 25)	1,0	0,00
(0,375; 25)	1,0	0,00
(0,500; 25)	2,0 *	0,00

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade; ¹C (g de KMnO₄/kg de fruto); D (dia da retirada dos buquês das embalagens); e ²Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento.

—————	0,0 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 1,8398 + 4,9502/(1 + e^{-(D - 4,0917)/1,1903})$	R ² = 0,7992
.....	0,125 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 1,0315 + 5,6421/(1 + e^{-(D - 3,3198)/1,2462})$	R ² = 0,8511
-----	0,250 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = -0,9640 + 7,9266/(1 + e^{-(D - 1,9673)/1,9998})$	R ² = 0,8226
-.-.-.-.-	0,375 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 0,7509 + 5,4983/(1 + e^{-(D - 2,6192)/0,8365})$	R ² = 0,9189
— — — —	0,500 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 1,1057 + 5,3403/(1 + e^{-(D - 2,8658)/1,0486})$	R ² = 0,8354

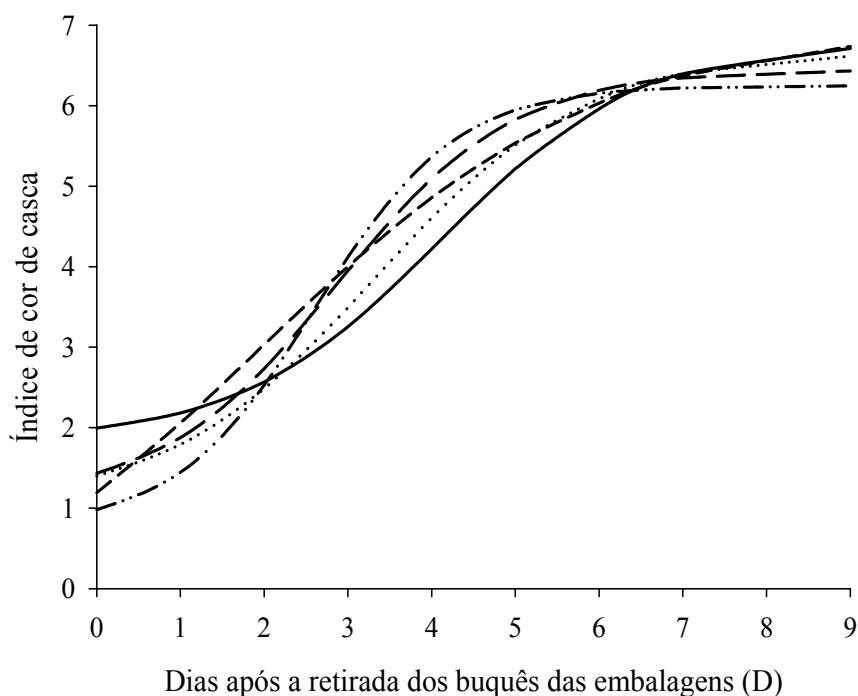


Figura 1 – Estimativa do índice de cor da casca de banana ‘Prata’, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO₄.

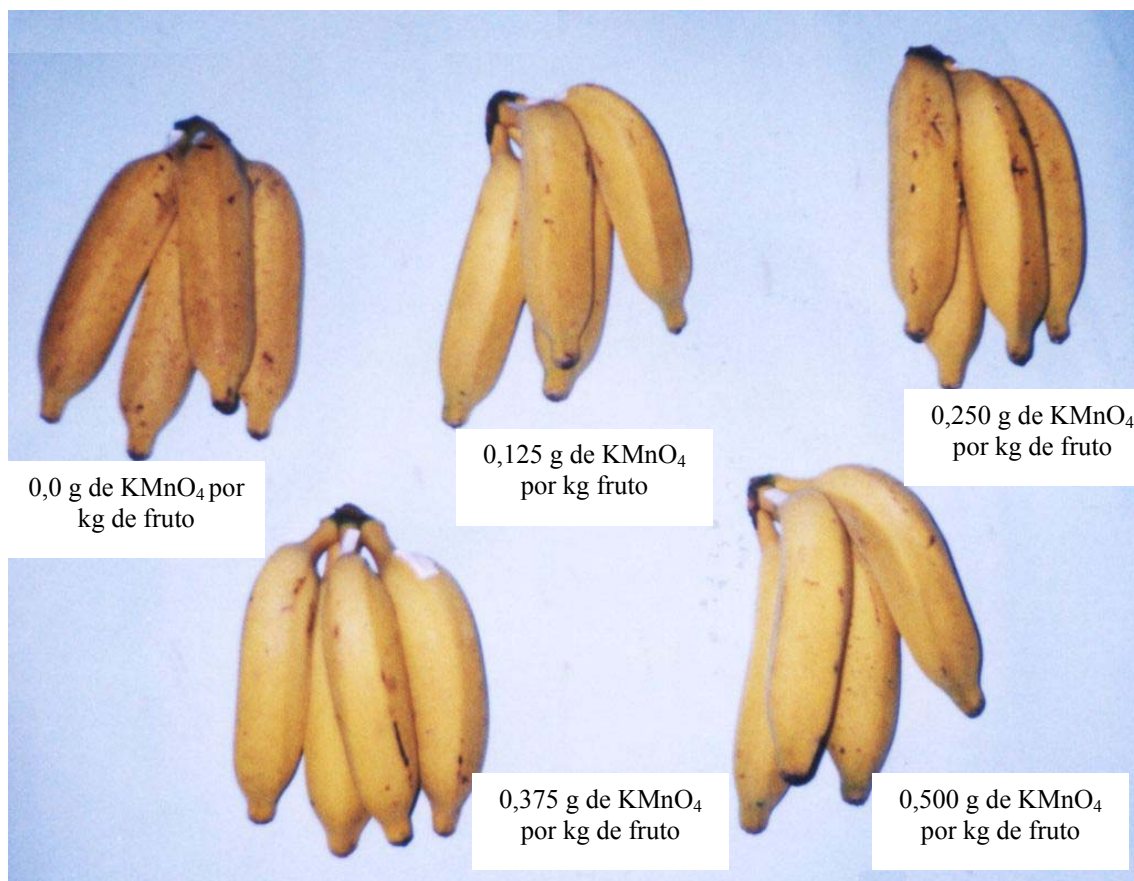


Figura 2 – Coloração da casca de banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO_4 , no 5º dia após a retirada dos buquês das embalagens.

Ao contrário do que foi observado no tratamento sem KMnO_4 do Capítulo 1 (armazenamento a $21,52 \pm 3,79$ °C), no qual os frutos apresentaram amarelecimento anormal da casca, neste experimento (armazenamento a $16,56 \pm 0,81$ °C), quando os buquês foram retirados das embalagens e mantidos à temperatura de $22,11 \pm 1,37$ °C, o amarelecimento da casca ocorreu normalmente (Figura 2). Com isso, pode-se se dizer que a baixa temperatura de armazenamento teve efeito marcante na conservação dos frutos, desacelerando seu metabolismo e não deixando claro o efeito do KMnO_4 , como ocorreu no Capítulo 1.

A mudança de cor da casca acompanhou a ascensão climatérica apresentada pelos frutos. A alteração rápida do índice de cor a partir do 1º dia coincidiu com a ascensão até atingir o pico no dia 4, ponto em que a cor da casca apresentou índice aproximadamente igual a 5,0. Quando atingiu o índice 6, em que o fruto está próprio para o consumo, a fase pós-climatérica já havia iniciado (ver item 3.3).

3.2. Perda de matéria fresca

A variável perda de matéria fresca apresentou diferença estatística a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett, entre a testemunha e os demais tratamentos no dia da retirada dos buquês das embalagens (Quadro 2), pois se considerou o dia do armazenamento como perda de matéria fresca zero ('0').

Quadro 2 – Médias e coeficientes de variação amostral da perda de matéria fresca de banana 'Prata' tratada com diferentes doses de KMnO_4 , após 25 dias de armazenamento

Tratamentos (C;D) ¹	Perda de Matéria Fresca (%)	Coefficiente de Variação Amostral (%)
Testemunha ²	0,00	0,00
(0,000; 25)	0,91 *	22,09
(0,125; 25)	0,83 *	31,29
(0,250; 25)	0,99 *	34,10
(0,375; 25)	1,24 *	41,85
(0,500; 25)	1,44 *	30,23

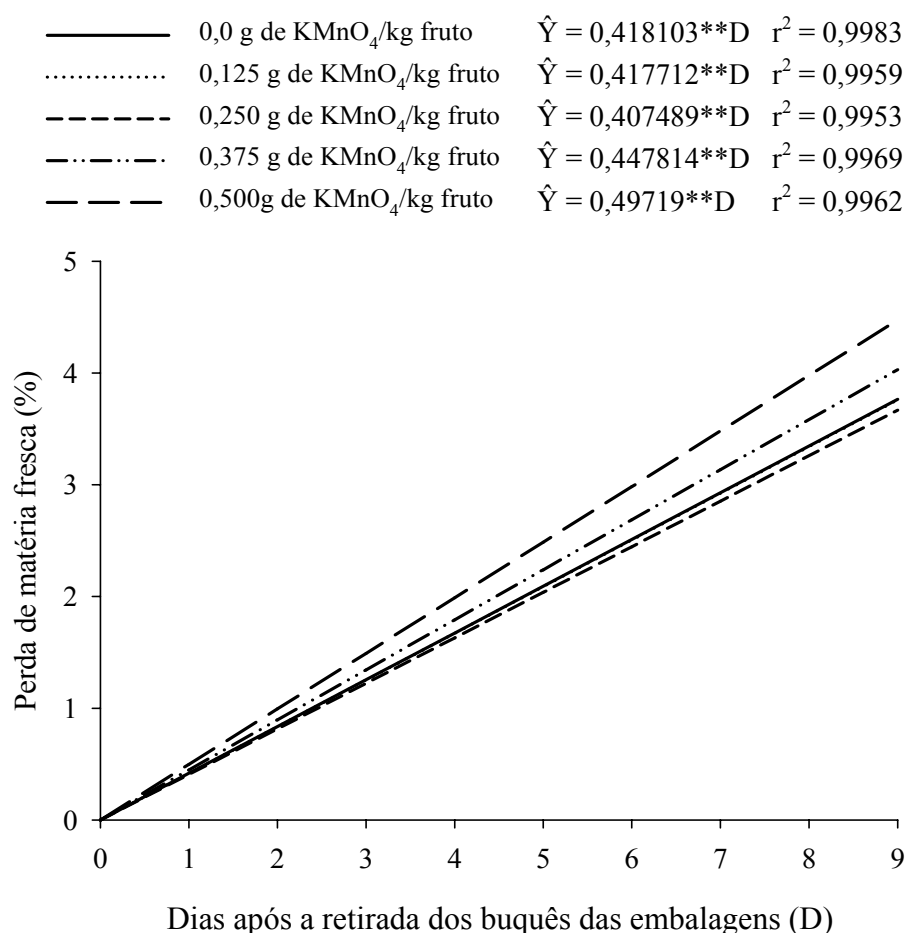
Médias seguidas de "*" diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade; ¹C (g de KMnO_4 /kg de fruto); D (dia da retirada dos buquês das embalagens); e ²Média da perda de matéria fresca no dia do armazenamento.

A perda de matéria fresca apresentada pelos frutos nos 25 dias de armazenamento, neste experimento (Quadro 2), foi aproximadamente a metade daquela do experimento a $21,52 \pm 3,79$ °C (Quadro 2 – Capítulo 1). Isso pode ser explicado pelo uso da temperatura mais baixa, que desacelera o metabolismo e, além disso, torna o filme plástico mais denso e menos permeável ao vapor de água e, conseqüentemente, a umidade relativa mais elevada no interior da embalagem, reduzindo a transpiração.

A variável perda de matéria fresca apresentou comportamento linear, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO_4 (Figura 3).

A perda de matéria fresca acumulada cresceu à medida que os frutos foram amadurecendo. Com o amadurecimento dos frutos, as membranas celulares vão perdendo sua permeabilidade seletiva (Figura 7), portanto perdendo mais eletrólitos e água (PALMER, 1971) e, conseqüentemente, há maior perda de matéria fresca.

Os tratamentos com 0,375 e 0,5 g de KMnO_4/kg de fruto apresentaram maior perda de matéria fresca durante todos os dias de avaliação, sendo a perda maior no tratamento com 0,5 g/kg de fruto (Figura 3).



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste 't' de Student

Figura 3 – Estimativa da perda de matéria fresca de banana 'Prata', em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO_4 .

Segundo Finger et al. (1995), a perda de matéria fresca afeta a fase pré-climatérica de banana 'Robusta' (*Musa acuminata* Colla). Perda de 5% de matéria fresca reduz em sete dias, e perda de 10% reduz em 10 dias o período pré-climatérico.

Observou-se que houve perda de matéria fresca relativamente baixa (entre 0,8 e 1,5%) durante os 25 dias em que os frutos permaneceram embalados (Quadro 2). Segundo Sousa et al. (2000), isso pode ser explicado pela baixa permeabilidade do filme plástico ao vapor de água, que resulta na manutenção de alta umidade relativa ao redor do fruto, o que propicia menor perda de massa deste. Baixas temperaturas e alta umidade no armazenamento favorecem a baixa perda de massa (WILLS et al., 1998). Após a retirada da embalagem houve aumento acentuado na perda de água, atingindo perdas entre 3,5 e 4,5% (Figura 3).

Estes resultados confirmam os de Jerônimo e Kanesimo (2000), os quais, trabalhando com mangas ‘Palmer’ embaladas em filme plástico de PVC estirável mais sachês de 10 g de KMnO_4 , observaram perdas de massa de 0,87% nos 20 dias de armazenamento a 13 °C, as quais quatro dias após a transferência para condições ambientes atingiram 1,23%. Por sua vez, os frutos não tratados com KMnO_4 tiveram perda de massa de 1,23% durante os 20 dias de armazenamento, atingindo 1,92% após a transferência para o ambiente.

Apesar de não ter sido feito análise estatística comparando o experimento a $21,52 \pm 3,79$ °C com este ($16,56 \pm 0,81$ °C), observou-se que a perda de matéria fresca neste experimento foi aproximadamente a metade da apresentada no experimento do Capítulo 1. Isso indica que, além do efeito do KMnO_4 , ainda houve o efeito da temperatura de armazenamento. De acordo com Fontes et al. (1999), as baixas temperaturas reduzem a capacidade de o ambiente absorver umidade e, conseqüentemente, diminuem o metabolismo, a perda de matéria seca e a perda de água.

3.3. Produção de CO_2

Os frutos do tratamento sem KMnO_4 apresentaram taxa respiratória mais elevada no 25^o dia de armazenamento em relação àquela apresentada pelos tratados (Figura 4A). A alta taxa respiratória apresentada pelos frutos no 25^o dia de armazenamento (Figura 4A) não é comparável com a dos demais dias, pois as análises foram realizadas logo após a retirada dos buquês das embalagens. Portanto, o CO_2 resultante da respiração deve ter-se acumulado tanto no interior das embalagens quanto nos espaços intercelulares dos frutos, induzindo a superestimação da taxa respiratória. Evidência disso foi a redução da taxa no dia subsequente à retirada dos frutos das embalagens, em todos os tratamentos (Figura 5B).

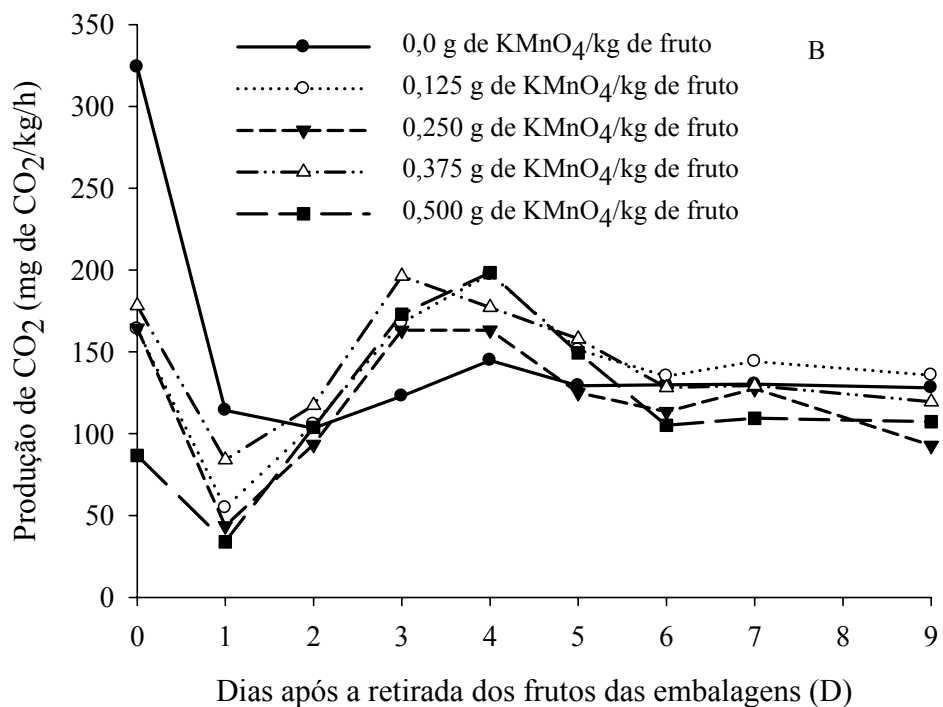
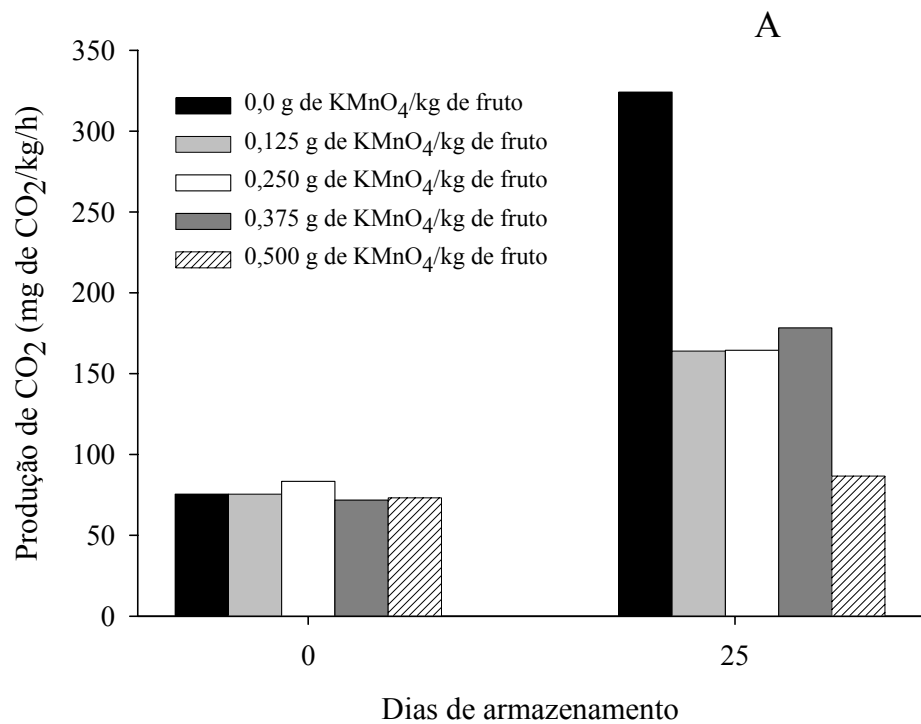


Figura 4 – Taxa respiratória (mg de CO₂/kg/h) da banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO₄: A) no dia do armazenamento e após a retirada dos buquês das embalagens e B) nos dias subsequentes à retirada dos frutos das embalagens.

Os frutos dos tratamentos sem KMnO_4 tiveram a ascensão climática praticamente suprimida (Figura 4B). Os buquês tratados com KMnO_4 apresentaram ascensão climática após o primeiro dia da retirada das embalagens (Figura 4B), atingindo o pico entre o terceiro e o quarto dia. A partir do 4º dia, encontravam-se na fase pós-climática, apesar de o índice de cor da casca ser próximo de 5. Salomão (1995) observou, diferentemente, que na banana ‘Mysore’ o pico climático coincidia com o índice de cor 6.

Em todos os tratamentos os frutos foram mantidos na fase pré-climática durante os 25 dias que permaneceram embalados (Figura 4A) e tiveram o amadurecimento normal após a retirada dos frutos das embalagens.

Conforme Gonçalves et al. (2000), pêra ‘Nijisseiki’ produziu baixa taxa respiratória quando armazenada a $-0,5\text{ }^\circ\text{C}$ em relação ao armazenamento a $0,5\text{ }^\circ\text{C}$ em atmosfera controlada com controle de etileno.

O pico climático neste experimento (Figura 4B) foi retardado em um dia em relação aos frutos tratados com KMnO_4 do experimento a $21,52 \pm 0,87\text{ }^\circ\text{C}$ (Capítulo 1).

3.4. Concentração de CO_2 no interior das embalagens

A concentração de CO_2 no interior das embalagens aumentou nas primeiras 12 horas de acondicionamento nos tratamentos com 0,0; 0,125; 0,250; e 0,375 g de KMnO_4/kg de fruto e até 24 horas no tratamento com 0,500 g de KMnO_4/kg de fruto (Figura 5A). A concentração de CO_2 no interior das embalagens sem KMnO_4 foi a que teve o maior aumento do 1º para o 25º dia de acondicionamento, sendo aproximadamente o dobro (Figura 5B). Comparando o 1º dia com o 25º dia de armazenamento (Figura 5B), observou-se que a concentração de CO_2 no interior das embalagens com KMnO_4 não sofreu grandes modificações e ficou entre 2 e 5%, que é considerada ótima para o armazenamento de banana em atmosfera controlada e temperatura entre 12 e $15\text{ }^\circ\text{C}$ (LANA; FINGER, 2000).

No final dos 25 dias de acondicionamento, a concentração de CO_2 no interior das embalagens com KMnO_4 foi relativamente maior em todos os tratamentos em relação à concentração encontrada nos tratamentos do experimento a $21,52 \pm 3,79\text{ }^\circ\text{C}$ (Capítulo 1). Isso, provavelmente, ocorreu devido às condições climáticas em que os frutos foram colhidos e desenvolvidos, uma vez que, no primeiro experimento, os frutos foram colhidos em julho e neste, no fim de setembro, quando a temperatura ambiente já

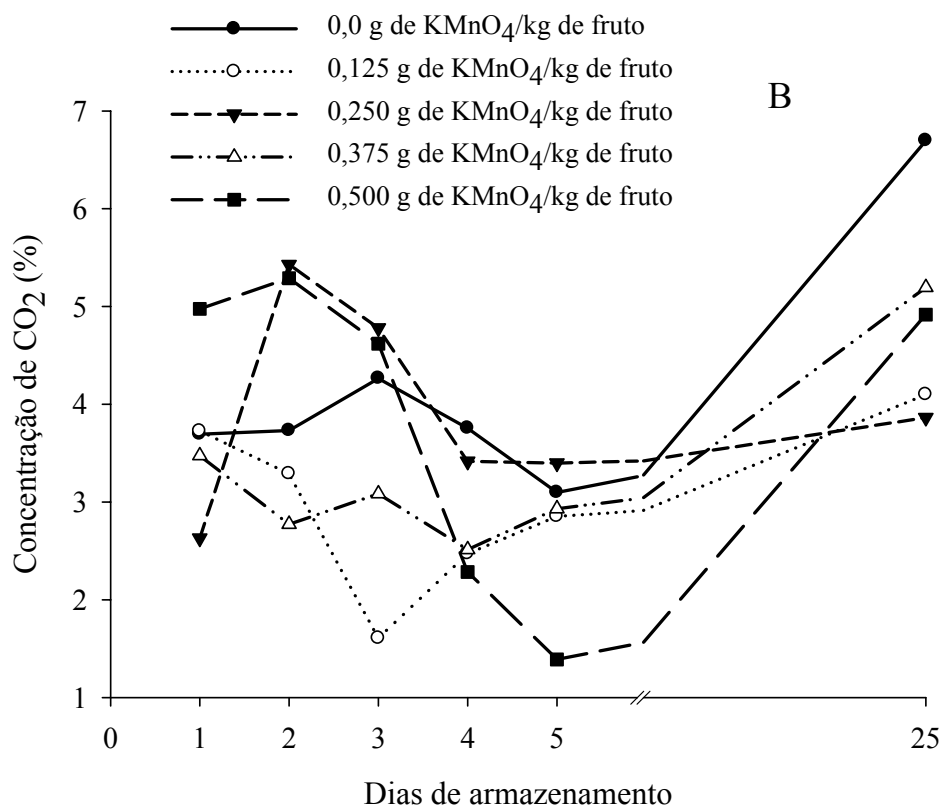
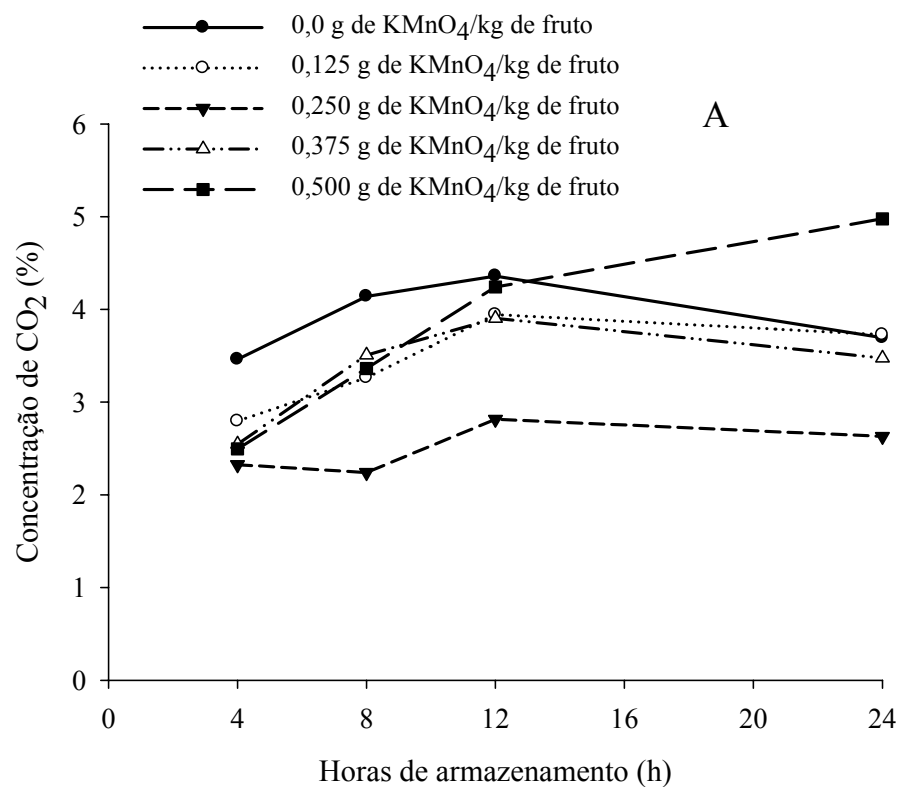


Figura 5 – Concentração de CO₂ no interior das embalagens: A) nas primeiras horas após o armazenamento dos frutos e B) durante 25 dias de armazenamento.

era mais elevada. Além disso, os frutos deste experimento eram mais pesados, portanto foram colhidos num ponto mais avançado, o que pode encurtar a fase pré-climatérica. Ao mesmo tempo, a dose de KMnO_4 foi um quarto da utilizada no Capítulo 1, o que pode ter reduzido sua eficácia, e também devido ao fato de o filme plástico se tornar mais denso e menos permeável a gases em temperaturas menores, dificultando a troca gasosa com o ambiente externo.

A concentração de CO_2 no interior das embalagens foi superior nas primeiras quatro horas de acondicionamento, assim como a taxa respiratória no dia do armazenamento em relação ao experimento a $21,52 \pm 3,79$ °C (Capítulo 1).

3.5. Consistência

A variável consistência da polpa apresentou diferença estatística a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett entre a testemunha e os demais tratamentos, no dia da retirada dos buquês das embalagens (Quadro 3). Apesar disso, pode-se observar que os frutos dos tratamentos com 0,250 e 0,375 g de KMnO_4/kg de fruto permaneceram firmes. No entanto, aqueles tratados com 0,0; 0,125; e 0,500 g de KMnO_4/kg de fruto apresentavam menor firmeza da polpa que os da testemunha, portanto já tinham iniciado o processo de amolecimento, com a ressalva de que, desses, os frutos que não receberam KMnO_4 se encontravam menos consistentes.

Quadro 3 – Médias e coeficientes de variação amostral da consistência da polpa de banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO_4 , após 25 dias de armazenamento

Tratamentos (C;D) ¹	Consistência (kPa)	Coefficiente de Variação Amostral (%)
Testemunha ²	803,81	8,37
(0,000; 25)	386,39 *	102,05
(0,125; 25)	525,32 *	70,77
(0,250; 25)	923,06 *	5,44
(0,375; 25)	980,85 *	6,50
(0,500; 25)	509,92 *	84,14

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade; ¹C (g de KMnO_4/kg de fruto); D (dia da retirada dos buquês das embalagens); e ²Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento.

Para essa variável foram ajustados modelos sigmoidal, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO_4 (Figura 6).

————	0,0 g de KMnO_4 /kg de fruto	$\hat{Y} = 193,4087 + 275,961/(1 + (D/1,7755)^{19,1761})$	$R^2 = 0,5318$
.....	0,125 g de KMnO_4 /kg de fruto	$\hat{Y} = 146,3291 + 510,8488/(1 + (D/2,444)^{5,6305})$	$R^2 = 0,6968$
-----	0,250 g de KMnO_4 /kg de fruto	$\hat{Y} = 154,7262 + 714,8938/(1 + (D/2,2406)^{7,579})$	$R^2 = 0,9803$
-.-.-.-	0,375 g de KMnO_4 /kg de fruto	$\hat{Y} = 151,7955 + 689,2611/(1 + (D/2,3026)^{8,0676})$	$R^2 = 0,8452$
— — —	0,500 g de KMnO_4 /kg de fruto	$\hat{Y} = 158,2278 + 546,9816/(1 + (D/2,0423)^{6,0707})$	$R^2 = 0,5964$

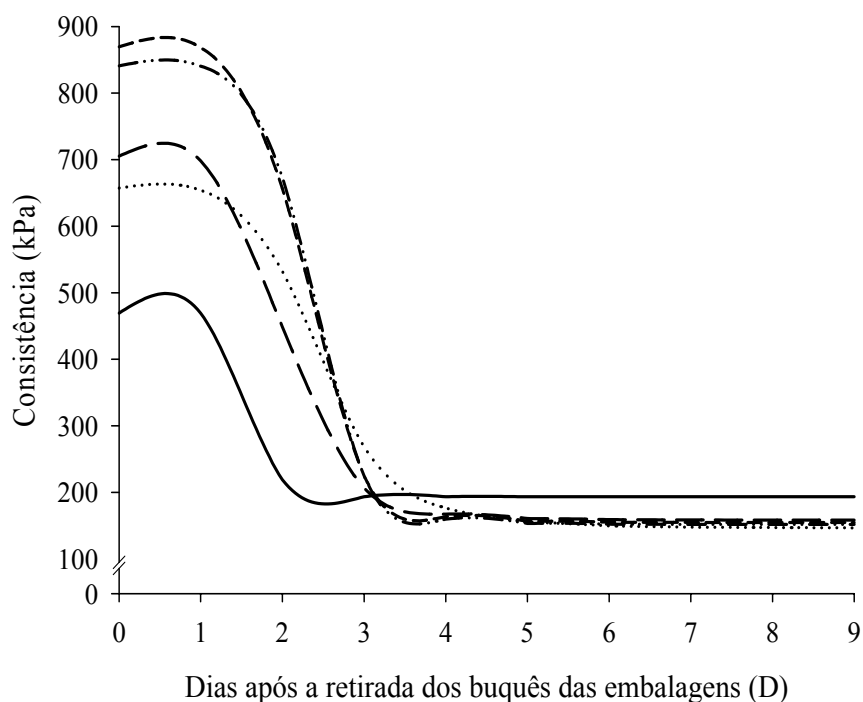


Figura 6 – Estimativa da consistência da polpa de banana ‘Prata’, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO_4 .

Os frutos tratados com 0,0; 0,125; e 0,5 g de KMnO_4 /kg de fruto apresentavam polpa mais amolecida no dia 0, em que os sem KMnO_4 tinham a menor consistência. Já aqueles dos tratamentos com 0,250 e 0,375 g de KMnO_4 /kg de fruto mantinham-se firmes. A consistência da polpa dos frutos sem KMnO_4 permaneceu praticamente constante até o 1º dia; a partir daí houve redução rápida até o 2º dia e, em seguida, estabilizou-se. Nos demais tratamentos, a firmeza manteve-se até o 1º dia, a partir de quando a perda de firmeza foi acentuada até o 3º dia, após o qual foi lenta, mantendo-se praticamente constante (Figura 6). Apesar de os frutos sem KMnO_4 se apresentarem

com menor consistência e terem atingido a resistência mínima antes dos demais tratamentos e aqueles tratados com 0,125 e 0,500 g de KMnO_4 /kg de fruto exibirem polpa menos firme que os tratados com 0,250 e 0,375 g de KMnO_4 /kg de fruto após a retirada das embalagens, todos eles tiveram firmeza de polpa semelhante no final do armazenamento. A redução acelerada da firmeza da polpa dos frutos coincidiu com a ascensão climatérica. Após o 4º dia a consistência manteve-se praticamente estável, coincidindo com o início da fase pós-climatérica.

3.6. Extravasamento de solutos

Para essa variável não houve diferença estatística entre a testemunha (dia do armazenamento) e os demais tratamentos, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett (Quadro 4).

Quadro 4 – Médias e coeficientes de variação amostral do extravasamento de solutos (perda de eletrólitos) da casca de banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO_4 , após 25 dias de armazenamento

Tratamento (C;D) ¹	Extravasamento de Solutos (%)	Coefficiente de Variação Amostral (%)
Testemunha ²	9,68	13,63
(0,000; 25)	18,44	41,50
(0,125; 25)	18,38	46,99
(0,250; 25)	10,89	22,65
(0,375; 25)	8,28	16,67
(0,500; 25)	18,31	45,74

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade; ¹C (g de KMnO_4 /kg de fruto); D (dia da retirada dos buquês das embalagens); e ²Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento.

O extravasamento de solutos teve comportamento sigmoidal, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO_4 (Figura 7).

A perda de eletrólitos nos frutos sem KMnO_4 foi acelerada do dia 0 até o dia 3, e em seguida houve incremento lento até o dia 5 e depois permaneceu praticamente constante. Os frutos dos demais tratamentos apresentaram comportamento semelhante entre si, os quais tiveram perda de eletrólitos reduzida até o dia 2, a partir de quando houve aumento acelerado até o dia 5 e logo em seguida permaneceu praticamente

constante em patamar elevado (Figura 7). O tratamento com 0,375 g de KMnO_4/kg de fruto foi o que apresentou menor perda de permeabilidade seletiva, enquanto os demais tratamentos tiveram, no final do armazenamento, perdas de eletrólitos praticamente iguais (Figura 7). Porém, os frutos de todos os tratamentos tiveram amadurecimento normal após a retirada da embalagem.

A perda de eletrólitos coincide com a ascensão climatérica, indicando que, depois de ocorrido o pico climatérico, a perda de permeabilidade seletiva das membranas é acelerada, portanto está ligada ao amadurecimento e senescência da banana ‘Prata’. As mudanças ocorridas na funcionalidade da membrana são o resultado do decréscimo da fluidez dos lipídios e modificação estrutural e do declínio das proteínas da membrana durante a senescência (SEREK et al., 1995).

—————	0,0 g de KMnO_4/kg de fruto	$\hat{Y} = 13,5195 + 18,8331/(1 + e^{-(D - 1,7575)/1,0519})$	$R^2 = 0,3446$
.....	0,125 g de KMnO_4/kg de fruto	$\hat{Y} = 14,3629 + 20,045/(1 + e^{-(D - 5,3322)/1,0663})$	$R^2 = 0,5874$
-----	0,250 g de KMnO_4/kg de fruto	$\hat{Y} = 13,3091 + 18,8319/(1 + e^{-(D - 3,9232)/0,8057})$	$R^2 = 0,5026$
- · - · - · -	0,375 g de KMnO_4/kg de fruto	$\hat{Y} = 10,7884 + 17,1667/(1 + e^{-(D - 3,4331)/0,3435})$	$R^2 = 0,6300$
-----	0,500 g de KMnO_4/kg de fruto	$\hat{Y} = 17,0151 + 14,6012/(1 + e^{-(D - 4,8103)/0,61})$	$R^2 = 0,4200$

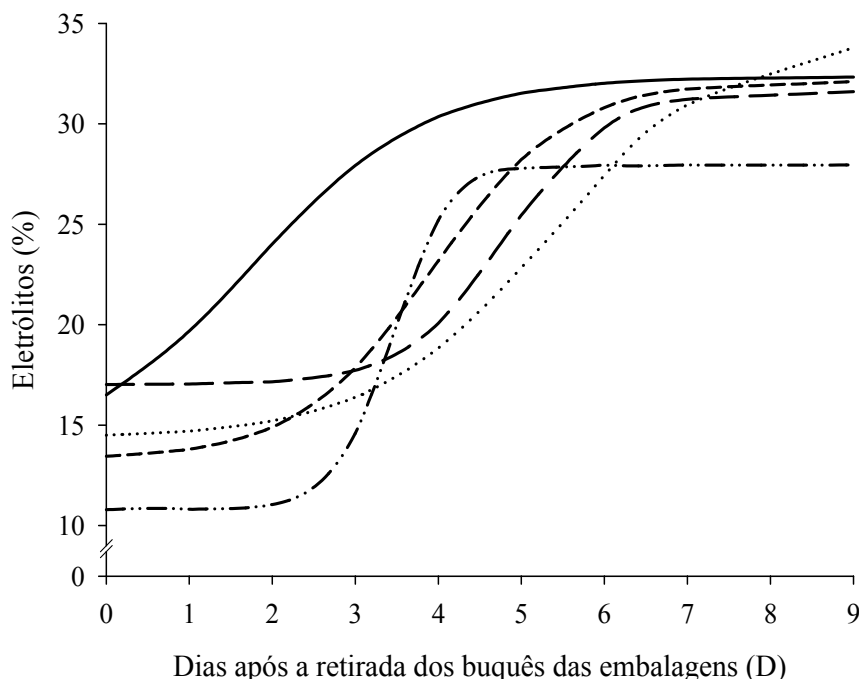


Figura 7 – Estimativa do extravasamento de solutos (perda de eletrólitos) da casca de banana ‘Prata’, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO_4 .

3.7. Teor de sólidos solúveis totais

Os tratamentos com 0,250 e 0,375 g de KMnO_4/kg de fruto tiveram o teor de sólidos solúveis totais estatisticamente igual ao da testemunha, após 25 dias de armazenamento, enquanto os frutos tratados com 0,0; 0,125; e 0,500 g de KMnO_4/kg de fruto apresentaram-se estatisticamente diferentes da testemunha (dia do armazenamento), a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett (Quadro 5). Portanto, os frutos dos tratamentos com 0,0; 0,125; e 0,500 g de KMnO_4/kg de fruto encontravam-se em estágio de maturação mais avançado que os tratados com 0,250 e 0,375 g de KMnO_4/kg de fruto.

Quadro 5 – Médias e coeficientes de variação amostral do teor de sólidos solúveis totais da banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO_4 , após 25 dias de armazenamento

Tratamentos (C;D) ¹	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	Coefficientes de Variação Amostral (%)
Testemunha ²	4,77	6,51
(0,000; 25)	14,40 *	45,80
(0,125; 25)	14,02 *	62,28
(0,250; 25)	8,15	36,94
(0,375; 25)	7,83	7,88
(0,500; 25)	17,13 *	45,28

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade; ¹C (g de KMnO_4/kg de fruto); D (dia da retirada dos buquês das embalagens); e ²Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento.

O teor de sólidos solúveis totais apresentou comportamento logístico, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO_4 (Figura 8).

O teor de sólidos solúveis totais dos frutos tratados com 0,0; 0,125; e 0,5 g de KMnO_4/kg de fruto foi superior no primeiro dia de avaliação em relação aos outros tratamentos, e o tratamento com 0,375 g de KMnO_4/kg de fruto apresentou o menor teor. Porém, todos os tratamentos exibiram comportamento semelhante entre si, tendo teor praticamente estável até o 1º dia, exceto no tratamento com 0,375 g de KMnO_4/kg de fruto, que permaneceu constante até o 2º dia. A partir desse momento, o teor aumentou rapidamente até o 3º dia, à exceção do tratamento sem KMnO_4 , que foi até o

dia 2; em seguida, houve pequeno acréscimo até o dia 5, com exceção dos frutos sem tratamento, que foi até o dia 3, após o que as médias de todos os tratamentos permaneceram estáveis (Figura 8).

—————	0,0 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 13,3765 + 8,5145/(1 + (D/1,7459)^{-10,856})$	$R^2 = 0,5590$
.....	0,125 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 12,2056 + 13,6689/(1 + (D/2,5999)^{-4,8831})$	$R^2 = 0,7525$
-----	0,250 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 11,8414 + 12,7407/(1 + (D/2,664)^{-9,2351})$	$R^2 = 0,7378$
- · - · - ·	0,375 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 10,2328 + 15,3371/(1 + (D/2,3491)^{-4,6706})$	$R^2 = 0,8426$
— · — · —	0,500 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 13,7766 + 11,1660/(1 + (D/2,2802)^{-5,3055})$	$R^2 = 0,6341$

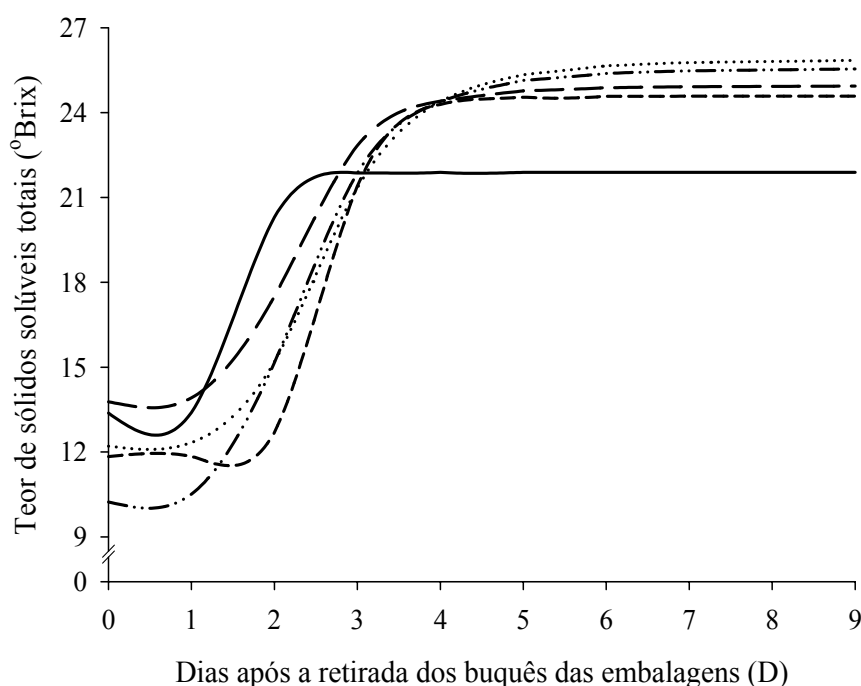


Figura 8 – Estimativa do teor de sólidos solúveis totais da polpa de banana ‘Prata’, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO₄.

Observou-se que o teor de sólidos solúveis totais no tratamento sem KMnO₄ atingiu o máximo mais cedo e foi inferior ao dos demais tratamentos (Figura 8), indicando alteração da conversão do amido devido à alta concentração de CO₂ e, ou, etileno.

O aumento rápido no teor de sólidos solúveis totais coincidiu com a ascensão climática, e a quantidade máxima de sólidos solúveis totais foi atingida um dia após o pico climático.

O teor máximo de sólidos solúveis totais que os frutos tratados com KMnO_4 atingiram ficou entre 24 e 25 °Brix, que é próximo ao valor de 26 °Brix em frutos maduros encontrado por Fernandes et al. (1979), em banana ‘Prata’.

3.8. Acidez titulável

Nos tratamentos com 0,0; 0,125; e 0,5 g de KMnO_4/kg de fruto, esta variável apresentou diferença estatística em relação à testemunha (dia de armazenamento), no nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett. No entanto, os tratados com 0,250 e 0,375 g de KMnO_4/kg de fruto permaneceram com acidez titulável estatisticamente igual àquela apresentada no dia do armazenamento (Quadro 6), indicando que permaneceram no estágio pré-climatérico.

Quadro 6 – Médias e coeficientes de variação amostral da acidez titulável de polpa da banana ‘Prata’ tratada com diferentes doses de KMnO_4 , após 25 dias de armazenamento

Tratamentos (C;D) ¹	Acidez Titulável ²	Coefficientes de Variação Amostral (%)
Testemunha ³	0,21	13,08
(0,000; 25)	0,58 *	35,31
(0,125; 25)	0,51 *	56,88
(0,250; 25)	0,27	7,95
(0,375; 25)	0,24	10,71
(0,500; 25)	0,50 *	38,93

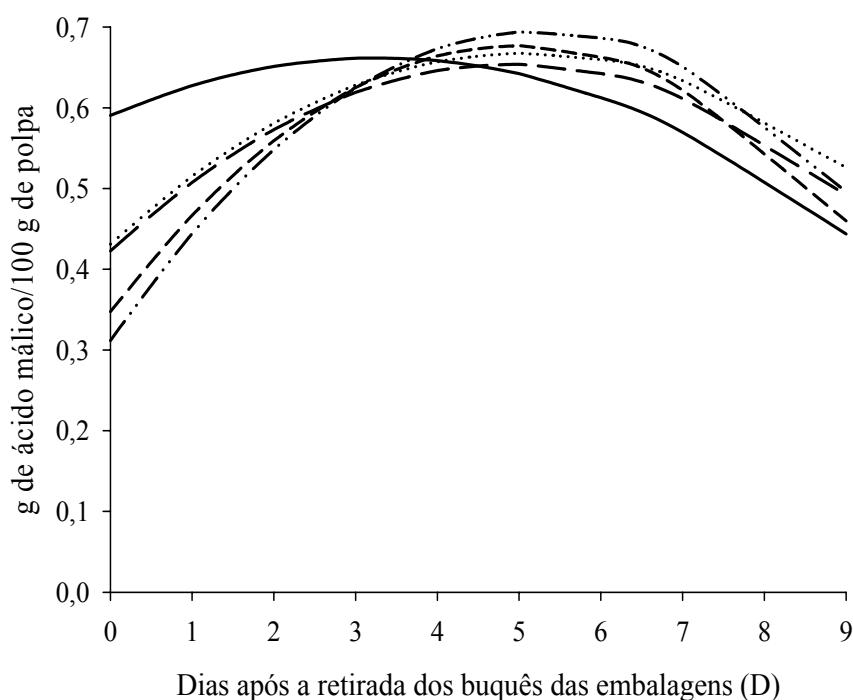
Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade; ¹C (concentração de KMnO_4/kg de fruto); D (dia da retirada dos buquês das embalagens); ²Acidez titulável (g de ácido málico/100 g de polpa); e ³Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento.

A acidez titulável apresentou comportamento quadrático, em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO_4 (Figura 9).

A acidez titulável no dia 0 após a retirada dos frutos das embalagens foi próxima a 0,60 no tratamento sem KMnO_4 e em seguida, aumentou até atingir o máximo de 0,65 g de ácido málico/100 g de polpa, no dia 3. Nos frutos dos tratamentos com 0,125 e 0,500 g de KMnO_4/kg de fruto, o teor de ácido málico foi menor que no tratamento sem

KMnO₄ e maior naqueles com 0,250 e 0,375 g de KMnO₄/kg de fruto no dia 0, após o que houve acréscimo rápido, atingindo o máximo no dia 5, e a partir desse momento a acidez começou a diminuir em todos os tratamentos com KMnO₄.

—————	0,0 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 0,590469 + 0,0436329*D - 0,00665959*D^2$	$r^2 = 0,5489$
.....	0,125 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 0,431055 + 0,0932118**D - 0,00918581**D^2$	$r^2 = 0,5437$
-----	0,250 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 0,347385 + 0,132619**D - 0,0133493**D^2$	$r^2 = 0,7614$
-.-.-.-.	0,375 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 0,311676 + 0,146321**D - 0,0139825**D^2$	$r^2 = 0,8358$
— — — —	0,500 g de KMnO ₄ /kg de fruto	$\hat{Y} = 0,422771 + 0,0942844**D - 0,00962120**D^2$	$r^2 = 0,4373$



* e ** Significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste 't' de Student

Figura 9 – Estimativa da acidez titulável (g de ácido málico/100 g de polpa) da polpa de banana 'Prata', em função dos dias de avaliação (D) das respectivas concentrações de KMnO₄.

A elevação da acidez titulável coincidiu com a ascensão climatérica, porém o teor máximo só foi atingido um dia após o pico climatérico. O teor máximo ficou entre 0,60 e 0,70 g de ácido málico, que são valores semelhantes aos encontrados em banana 'Prata' por Fernandes et al. (1979).

Os frutos sem KMnO_4 , no dia 0, apresentaram teor de ácido málico superior aos demais tratamentos, indicando que se encontravam em estágio de maturação mais avançado. Além disso, estes atingiram o teor máximo próximo ao dia 3, enquanto os demais tratamentos o atingiram no dia 5. Com isso, pode-se inferir que os frutos do tratamento com KMnO_4 tiveram seu amadurecimento retardado.

Entre os dias 5 e 6, os frutos tratados com KMnO_4 estavam maduros na condição ideal de consumo, pois apresentavam índice de cor da casca 6 (casca completamente amarela), polpa com baixa resistência (macios), teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável máximos.

Os frutos do tratamento sem KMnO_4 , no dia da retirada das embalagens, apresentaram polpa com menor consistência e maior acidez titulável em relação aos com KMnO_4 . Após a retirada das embalagens, apresentaram teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável máximos antes dos demais tratamentos, ao mesmo tempo em que o teor de sólidos solúveis totais foi menor que nos frutos tratados. Esse conjunto de fatos indicou amadurecimento parcial durante o armazenamento refrigerado, porém os frutos não se tornaram impróprios para o consumo.

Os frutos tratados com 0,125 e 0,500 g de KMnO_4/kg de fruto apresentaram estágio de maturação mais avançado no dia da retirada das embalagens em relação aos tratamentos com 0,250 e 0,375 g de KMnO_4/kg de fruto, que permaneceram com suas características originais. Apesar disso, todos os frutos de ambos os tratamentos com KMnO_4 tiveram amadurecimento normal após a retirada das embalagens.

4. CONCLUSÕES

Os frutos do tratamento sem KMnO_4 tiveram amadurecimento parcial durante o armazenamento refrigerado. Após a retirada das embalagens, seu amadurecimento foi antecipado em relação aos tratados com KMnO_4 .

Os frutos tratados com 0,125 e 0,5 g de KMnO_4/kg de fruto apresentaram estágio de maturação mais avançado após os 25 dias de armazenamento a $16,56 \pm 0,81$ °C, enquanto os frutos tratados com 0,250 e 0,375 g de KMnO_4/kg de fruto permaneceram com as características originais.

Os frutos dos tratamentos com KMnO_4 tiveram amadurecimento normal após a retirada da embalagem e exposição à temperatura de $22,11 \pm 1,37$ °C.

CONCLUSÕES GERAIS

Os frutos sem KMnO_4 , após os 25 dias de armazenamento a $21,52 \pm 3,79$ °C, apresentavam-se com coloração de casca verde, porém estavam amolecidos, com baixa permeabilidade seletiva das membranas, alto teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável, indicando que houve o amadurecimento interno do fruto e estes já se encontravam na fase pós-climatérica. Após a retirada dos frutos das embalagens, estes não tiveram amarelecimento normal da casca e se tornaram imprestáveis para o consumo.

O KMnO_4 foi eficiente em manter os frutos com as características originais durante 25 dias de armazenamento à temperatura de $21,52 \pm 3,79$ °C e umidade relativa de $90 \pm 5\%$. Além disso, tiveram amadurecimento normal após a retirada da embalagem, estando próprios para o consumo entre os dias 6 e 7 após a retirada das embalagens. A dose de 0,5 g de KMnO_4/kg de fruto já foi eficiente em reter o amadurecimento dos frutos no interior das embalagens e não interferiu no amarelecimento após a retirada das embalagens.

Os frutos sem KMnO_4 , no final dos 25 dias de armazenamento a $16,6 \pm 0,8$ °C, apresentavam polpa menos consistente e acidez titulável mais elevada em relação aos tratados com KMnO_4 . Além disso, o teor de sólidos solúveis totais foi menor no final do armazenamento a $21,52 \pm 3,79$ °C. Apesar disso, os frutos não se tornaram impróprios para o consumo.

Os frutos tratados com 0,125 e 0,5 g de KMnO_4/kg de fruto apresentaram menor consistência da polpa e maior permeabilidade seletiva das membranas, teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável, no mesmo tempo em que o índice de cor da casca se encontrava mais avançado em relação aos frutos tratados com 0,250 e 0,375 g de KMnO_4/kg de fruto, que permaneceram com suas características originais após os 25 dias de armazenamento a $16,56 \pm 0,81$ °C. Os frutos de todos esses tratamentos tiveram amadurecimento normal após a retirada da embalagem e exposição à temperatura de $22,11 \pm 1,37$ °C.

A comparação dos resultados obtidos em temperatura ambiente e sob refrigeração evidenciou que a baixa temperatura durante o armazenamento por si só contribuiu para reduzir o metabolismo e retardar o amadurecimento e a senescência da banana 'Prata'.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARPAIA, M. L.; MITCHELL, F. G.; KADER, A. A.; MAYER, G. Effects of 2% and varying concentrations of CO₂ with or without C₂H₄ on the storage performance of kiwifruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 110, n. 2, p. 200-203, 1985.

BLEINROTH, E. W. Maturação da banana. In: ENCONTRO NACIONAL DE TÉCNICOS EM BANANICULTURA, 1., 1971, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1971. p. 176-189.

BLIDI, A. E.; RIGAL, L.; MALMARY, G.; MOLINIER, J.; TORRES, L. Ethylene removal for long term conservation of fruits and vegetables. **Food Quality and Preference**, v. 4, p. 119-126, 1993.

BOWER, J. H.; BIASI, W. V.; MITCHAM, E. J. Effect of ethylene in the storage environment on quality of 'Bartlett pears'. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p. 371-379, 2003.

BRACKMANN, A.; CERRETA, M. Efeito da redução nos níveis de etileno e da umidade relativa no armazenamento de maçã 'Gala' em atmosfera controlada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 12, p. 2169-2174, 1999.

BRACKMANN, A.; CERRETA, M.; HELDWEIN, A. B. Armazenamento de berinjela (*Solanum melongena* L.) em diferentes temperaturas de refrigeração e baixo etileno. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 4, n. 1, p. 5-8, 1998.

BRACKMANN, A.; SAQUET, A. A. Low ethylene and rapid CA storage of 'Gala' apples. **Acta Horticulturae**, v. 485, p. 79-83, 1999.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. F. H. Armazenamento de pêssego 'Chimarrita' em atmosfera controlada e sob absorção de etileno. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 431-435, 2003.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; HUNSCHE, M. Influência da instalação das condições de atmosfera controlada e concentração de etileno sobre a qualidade da maçã 'Gala'. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 25, n. 1, p. 22-27, 2000.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C.A.; SESTARI, I.; NEUWALD, D.A. Armazenamento em atmosfera modificada e controlada de banana 'Prata' (*Musa* sp.) com remoção de etileno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: SBF, 2002. 1 CD-Rom.

BRADY, C. J.; O'CONNELL, P. B. H.; SMYDZUK, J.; WADE, N. L. Permeability, sugar accumulation, and respiration rate in ripening banana fruits. **Australian Journal Biology Science**, v. 23, p. 1143-1152, 1970.

BURG, S. P.; BURG, E. A. Role of ethylene in fruit ripening. **Plant Physiology**, v. 37, p. 179-189, 1962.

CARVALHO, H.A. **Qualidade de banana 'Prata' previamente armazenada em saco de polietileno, amadurecida em ambiente com elevada umidade relativa**. Lavras, MG: UFLA, 1984. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

CHAMPION, J. **El plátano**. Barcelona: Ed. Blume, 1968. 247 p.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras, MG: ESAL/FAEPE, 1990. 293 p.

DADZIE, B. K.; ORCHARD, J. E. **Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos**. Montpellier: INIBAP, 1996. 63 p. (Guias técnicas Inibap, 2).

FAO. **Produção, importação e exportação**: citação de base de dados. Disponível em: <<http://apps.fao.org/>>. Acesso em: 28 mar. 2004.

FERNANDES, K. M.; CARVALHO, V. D.; CAL-VIDAL, J. Physical changes during ripening of silver bananas. **Journal of Food Science**, v. 44, p. 1254-1255, 1979.

FINGER, F. L.; PUSCHMANN, R.; BARROS, R. S. Effects of water loss on respiration, ethylene production and ripening of banana fruit. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 7, n. 1, p. 115-118, 1995.

FONTES, V. L.; MOURA, M. A.; VIEIRA, G.; FINGER, F. L. Efeito de filmes plásticos e temperatura de armazenamento na manutenção da cor do pericarpo de lichia (*Litchi chinensis*). **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 24, n. 1, p. 56-59, 1999.

FUCHS, Y.; TEMKIN-GORODEISK, N. The course of banana fruits stored in sealed polyethylene bags. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 96, n. 4, p. 401-403, 1971.

GONÇALVES, E. D.; ANTUNES, P. L.; BRACKMANN, A. Armazenamento da pêra ‘Nijisseiki’, em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 2, p. 226-231, 2000.

HERNÁNDEZ, I. Storage of green plantains. **Journal of Agriculture of University of Puerto Rico**, v. 57, n. 2, p. 100-106, 1973.

JERONIMO, E. M.; KANESIRO, M. A. B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas ‘Palmer’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 2, p. 237-243, 2000.

LANA, M. M.; FINGER, F. L. **Atmosfera modificada e controlada – aplicação na conservação de produtos hortícolas**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças, 2000. 34 p.

LICHTEMBERG, L. A. Colheita e pós-colheita da banana. In: LACERDA, V. L. DA. Banana: produção, colheita e pós-colheita. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 196, p. 73-90, 1999.

LIU, F.W. Storage of bananas in polyethylene bags with an ethylene absorbent. **HortScience**, v. 5, n. 1, p. 25-27, 1970.

LIU, F. W.; TURK, J. R.; SAMELSON, D.; KENYON, D.J. Low-ethylene CA storage of ‘McIntosh’ apples in a semi-commercial sized room. **HortScience**, v. 21, n. 3, p. 480-484, 1986.

MAZARO, S. M.; BRACKMANN, A.; STROCK, L. Qualidade de kiwi armazenado em duas temperaturas sob atmosfera controlada e com eliminação de etileno. **Ciência Rural**, v. 30, n. 6, p. 947-952, 2000.

MELO, M. R.; CASTRO, J. V. de; CARVALHO, C. R. L.; POMMER, C. V. Conservação refrigerada de cherimóia embalada em filme plástico com zeolite. **Bragantia**, v. 61, n. 1, p. 71-76, 2002.

NAVA, G. A.; BRACKMANN, A. Efeito da remoção de etileno e sistemas de armazenamento sobre a qualidade de pêssegos (*Prunus persica* (L.) Batsch), cv. ‘Chiripá’. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, n. 2, p. 153-158, 2001.

NGUYEN, T. B. T.; KETSA, S.; DOORN, W. G. van. Relationship between browning and the activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 30, p. 187-193, 2003.

NGUYEN, T. B. T.; KETSA, S.; DOORN, W. G. van. Effect of modified atmosphere packaging on chilling-induced peel browning in banana. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, p. 313-317, 2004.

OETIKER, J. H.; YANG, S. F. The role of ethylene in fruit ripening. **Acta Horticulturae**, v. 398, p. 167-178, 1995.

PALMER, J.K. The banana. In: HULME, A. C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971. v. 2, p. 65-105.

PESIS, E.; LEVI, A.; BEN-ARIE, R. Deastringency of persimmon fruits by creating a modified atmosphere in polyethylene bags. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 51, n. 4, p. 1014-1016, 1986.

PFAFFENBACH, L. B.; CASTRO, J.V. de; CARVALHO, C. R. L.; ROSSETTO, C. J. Efeito da atmosfera modificada e da refrigeração na conservação pós-colheita de manga espada vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 410-413, 2003.

PINTO, A. C. de Q. **Influência do ácido giberélico, do permanganato de potássio e da embalagem de polietileno na conservação e qualidade da banana 'Prata'**. Lavras, MG: UFLA, 1978. 80 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

RESENDE, J. M.; BOAS, E. V. de B. V.; CHITARRA, M. I. F. Uso de atmosfera modificada na conservação pós-colheita do maracujá amarelo. **Ciência Agrotécnica**, v. 25, n. 1, p. 159-168, 2001.

SALOMÃO, L. C. C. **Efeitos do envoltório plástico no desenvolvimento e na maturação pós-colheita de frutos de banana (*Musa AAB*) 'Mysore'**. Viçosa, MG: 1995. 104 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SALUNKE, D. K.; DESAI, B. B. **Postharvest biotechnology of fruits**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 1986. v. 1, p. 43-57.

SATYAN, S.; SCOTT, K. J.; GRAHAM, D. Storage of banana bunches in sealed polyethylene tubes. **Journal of Horticultural Science**, v. 67, n. 2, p. 283-287, 1992.

SCOTT, K. J. A simple method for packing an ethylene absorbent with bananas. **The Agricultural Gazette of New South Wales**, v. 80, p. 312-313, 1969.

SCOTT, K. J.; BLAKE, J. R.; STRAGHAN, G.; TUGWELL, B. L.; McGLASSON, W. B. Transport of bananas at ambient temperatures using polyethylene bags. **Tropical Agriculture**, v. 48, n. 3, p. 245-254, 1971.

SCOTT, K. J.; GANADANEGARA, S. Effect of temperature on the storage life of bananas held in polyethylene bags with ethylene absorbent. **Tropical Agriculture**, v. 51, n. 1, p. 23-26, 1974.

SCOTT, K. J.; McGLASSON, W. B.; ROBERTS, E. A. Potassium permanganate as an ethylene absorbent in polyethylene bags to delay ripening of bananas during storage. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v. 10, p. 237-240, 1970.

SEREK, M.; TAMARI, G.; SISLER, E. C.; BOROCHOV, A. Inhibition of ethylene-induced cellular senescence symptoms by 1-methylcyclopropene, a new inhibitor of ethylene action. **Physiologia Plantarum**, v. 94, p. 229-232, 1995.

SGARBIERI, V. C.; FIGUEIREDO, I. B. Transformações bioquímicas da banana durante o amadurecimento. **Revista Brasileira de Tecnologia**, v. 2, p. 85-94, 1971.

SHORTER, A. J.; SCOTT, K. J.; WARD, G.; BEST, D. J. Effect of ethylene absorption on the storage of Granny Smith apples held in polyethylene bags. **Postharvest Biology and Technology**, v. 1, p. 189-194, 1992.

SORBENTSYSTEMS. **The problem – ethylene gas**. Disponível em: <<http://www.sorbentsystems.com/epaxtech.html>>. Acesso em: 07 jun. 2005.

SOUSA, R. P.; FIGUEIRAS, H. A.C.; COSTA, J. T. A.; ALVES, R. E.; OLIVEIRA, A. C. Armazenamento da cirigüela (*Spondias purpurea* L) sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 3, p. 334-338, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3. ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 2002. 690 p.

WILLS, R.B.H.; KIM, G.H. Effect of ethylene on postharvest life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, p. 249-255, 1995.

WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamentals**. 4. ed. Wallingford: CABI, 1998. 262 p.

WHITLOW, T. H.; BASSUK, N. L.; RANNEY, T. G.; REICHERT, D. L. An improved method for using electrolyte leakage to assess membrane competence in plant tissues. **Plant Physiology**, v. 98, p. 198-205, 1992.

ZAGORY, D.; KADER, A. A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, v. 42, n. 9, p. 70-77, 1988.

ZAMORANO, J. P.; DOPICO, B.; LOWE, A. L.; WILSON, I. D.; GRIERSON, D.; MERODIO, C. Effect of low temperature storage and ethylene removal on ripening and gene expression changes in avocado fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 4, p. 331-342, 1994.

ZICA, L. F. **Efeito da embalagem com sacos de polietileno na conservação e maturação de banana do cultivar ‘Prata’ (*Musa sp.*)**. Viçosa, MG: UFV, 1972. 51 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ZICA, L. F.; BRUNE, W. Efeito da embalagem com sacos de polietileno na conservação e maturação de banana do cultivar ‘Prata’ (*Musa sp.*). **Experientiae**, v. 16, n. 3, p. 59, 1973.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Tabela 1A – Equações ajustadas para as variáveis analisadas em função da concentração de KMnO_4 (C), mantendo os dias de avaliação (D) constantes, e os respectivos R^2 . Banana ‘Prata’ armazenada a $21,52 \pm 3,79$ °C durante 25 dias seguidos de nove dias na mesma temperatura após a retirada dos buquês das embalagens

Índice de Cor da Casca	Equações	R^2
D		
0	$\hat{Y} = 2,98462 - 3,25645**C^{1/2} + 1,36259**C$	0,9855
1	$\hat{Y} = 2,11305 - 2,19025**C^{1/2} + 1,01574**C$	0,9867
2	$\hat{Y} = 2,6$	
3	$\hat{Y} = 4,2$	
4	$\hat{Y} = 3,51084 + 2,94579**C^{1/2} - 1,34636*C$	0,9896
5	$\hat{Y} = 5,2$	
6	$\hat{Y} = 5,18929 + 1,77619^{ns} C - 0,904762*C^2$	0,9261
7	$\hat{Y} = 5,9$	
9	$\hat{Y} = 7,0$	
Perda de Matéria Fresca		
0	$\hat{Y} = 0,00$	
1	$\hat{Y} = 0,54$	
2	$\hat{Y} = 1,24$	
3	$\hat{Y} = 1,91$	
4	$\hat{Y} = 2,59$	
5	$\hat{Y} = 3,45$	
6	$\hat{Y} = 4,49$	
7	$\hat{Y} = 5,74$	
9	$\hat{Y} = 7,41$	

Continua...

Tabela 1A – Cont.

Consistência	Equações	R ²
0	$\hat{Y} = 159,384 + 1223,32**C^{1/2} - 533,320**C$	0,9950
1	$\hat{Y} = 139,059 + 1381,58**C^{1/2} - 652,061**C$	0,9764
2	$\hat{Y} = 140,685 + 1030,21**C^{1/2} - 485,643**C$	0,9801
3	$\hat{Y} = 120,224 + 322,517**C^{1/2} - 149,687**C$	0,9071
4	$\hat{Y} = 119,464 + 172,934**C^{1/2} - 87,5683**C$	0,9440
5	$\hat{Y} = 75,6099 + 163,087**C^{1/2} - 65,7359**C$	0,9898
6	$\hat{Y} = 64,0403 + 175,661**C^{1/2} - 78,3584**C$	0,9847
7	$\hat{Y} = 52,0060 + 164,372**C^{1/2} - 75,0398**C$	0,9814
9	$\hat{Y} = 49,0082 + 135,107**C^{1/2} - 61,4288**C$	0,9951
Extravasamento de Solutos		
0	$\hat{Y} = 31,4985 - 39,0264C**^{1/2} + 17,2945**C$	0,9233
1	$\hat{Y} = 34,1652 - 45,6348**C^{1/2} + 20,2684**C$	0,9860
2	$\hat{Y} = 19,4$	
3	$\hat{Y} = 35,3756 - 52,9859**C^{1/2} + 30,0169**C$	0,9857
4	$\hat{Y} = 33,0994 - 32,0343**C^{1/2} + 15,1556**C$	0,9895
5	$\hat{Y} = 25,1$	
6	$\hat{Y} = 28,9$	
7	$\hat{Y} = 30,7$	
9	$\hat{Y} = 31,8$	
Sólidos Solúveis Totais		
0	$\hat{Y} = 20,8497 - 24,9070**C^{1/2} + 11,7697**C$	0,9388
1	$\hat{Y} = 20,1508 - 25,7205**C^{1/2} + 12,1991**C$	0,9913
2	$\hat{Y} = 21,4809 - 11,2547**C^{1/2} + 5,27179**C$	0,7814
3	$\hat{Y} = 21,2$	
4	$\hat{Y} = 20,8859 + 7,73704**C^{1/2} - 3,57773**C$	0,9970
5	$\hat{Y} = 25,1$	
6	$\hat{Y} = 25,2$	
7	$\hat{Y} = 21,3442 + 12,3456**C^{1/2} - 6,69851**C$	0,9859
9	$\hat{Y} = 19,1327 + 13,2363**C^{1/2} - 6,53455**C$	0,9647

Continua...

Tabela 1A – Cont.

Acidez Titulável	Equações	R ²
0	$\hat{Y} = 0,589671 - 0,550186^{**}C + 0,211468^{*}C^2$	0,9937
1	$\hat{Y} = 0,611994 - 0,709533^{**}C^{1/2} + 0,332372^{**}C$	0,9781
2	$\hat{Y} = 0,52$	
3	$\hat{Y} = 0,63$	
4	$\hat{Y} = 0,510246 + 0,413183^{**}C^{1/2} - 0,229183^{**}C$	0,9679
5	$\hat{Y} = 0,62$	
6	$\hat{Y} = 0,61$	
7	$\hat{Y} = 0,57$	
9	$\hat{Y} = 0,48$	

^{ns}, * e ** Não-significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste 't' de Student.

Tabela 2A – Equações ajustadas para as variáveis analisadas em função da concentração de KMnO_4 (C), mantendo os dias de avaliação (D) constantes, e os respectivos R^2 . Banana ‘Prata’ armazenada a $16,56 \pm 0,81$ °C durante 25 dias, seguidos de nove dias à temperatura de $22,11 \pm 1,37$ °C após a retirada dos buquês das embalagens

Índice de Cor da Casca	Equações	R^2
D		
0	$\hat{Y} = 1,6$	
1	$\hat{Y} = 1,8$	
2	$\hat{Y} = 2,4$	
3	$\hat{Y} = 2,98869 + 2,61903 * C^{1/2} - 1,12769 ** C$	0,9550
4	$\hat{Y} = 5,2359 / (1 + e^{-(C + 0,2715) / 0,221})$	0,8336
5	$\hat{Y} = 5,7$	
6	$\hat{Y} = 5,9$	
7	$\hat{Y} = 5,75266 + 0,486721 ** C^{1/2} - 0,22572 * C$	0,9867
9	$\hat{Y} = 7,0$	
Perda de Matéria Fresca		
0	$\hat{Y} = 0,0$	
1	$\hat{Y} = 0,26$	
2	$\hat{Y} = 0,60$	
3	$\hat{Y} = 1,23$	
4	$\hat{Y} = 1,69$	
5	$\hat{Y} = 2,15$	
6	$\hat{Y} = 2,66$	
7	$\hat{Y} = 3,06$	
9	$\hat{Y} = 4,07$	

Continua...

Tabela 2A – Cont.

Consistência	Equações	R ²
0	$\hat{Y} = 301,783 + 4127,01**C - 7129,89,320**C^2$	0,7759
1	$\hat{Y} = 685,4$	
2	$\hat{Y} = 211,307 + 3279,88**C - 5667,43**C^2$	0,9885
3	$\hat{Y} = 240,6$	
4	$\hat{Y} = 189,4$	
5	$\hat{Y} = 170,8$	
6	$\hat{Y} = 151,5$	
7	$\hat{Y} = 148,5$	
9	$\hat{Y} = 140,7$	
Extravasamento de Solutos		
0	$\hat{Y} = 14,9$	
1	$\hat{Y} = 13,6$	
2	$\hat{Y} = 31,7803 - 42,8867**C^{1/2} + 23,8334*C$	0,8676
3	$\hat{Y} = 18,5$	
4	$\hat{Y} = 21,9$	
5	$\hat{Y} = 28,7$	
6	$\hat{Y} = 29,0$	
7	$\hat{Y} = 32,1$	
9	$\hat{Y} = 30,8$	
Sólidos Solúveis Totais		
0	$\hat{Y} = 16,0095 - 14,3814**C + 7,11905*C^2$	0,6539
1	$\hat{Y} = 12,3$	
2	$\hat{Y} = 20,6073 - 16,42**C^{1/2} + 9,99851**C$	0,8676
3	$\hat{Y} = 21,2$	
4	$\hat{Y} = 24,3$	
5	$\hat{Y} = 24,8$	
6	$\hat{Y} = 25,3$	
7	$\hat{Y} = 24,0$	
9	$\hat{Y} = 23,9$	

Continua...

Tabela 2A – Cont.

Acidez Titulável	Equações	R ²
0	$\hat{Y} = 0,633635 - 0,588495^{**}C + 0,24987^{**}C^2$	0,7739
1	$\hat{Y} = 0,44$	
2	$\hat{Y} = 0,721096 - 0,246466^{**}C + 0,098563^{*}C^2$	0,9462
3	$\hat{Y} = 0,71$	
4	$\hat{Y} = 0,70$	
5	$\hat{Y} = 0,64$	
6	$\hat{Y} = 0,64246 / (1 + e^{((-C - 0,02131)/0,011)})$	0,8006
7	$\hat{Y} = 0,56$	
9	$\hat{Y} = 0,53$	

* e ** Significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste 't' de Student.

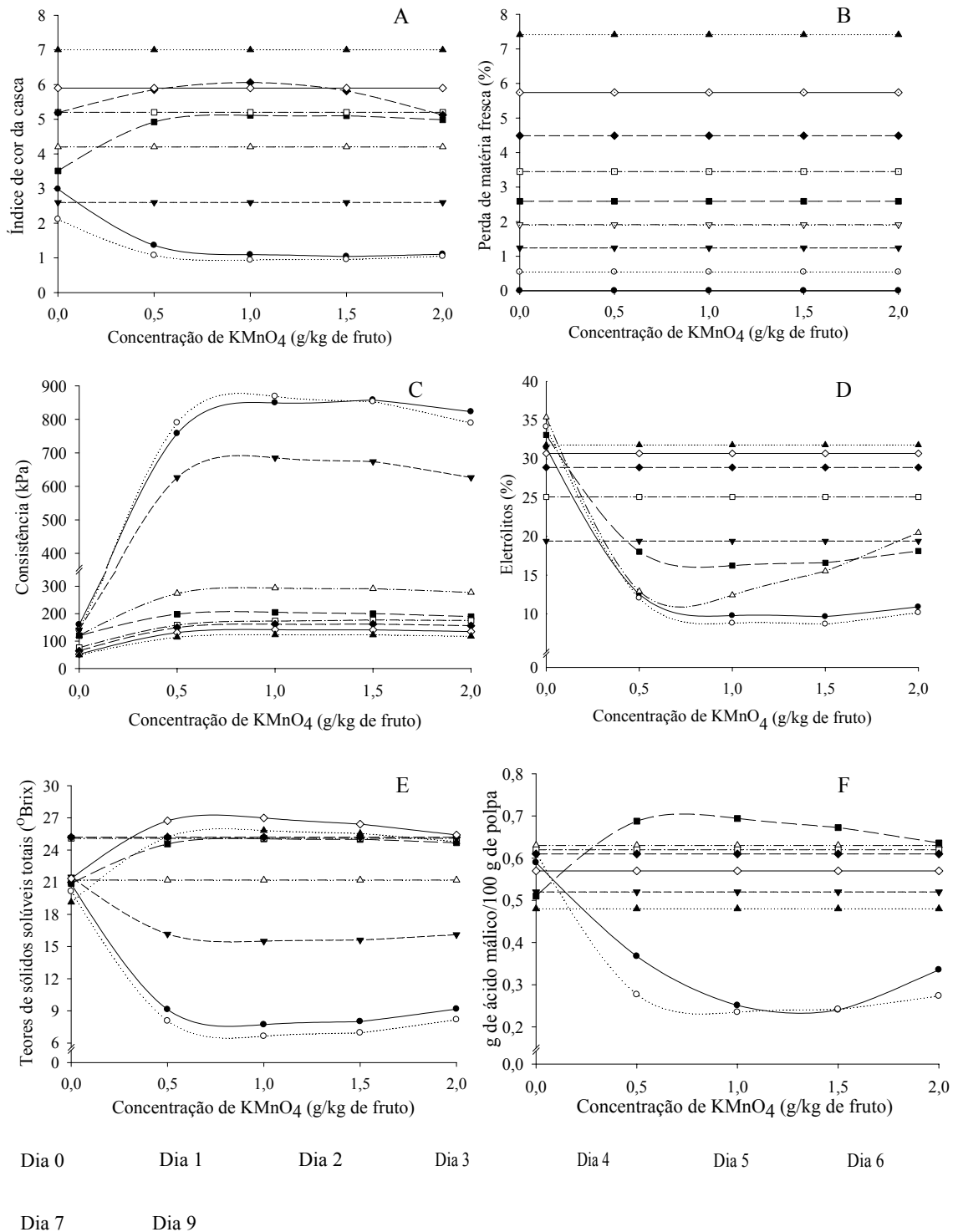


Figura 1A – Estimativa do índice de cor da casca (A), perda de matéria fresca (B), consistência (C), extravasamento de solutos (perda de eletrólitos) (D), teor de sólidos solúveis totais (E) e acidez titulável (g de ácido málico/100 g de polpa) (F) de banana ‘Prata’, em função da concentração de KMnO₄ nos respectivos dias de avaliação. Banana ‘Prata’ armazenada a 21,52 ± 3,79 °C durante 25 dias, seguidos de nove dias na mesma temperatura, após a retirada dos frutos das embalagens.

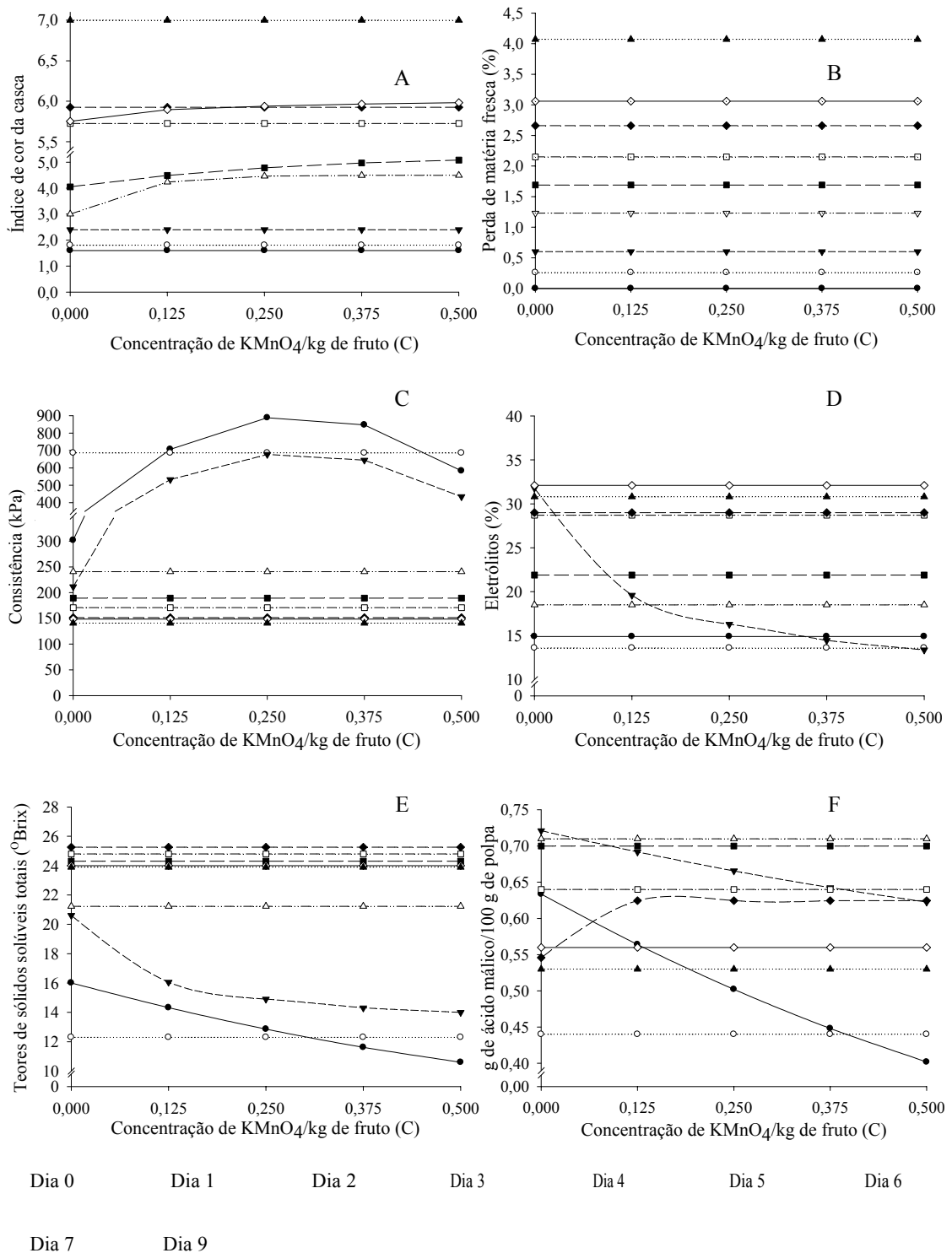


Figura 2A – Estimativa do índice de cor da casca (A), perda de matéria fresca (B), consistência (C), extravasamento de solutos (perda de eletrólitos) (D), teor de sólidos solúveis totais (E) e acidez titulável (g de ácido málico/100 g de polpa) (F) de banana ‘Prata’, em função da concentração de KMnO₄ nos respectivos dias de avaliação. Banana ‘Prata’ armazenada a $16,56 \pm 0,81$ °C durante 25 dias, seguidos de nove dias a $22,11 \pm 1,37$ °C após a retirada dos buquês das embalagens.

Quadro 1A – Médias e desvio-padrão da taxa respiratória (mg de CO₂/kg/h) apresentada pelos frutos no dia do armazenamento e no dia da retirada das embalagens, nas diferentes concentrações de KMnO₄, à temperatura ambiente

Concentração de KMnO ₄ (g/kg de fruto)	Dias de Armazenamento	
	0	25
0,0	28,6 ± 1,4	316,0 ± 20,5
0,5	26,1 ± 0,0	56,8 ± 0,0
1,0	24,5 ± 0,0	76,4 ± 0,0
1,5	27,2 ± 3,4	70,0 ± 4,2
2,0	25,2 ± 5,1	130,9 ± 109,8

Quadro 2A – Médias e desvio-padrão da taxa respiratória (mg de CO₂/kg/h) apresentada pelos frutos a partir do dia da retirada das embalagens, nas diferentes concentrações de KMnO₄, à temperatura ambiente

Dias	Concentração de KMnO ₄ (g/ kg de fruto)				
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
0	316,0 ± 20,5	56,8 ± 0,0	76,4 ± 0,0	70,0 ± 4,18	130,0 ± 109,7
1	171,9 ± 118,1	51,4 ± 0,0	61,3 ± 0,0	61,8 ± 11,9	77,6 ± 27,7
2	90,9 ± 21,7	133,3 ± 0,0	179,0 ± 0,0	144,2 ± 7,9	103,2 ± 35,0
3	80,7 ± 6,6	200,3 ± 0,0	184,2 ± 0,0	163,6 ± 16,9	95,6 ± 25,3
4	69,3 ± 12,7	121,8 ± 0,0	129,5 ± 0,0	117,3 ± 16,6	45,6 ± 3,5
5	59,9 ± 4,5	89,5 ± 0,0	81,2 ± 0,0	77,4 ± 0,8	72,4 ± 7,7
6	64,6 ± 2,1	75,6 ± 0,0	82,2 ± 0,0	97,8 ± 3,7	66,8 ± 15,5
7	62,7 ± 2,4	94,0 ± 0,0	94,2 ± 0,0	91,3 ± 3,5	67,0 ± 12,2
9	75,5 ± 1,2	99,3 ± 0,0	117,5 ± 0,0	85,1 ± 1,0	66,5 ± 13,1

Quadro 3A – Médias e desvio-padrão da produção de etileno (µL/kg/h) apresentada pelos frutos a partir do dia da retirada das embalagens, nas diferentes concentrações de KMnO₄, à temperatura ambiente

Dias	Concentração de KMnO ₄ (g/kg de fruto)				
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
0	22,80 ± 7,02	5,94 ± 5,18	15,69 ± 13,69	-	-
1	11,52 ± 1,97	5,34 ± 1,75	7,20 ± 4,42	5,54 ± 5,99	1,48 ± 0,48
2	8,52 ± 0,70	4,18 ± 0,58	6,20 ± 1,81	5,36 ± 0,84	5,06 ± 0,24
3	5,84 ± 0,91	3,77 ± 0,25	4,63 ± 0,90	2,53 ± 2,20	4,58 ± 0,65
6	5,05 ± 1,74	1,88 ± 0,50	4,09 ± 2,86	2,22 ± 0,26	-

- Não houve leitura.

Quadro 4A – Médias e desvio-padrão da taxa respiratória (mg de CO₂/kg/h) apresentada pelos frutos no dia do armazenamento e no dia da retirada das embalagens, nas diferentes concentrações de KMnO₄, em armazenamento refrigerado

Concentração de KMnO ₄ (g/kg de fruto)	Dias de Armazenamento	
	0	25
0,0	75,84 ± 6,09	324,4 ± 31,33
0,125	75,48 ± 4,47	163,95 ± 125,85
0,250	83,45 ± 14,36	164,45 ± 174,59
0,375	71,87 ± 14,64	178,27 ± 188,80
0,500	73,26 ± 13,21	86,66 ± 41,33

Quadro 5A – Médias e desvio-padrão da taxa respiratória (mg de CO₂/kg/h) apresentada pelos frutos a partir do dia da retirada das embalagens, nas diferentes concentrações de KMnO₄, após 25 dias de armazenamento refrigerado

Dias	Concentração de KMnO ₄ (g/kg de fruto)				
	0,0	0,125	0,250	0,375	0,500
0	324,4 ± 31,33	163,9 ± 125,8	164,4 ± 174,6	178,3 ± 188,8	86,66 ± 41,33
1	114,3 ± 38,92	54,62 ± 23,62	43,62 ± 30,79	83,96 ± 84,18	22,60 ± 19,61
2	94,14 ± 9,17	105,6 ± 23,06	93,41 ± 7,48	117,31 ± 6,89	103,85 ± 19,8
3	122,91 ± 6,98	167,9 ± 55,76	163,1 ± 54,28	196,2 ± 53,3	173,04 ± 46,5
4	144,74 ± 15,7	197,46 ± 68,9	163,26 ± 57,0	177,1 ± 44,87	198,45 ± 29,6
5	129,26 ± 18,7	151,23 ± 38,8	124,9 ± 12,66	157,9 ± 31,02	149,4 ± 25,25
6	230,4 ± 223,9	135,06 ± 33,4	113,42 ± 14,9	128,1 ± 14,16	105,19 ± 12,8
7	130,25 ± 24,6	144,03 ± 34,6	127,46 ± 24,7	129,32 ± 13,9	109,4 ± 21,92
9	128,1 ± 30,19	135,72 ± 20,1	92,77 ± 0,5	119,5 ± 15,14	107,37 ± 17,8

Quadro 6A – Médias e desvio-padrão da concentração de CO₂ (%) apresentada pelos frutos em 24 horas de armazenamento refrigerado, nas diferentes concentrações de KMnO₄

Concentração de KMnO ₄ (g/kg de fruto)	Horas de Armazenamento			
	4	8	12	24
0,0	3,46 ± 0,37	4,14 ± 0,64	4,35 ± 0,56	3,69 ± 0,04
0,125	2,79 ± 0,64	3,26 ± 0,89	3,94 ± 0,66	3,72 ± 0,81
0,250	2,32 ± 0,32	2,24 ± 0,55	2,81 ± 1,43	2,62 ± 1,24
0,375	2,54 ± 1,50	3,50 ± 1,42	3,90 ± 0,97	3,47 ± 0,87
0,500	2,49 ± 1,08	3,36 ± 1,51	4,24 ± 1,51	4,97 ± 2,60

Quadro 7A – Médias e desvio-padrão da concentração de CO₂ (%) apresentada pelos frutos nos 25 dias de armazenamento refrigerado, nas diferentes concentrações de KMnO₄

Dias	Concentração de KMnO ₄ (g/kg de fruto)				
	0,0	0,125	0,250	0,375	0,500
1	3,69 ± 0,04	3,72 ± 0,81	2,62 ± 1,24	3,47 ± 0,87	4,97 ± 2,60
2	3,73 ± 1,80	3,28 ± 1,41	5,42 ± 4,79	2,77 ± 0,76	5,28 ± 4,03
3	4,26 ± 2,35	1,60 ± 0,0	4,77 ± 3,38	3,08 ± 1,30	4,61 ± 3,29
4	3,75 ± 3,01	2,47 ± 0,40	3,41 ± 1,69	2,51 ± 0,34	2,28 ± 0,97
5	2,66 ± 1,29	2,85 ± 1,59	3,39 ± 3,61	2,93 ± 2,72	1,39 ± 0,29
25	8,71 ± 0,0	4,09 ± 0,43	3,86 ± 1,34	5,19 ± 0,06	4,91 ± 0,0

Quadro 8A – Resumo da análise de variância das variáveis em estudo, em banana ‘Prata’ tratada com diferentes concentrações de KMnO_4 , após 25 dias de armazenamento à temperatura de $21,52 \pm 3,79$ °C e nove dias nas mesmas condições após a retirada dos buquês das embalagens

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio					
		Índice de Cor	PMF	Consistência	ES	SST	AT
Concentração (C)	4	0,2583 ^{ns}	0,60547 ^{ns}	547825,6000**	1252,3540**	21,0180*	0,0146 ^{ns}
Resíduo (a)	15	0,6021	0,8518	577,9611	65,8302	4,3849	0,0154
Dias (D)	8	82,0069**	122,0857**	1240764,0000**	853,9380**	765,895**	0,2821**
C X D	32	1,1743**	0,0998 ^{ns}	59134,65**	88,38215**	45,5062**	0,0315**
Resíduo (b)	120	0,6255	0,06194	491,3604	31,8198	5,2414	0,0073
CV ¹ (%)		18,39	30,35	7,52	35,57	10,30	23,41
CV ² (%)		18,75	8,18	6,93	24,73	11,26	16,22

^{ns} F não-significativo a 5%; * F significativo a 5%; ** F significativo a 1%; CV¹ – coeficiente de variação das parcelas; CV² – coeficiente de variação das subparcelas; PMF – perda de matéria fresca; ES – extravasamento de solutos; SST – teor de sólidos solúveis totais; e AT – acidez titulável.

Quadro 9A – Resumo da análise de variância das variáveis em estudo, em banana ‘Prata’ tratada com diferentes concentrações de KMnO₄, após 25 dias de armazenamento à temperatura de 16,56 ± 0,81 °C e nove dias à temperatura de 22,11 ± 1,37 °C

Fontes de Variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio					
		Índice de Cor	PMF	Consistência	ES	SST	AT
Concentração (C)	4	0,2225 ^{ns}	0,7594 ^{ns}	62394,85*	249,6998*	13,6376 ^{ns}	0,0102 ^{ns}
Resíduo (a)	15	0,5809	0,7195	19261,72	56,7034	7,5650	0,0049
Dias (D)	8	81,1757**	37,4202**	1051500,00**	1022,847**	579,9075**	0,2160**
C X D	32	0,9063 ^{ns}	0,0594 ^{ns}	62301,41**	65,3805 ^{ns}	19,6264**	0,0203**
Resíduo (b)	120	0,6085	0,0392	26053,10	50,22874	10,9808	0,0104
CV ¹ (%)		17,538	48,53	12,39	32,63	13,42	17,39
CV ² (%)		17,950	11,33	11,73	30,71	16,16	17,58

^{ns} F não-significativo a 5%; * F significativo a 5%; ** F não significativo a 1%; CV¹ – coeficiente de variação da parcela; CV² – coeficiente de variação da subparcela; PMF – perda de matéria fresca; ES – extravasamento de solutos; SST – teor de sólidos solúveis totais; e AT – acidez titulável.