

FERNANDA CRISTINA SILVA

**UTILIZAÇÃO DE PERMANGANATO DE POTÁSSIO NA  
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MAXIPE**

Dissertação 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  
2012

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

T

S586u  
2012

Silva, Fernanda Cristina, 1985-

Utilização de permanganato de potássio na conservação  
pós-colheita de maxixe / Fernanda Cristina Silva. – Viçosa,  
MG, 2012.

ix, 41f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Fernando Luiz Finger.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 37-41.

1. Maxixe (Hortaliça). 2. Maxixe (Hortaliça) -  
Conservação. 3. Permanganato de potássio. 4. Maxixe  
(Hortaliça) - Fisiologia pós-colheita. I. Universidade Federal  
de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 635.63

FERNANDA CRISTINA SILVA

**UTILIZAÇÃO DE PERMANGANATO DE POTÁSSIO NA  
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MAXIXE**

Dissertação 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: 08 de março de 2012.

---

Paulo Roberto Cecon

---

Paula Acácia Silva Ramos

---

Fernando Luiz Finger  
(Orientador)

Aos meus pais Aparecida e Osvaldinho

Minhas irmãs Aline e Ana Paula

Ao meu noivo Fabricio

A minha querida sobrinha Letícia

***DEDICO!!!***

## AGRADECIMENTOS

A Deus por toda força e saúde para eu poder trilhar esse caminho e realizar meus sonhos.

Aos meus queridos pais, que sempre confiaram em mim e me incentivaram nos meus planos. Torceram, rezaram e sofreram comigo nas minhas incertezas, mesmo longe sempre muito presentes.

As minhas queridas irmãs, que sempre apoiaram as minhas decisões e vibraram com minha alegria. E a minha querida sobrinha, fonte de felicidade!!!

Ao meu amado noivo, pelo apoio, companheirismo, entendimento, carinho e luta. Por toda disponibilidade e sugestões nos trabalhos. Por tudo que passamos juntos para estarmos aqui...

Aos meus familiares, avós, tios, primos, e em especial tia Aparecida, sempre rezando e torcendo pela minha conquista.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, por me concederem a oportunidade de realizar este curso.

Ao CNPq e a CAPES pelo apoio financeiro.

Ao professor Fernando Luiz Finger, pelo ensinamento, pela orientação necessária para a realização desse trabalho e por tudo que fez por mim para que eu chegasse até aqui ....

Ao professor Paulo Roberto Cecon, pelas sugestões e auxílio nas análises.

A Dr<sup>a</sup> Paula Acácia pelos conselhos no laboratório, colaboração, disponibilidade e sugestões no trabalho.

Aos funcionários Geraldo e Sebastião que sempre me auxiliaram durante a condução do trabalho.

A todos do laboratório que contribuíram para esse trabalho e que estiveram ao meu lado. Em especial a Janaína, Christiane, Wellington e Lucas, pela ajuda durante a condução do experimento.

A Ana Emerlinda pela força, Ana Paula e Teresa pelos ensinamentos, a Paula Acácia pela amizade, conselhos e colaboração.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

***Obrigada!!!***

## **BIOGRAFIA**

Fernanda Cristina Silva, filha de Osvaldinho Moreira da Silva e Aparecida Perpétua da Fonseca e Silva, nasceu no dia 25 de agosto de 1985, em João Monlevade – MG.

Graduou-se Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) – Viçosa (MG), em julho de 2009. Em janeiro de 2011 iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia na instituição referida, UFV.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	6
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	7
3.1. Perda de massa fresca acumulada .....	10
3.2. Teor de clorofila.....	10
3.3. Teor de açúcares solúveis totais.....	11
3.4. Teor de amido.....	13
3.5. Teor de vitamina C.....	14
3.6. Análise visual.....	15
3.7. Delineamento Experimental.....	16
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	15
4.1. Perda de massa fresca acumulada .....	17
4.2. Teor de clorofila.....	18
4.3. Teor de açúcares redutores.....	21
4.4. Teor de açúcares não redutores.....	22
4.5. Teor de açúcares solúveis totais.....	24
4.6. Teor de amido.....	26
4.7. Teor de vitamina C.....	27
4.8. Análise visual.....	29
4.9. Conclusões.....	36
5. REFERÊNCIAS.....	37

## RESUMO

SILVA, Fernanda Cristina, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2012.  
**Utilização de permanganato de potássio na conservação pós-colheita de maxixe.**  
Orientador: Fernando Luiz Finger.

O maxixe (*Cucumis anguria*) é uma hortaliça pertencente à família das cucurbitáceas. Os frutos são colhidos ainda imaturos, com sementes tenras, coloração verde-clara e tem baixa vida de prateleira. É um fruto tropical de difícil cultivo no estado de Massachusetts, EUA. O presente trabalho avaliou a influência de diferentes dosagens de permanganato de potássio, na forma de saches, durante o armazenamento, em condição refrigerada a 10°C, na qualidade pós-colheita de frutos de maxixe, simulando o período de transporte e comercialização desta hortícola do Brasil ao estado de Massachusetts, EUA. Os frutos foram selecionados, sanitizados e embalados em bandeja de isopor, contendo saches de permanganato de potássio nas concentrações de 0 (controle), 1, 2, 3 e 4 g, em 6,5 g de vermiculita. As bandejas foram armazenadas em BOD a 10°C. Análises foram realizadas nos dias 0, 3, 7 e 10 para a determinação de perda de massa fresca acumulada (PMF), teor de clorofila total, açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR), ácido ascórbico (VIT C), amido e análise visual de cor e injúria por frio. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto de quatro repetições. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genética da UFV (SAEG-UFV). Para comparar as médias dos tratamentos com o controle utilizou-se o teste de Dunnett adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para a escolha do modelo de regressão baseou-se na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o

teste t ao nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $R^2 = \text{SQReg} / \text{SQtrat}$ ) e no comportamento biológico. Inicialmente ocorreu aumento nos teores de clorofila com posterior decréscimo. O aumento é decorrente da perda de água que no início superou a taxa de degradação do pigmento. O tratamento com 4 g de  $\text{KMnO}_4$  conservou maior conteúdo de pigmentos clorofílicos e resultou em menor queda de vitamina C. O tratamento com 4 g de  $\text{KMnO}_4$  proporcionou melhor aparência, com frutos verdes e menor escurecimento da casca após 3 dias de armazenamento.

## ABSTRACT

SILVA, Fernanda Cristina, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2012. **Utilization of potassium permanganate on the postharvest of maxixe.** Adviser: Fernando Luiz Finger.

The maxixe (*Cucumis anguria*) is a vegetable belonging to the Cucurbitaceae family. The fruits are harvested when still immature, with tender seeds, colored bright green and has a low shelf life. It is a tropical fruit of difficult cultivation in the state of Massachusetts, EUA. This study evaluated the influence of different doses of potassium permanganate, in the form of sachets, during storage in refrigerated conditions at 10 °C on the postharvest quality of fruits of cucumber, simulating the period of transport and marketing from Brazil to the state of Massachusetts, USA. The fruits were sorted, sanitized and packaged in polystyrene trays, containing potassium permanganate sachets at concentrations of 0 (control), 1, 2, 3 and 4 g in 6.5 g the vermiculite. The trays were stored in a chamber at 10 °C. Analyses were performed on days 0, 3, 7 and 10 for the determination of cumulative weight loss (CWL), total chlorophyll content, total soluble sugars (TSS), reducing sugars (RS), non-reducing sugars (ANR) ascorbic acid (vitamin C), starch and visual examination of color and chilling injury. The experimental design was completely randomized, with four replications. Data were analyzed using analysis of variance and regression using the Statistical Analysis System and Genetics of UFV (SAEG-UFV). To compare the treatment means with the control, we used the Dunnett test adopting the 5% level of probability. For the selection of the regression model was based on the significance of the regression coefficients using t-test at 5% probability of the coefficient of determination ( $R^2 = SQ_{Reg} / SQ_{trat}$ ) and by the biological behavior.

Initially there was an increase in chlorophyll content with a subsequent decrease. The increase is due to the exceeded water loss that was higher compared to the degradation rate of the pigment. Treatment with 4 g of  $\text{KMnO}_4$  retained higher content of chlorophyll pigments and resulted in less drop of vitamin C. Treatment with 4 g  $\text{KMnO}_4$  provided better appearance, with greener fruits and less darkening of the skin after 3 days of storage.

## 1. INTRODUÇÃO

Originário da África tropical e introduzido no Brasil por ocasião do tráfico de escravos (YOKOYAMA & SILVA JUNIOR, 1988), o maxixe tem como ancestral a espécie *Cucumis longipes*.

Através de mutação natural o *Cucumis longipes* deu origem à espécie *Cucumis anguria* L., chamado de maxixe comum (YOKOYAMA & SILVA JUNIOR, 1988), e através do cruzamento destas espécies e do ciclo de seleção do maxixeiro comum foram obtidas várias linhagens de maxixe que diferem pela espiculosidade, tamanho e forma.

*Cucumis anguria* L. é uma hortalica tropical pertencente à família das curcubitaceas. É tolerante às condições desfavoráveis de clima seco e temperaturas altas, após o estabelecimento da cultura no campo, porém muito sensível à baixa temperatura (LOWER & ESWARDAS, 1986).

É uma planta caracterizada pela produção de frutos que não apresentam sabor amargo, ao contrário das plantas africanas que são impróprias para o consumo, são de fácil crescimento, rústica, resistente às pragas e doenças, e apresentam prolongado período de frutificação, permitindo colheita escalonada (YOKOYAMA & SILVA JUNIOR, 1988; MAPA, 2010).

No Brasil, a maior área de produção ocorre nas regiões de forte influência da cultura africana - Norte, Nordeste e Sudeste (YOKOYAMA & SILVA JUNIOR, 1988).

É uma hortalica que apresenta melhor desenvolvimento durante a época quente do ano. É produzida em pequena escala em algumas regiões do Brasil de forma não convencional. Exercendo grande influencia na alimentação e na cultura de populações tradicionais, principalmente na região nordestestina, consumida na forma de “maxixada”, sendo pouco conhecida no centro sul do Brasil (LANA *et al.*, 2011).

Pouco se sabe sobre os parâmetros físico-químicos desta hortalica. O ácido ascórbico (vitamina C) tem papel fundamental na nutrição humana. É também usado como um indicador da qualidade nutritiva de frutas e vegetais. Isto porque, em comparação com outros nutrientes, é muito mais sensível a diferentes modos de

degradação no armazenamento de alimentos. Portanto, presume-se que, a presença do ácido ascórbico durante o armazenamento indica que provavelmente os demais nutrientes também estão sendo preservados (ÖZKAN *et al.*, 2004).

Contudo, não existe na literatura informação sobre o teor de vitamina C em frutos de maxixe, além da sua degradação devido à senescência dos frutos.

Os frutos de maxixe são colhidos ainda imaturos, com coloração verde, sementes tenras e apresentam baixa conservação pós-colheita devido à desidratação e amarelecimento, resistindo por no máximo três dias depois de retirado das plantas (LANA *et al.*, 2011). Assim, a comercialização dos frutos frescos deve ocorrer o mais breve possível após a colheita, limitando-se a comercialização aos mercados locais das cidades brasileiras.

Por não ser uma cultura organizada em cadeia produtiva, não desperta o interesse comercial por parte de empresas de sementes, fertilizantes e outros agroquímicos (MAPA, 2010). Também se torna evidente a falta de interesse dos pesquisadores em avaliar as novas tecnologias que poderiam ser aplicada nos frutos, de forma a estender a vida útil pós-colheita (YOKOYAMA, 1987; KOCH & COSTA, 1991).

Porém, pesquisas realizadas pela Universidade de Massachusetts (UMass), com os vegetais da culinária brasileira, indicou o maxixe, jiló, taioba e quiabo como culturas mais procuradas pelos brasileiros que vivem neste estado. O governo brasileiro estima que 1,5 milhões de brasileiros morem nos Estados Unidos, sendo que a maior concentração encontra-se em Massachusetts, Nova York, Nova Jersey, Flórida e Califórnia (MANGAN *et al.*, 2008).

Agricultores americanos veem a introdução de novas culturas como um desafio. Começando com a disponibilidade de semente e a prática de diferentes culturas que eles devem aprender a fim de cultivá-las com êxito. Também pode ser considerável o risco de crescimento de novas culturas sem o completo conhecimento de mercado (MANGAN *et al.*, 2008). Além de o cultivo ser impraticável no inverno devido às condições de temperatura extremamente baixas.

Portanto, viu-se a necessidade de estudar técnicas pós-colheita que pudesse estender a vida útil do fruto, a fim de tornar possível sua importação.

Quanto à produção brasileira de maxixe para comercialização no mercado externo, como por exemplo, para o estado de Massachusetts nos EUA, o grande problema encontrado é o curto período de conservação pós-colheita, ficando os frutos rapidamente amarelecidos, devido ao efeito do gás etileno na sua senescência.

A longevidade e a alteração da cor, associada ao amadurecimento e senescência dos produtos hortícolas, é influenciada pelo etileno que regula muitos aspectos fisiológicos do crescimento e desenvolvimento (CHITARRA, 2005).

A manipulação do etileno é uma estratégia que pode ser utilizada a fim de estender a longevidade de frutas e hortaliças. Este gás estimula o processo de amadurecimento em frutas climatéricas, resultando em sabor, cor e textura desejáveis, entretanto leva à perdas devido à aceleração do processo de amadurecimento. Ao contrário, em frutos não-climatéricos parece haver outros fatores endógenos, além do etileno, envolvidos na indução desse processo pós-colheita. Entretanto, o etileno também tem efeitos negativos, uma vez que aumenta a suscetibilidade a patógeno, distúrbios fisiológicos, e senescência, com uma redução da longevidade dos produtos hortícolas.

A presença do etileno é indesejável durante o transporte e o armazenamento de frutos, sendo considerado um dos grandes vilões na pós-colheita, pois compromete a qualidade dos frutos por conduzi-los a senescência (VILAS BOAS, 2002).

A sensibilidade da maioria dos frutos ao etileno aumenta na medida em que o fruto se aproxima da maturidade fisiológica e do início do amadurecimento. Além de induzir o amadurecimento, o etileno pode afetar outros aspectos da fisiologia dos frutos como o desverdecimento da casca de frutos não-climatéricos (SENHOR *et al.*, 2009). Assim, mesmo em baixa concentração está associado à degradação da clorofila da casca (GOLDSCHMIDT, 1997; SALTVEIT, 1999), dando lugar a cor amarela devido a síntese de carotenoides, mesmo sob refrigeração, embora mais lentamente (BALDWIN, 1994).

Portanto, a remoção do etileno ou inibição da sua ação pode retardar as mudanças de coloração dos frutos durante o armazenamento e amadurecimento, prolongando a vida de prateleira (SALTVEIT, 1999).

A utilização de embalagem protetora em frutos e hortaliças é um forte aliado na conservação pós-colheita. De acordo com Lana & Finger (2000), a maior vantagem da utilização de filmes plásticos na comercialização de produtos hortícolas é manter a qualidade dos produtos pela redução da perda de água. O dano físico é um fator que acelera a perda de água do tecido e, como resultado, ocorre redução na turgescência (TOIVONEN & BRUMMELL, 2008). A redução da turgescência, ou murcha, é um processo decorrente da elevada transpiração em conjunto com o fato de o suprimento de água para o órgão vegetal ser interrompido após a colheita (SANTOS *et al.*, 2001).

As embalagens, associadas à baixa temperatura, é um método eficaz para conservação dos frutos. As baixas temperaturas diminuem as taxas respiratórias e o metabolismo, prolongando as características desejáveis durante o armazenamento (FINGER & VIEIRA, 2007). Dessa forma, uma das alternativas de estender a vida útil pós-colheita de frutos é a utilização de técnicas individuais ou em conjunto, como o uso de embalagens protetoras, refrigeração além do uso de absorvedores de etileno.

O uso de absorvedores pode estender a vida útil do produto. O permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) é o absorvedor mais conhecido, barato e amplamente utilizado no armazenamento de frutas e hortaliças (OZDEMIR & FLOROS, 2004).

O permanganato de potássio, sólido roxo estável, é um forte agente oxidante do etileno (WILLS & WARTON, 2004). Para ser eficiente na oxidação de pequenas concentrações de etileno em torno dos produtos, ele precisa ter uma elevada área superficial exposta à atmosfera, não podendo ser usado em contato direto com produtos alimentícios devido a sua alta toxicidade (OZDEMIR & FLOROS, 2004). Então, solução saturada de  $\text{KmnO}_4$  é impregnada a diferentes materiais porosos inertes (WILLS & WARTON, 2004), como vermiculita (OLIVEIRA, 2011), zeólita (OH *et al.*, 1996), argila (PICON *et al.*, 1993) ou alumina (JAYAMARAN & RAJU, 1992). Esses materiais porosos impregnados com  $\text{KmnO}_4$  compoem os saches, altamente permeáveis ao etileno.

O permanganato de potássio, com coloração violeta intensa, inicialmente oxida o etileno à acetaldéido ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) que por sua vez é oxidado a ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). O ácido acético pode ser ainda oxidado a dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e

água (H<sub>2</sub>O). Na oxidação do etileno há formação de intermediários como o hidróxido de potássio (KOH) e dióxido de manganês (MnO<sub>2</sub>) (SORBENTSYSTEMS, 2011). O MnO<sub>2</sub> gerado tem coloração marrom escuro, o que proporciona a transformação da cor violeta intensa para marrom escuro, após a oxidação do etileno. A avaliação visual da alteração da cor é um bom indicativo de que os sachês devem ser trocados devido à falta de eficiência em oxidar o etileno (WILLS & WARTON, 2004).

Nos países industrializados, onde a exigência de qualidade dos produtos hortícolas é superior, está amplamente difundido o uso de sachês de permanganato de potássio nas embalagens de frutas e de algumas hortaliças, durante o transporte aéreo e marítimo de produtos importados e exportados (CHITARRA, 2005).

Assim, a utilização de embalagens com filmes plásticos e o uso de sachês de permanganato de potássio pode ser um grande potencial para manter a qualidade dos frutos de maxixe e aumentar sua conservação pós-colheita, de forma a tentar solucionar o amarelecimento precoce dos frutos, possibilitando a exportação e comercialização desta hortaliça para o estado de Massachusetts, nos EUA.

## **2. OBJETIVOS**

O presente trabalho objetivou avaliar a influência de diferentes doses de permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ), na forma de sachês, durante o armazenamento refrigerado a  $10^\circ\text{C}$ , na conservação e qualidade pós-colheita de frutos de maxixe.

### **2.1. Objetivos Específicos**

- Determinar a influência das doses de permanganato de potássio nas características visuais do fruto de maxixeiro ao longo do armazenamento, para analisar o grau de amarelecimento e escurecimento dos frutos ao longo do tempo.
- Determinar a influência das doses de permanganato de potássio na degradação de clorofila da casca do fruto de maxixeiro ao longo do armazenamento.
- Quantificar a influencia das doses de permanganato de potássio no teor de carboidrato.
- Determinar a influência das diferentes doses de permanganato de potássio na perda de matéria fresca e no teor de vitamina C, dos frutos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de maxixe, ainda imaturos com sementes tenras e coloração verde, foram colhidos na região metropolitana de Belo Horizonte e levados para Viçosa-MG. Em seguida foram transportados em caixas plásticas ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita de Produtos Hortícolas da UFV.

No laboratório, os frutos foram selecionados quanto à ausência de doenças e danos mecânicos. Os frutos isentos de danos e doenças foram levados ao laboratório de processamento mínimo para serem submetidos à sanitização. Primeiramente, os frutos foram lavados em água corrente para remoção de resquícios de terra e folhas. Posteriormente foram higienizados em solução clorada, com concentração de 200 ppm de cloro ativo. O sanitizante utilizado foi o Sumaveg<sup>®</sup> – Diversey Lever, à base de composto orgânico clorado para verduras e frutas. Ele tem como princípio ativo o dicloro s. triazinatriona sódica dihidratada. O processo de sanitização consistiu na imersão dos maxixes em água contendo 200mg/L de Sumaveg<sup>®</sup>, por 10 minutos (SIMONS & SANGUANSRI, 1997), em seguida enxaguados com água contendo 3mg/L de Sumaveg<sup>®</sup> para a remoção do excesso de sanitizante. Após esse processo, os frutos foram colocados em peneiras para a retirada do excesso de água e posteriormente sobre as bancadas, previamente descontaminadas, com o objetivo de retirar toda a água ainda aderida na superfície do fruto (Figura 1).



**Figura 1.** Frutos de maxixe em bancada após o processo de sanitização.

Após secarem naturalmente, foram colocados quatro frutos por bandejas de isopor com dimensão de 15 cm x 15 cm, previamente esterilizadas, com adição de sachês de diferentes dosagens de permanganato de potássio (1, 2, 3, e 4 g), em seguida as embalagens foram seladas com filme de PVC (cloreto de polivinil) (Figura 2) e armazenados em B.O.D. com temperatura ajustada para 10° C e umidade relativa de 90%. Para cada intervalo de tempo avaliado, foram utilizadas quatro repetições por tratamento, sendo cada bandeja uma repetição.



**Figura 2.** Bandejas de isopor contendo frutos de maxixe e sachês com diferentes doses de permanganato de potássio.

Os tratamentos consistiram em diferentes dosagens de permanganato de potássio impregnados a vermiculita, sob a forma de sachês:

- Tratamento 1 – sem sachê (Controle)
- Tratamento 2 - 1 g de  $\text{KMnO}_4$
- Tratamento 3 - 2 g de  $\text{KMnO}_4$
- Tratamento 4 - 3 g de  $\text{KMnO}_4$
- Tratamento 5 - 4 g de  $\text{KMnO}_4$

Os sachês de permanganato de potássio foram preparados conforme metodologia descrita por Ferreira (2009). Foram pesados a proporção de 1, 2, 3 ou 4g de  $\text{KMnO}_4$  e 6,5g de vermiculita para cada sachê, representando respectivamente os tratamentos 2, 3, 4 e 5. Posteriormente o  $\text{KMnO}_4$  foi dissolvido em água deionizada. A solução preparada foi colocada em contato com a vermiculita previamente esterilizada e levada para estufa a  $80^\circ\text{C}$  a fim de proceder a secagem. Após a secagem, a vermiculita impregnada com permanganato de potássio foi pesada novamente e de acordo com o peso de cada tratamento foi distribuída nos saquinhos de TNT. Assim, o peso dos sachês foram de 6,5g de vermiculita acrescidos de 1, 2, 3 e 4g que representam o peso do  $\text{KMnO}_4$  dos tratamentos 2, 3, 4 e 5 respectivamente.

Os saches foram armazenados em vidros hermeticamente fechados até o momento de instalação do experimento.

A determinação da perda de massa fresca, dos teores de clorofila total, teores de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e não redutores, teor de amido, vitamina C e análise visual dos frutos foi realizado nos dias 0, 3, 7 e 10.

### **3.1. Perda de massa fresca acumulada**

Ao longo do armazenamento em câmara fria a 10°C e UR de 90 %, os frutos foram pesados no momento da instalação do experimento (tempo 0) e nos tempos 3, 7 e 10 dias de armazenamento. Os resultados foram expressos em porcentagem de perda de massa fresca, como se segue:

$$PMF = 100 - ((PF * 100) / PI)$$

Em que, PMF = perda de massa fresca (%);

PF = peso da massa fresca final (g), no dia da análise;

PI = peso da massa fresca inicial (g), no dia da instalação do experimento.

### **3.2. Teor de Clorofila**

Para avaliação do teor de clorofila, foram retiradas cascas bem finas dos frutos de cada bandeja e procedeu-se a extração de quatro discos da casca dos frutos do maxixe, com perfurador manual de 11 mm, que após serem pesados foram inseridos em tubos de rosca. Os tubos foram primeiramente revestidos com papel alumínio, para que o extrato permanecesse protegido da luz. Após a adição dos discos, 5 mL de N,N-dimetilformamida foram adicionados nos tubos que foram fechados e armazenados a 4°C por dez dias. Os teores de clorofila foram determinados pelo método de N,N-dimetilformamida (INSKEEP & BLOOM, 1985), em espectrofotômetro, com leituras nos comprimentos de onda de 647 e 664,5 nm. Calculado de acordo com a formula:

$$\text{Clorofila Total (mg/l)} = 17,9 A_{647} + 8,08 A_{664,5}$$

com posterior conversão para mg/g, como se segue:

$$\text{Clorofila Total (mg/g)} = (\text{Clorofila Total} \times 0,05) / \text{peso fresco dos discos}$$

### **3.3. Teores de açúcares solúveis totais**

#### **➤ Extração**

Aproximadamente 5 g de cada amostra foram pesadas, e sobre elas vertidas etanol 80% fervente. As amostras foram maceradas em etanol 80% e centrifugadas, seguida de filtragem em balão volumétrico de 50 mL, esse processo foi realizado por três vezes e o volume final dos balões foi completado para 25 mL. O resíduo retido em papel filtro foi seco em estufa a 65 °C por 24 horas e armazenado em dessecador para posterior determinação do amido. O extrato alcoólico foi armazenado, sob refrigeração, em vidros vedados, para a quantificação dos açúcares solúveis totais e redutores.

#### **➤ Quantificação dos Açúcares**

A quantificação dos açúcares solúveis totais (AST) foi realizada segundo o método Fenol-sulfúrico (DUBOIS *et al.*, 1956). Inicialmente foi preparada a solução padrão de sacarose 1% para a realização da curva padrão e realizada a diluição das amostras em 20 vezes. Sempre em duplicata, 250 µL das amostras diluídas foram pipetadas em tubo de ensaio com rosca, e adicionados 250 µL de Fenol 5%, seguidos de agitação em vortex. Os tubos foram acrescidos de 1,25 mL de ácido sulfúrico concentrado e agitados novamente. Após banho-maria à temperatura de 30°C, por 20 minutos, os tubos foram novamente agitados e postos em temperatura ambiente por 30 minutos e realizado a leitura em  $\lambda = 490 \text{ nm}$  em espectrofotômetro, a leitura também foi feita em duplicata. A partir da absorbância lida foram realizados os

cálculos com as devidas correções das diluições e o resultado expresso em % AST, calculado de acordo com a equação abaixo:

$$\text{AST (\%)} = (L \times N \times V / \text{MF}) \times 100$$

Em que: AST = Açúcares Solúveis Totais (%)

L = Concentração da amostra obtida pela leitura do espectro

N = número de diluições

V = volume final do extrato bruto

MF = massa fresca obtida inicialmente pela amostra completa

A quantificação dos açúcares redutores (AR) foi realizada segundo a metodologia de Somogy-Nelson (NELSON, 1944). Foi preparada a solução padrão de glicose 1% para a realização da curva padrão. Após diluir as amostras 20 vezes, sempre em duplicata, 200 µL do extrato alcoólico foi transferido para eppendorfs, onde foram adicionados 200 µL do reagente de Nelson 4 (tabela 1). Os eppendorfs foram agitados e incubados por 15 minutos em água fervente. Após resfriar em água, foram adicionado 200 µL da solução arsenomolibdica (reagente 5), com posterior agitação dos eppendorfs. Foram adicionados 600 µL de água deionizada e novamente agitados. As leituras no espectrofotômetro foram realizadas a 540 nm. O teor de açúcares redutores foi expresso em porcentagem e determinado pela equação abaixo:

$$\text{AR (\%)} = (L \times N \times V / \text{MF}) \times 100$$

Em que: AR = Açúcares Redutores (%)

L = Concentração da amostra obtida pela leitura do espectro

N = número de diluições

V = volume final do extrato bruto

MF = massa fresca obtida inicialmente pela amostra completa

Os açúcares não redutores (ANR) foram estimados subtraindo-se o teor de açúcares redutores do teor de açúcares solúveis totais e expressos em % ANR.

**Tabela 1.** Preparo dos reagentes utilizados na determinação de açúcares pelo método Somogy & Nelson (1944).

<b>REAGENTE</b>	<b>PREPARO</b>
1	Dissolver 15 g de tartarato de sódio e potássio e 30 g de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> anidro em 300 ml de H <sub>2</sub> O. Adicionar 20 g de NaHCO <sub>3</sub> . Dissolver 180 g de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> anidro em 500 ml de H <sub>2</sub> O fervente e resfriar. Misturar as duas soluções. Volume final 1 L.
2	Dissolver 5 g de CuSO <sub>4</sub> .5(H <sub>2</sub> O) e 45 g de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> anidro. Completar o volume final para 250 ml.
3	Dissolver 25 g de molibdato de amônio em 450 ml de H <sub>2</sub> O. Adicionar 21 ml de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> sob agitação. Dissolver 3g de Na <sub>2</sub> H As O <sub>4</sub> . 7 (H <sub>2</sub> O) em 25 ml de H <sub>2</sub> O. Misturar as duas soluções e encubar por 24-48 h a 37°C. Armazenar em frasco escuro.
4	8 ml do reagente 1 + 2 ml do reagente 2 (Prepara no momento da determinação).
5	8 ml de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> diluído em 200 ml de H <sub>2</sub> O + 3 ml do reagente 3 (preparar no momento da determinação).

### 3.4. Teor de amido

#### ➤ Extração

Do resíduo proveniente da extração dos açúcares solúveis totais, foi determinado o teor de amido mediante metodologia descrita por McCREADY *et al.* (1950). O amido seco a 65 °C por 24 horas foi pesado e macerado em cadinho. Depois de vertidos em tubo de centrifuga foram adicionado 2,5 mL de água deionizada e 3,25 mL de ácido perclórico 52%, agitados e deixados em repouso por 30 minutos, seguindo-se de centrifugação a 2000 g por 15 minutos. O sobrenadante foi coletado em proveta de 25 mL. Esse procedimento foi realizado por 3 vezes. O precipitado foi descartado e o volume final completado com água deionizada. O extrato foi armazenado em geladeira ate o momento da quantificação.

### ➤ **Quantificação**

Para quantificar o teor de amido foi utilizado o mesmo método para quantificação de açúcares solúveis totais, descrito anteriormente. O cálculo foi semelhante, porém o resultado multiplicou-se pelo fator 0,9, como descrito abaixo. O teor de amido foi expresso em % de amido.

$$\text{Amido (\%)} = ( L \times N \times V / MF ) \times 100 \times 0,9$$

Em que: AST = Açúcares Solúveis Totais (%)

L = Concentração da amostra obtida pela leitura do espectro

N = número de diluições

V = volume final do extrato bruto

MF = massa fresca obtida inicialmente pela amostra completa

0,9 = fator de conversão da glicose em amido;

### **3.5. Teor de vitamina C**

O teor de vitamina C foi determinado segundo técnica recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (1985).

Inicialmente foi preparada a solução de tillmans ( 2,6 diclofenol-indofenol (DFI) a 0,02 % ), a solução de ácido oxálico 0,5% e a solução padrão de ácido ascórbico (AA) µg/mL utilizada para padronizar a solução de tillmans.

A massa fresca extraída (5 g) foi triturada em politron em solução ácida. Em seguida, a mistura foi filtrada em compressas de gaze hidrófila CREMER, passando o filtrado para um erlenmeyer de 250 mL, procedendo-se a titulação com a solução de Tillmans até se observar a mudança de coloração. O reagente é reduzido de azul a incolor e em meio ácido, torna-se róseo. A concentração de vitamina C foi calculada pela equação:

$V \times F \times 100 / A = \text{mg de ácido ascórbico por 100 mL da amostra, em que:}$

V= volume da solução de Tillmans necessário para atingir a coloração róseo (L)

F= fator da solução de Tillmans

A= ml da amostra utilizada.

Posteriormente os valores foram transformado em mg de ácido ascórbico por 100 g de fruto.

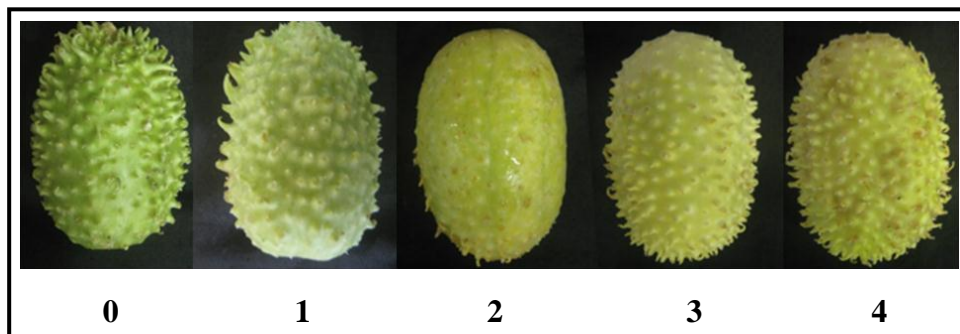
### 3.6. Análise visual

Foram avaliadas as lesões de injúria por frio, aparecimento de manchas escuras, além do amarelecimento do fruto. Os frutos foram avaliados de acordo com o seu estado de conservação utilizando-se notas de A a E, em função do grau de severidade das lesões e notas de 0 a 4 de acordo com a intensidade da alteração na cor.

A presença de manchas escuras nos frutos provocada por danos aos tecidos foi avaliada utilizando-se escala de A a E, como descrito abaixo:

- A - Sem escurecimento, quando não apresentando manchas escuras;
- B - Levemente escurecidos, quando houver pequenas manchas escuras;
- C - Moderadamente escurecidos, quando apresentarem manchas maiores;
- D - Extremamente escurecidos, com manchas distribuídas por todo o fruto e;
- E - Completamente escurecidos, quando as manchas escuras ocuparem mais de 50 % do fruto.

Análise visual dos frutos quanto à coloração foi realizada por ser um fator determinante na comercialização dos frutos. As análises foram determinadas em uma escala de 0 a 4 segundo o grau de amarelecimento dos frutos, como mostrado na (figura 3).



**Figura 3.** Escala de amarelecimento dos frutos de maxixe, ao longo dos dias de armazenamento. Com notas variando de 0 a 4, sendo:

- 0: Frutos completamente verde
- 1: Frutos verde com inicio do amarelecimento
- 2: Frutos verde com intenso amarelecimento
- 3: Frutos amarelo
- 4: Frutos amarelo com manchas escuras

As bandejas que continham mais que 50% dos frutos amarelecidos, murchos, escuros ou com fungos foram considerados impróprios para a comercialização, determinando o período do experimento.

### **3.7. Delineamento experimental**

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, tendo-se nas parcelas as cinco doses de  $\text{KMnO}_4$  e nas subparcelas os quatro dias de observações. O experimento foi composto de quatro repetições e a unidade experimental constituída de uma bandeja com quatro frutos de maxixe. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genética da UFV (SAEG-UFV). Para comparar a média da testemunha e o padrão utilizou-se o teste de Dunnett adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para a escolha do modelo de regressão baseou-se na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t ao nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $R^2 = \text{SQReg} / \text{SQtrat}$ ) e no comportamento biológico em estudo.

## 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

### 4.1. Perda de massa fresca acumulada

Na figura 4 podem ser observados os resultados da perda de massa fresca (PMF) acumulada durante os dias de armazenamento para todos os tratamentos em estudo. As equações estimadas para cada tratamento com seus respectivos coeficientes de determinação são visualizadas na figura.

É observado um comportamento linear crescente ao longo dos dias de armazenamento para todos os tratamentos.

O controle apresentou a maior PMF acumulada durante os dias de avaliação atingindo valor máximo de 4,52% no último dia de armazenamento, seguido dos tratamentos com 2 g, 3 g, 4 g e 1 g com valores de 4,29 %, 4,24 %, 4,20 %, e 3,98 %, respectivamente.

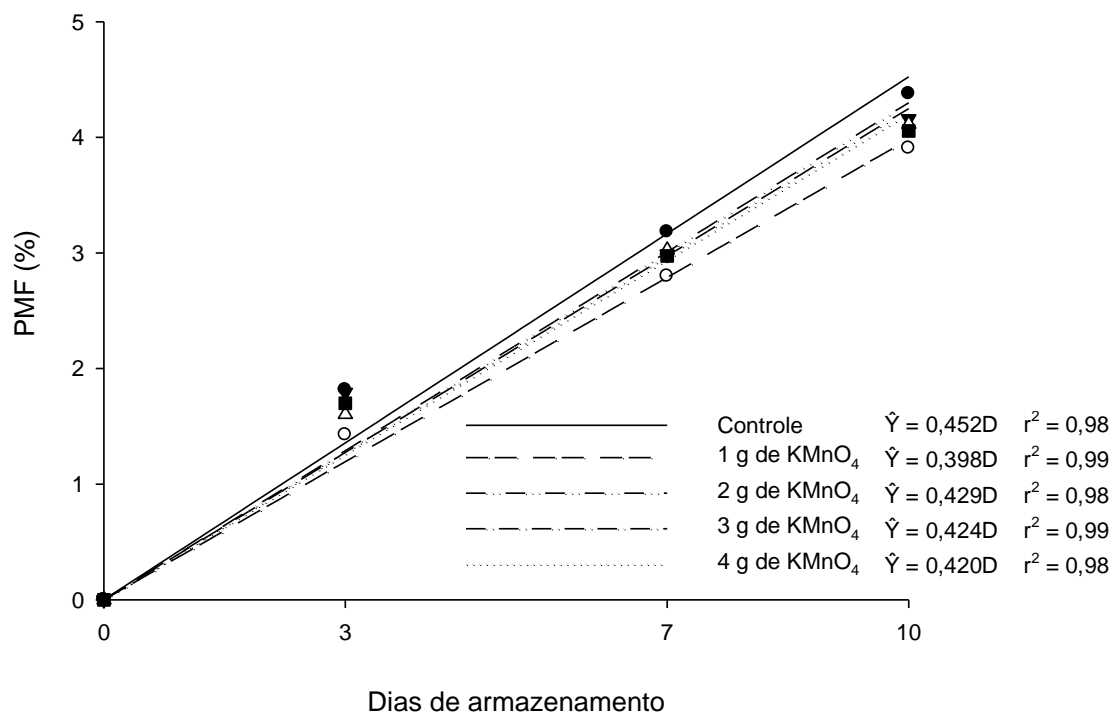
Segundo Finger & Vieira (2007), a perda de massa fresca é devido à perda de vapor de água que ocorre através da transpiração, juntamente com a perda de massa seca necessária ao processo respiratório, porém a principal perda de massa fresca durante o armazenamento é devido ao processo transpiratório.

Já é bem definido nas pesquisas que o filme de PVC é eficiente em manter a massa fresca (CARON, 2009; GALVÃO *et al.*, 2010; FERREIRA *et al.*, 2011; GALVÃO *et al.*, 2011), preservando a qualidade dos frutos e hortaliças na comercialização, devido a redução da perda de água (FINGER & VIEIRA, 2007).

O ambiente saturado de umidade no interior das embalagens impede que os frutos tenham alta taxa de transpiração devido à redução do gradiente de pressão entre o fruto e o ambiente, o que nos permite observar uma perda máxima de massa fresca de 4,52% nos tratamentos sem KMnO<sub>4</sub>.

A perda máxima observada para a maioria dos produtos hortícolas frescos, sem a ocorrência de murcha e enrugamento, está entre 5 e 10 % (FINGER & VIEIRA, 2007). Apesar dos frutos apresentarem perda de massa fresca máxima de 4,52 % ao final de 10 dias de armazenamento, eles já se apresentavam depreciados

interferindo na qualidade de comercialização. Porém independente da presença dos sachês de  $\text{KMnO}_4$  a perda de massa fresca não foi limitante.

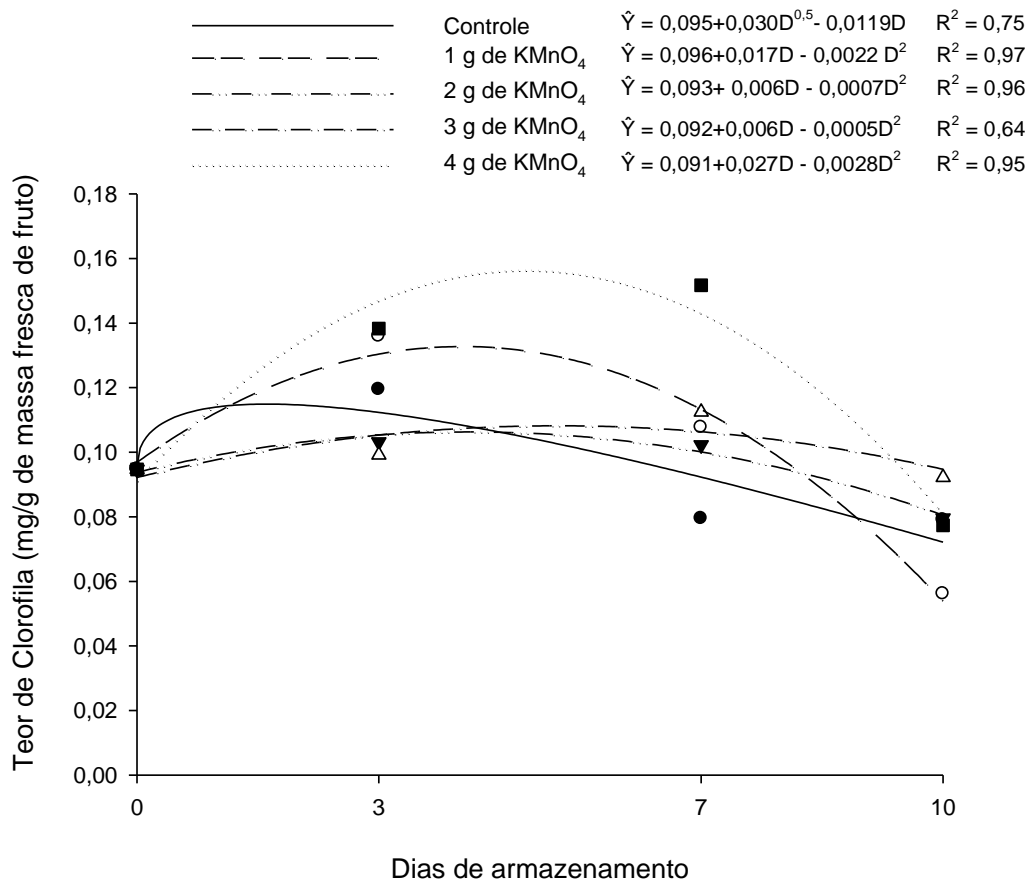


**Figura 4.** Estimativa da perda de massa fresca de maxixe tratado com diferentes doses de  $\text{KMnO}_4$  e mantidos a  $10^\circ\text{C}$ , em função do número de dias de armazenamento.

#### 4.2. Teor de clorofila

O teor de clorofila dos frutos de maxixe, armazenados a  $10^\circ\text{C}$ , variaram de forma quadrática ao longo do tempo, para os tratamentos 2, 3, 4 e 5. Enquanto o tratamento 1 apresentou função raiz quadrada. Na figura 5 pode ser observado o teor de clorofila ( $\text{mg} / \text{g}$  de massa fresca) ao longo dos dias de armazenamento e as equações estimadas para cada tratamento. Os frutos armazenados com sachês de 4 g de  $\text{KMnO}_4$  foram os que apresentaram maior teor de clorofila,  $0,156 \text{ mg} / \text{g}$  de massa

fresca do fruto no dia 4,82, seguido dos frutos armazenados com 1 g de  $\text{KMnO}_4$ , que tiveram teor máximo de clorofila de 0,127 mg / g de massa fresca do fruto no dia 3,86. Os tratamentos controle, 3 e 4 tiveram um menor teor de clorofila, atingindo valor máximo de 0,113 no dia 1,12; 0,106 no dia 4,28 e 0,110 no dia 6, respectivamente.



**Figura 5.** Estimativa do teor de clorofila dos frutos de maxixe tratado com diferentes doses de  $\text{KMnO}_4$  e mantidos a  $10^\circ\text{C}$ , em função do número de dias de armazenamento.

Essa elevação do conteúdo de clorofila indica que devido à perda de matéria fresca, que é principalmente em função da perda de água, ocorreu concentração dos pigmentos, devido sua degradação ser menor que a quantidade de água perdida pelo

fruto. Com o aumento do período de armazenamento e crescente degradação dos pigmentos, essa concentração foi reduzindo e o teor de clorofila total foi decrescendo até o final do período de armazenamento. Comportamento similar foi relatado por Mota *et al.* (2010), em trabalho com quiabo, cv. Star of David.

Os tratamentos controle, 2 g e 3 g de  $\text{KMnO}_4$  tiveram um menor acúmulo de pigmentos clorofílicos, evidenciado pelo menor aumento no teor de clorofila no início do armazenamento. Devido a PMF acumulada ter sido maior para o tratamento controle e este tratamento não apresentar elevado teor de clorofila, isto implica em elevada degradação dos pigmentos, pois com a perda de água ocorreria concentração dos pigmentos se eles não fossem degradados. Já o tratamento com 4 g de  $\text{KMnO}_4$  teve uma perda de água similar aos outros tratamentos, como observado na figura 5, porem apresentou elevado teor de clorofila, que pode ser justificado pela menor degradação dos pigmentos de clorofila devido a presença do sachê do absorvedor.

O tratamento com 4 g de  $\text{KMnO}_4$  foi o único que diferiu estatisticamente do tratamento controle, pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade (Tabela 2), o que evidencia a preservação dos pigmentos através da absorção de etileno pelo  $\text{KMnO}_4$ . A oxidação do etileno pelo  $\text{KMnO}_4$  impede que este atue na alteração da cor através da degradação dos pigmentos. Essa preservação da cor é de grande importância, considerando que a coloração verde em frutos de maxixe é um atrativo para o consumidor, que adquire os frutos na maioria das vezes pelo aspecto visual.

**Tabela 2.** Médias dos teores de clorofila ao final de 10 dias de armazenamento, de frutos submetidos ao armazenamento a 10°C.

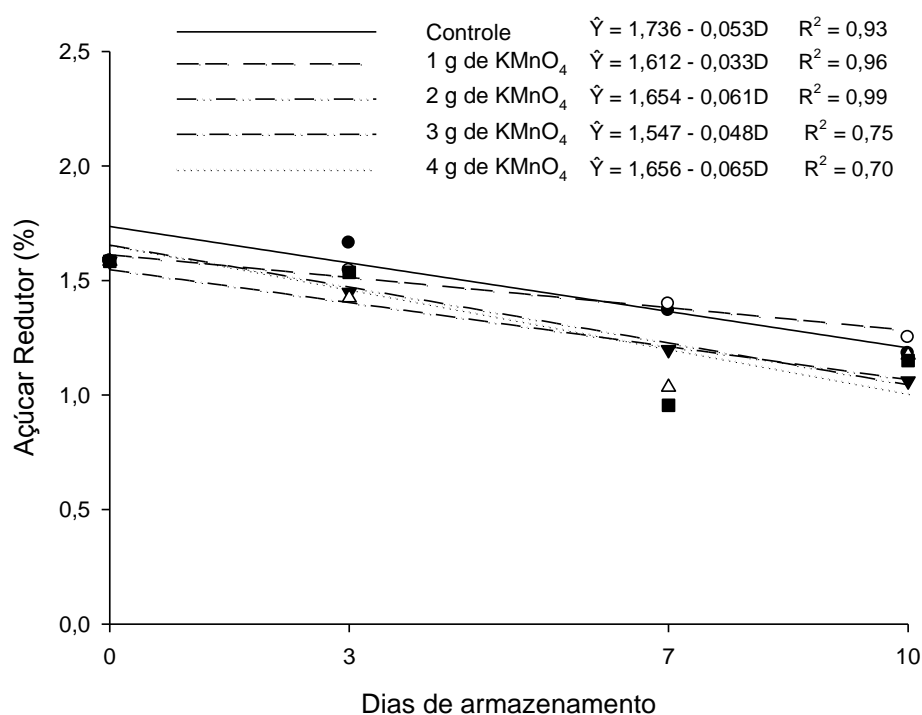
Tratamento	Média dos teores de clorofila (mg/grama de fruto)
Controle	0,0931
1 g de $\text{KMnO}_4$	0,0985 <sup>ns</sup>
2 g de $\text{KMnO}_4$	0,0959 <sup>ns</sup>
3 g de $\text{KMnO}_4$	0,0996 <sup>ns</sup>
4 g de $\text{KMnO}_4$	0,1155 <sup>*</sup>

Médias seguidas de <sup>ns</sup> não diferem estatisticamente do controle e médias seguidas de <sup>\*</sup> diferem estatisticamente do controle, pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade.

### 4.3. Teor de açúcares redutores

De acordo com o gráfico 6 pode ser observado o teor de açúcar redutor (%) dos frutos de maxixe armazenados a 10 °C, durante os dias de armazenamento, assim como as equações estimadas para cada tratamento. O teor de açúcar apresentou um decréscimo linear para todos os tratamentos em estudo.

Os tratamentos tiveram média estimada de 1,64 % no dia da instalação do experimento e redução de 30,29 %; 20,47 %; 36,88 %; 31,03 % e 39,25 %, respectivamente para os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 5, ao longo de 10 dias de armazenamento, indicando que esses monossacarídeos estavam sendo utilizados em processos metabólicos (TAIZ & ZEIGER, 2004). Essa redução linear no teor de açúcares redutores para todos os tratamentos indica que o permanganato de potássio não foi eficiente em reduzir o processo respiratório.



**Figura 6.** Estimativa dos teores de açúcares redutores de maxixe tratado com diferentes doses de KMnO<sub>4</sub> e mantidos a 10°C, em função do número de dias de armazenamento.

A respiração que ocorre nos frutos é responsável pela diminuição desses açúcares, pois são convertidos em trioses para entrarem na via glicolítica e seguir o ciclo respiratório. Esse processo natural das plantas consome glicose e frutose, principais açúcares redutores, diminuindo a concentração desses metabólitos ao longo do período pós-colheita. A glicose geralmente é citada como principal substrato para respiração, contudo em uma célula vegetal em funcionamento, o carbono pode derivar de amido, de lipídios, de ácidos orgânicos e mais raramente de proteínas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

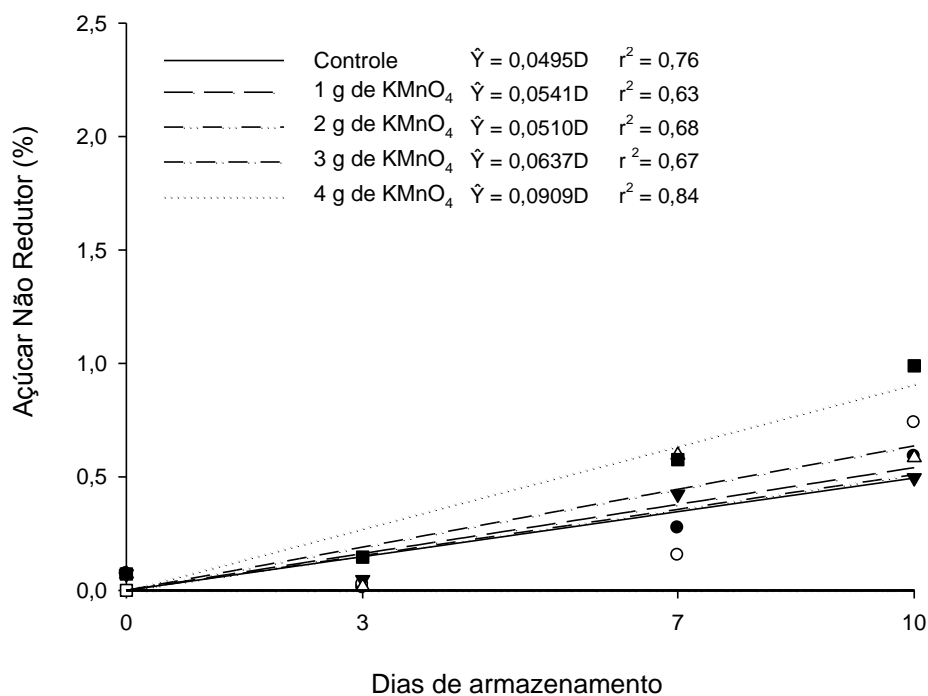
Outro possível fator responsável pela diminuição dos açúcares redutores é sua utilização para a síntese de sacarose, o que é evidenciado pelo aumento ocorrido nos teores de açúcares não redutores. Como também para a biossíntese de ácido ascórbico, como verificado através do aumento desse ácido no final do armazenamento dos frutos.

#### **4.4. Teor de açúcares não redutores**

Na figura 7 podem ser observados os resultados dos teores de açúcares não redutores durante os dias de armazenamento para todos os tratamentos em estudo. As equações estimadas para cada tratamento com seus respectivos coeficientes de determinação são visualizadas nesta figura.

É observado um comportamento linear crescente ao longo dos dias de armazenamento para todos os tratamentos.

O tratamento com 4 g de  $\text{KMnO}_4$  apresentou maior teor de açúcares não redutores durante os dias de avaliação, observado pela maior inclinação da reta, atingindo valor máximo de 0,91 % no último dia de armazenamento seguido dos tratamentos com 3 g, 1 g, 2 g e controle com valores de 0,63 %; 0,54 %; 0,51 % e 0,49 %, respectivamente.



**Figura 7.** Estimativa dos teores de açúcares não redutores de maxixe tratado com diferentes doses de  $KMnO_4$  e mantidos a  $10^\circ C$ , em função do número de dias de armazenamento.

Esse aumento linear do açúcar não redutor com a diminuição dos açúcares redutores, glicose e frutose, evidencia a utilização destes açúcares para a síntese de sacarose ao longo do armazenamento.

As principais enzimas da síntese de sacarose são sacarose sintase (SuSy) e sacarose fosfato sintase (SPS).

A sacarose pode ser sintetizada pela SuSy a partir de UDP-glicose e frutose ( $UDP\text{-glicose} + \text{frutose} \leftrightarrow \text{Sacarose} + UDP$ ) ou pela SPS a partir de UDP-glicose e frutose-6-P produzindo sacarose-6-P que posteriormente é convertida a sacarose pela sacarose 6-P fosfatase ( $UDP\text{-glicose} + \text{frutose 6-P} \leftrightarrow \text{Sacarose 6-P} + UDP$ ). A conversão de sacarose-6-fosfato a sacarose é realizada por sacarose-6-P fosfatase. Esta enzima é encontrada em grande quantidade nas células não ocasionando o acúmulo de sacarose-6-P (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Em condição de baixa temperatura de armazenamento ocorre aumento na expressão da SPS e consequente aumento nos teores dos açúcares (GOMES *et al.* 2007). Em trabalho com tubérculos de batata armazenados no escuro, foi detectado a expressão de mRNA no dia da instalação do experimento, porém o armazenamento por 60 dias sob temperatura de 4°C provocou grande aumento da expressão dessa enzima, sendo detectado níveis muito maiores de mRNA (GOMES *et al.* 2007).

Contudo, o armazenamento dos frutos de maxixe a 10 °C pode ter contribuído para a ocorrência desses processos.

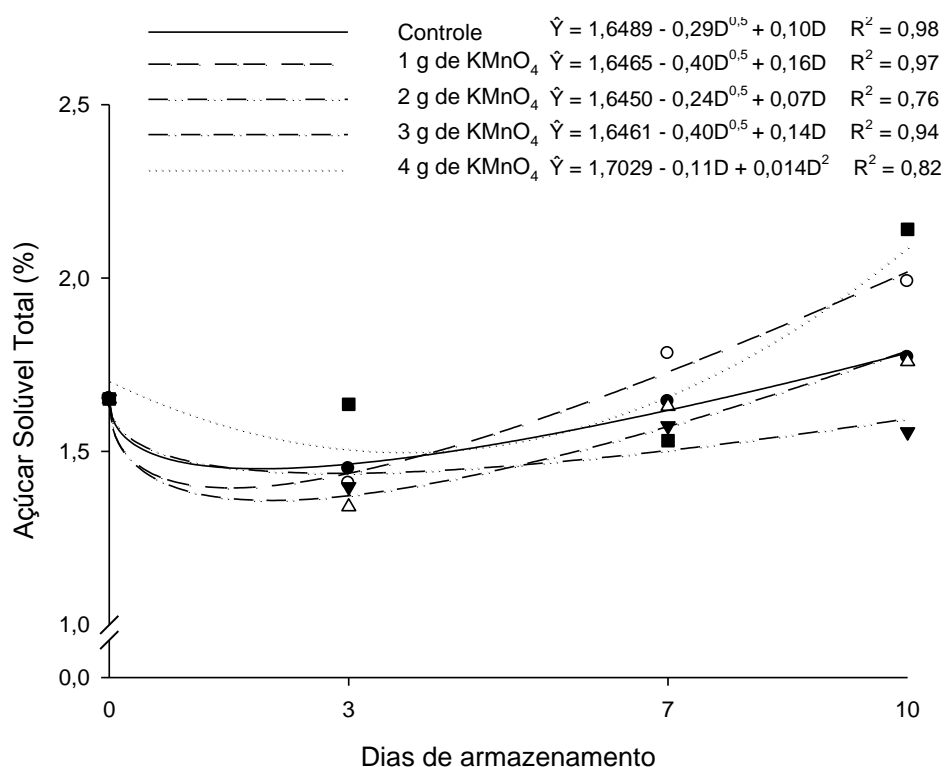
A enzima SPS pode estar envolvida no processo de síntese de sacarose ocasionando aumento dos açúcares não redutores e consequente diminuição dos açúcares redutores.

#### **4.5. Teor de açúcares solúveis totais**

Os valores estimados do teor de açúcares solúveis totais (%) dos frutos de maxixe durante os 10 dias de armazenamento, com suas respectivas equações estimadas pode ser observada na figura abaixo (Figura 8).

Na determinação dos açúcares solúveis totais, os tratamentos controle, 1 g, 2 g e 3 g de  $\text{KMnO}_4$  tiveram função raiz quadrada, enquanto o tratamento 4 g de  $\text{KMnO}_4$  apresentou comportamento quadrático.

O tratamento controle, 1 g, 2 g e 3 g e 4 g de  $\text{KMnO}_4$  tiveram redução dos teores de açúcares até o dia 2,1; 1,56; 2,94; 2,04 e 3,93 respectivamente atingindo uma redução estimada de 1,44 %; 1,39 %; 1,44%; 1,36%; 1,48%; respectivamente, com posterior aumento para todos os tratamentos.



**Figura 8.** Estimativa dos teores de açúcares solúveis totais de maxixe tratado com diferentes doses de  $\text{KMnO}_4$  e mantidos a  $10^\circ\text{C}$ , em função do número de dias de armazenamento.

Dos açúcares solúveis totais, os açúcares redutores foram predominantes durante todo o armazenamento.

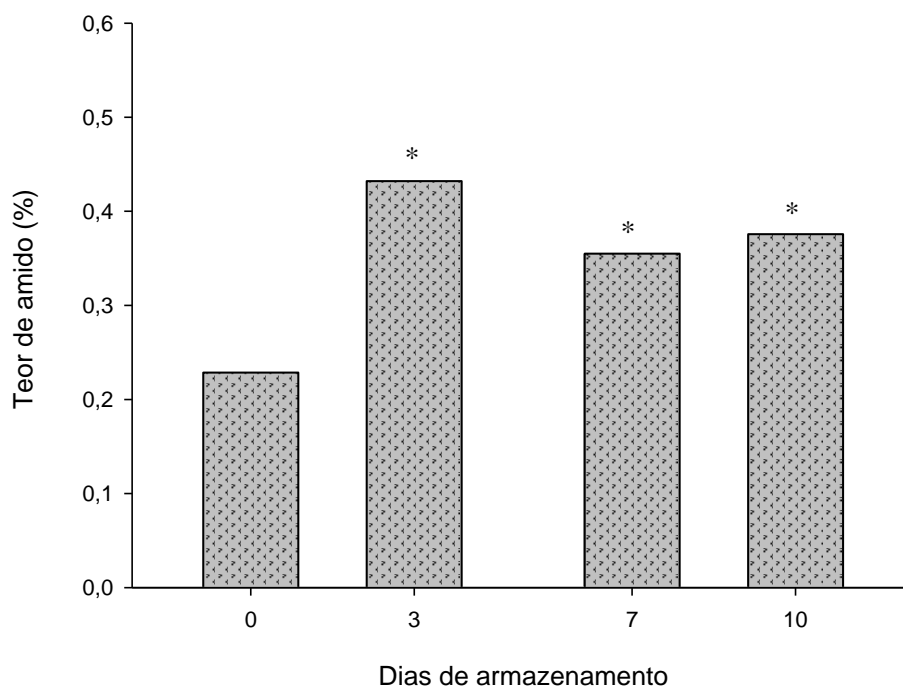
Os açúcares solúveis totais tiveram uma redução no início do armazenamento seguida de crescente aumento ao longo do armazenamento ocasionado pelo expressivo aumento na síntese de sacarose, estimulada pela alta concentração de açúcares redutores, glicose e frutose, presentes no fruto e pela atividade de sacarose fosfato sintase (SPS), principal enzima responsável pela síntese de sacarose, estimulada pelas condições de baixa temperatura.

#### 4.6. Teor de amido

Na figura abaixo (Figura 9) pode ser observado médias do teor de amido (%) dos frutos de maxixe tratados com diferentes doses de  $\text{KMnO}_4$  em cada dia de armazenamento a  $10\text{ }^\circ\text{C}$ .

Os dias 3, 7 e 10 foram estatisticamente diferentes do dia 0 (controle) pelo teste Dunnett a 5 % de probabilidade.

No primeiro dia de armazenamento os tratamentos tiveram média dos teores de amido de 0,23 % com posterior aumento para os dias 3, 7 e 10, com valores de 0,42 %; 0,38 % e 0,44 %, respectivamente.



**Figura 9.** Médias do teor de amido (%) dos frutos de maxixe tratados com diferentes doses de  $\text{KMnO}_4$  em cada dia de armazenamento a  $10\text{ }^\circ\text{C}$ . Médias representadas por \* diferem estatisticamente do controle (dia zero), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Durante o armazenamento, em trabalho com frutos de banana “nanicão” e “prata” armazenados sob baixa temperatura, ocorreu uma notável ativação das enzimas metabolizadoras de amido (AGOPIAN *et al.*, 2011). Embora haja relatos que a baixa temperatura estimula a síntese de enzimas responsáveis pela degradação do amido (KAPLAN *et al.*, 2006), e os produtos exportados para o citosol seriam convertido em sacarose através da sacarose fosfato sintase (SPS) (KRAUSE *et al.*, 1998), no presente trabalho verificamos que os teores de amido foram crescentes ao longo do tempo, o que sugere que as enzimas amilolíticas não foram estimuladas pela baixa temperatura em frutos de maxixe, não ocorrendo a bioconversão de amido em açúcares redutores e posteriormente em sacarose. Contudo, a síntese de açúcares solúveis pode não estar relacionada com a degradação do amido, mas com açúcares redutores já presentes nas células.

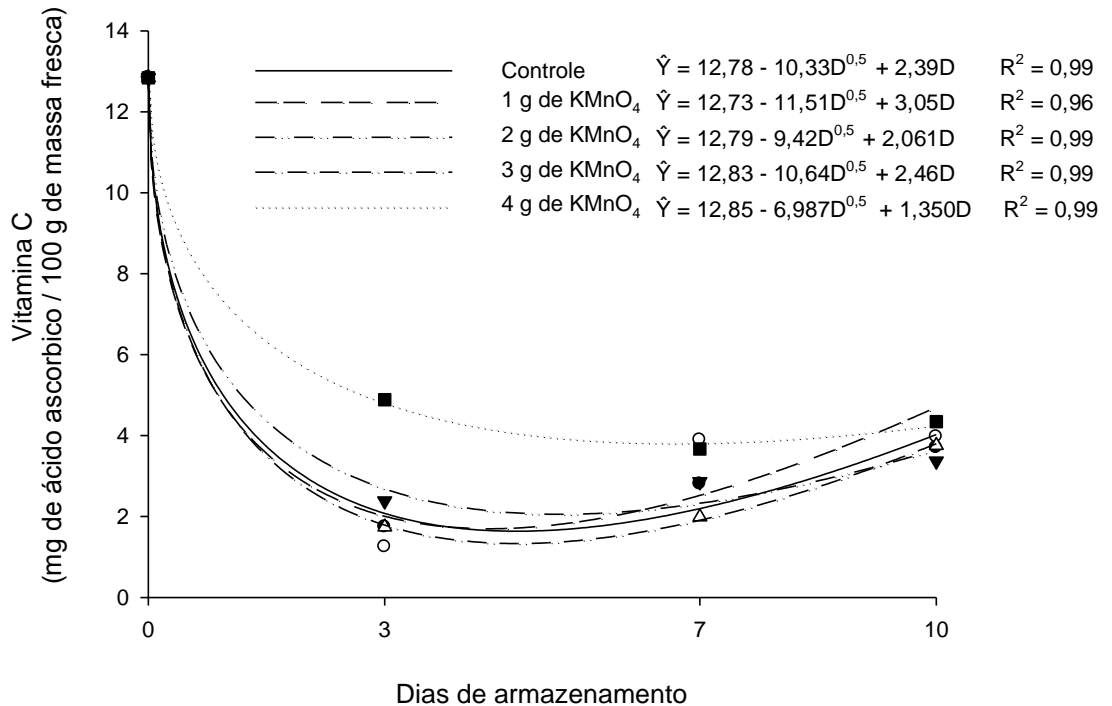
Pineli *et al.* (2006) em trabalho com batatas, observou aumento no teor de amido durante o armazenamento a 4 °C, semelhante a este trabalho, que apresentou aumento no teor de amido do dia 0 para o dia 3, 7 e 10 (Figura 10). Esse aumento pode ter ocorrido devido à concentração de amido, ocasionado pela perda de matéria fresca nos frutos ao longo do tempo (PINELI *et al.* 2006). A perda de matéria fresca pode ter concentrado os grãos de amido até o 3º dia e a partir desta data apresentar-se em equilíbrio com a degradação de amido, visto que a perda de matéria fresca foi linearmente crescente durante todo o armazenamento dos frutos.

#### **4.7. Teor de vitamina C**

Todos os tratamentos apresentaram função raiz quadrada para o parâmetro ácido ascórbico, com comportamento decrescente no início do armazenamento e moderado crescimento no final do armazenamento, podendo ser observado na figura 10 juntamente com suas respectivas equações estimadas.

O tratamento com 4 g de KMnO<sub>4</sub> foi o que apresentou menor degradação do ácido ascórbico durante a senescência dos frutos de maxixe, apresentando redução máxima de 70,35 % no dia 6,69 com posterior elevação desse ácido até o último dia de armazenamento.

O tratamento controle foi o que apresentou maior degradação do ácido ascórbico, com decréscimo de 87,32 % até o dia 4,67, com posterior aumento até o 10º dia de armazenamento.



**Figura 10.** Estimativa dos teores de ácido ascórbico de frutos de maxixe tratado com diferentes doses de  $\text{KMnO}_4$  e mantidos a  $10^\circ\text{C}$ , em função do número de dias de armazenamento.

Essa menor degradação do ácido ascórbico nos frutos armazenados com sachê de 4 g de  $\text{KMnO}_4$  sugere que essa concentração foi eficiente em reduzir a degradação dessa vitamina evidenciando uma menor senescência dos frutos, além de preservar melhor sua qualidade nutritiva.

Esta redução observada durante o armazenamento dos frutos provavelmente é resultado do uso de ácidos orgânicos como substrato respiratório no ciclo do ácido tricarbóxico (WEICHMANN, 1987) ou de sua conversão em açúcares (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Devido o ácido ascórbico ser um forte redutor, ele atua como antioxidante, auxiliando na manutenção da resistência a doenças provocadas por bactérias e vírus (CHITARRA & CHITARRA, 2005). No entanto, o aumento atípico no teor de ácido ascórbico nos frutos armazenados pode ser explicado pelo fato de que durante o armazenamento os frutos sofrem, naturalmente, danos às estruturas celulares, causadas pela deterioração. Esses danos podem aumentar a atividade das enzimas que catalisam a biossíntese de ácido ascórbico, que será utilizado como poder antioxidante em nível celular para contornar o estresse provocado pelos danos durante o armazenamento.

O aumento na biossíntese desse ácido orgânico poderia ser o resultado da maior necessidade de poder antioxidante em nível celular (TUDELA *et al.*, 2003). A síntese desse ácido em frutos de maxixe pode ter ocorrido devido à predominância de açúcares redutores durante o armazenamento, sendo glicose, o substrato requerido no processo de síntese de ascorbato.

Assim como em frutos de maxixe, Pineli *et al.* (2006) trabalhando com batatas minimamente processada e Cantillano *et al.* (2008) em trabalho com armazenamento refrigerado de morangos, verificaram o mesmo comportamento para os teores de vitamina C, com declínio no início do armazenamento e posterior elevação dos ácidos orgânicos.

Esse comportamento do teor de ácido ascórbico em frutos de maxixe armazenados foi resultante de processos biossintéticos e degradativos que ocorrem simultaneamente.

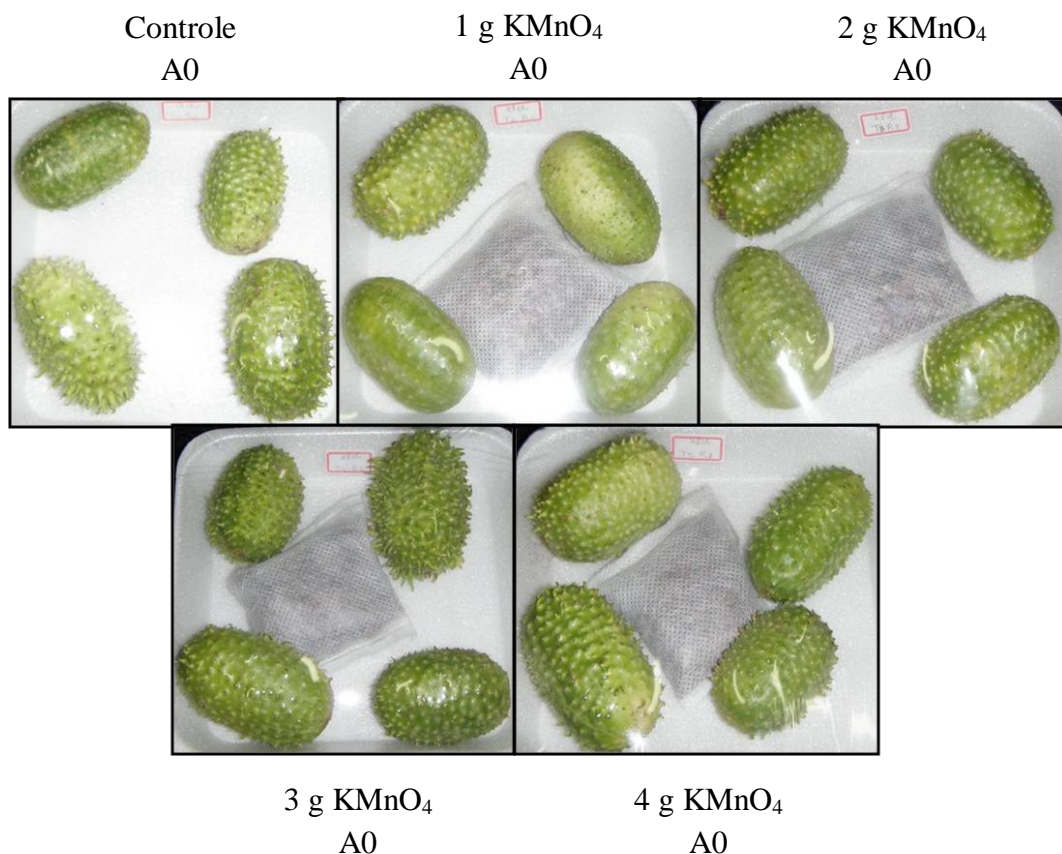
#### **4.8. Análise visual**

Os frutos de maxixe, em seus respectivos tratamentos, foram avaliados no dia da instalação do experimento, e posteriormente nos dias 3, 7 e 10, quando se concluiu o experimento. As avaliações foram de escurecimento de acordo com o grau de severidade das lesões e do amarelecimento de acordo com a intensidade da alteração da cor.

Os frutos de maxixe armazenados a 10 °C não apresentaram injúria por frio durante o período experimental, em nenhum dos tratamentos. Temperaturas de

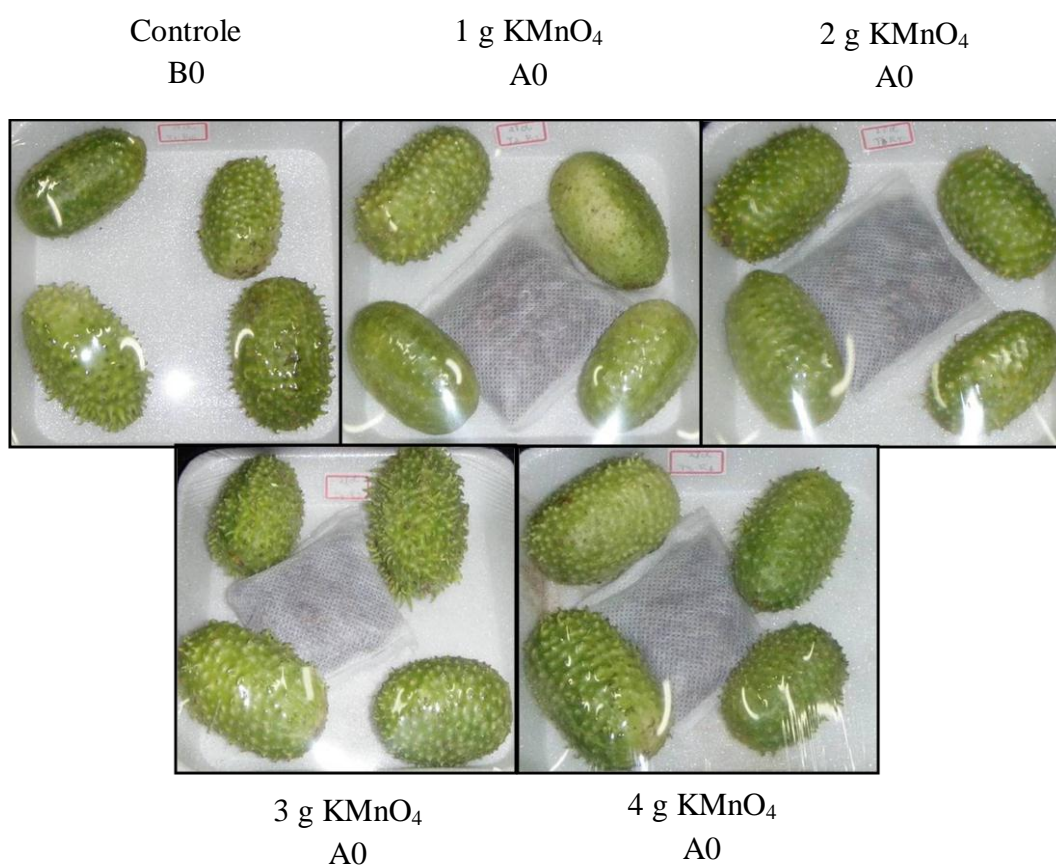
armazenamento entre 5 e 15°C ocasionam injurias por frio e escurecimento enzimático interno e externo em muitas espécies tropicais e subtropicais (Fernández-Trujillo *et al.*, 1998). Os frutos podem não ser sensíveis a essa injúria ou a temperatura não foi baixa o suficiente para causar alteração nos tecidos provocando a injúria “chilling” em frutos de maxixe nas condições do estudo. Não há relatos na literatura sobre esse tipo de análise em frutos de maxixe, o que impossibilita a comparação desse resultado com outros trabalhos de maxixe.

No início do experimento todos os tratamentos foram avaliadas quanto aos referidos critérios. E todos receberam nota A0 (sem escurecimento e sem amarelecimento), pois os frutos foram selecionados quanto a ausência dessas características, apresentando excelente aspecto visual para comercialização (Figura 11).



**Figura 11.** Frutos de maxixe avaliados no dia 0 (instalação do experimento) em função do amarelecimento e do grau de escurecimento causado pela senescência, tratados com diferentes doses de  $\text{KMnO}_4$ . A0) Frutos sem escurecimento, completamente verdes.

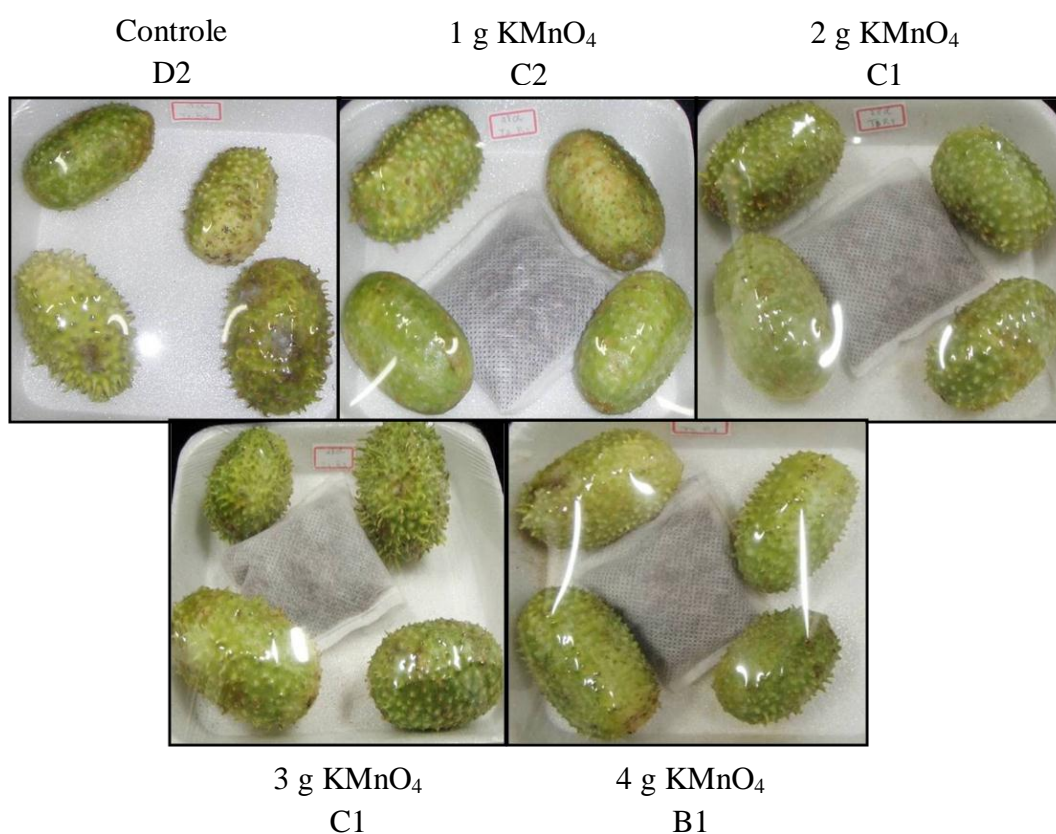
No 3º dia de armazenamento, todos os frutos submetidos aos diferentes tratamentos continuavam com nota 0 em sua avaliação quanto ao amarelecimento. Quanto à avaliação do escurecimento, os frutos receberam nota A com exceção do controle que recebeu nota B, pois apresentava pequenos pontos escurecidos. No entanto, não apresentava quantidade expressiva de deterioração ao ponto de ser eliminado (Figura 12).



**Figura 12.** Frutos de maxixe avaliados no dia 3 em função do amarelecimento e do grau de escurecimento causado pela senescência, tratados com diferentes doses de KMnO<sub>4</sub> e mantidos a 10 °C. A0) Frutos sem escurecimento, completamente verdes. B0) Frutos com pequenas manchas de escurecimento, completamente verdes.

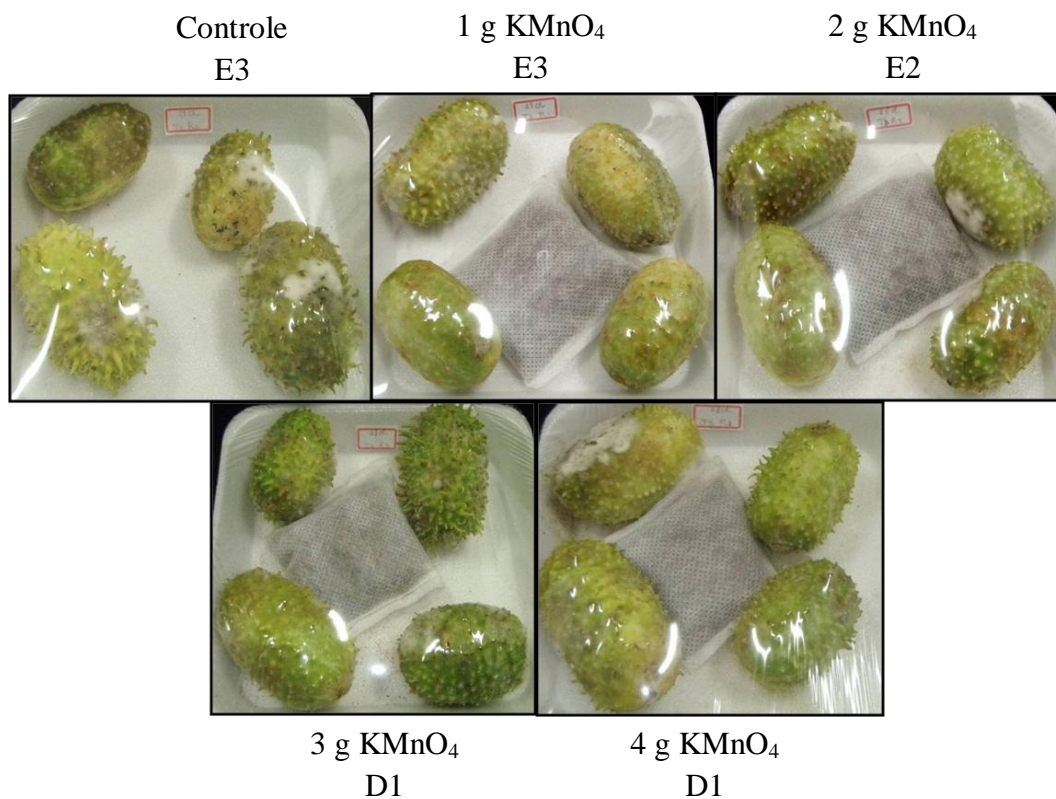
No 7º dia de armazenamento os frutos sem o sachê de permanganato de potássio apresentavam muitos pontos de escurecimento com manchas distribuídas por todo o fruto, e receberam nota D. Os tratamentos com sachês de 1 g, 2 g e 3 g receberam nota C para o critério de escurecimento. Enquanto o tratamento com 4 g de  $\text{KMnO}_4$  apresentou manchas pequenas recebendo nota 1 na avaliação (Figura 13).

Quanto à escala de amarelecimento, os tratamentos sem sachê de permanganato de potássio e com sachê de 1 g foram os que apresentaram frutos mais amarelecidos, sendo atribuído a elas a nota 2. Já os demais tratamentos receberam nota 1, por apresentarem uma coloração verde com início de amarelecimento.



**Figura 13.** Frutos de maxixe avaliados no dia 7 em função do amarelecimento e do grau de escurecimento causado pela senescência, tratados com diferentes doses de  $\text{KMnO}_4$  e mantidos a 10 °C. B1) Frutos com pequenas manchas de escurecimento e início de amarelecimento, C1) Frutos com manchas maiores de escurecimento, com coloração verde com início de amarelecimento, C2) Frutos com manchas maiores de escurecimento, coloração verde com intenso amarelecimento, D2) Frutos extremamente escurecidos, com coloração verde com intenso amarelecimento.

No 10º dia de armazenamento, os tratamentos controle, 1 g e 2 g de  $\text{KMnO}_4$  receberam letra E quanto as manchas de escurecimento, já os frutos armazenados com sachês contendo 3 g e 4 g de  $\text{KMnO}_4$  receberam letra D, apresentando-se moderadamente escurecidos. O nota quanto ao amarelecimento dos frutos não passou de 3 ao atingir o 10º dia de avaliação. O controle foi o tratamento que apresentou maior amarelecimento, esse fato é justificado devido a embalagem não conter o oxidante do etileno, ocorrendo a degradação da clorofila e maior amarelecimento do tecido. Visualmente, as bandejas com 3 g e 4 g de permanganato de potássio apresentaram-se mais verdes que o tratamentos com doses menores de  $\text{KMnO}_4$  e ao controle. Essa análise está de acordo com os resultados obtidos para os teores de clorofila, onde o tratamento 4 foi o único superior ao tratamento controle (Figura 14).



**Figura 14.** Frutos de maxixe avaliados no dia 10 em função do amarelecimento e do grau de escurecimento causado pela senescência, tratados com diferentes doses de  $\text{KMnO}_4$  e mantidos a 10 °C. D1) Extremamente escurecidos, com manchas distribuídas por todo o fruto. Frutos verdes com início de amarelecimento. E2) Completamente escurecidos, quando as manchas escuras ocuparem mais de 50 % do fruto. Frutos verdes com intenso amarelecimento. E3) Completamente escurecidos, quando as manchas escuras ocuparem mais de 50 % do fruto. Frutos amarelecidos.

Durante a avaliação, um fator considerável da deterioração dos frutos foi a presença do fungo *Colletotrichum gloesporioides*, agente causal de antracnose em pós-colheita do maxixe. Devido às suas características fisiológicas, normalmente permanecem na forma de infecções latentes nos frutos, tornando impossível sua detecção por ocasião da seleção e padronização. O amarelecimento, escurecimento e injúria foram gradualmente aumentados com o passar dos dias, porém as depressões e o aspecto de encharcamento, onde se concentrava as colônias de fungos, foi a principal causa do fim da vida de prateleira dos frutos de maxixe. Ao final do experimento verificamos que 4 g de permanganato de potássio, utilizado como seqüestrador de etileno a fim de aumentar a vida de prateleira dos frutos de maxixe, foi eficiente em manter o teor de clorofila mantendo uma coloração desejável na comercialização.

#### **4. CONCLUSÕES**

- ✓ O tratamento com 4 g de  $\text{KMnO}_4$  conservou melhor os pigmentos clorofílicos e resultou em menor queda de vitamina C.
- ✓ O tratamento com 4 g de  $\text{KMnO}_4$  proporcionou melhor aparência (cor verde e menor escurecimento) dos frutos ao final de 3 dias de armazenamento, nas condições deste experimento.

## 5. REFERÊNCIAS

- AGOPIAN, R.G.D.; PERONI-OKITA, F.H.G.; SOARES, C.A.; MAINARDI, J.A.; NASCIMENTO, J.R.O.; CORDENUNSI, B.R.; PURGATTO, E. Low temperature induced changes in activity and protein levels of the enzymes associated to conversion of starch to sucrose in banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**. v.62, p.133-140, 2011.
- BALDWIN, E.A. Citrus fruit. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (Eds). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, p. 255-271, 1994.
- CANTILLANO, R. F. F.; CASTAÑEDA, L. M. F.; TREPTOW, R. O.; SCHUNEMANN, A. P. P. Qualidade físico-química e sensorial de cultivares de morango durante o armazenamento refrigerado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Disponível em: [http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/boletins/boletim\\_75.pdf](http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/boletins/boletim_75.pdf) Acesso em: 01 de março de 2012.
- CARON, V.C.; **Conservação refrigerada de lima ácida ‘Tahiti’ em combinação com atmosfera modificada, ácido giberélico e permanganato de potássio**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**,28, p.350-356, 1956.
- FERNANDEZ-TRUJILIO J.P.; MARTINEZ J.A.; ARTÉS F. Modified atmosphere packaging affects the incidence of cold storage disorders and keeps "flat" peach quality. **Food Research International**, v.31, p. 571-579, 1998.
- FERREIRA, A. P. S., OLIVEIRA, L.S., CARVALHO, D.R., SILVA, F.C., FINGER, F.L. Qualidade de Jilós Armazenados em Embalagens com Sachê de 1-MCP e ou Absorvente de Oxigênio. **Revista Brasileira de Armazenamento**. Viçosa, MG, v 36, n.1 p.109-115, 2011.
- FERREIRA, A. P. S. **Conservação pós-colheita do jiló em embalagens ativas**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 36p. 2009.
- FINGER, F.L.; VIEIRA, G. Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas. **Caderno Didáticos 19**. Editora UFV, Viçosa- MG, 29 p. 2007.

- GALVÃO, H.L., FERREIRA, A.P.S., FRANÇA, C.F.M., FINGER, L.F., CORRÊA, P.C. Qualidade de Quiabo Pré-Resfriado com Filme de PVC e Armazenado em Refrigeração. **Revista Brasileira de Armazenamento**. Viçosa, MG, v 36, n.2 p187-194, 2011.
- GALVÃO, H.L., CRUZ, S.M., FRANÇA, C.F.M., CORRÊA, P.C., FINGER, L.F. Qualidade de Jilós- Pré-Resfriados e Embalados com Filme de PVC Armazenados Sob Refrigeração. **Revista Brasileira de Armazenamento**. Viçosa, MG, v 35, n,2 p138-144, 2010.
- GOLDSCHMIDT, E.E. Ripening of citrus and other non-climateric fruits: a role for ethylene. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.463, p.325-334, 1997
- GOMES, I.A.C., ZANUZO, M.R., ROMBALDI, C.V., BOLACEL, E.J., BACARIN, M.A. Expressão transcricional da sacarose-fostato sintase e da ADP-glicose pirofosforilase em tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) armazenados sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 453-455, jul. 2007.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. São Paulo: 1985. v.1, p.183.
- INSKEEP, W.P., BLOOM, P.R. Extinction coefficients of chlorophyll *a* and *b* in N, N – Dimethylformamide and 80% acetone. **Plant Physiology**, v.7, p.483-485, 1985.
- JAYAMARAN, K.S. & P.S. RAJU. Development and evaluation of a permanganate-based ethylene scrubber for extending the shelf life of fresh fruits and vegetables. **Journal of Food Science and Technology**. v.29, p.77–83, 1992.
- KAPLAN, F., SUNG, D.Y., GUY, C.L. Roles of  $\alpha$ -amylase and starch breakdown during temperatures stress. **Plant Physiology**. v.126, p.120–128, 2006.
- KOCH, P.S.; COSTA, C.P. Herança de caracteres de planta e fruto em maxixe. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 2, p. 73-77, 1991.
- KRAUSE, K.P., HILL, L., REIMHOLZ, R., NIELSEN, T.H., SONNEWALD, U., STITT, M. Sucrose metabolism in cold-stored potato tubers with decreased expression of sucrose phosphate synthase. **Plant Cell Environment**. v.21, p.285–299, 1998.
- LANA, M.; FINGER, F. L. **Atmosfera modificada e controlada; Aplicação na conservação de produtos hortícolas**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 34p.

- LANA, M.M., et al. Maxixe. Disponível em  
<[http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas\\_ao\\_consumidor/maxixe.htm](http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/maxixe.htm)>.  
Acesso em 22/07/2011.
- LOWER, R.L.; EDWARDS, M.D. Cucumber breeding. In: BASSET, M.J. (Ed.)  
**Breeding vegetable crops**. Wesporst: AVI, p. 173-207, 1986.
- MANGAN, F. X.; MENDONÇA, R. U.; MOREIRA, M.; NUNES, S. V.; FINGER,  
F. L.; BARROS, Z. J.; GALVÃO, H.; ALMEIDA, G. C.; ANDERSON, M. D.  
Production and marketing of vegetables for the ethnic markets in the United.  
**Horticultura Brasileira**, v.26, p.006-014, 2008.
- MAPA. **Manual de Hortaliças Não-Convencional**. 1ª Ed. 2010, 92p.
- McCREADY, R.M., GUGGOLZ, J., SILVEIRA, V., et al. Determination of starch  
and amylose in vegetables. **Analytic Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.
- MOTA W, F., FINGER, L.F., CECON, P.R., SILVA, D.J.H., CORRÊA, P.C.,  
FIRME, L.P., MIZOBUTSI, G.P. Conservação e qualidade pós-colheita de  
quiabo sob diferentes temperaturas e formas de armazenamento. **Horticultura  
Brasileira** 28: 12-18 2010.
- NELSON, N.A photometric adaptation of the Somogyi method for the  
determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p.375-  
380, 1944.
- OH, S.Y., S.S. SHIN, C.C. KIM, AND Y.J. LIM. Effect of packaging films and  
freshness keeping agents on fruit quality of ‘Yumyung’ peaches during MA  
storage. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science**. v.37, p.781–  
786, 1996.
- OLIVEIRA, P.S. **Ação de absorvedores de etileno e oxigênio na conservação pós-  
colheita de morango**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade  
Federal de Viçosa- MG, 2011.
- OSDEMIR, M.; FLOROS, J.D. Active Food Packaging Technologies. **Critical  
Reviews in Food Science and Nutrition**, v.44, p.185–193, 2004.
- ÖZKAN M, KIRCA A, CEMEROGLU B. Effects of hydrogen peroxide on the  
stability of ascorbic acid during storage in various fruit juices. **Food Chemistry**,  
v.88, n.4, p.591-597, 2004.
- PICON, A., J.M. MARTINEZ-JAVEGA, J. CUQUERELLA, M.A.D. RIO, P.  
NAVAROO. Effects of precooling, packaging film, modified atmosphere and  
ethylene absorber on the quality of refrigerated Chandler and Douglas  
strawberries. **Food Chemistry**. v.48, p.189–193, 1993.

- PINILI, L.L.O., MORETTI, C.L., ALMEIDA, G.C., SANTOS, J.Z., ONUKI, A.C.A., NASCIMENTO, A.B.G. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DE BATATAS ÁGATA E MONALISA MINIMAMENTE PROCESSADAS. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p. 127-134, 2006.
- SALTVEIT, M.E. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.279-292, 1999.
- SANTOS, R.H.S.; SILVA, F.; CASALI, V.W.D.; CONDÉ, A.R. Conservação pós-colheita de alface cultivada com composto orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 521-525. 2001.
- SENHOR, R.F.; SOUZA, P.A.; NETO, R.C.A.; PINTO, A.C. Controle através de bloqueadores de etileno. **Revista Verde**, v.4, n.2, p. 15- 22 abril/junho de 2009.
- SIMONS, L.K.; SANGUANSRI, P. Advances in the washing of minimally processed vegetables. **Food Australia**, v.49, n.2, p.75-80, 1997
- SORBENTSYSTEMS. **The problem – ethylene gás**. Disponível em: <[www.sorbentsystems.com/epaxtech.html](http://www.sorbentsystems.com/epaxtech.html)> .Acesso em: 11 de setembro de 2011.
- TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. SANTARÉM, E.R. *et al* 3<sup>a</sup> Ed. Porto Alegre: Artmed, 719p. 2004.
- TUDELA, J.A.; HERNÁNDEZ, J.A.; GIL, M.I.; ESPÍN, J.C. L-galactono- $\gamma$ -lactone dehydrogenase activity and vitamin C content in fresh-cut potatoes stored under controlled atmospheres. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 4.296-4.302, 2003.
- TOIVONEN, P.M.A.; BRUMMELL, D.A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.48, p.1-14. 2008.
- VILAS BOAS, E. V. B. 1- MCP: Um Inibidor da Ação do Etileno. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS: PATOLOGIA PÓS-COLHEITA DE FRUTOS E HORTALIÇAS, 3., Lavras- MG. 2002.
- WILLS, R.B.H.; WARTON, M.A. Efficacy of Potassium Permanganate Impregnated into Alumina Beads to Reduce Atmospheric Ethylene. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. v.129, n.3, p.433–438, 2004.
- WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 597p. 1987.
- YOKOYAMA, S.; SILVA JÚNIOR, A.A. Maxixe: uma hortaliça pouco conhecida. **Agropecuária Catarinense**, Santa Catarina, v. 1, n. 3, p. 12-13, 1988.

**YOKOYAMA, S. Genética e produção de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.) relacionados com o seu melhoramento.** Tese de doutorado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo. 115p. 1987.