

FERNANDA FERREIRA DE ARAÚJO

**ALTERAÇÕES PÓS-COLHEITA E RESPOSTA AO ETILENO EM FRUTOS DE
ABOBRINHA ‘MENINA BRASILEIRA’**

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
2014**

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

T

A663a
2014

Araújo, Fernanda Ferreira de, 1986-
Alterações pós-colheita e resposta ao etileno em frutos de
abobrinha 'Menina Brasileira' / Fernanda Ferreira de Araújo. –
Viçosa, MG, 2014.
ix, 57f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Mário Puiatti.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Abobrinha. 2. Pós-colheita. 3. Etileno. 4. Respiração.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.
Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. II. Título.

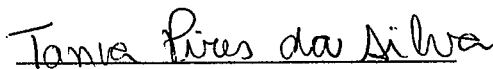
CDD 22. ed. 635.62

FERNANDA FERREIRA DE ARAÚJO

**ALTERAÇÕES PÓS-COLHEITA E RESPOSTA AO ETILENO EM FRUTOS DE
ABOBRINHA 'MENINA BRASILEIRA'**

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*.

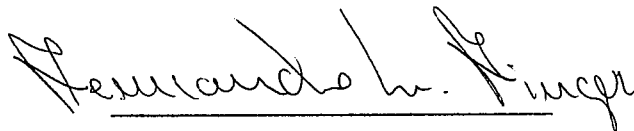
APROVADA: 26 de fevereiro de 2014.



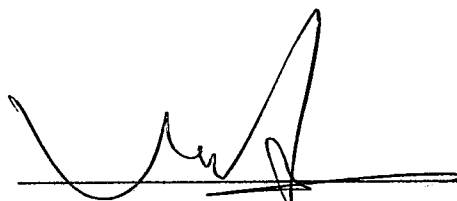
Tania Pires da Silva



Paulo Roberto Cecon



Fernando Luiz Finger
(Coorientador)



Mário Puiatti
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Deus, por guiar meus caminhos e ser presença constante na minha vida.

Aos meus pais, pelo amor, carinho e por sempre acreditarem em mim.

Ao professor Mário Puiatti, pela valiosa atenção, paciência e orientação.

Ao professor Fernando Luiz Finger, pela orientação, oportunidade e ensinamentos, contribuindo de forma valiosa para a minha formação profissional.

Ao professor Paulo Roberto Cecon, pelos ensinamentos de estatística e pelas agradáveis conversas.

À Tania Pires Silva, pela amizade e pela importante colaboração para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao CNPq e a CAPES, pelo apoio financeiro.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso e crescimento profissional.

Ao Paulo por todo apoio e colaboração.

Ao Geraldo e Sebastião, pelo auxílio na condução dos experimentos.

Aos amigos do laboratório pela ajuda, companheirismo, conselhos e pelos bons momentos de descontração, em especial, Fernanda Silva e Wellington.

O meu sincero reconhecimento e a minha gratidão a todos que, direta ou indiretamente, deram a sua contribuição para a realização desse trabalho.

BIOGRAFIA

Fernanda Ferreira de Araújo, filha de João Cesar de Araújo e Maria de Fátima Ferreira de Araújo, nasceu no dia 25 de abril de 1986, em Salinas - Minas Gerais.

Graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em julho de 2010. Em julho de 2012 iniciou-se o curso de mestrado em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

SUMÁRIO

RESUMOvi
ABSTRACTviii
INTRODUÇÃO GERAL1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS3
CAPÍTULO I – Alterações fisiológicas e químicas na pós-colheita de frutos da abobrinha ‘Menina Brasileira’	
RESUMO5
1. INTRODUÇÃO6
2. MATERIAL E MÉTODOS9
2.1. Análise de CO ₂ e etileno.....	..9
2.2. Perda de massa fresca.....	10
2.3. Acidez	10
2.4. Sólidos Solúveis Totais	10
2.5. Clorofila	10
2.6. Açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido.....	11
2.7. Análise estatística.....	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
3.1. Análise de CO ₂	14
3.2. Análise de Etileno	15
3.2. Perda de massa fresca.....	16
3.3. Acidez	18
3.4. Sólidos Solúveis Totais	19
3.5. Clorofila	20
3.6. Açúcares solúveis totais, redutores e não redutores.....	21
3.7. Teor de Amido	23
4. CONCLUSÃO	25
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

CAPÍTULO II - Sensibilidade de frutos da abobrinha ‘Menina Brasileira’ ao etileno

RESUMO	30
1. INTRODUÇÃO	31
2. MATERIAL E MÉTODOS	34
2.1. Perda de massa fresca.....	34
2.2. Açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido.....	35
2.3. Clorofila	36
2.4. MDA (Malonaldeído).....	37
2.5. Extravasamento de eletrólitos	37
2.6. Análise estatística.....	38
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
3.1. Perda de massa fresca.....	39
3.2. Açúcares solúveis totais	40
3.3. Açúcares redutores	42
3.4. Açúcares não redutores	43
3.5. Teor de Amido	44
3.6. Clorofila	46
3.7. MDA (Malonaldeído).....	47
3.8. Extravasamento de eletrólitos	49
4. CONCLUSÃO	51
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
CONCLUSÕES GERAIS	57

RESUMO

ARAÚJO, Fernanda Ferreira de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Alterações pós-colheita e resposta ao etileno em frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’**. Orientador: Mário Puiatti. Coorientadores: Fernando Luiz Finger e Carlos Nick Gomes

Na família Cucurbitaceae estão inseridas as abóboras e morangas pertencentes ao gênero *Cucurbita*. As abóboras podem ser consumidas na forma madura ou imatura. Na forma imatura, o fruto é denominado abobrinha sendo consumidos dessa forma, no Brasil, frutos das espécies *Cucurbita pepo* e *Cucurbita moschata*. Este trabalho teve por objetivos analisar o comportamento pós-colheita de frutos da abobrinha ‘Menina Brasileira’ e determinar o nível de sensibilidade em resposta à aplicação de doses de etileno. Para analisar o comportamento pós-colheita, os frutos foram colhidos, selecionados e colocados, individualmente, em frascos de 3 litros, hermeticamente fechados para acúmulo de ar. As amostras do ar contido dentro dos frascos foram retiradas e injetadas em cromatógrafo gasoso, para análise de etileno e CO₂. Em seguida, os frutos foram retirados dos frascos para as seguintes avaliações: a perda de massa fresca, acidez, sólidos solúveis totais, conteúdo de clorofila, teores de açúcares solúveis totais, açúcar redutor, açúcar não redutor e amido. A sensibilidade dos frutos ao etileno exógeno foi avaliada nas concentrações 0,1; 1; 10; 100 e 1000 µL L⁻¹ de etileno. Foram realizadas avaliações de perda de massa fresca, açúcares solúveis totais, açúcar redutor, açúcar não redutor, teor de amido, teor de clorofila, conteúdo de malonaldeído (MDA) e extravasamento de eletrólitos. Em relação ao comportamento pós-colheita, as maiores taxas de produção de CO₂ e etileno foram detectadas imediatamente após a colheita, possivelmente devido ao estresse causado pela colheita e transporte dos frutos. No quarto dia de avaliação foi notado murchamento e o enrugamento dos tecidos, causado pela elevada perda de água. Ocorreu declínio dos açúcares solúveis totais, açúcares redutores e teor de amido, e aumento dos açúcares não redutores ao longo do tempo de armazenamento. Os frutos da abobrinha ‘Menina Brasileira’ apresentam sensibilidade mediana ao etileno exógeno. A aplicação de etileno não estimulou a perda de massa de

matéria fresca pelos frutos. Os frutos sofreram pequenas alterações nos atributos de qualidade interna, porém ocorreram mudanças no aspecto externo, com diminuição do teor de clorofila e injúria por danos à membrana celular caracterizada pelo aumento de MDA e extravasamento de eletrólitos. Essas alterações foram maiores com o aumento da dose etileno.

ABSTRACT

ARAÚJO, Fernanda Ferreira de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2014. **Postharvest changes and ethylene response in fruit summer squash 'Menina Brasileira'**. Adviser: Mário Puiatti. Co-advisers: Fernando Luiz Finger and Carlos Nick Gomes.

In the Cucurbitaceae family are inserted pumpkins and squash of the genus *Cucurbita*. The squash can be eaten in the mature or immature. In immature form, the fruit is called zucchini or summer squash being consumed that way in Brazil, the fruits of the species *Cucurbita pepo* and *Cucurbita moschata*. The respiration is the primary physiological process that continues to occur after harvest. This study aimed to analyze the behavior post-harvest of summer squash 'Menina Brasileira' and determine the level of sensitivity in response to application of doses of ethylene. To analyze the post-harvest behavior, the fruits were picked, selected and placed individually in 3 liter bottles, hermetically sealed for air accumulation. Samples of the air contained within the vials were removed and injected into a gas chromatograph for analysis of ethylene and CO₂. Then the fruits were removed from the bottles to the following assessments: fresh weight loss, acidity, soluble solids, content of chlorophyll, sugar and starch contents. The sensitivity of the fruit to ethylene was evaluated at concentrations of 0.1, 1, 10, 100 and 1000 µL L⁻¹ of ethylene. Reviews of loss of weight, sugar and starch contents, content of chlorophyll, content of malondialdehyde (MDA) and electrolyte leakage were performed. The highest rates of production of CO₂ and ethylene were detected immediately after harvest, possibly due to stress caused by the harvesting and transportation of fruits. On the fourth day evaluation noted shriveling and wrinkling of the tissues caused by high water loss. Occurred decline of total soluble sugars, reducing sugars and starch, and increased non-reducing sugars during the storage time. The fruits of summer squash 'Menina Brasileira' present median sensitivity to ethylene. Ethylene did not stimulate the fresh weight loss by fruits. Fruits were small changes in the attributes of internal quality, but changes occurred in the external appearance, with decreased chlorophyll content and epicarp

damage due to loss of cell membrane integrity characterized by increased MDA content and electrolyte leakage.

INTRODUÇÃO GERAL

A família botânica de hortaliças Cucurbitaceae apresenta vários representantes, sendo os principais: melão, melancia, abóboras, morangas e pepino. As abóboras tem como região de origem, ou centro de diversidade, o continente americano, mais precisamente a área central do México (Carmo, 2009). São consideradas as espécies mais importantes na América tropical, quer seja pela variabilidade genética que apresentam, quer seja pela vasta área cultivada.

As abóboras são plantas herbáceas, de crescimento rasteiro ou trepador. Seus frutos variam em relação à forma, coloração interna e externa, além de formas de consumo e tamanho (Carmo, 2009). Os frutos da aboboreira podem ser consumidos na forma madura ou imatura. Na forma imatura, o fruto é denominado abobrinha, sendo consumidos dessa forma, no Brasil, frutos das espécies *Cucurbita pepo* L. (abobrinha italiana ou de moita) e de *Cucurbita moschata* Duch. (abóbora rasteira), enquanto que na forma madura são consumidos os frutos de *Cucurbita moschata* (abóboras) e *Cucurbita máxima* (moranga) (Ribeiro, 2008).

As frutas e as hortaliças apresentam alta perecibilidade devido, principalmente, a intensa atividade metabólica que ocorre mesmo depois de colhidas, o que dificulta seu armazenamento e comercialização por longos períodos. A perecibilidade é proporcional a intensidade e ao padrão respiratório de cada espécie (Chitarra e Chitarra, 2005).

A respiração nos frutos segue as rotas metabólicas comuns em qualquer tecido vegetal: glicólise, ciclo dos ácidos tricarboxílicos e cadeia transportadora de elétrons, estando associada também a via das pentoses fosfato. Os substratos da respiração em frutos são principalmente os açúcares, ácidos orgânicos e lipídios acumulados durante o desenvolvimento (Tucker, 1993). Durante a respiração estas substâncias são oxidadas em moléculas mais simples (CO_2 e O_2), com produção de energia e esqueleto carbônico que podem ser utilizados em reações de síntese. A energia liberada está sob duas formas, calor e ATP (Wills *et al.*, 1998).

O processo de respiração é fundamental no amadurecimento dos frutos, pois várias reações acopladas à respiração são responsáveis pela síntese de inúmeros

compostos, tais como pigmentos, compostos fenólicos e fitohormônios (Purvis, 1997), assim como influenciam a longevidade na pós-colheita, provocando modificações profundas nos seus constituintes químicos, levando à perda de umidade e à rápida senescência (Wills *et al.*, 1981).

Frutos apresentam diferentes comportamentos em relação à síntese de etileno e à respiração durante o amadurecimento, o que os classifica em dois grupos: os frutos climatéricos e não-climatéricos. Frutos climatéricos possuem aumento súbito na respiração e na síntese de etileno durante o seu desenvolvimento e frutos não-climatéricos não possuem esse aumento da respiração e etileno (Barry e Giovannoni, 2007). Conforme Atta-Aly *et al.* (2000) um mecanismo de *feedback* negativo, no qual o etileno inibe a própria síntese, estaria governando o amadurecimento de frutos não-climatéricos. Em oposição, em frutos climatéricos, ocorre mecanismo de *feedback* positivo, com o etileno externo induzindo a síntese de etileno no fruto. Na prática, frutos climatéricos podem ser colhidos verdes maduros e logo há incremento de etileno, pois as transformações decorrentes do amadurecimento ocorrerão mesmo com os frutos destacados da planta. Em contrapartida, frutos não-climatéricos devem ser colhidos somente quando completamente maduros, uma vez que são incapazes de amadurecer quando destacados da planta.

A abobrinha é um fruto que apresenta padrão respiratório não-climatérico (Kader, 2002). Todavia, em alguns frutos não-climatéricos, o tratamento com etileno acelera as transformações associadas ao amadurecimento, como, por exemplo, o aumento da pigmentação de uvas tratadas com o ácido 2- cloroetilfosfônico (ethephon). Em cítricos, há indução da síntese de carotenóides na casca, concomitante com a degradação da clorofila (Lima, 2011). O etileno pode estimular processos fisiológicos, resultando na aceleração da deterioração da membrana, perda de vitamina C e de clorofila, e mudanças indesejáveis de sabor numa vasta gama de produtos hortícolas (Kader, 1985; Saltveit, 1999).

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho, avaliar as mudanças fisiológicas e químicas que ocorrem durante a pós-colheita dos frutos de abobrinha e determinar o nível de sensibilidade dos frutos ao etileno exógeno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATTA-ALY, M. A.; BRENCHT, J.K.; HUBER, D. J. Ethylene feedback mechanisms in tomato and strawberry fruit tissues in relation to fruit ripening and climacteric patterns. **Postharvest Biology and Technology**, v.20, p.151-162, 2000.

BARRY, C. S.; GIOVANNONI, J. J. Ethylene and fruit ripening. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.26, p.143-159, 2007.

CARMO, G. A. **Crescimento, nutrição e produção de cucurbitáceas cultivadas sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e doses de adubação nitrogenada**. 2009. 183 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró. 2009.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

LIMA, F. V.; SAAVEDRA DEL AGUILA, J.; ORTEGA, E. M. M.; KLUGE, R. A. Pós colheita de lichia ‘Bengal’ tratada com etileno e 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.7, 2011.

KADER, A. A. 2002. **Postharvest technology of horticultural crops, third edition**. University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, 535p.

KADER, A. A. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. **HortScience**, v.20, p.54-57, 1985.

PURVIS, A. C. The role of adaptive enzymes in carbohydrate oxidation by stressed and senescing plant tissues. **Hortscience**, v.32, n.7, p.195-168, 1997.

RIBEIRO, D. S. **Parâmetros agrometeorológicos de ambiente protegido com o cultivo de abóbora italiana sob adubação orgânica**. 2008. 103 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2008.

SALTVEIT, M. E. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 3, p. 279-292, 1999.

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. cap.1, p. 2-51.

WILLS, R.; McGLASSOM, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 4. ed. New York: CAB International, 1998.

WILLS, R. H. H.; LEE, T. H.; GRAHAM, D.; McGLASSON, W. B.; HALL, E. G.
Postharvest. Westport: AVI, p.163, 1981.

CAPITULO 1 - ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E QUÍMICAS NA PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DA ABOBRINHA 'MENINA BRASILEIRA'

RESUMO

Na família Cucurbitaceae estão inseridas as abóboras que pertencem ao gênero *Cucurbita*. As abóboras podem ser consumidas na forma madura ou imatura. Na forma imatura, o fruto é denominado abobrinha, sendo consumidos, no Brasil, frutos de *Cucurbita pepo* L. e *Cucurbita moschata* Duch. O objetivo desse trabalho foi analisar o comportamento pós-colheita de frutos da abobrinha 'Menina Brasileira'. Os frutos foram colhidos, selecionados e colocados, individualmente, em frascos de 3 L, hermeticamente fechados para acúmulo de ar. A amostra do ar contido dentro dos frascos foi retirada após 2 horas de acúmulo para a análise de CO₂ e após 12 horas para a análise de etileno usando uma seringa de 1 mL. As amostras foram injetadas em cromatógrafo gasoso para a detecção de CO₂ e etileno. Em seguida, os frutos foram retirados dos frascos e avaliados. Nos dias 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 após a colheita foram determinadas a perda de massa fresca, acidez, sólidos solúveis totais, conteúdo de clorofila, teores de açúcares solúveis totais, açúcar redutor, açúcar não redutor e amido. Os dados obtidos foram analisados por meio de análise de regressão, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genética 9.1 (SAEG, 2007). As maiores taxas de produção de CO₂ e etileno foram detectadas imediatamente após a colheita, possivelmente devido ao estresse causado pela colheita e transporte dos frutos. No quarto dia de avaliação foi notado murchamento e o enrugamento dos tecidos, causado pela elevada perda de água. Ocorreu declínio dos açúcares solúveis totais, açúcares redutores e teor de amido, e aumento dos açúcares não redutores ao longo do tempo de armazenamento.

Palavras-chave: *Cucurbita moschata*, respiração, produção de etileno, perda de massa fresca.

1. INTRODUÇÃO

A família *Cucurbitaceae* compreende aproximadamente 118 gêneros e 825 espécies, adaptadas às regiões tropicais e subtropicais de ambos os hemisférios; nessa família, estão inseridas as abóboras e morangas que pertencem ao gênero *Cucurbita* (Ribeiro, 2008). A espécie *Cucurbita moschata* L. (abóboras) tem como centro de origem a região central do México. A variedade ‘Menina Brasileira’, pertencente à espécie *C. moschata*, é uma planta vigorosa, possui caule rastejante e frutos alongados com pescoço; consumidos na forma imatura, pesam cerca de 350 gramas e medindo até 25 cm de comprimento (Filgueira, 2000).

A conservação de um produto está diretamente relacionada com a taxa respiratória, sendo que a perecibilidade de um produto é diretamente proporcional à sua atividade respiratória (Vitti, 2003).

A respiração é o principal processo fisiológico que continua ocorrendo após a colheita. O processo consiste na decomposição oxidativa de substâncias complexas presente nas células, como amido, açúcares e ácidos orgânicos, em moléculas simples (CO_2 e H_2O), com produção de energia. Este processo é a indicação do metabolismo do produto indicando sua intensidade (Kays, 1991). O tipo e a intensidade de atividade fisiológica pós-colheita, as quais dependem das funções naturais de cada parte da planta, determinam, em grande extensão, a longevidade do material, durante o armazenamento na etapa pós-colheita (Chitarra e Chitarra, 2005).

A atividade respiratória é naturalmente variável entre as espécies e estádios de desenvolvimento dos frutos. Quanto ao padrão de atividade respiratória, os fisiologistas têm classificado os frutos em duas classes: climatéricos e não-climatéricos. São considerados frutos climatéricos aqueles que apresentam um aumento da atividade respiratória durante o amadurecimento, enquanto que frutos não-climatéricos são aqueles que o aumento da atividade respiratória durante o amadurecimento é ausente (Rhodes, 1980). Em geral, o amadurecimento climatérico é associado também ao aumento da produção de etileno.

Segundo Giovannoni (2001), em frutos climatéricos o etileno é necessário para coordenar e completar o amadurecimento. Nos frutos não-climatéricos a respiração diminui durante o amadurecimento e as transformações bioquímicas que tornam o fruto maduro ocorrem de forma mais lenta. O amadurecimento só ocorre se o fruto estiver aderido a planta, diferentemente dos frutos climatéricos que possuem a capacidade de amadurecer mesmo após colhidos (Wills *et al.*, 1998).

Na maturação ocorrem mudanças físicas, químicas, bioquímicas e fisiológicas, resultando em transformações detectáveis que irão agir nos atributos de cor, sabor, aroma e textura que, por sua vez irá influenciar o período pós-colheita e a qualidade das frutas e hortaliças armazenadas (Romojaro *et al.*, 1996).

A perda de massa de frutas e hortaliças durante o armazenamento ocorre principalmente devido a dois fatores, a transpiração e a respiração. A transpiração, que é a maior responsável pela perda de massa, é o mecanismo pelo qual a água é perdida devido à diferença de pressão de vapor d'água entre a atmosfera circundante e a superfície do fruto (Bhowmik e Pan, 1992). Quando essa perda d'água é suficientemente alta alteram a aparência e aceitabilidade do produto como alimento (Chitarra e Chitarra, 1990). A respiração, por sua vez, também causa redução de massa, pois átomos de carbono são perdidos do fruto toda vez que uma molécula de CO₂ é produzida e perdida para a atmosfera (Bhowmik e Pan, 1992). A perda de água resulta em enrugamento dos tecidos, amaciamento da polpa e perda de massa de matéria fresca. Desse modo, a perda de água é um importante fator econômico na comercialização feita com base na massa de matéria fresca (Vila, 2004).

Os sólidos solúveis representam os compostos solúveis em água presentes nos frutos, como açúcares, vitaminas, ácidos, aminoácidos e algumas pectinas. O teor de sólidos solúveis é dependente do estágio de maturação no qual o fruto é colhido e, geralmente, aumenta durante a maturação pela biossíntese ou degradação de polissacarídeos. São comumente designados como °Brix e têm tendência de aumento com a maturação, e podem ser medidos com auxílio de refratômetro (Chitarra e Chitarra, 2005).

De acordo com Sigríst (1983), as principais causas das perdas pós-colheita para o grupo das hortaliças de frutos imaturos (pepino, abobrinha, berinjela, quiabo, vagem e pimentão) são: perda de água (murchamento); esfoliações e outros danos mecânicos; distúrbio fisiológico pelo frio e deterioração microbiana.

Dessa forma, o conhecimento da fisiologia pós-colheita do fruto é de grande importância para que se tenham subsídios técnicos que visem à ampliação do tempo de armazenamento sem, contudo, alterar suas características físicas, sensoriais e nutricionais.

Objetivou-se, com esse trabalho, determinar as alterações fisiológicas e químicas ao longo do período pós-colheita dos frutos de abobrinha 'Menina Brasileira'.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’, foram obtidas em propriedade agrícola localizada na zona rural de Viçosa-MG. Após a colheita os frutos foram acondicionados em caixas plásticas, e em seguida transportados para o Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita de Produtos Hortícolas da UFV. No laboratório, os frutos foram selecionados quanto à ausência de doenças e danos mecânicos. Posteriormente, foram limpos com papel toalha úmido para remoção de resquícios de terra e mantidos em bancada, sob temperatura de 25 ± 2 °C, luminosidade de $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e umidade relativa em torno de 56%. A determinação da perda de massa fresca, acidez, sólidos solúveis totais, conteúdo de clorofila, teores de açúcares solúveis total, açúcar redutor, açúcar não redutor e amido foi realizada nos dias 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 após a colheita dos frutos.

2.1 Análise de Etileno e CO₂

Para a determinação do etileno e CO₂ liberados, os frutos foram colocados, individualmente, em frascos de 3 L hermeticamente fechados. A amostra do ar contido dentro dos frascos foi retirada após 2 horas de acúmulo para a análise de CO₂ e após 12 horas para a análise de etileno, usando uma seringa de 1 mL. O conteúdo da seringa foi injetado no cromatógrafo gasoso modelo CG-14B (Shimadzu Crop Kyoto Japan), com coluna empacotada Porapak-Q. Para a detecção de CO₂ foi usado detector de ionizador de chama e para etileno um detector de condutividade térmica. A temperatura da coluna foi 50 e 60 °C para a determinação do CO₂ e do etileno, respectivamente. O nitrogênio foi o gás de arraste com fluxo de 35 mL/min. A temperatura do injetor foi de 100 °C e 150 °C para o detector. Durante a análise, os frascos foram mantidos sob luz fluorescente, PAR de $10 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ e temperatura de 25 °C.

2.2 Perda de massa de matéria fresca

A massa de matéria fresca foi determinada em balança analítica, sendo a perda de massa estimada em relação à massa inicial dos frutos e expressa em % de perda de massa de matéria fresca.

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

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.

2.3. Acidez

Triturou-se 10 g da polpa do fruto com água desionizada, completando-se o volume para 50 mL. Em seguida, foram adicionadas gotas de NaOH 0,1 N previamente padronizado, até o pH da solução atingir 8,1 (Cano *et al.*, 2008). A acidez foi calculada considerando o equivalente-grama do ácido cítrico (64 gramas), sendo expressa em % de ácido cítrico.

2.4. Sólidos Solúveis Totais

A polpa do fruto foi triturada e o suco resultante foi analisado quanto aos sólidos solúveis totais, expressos em °Brix, usando-se o refratômetro digital Hanna HI 96801 a 25 °C.

2.5 Clorofila

Para a análise de clorofila retirou-se 4 discos da casca do fruto, com 3 mm de espessura e 11 mm de diâmetro. Esses foram pesados e colocados em tubos contendo 5 mL de N,N-Dimetilformamida, mantidos sob refrigeração a 4 °C, no escuro. Após 10

dias, procedeu-se à filtração do solvente e a leitura da absorbância em espectrofotômetro nos comprimentos de onda 647 e 664,5 nm (Inskeep e Bloom, 1985).

Procedeu-se o cálculo de acordo com a fórmula:

$$\text{Clorofila Total (mg L}^{-1}\text{)} = 17,9 A_{647} + 8,08 A_{664,5}$$

com posterior conversão para mg/g, como segue:

$$\text{Clorofila Total (mg g}^{-1}\text{)} = (\text{Clorofila Total} \times 0,05) / \text{peso fresco dos discos}$$

2.2. Açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido

2.2.1. Extração

Aproximadamente 5 g da polpa do fruto foram trituradas em etanol 80%. Em seguida foram centrifugadas, coletando-se o sobrenadante. Esse procedimento foi repetido 3 vezes, completando-se o volume final do extrato alcoólico para 50 mL. O extrato alcoólico foi armazenado, sob refrigeração, em vidros vedados, para a quantificação dos açúcares solúveis totais e redutores. O precipitado resultante das centrifugações foi seco em estufa a 65 °C por 24 horas e armazenado em dessecador para posterior quantificação de amido (McCready et al., 1950).

2.2.2. Quantificação de açúcares solúveis totais

A quantificação dos açúcares solúveis totais foi realizada segundo o método Fenol-sulfúrico (Dubois *et al.*, 1956). Adicionou-se 250 µL do extrato alcoólico, 250 µL de fenol 5% em um tubo de ensaio, seguidos de agitação em vortex. Aos tubos foram acrescentados 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 partir da absorbância lida foram realizados os cálculos com as devidas correções das diluições. Os resultados foram comparados com a curva padrão de sacarose a 1% e expresso em % açúcares solúveis totais.

2.2.3. Quantificação de açúcares redutores e não redutores

A quantificação dos açúcares redutores foi realizada segundo a metodologia de Somogy-Nelson (Nelson, 1944). Foram adicionados em um tubo tipo Eppendorf 200 µL do extrato alcoólico e 200 µL do reagente 4 de Nelson. Em seguida, os tubos foram agitados, fervidos por 15 min e, então, resfriados em banho de gelo. Posteriormente adicionou-se 200 µL do reagente 5 de Nelson e 600 µL de água desionizada, agitando-se novamente os tubos. Realizaram-se leituras no espectrofotômetro, no comprimento de onda de 540 nm, sendo comparadas com curva padrão de glicose a 1% e os resultados expressos em % açúcares redutores.

O teor de açúcares não redutores foi obtido pela diferença entre o teor de açúcares solúveis totais e o teor de açúcares redutores. O resultado foi expresso em % de açúcares não redutores.

2.2.4. Quantificação de amido

Para a quantificação de amido seguiu-se o método descrito por McCready *et al.* (1950). A partir do resíduo obtido da extração de açúcares totais, foram adicionados ao material seco 2,5 mL de água desionizada e 3,5 mL de ácido perclórico 52%, em tubos de centrifuga. Os tubos, após agitação, permaneceram em repouso por 30 min. Em seguida, realizou-se centrifugação a 2000 g, por 15 min, e o sobrenadante foi recolhido em provetas de 25 mL. Após repetir 3 vezes esse procedimento completou-se o volume das provetas para 25 mL com água desionizada. A quantificação de amido foi feita da mesma maneira que a quantificação de açúcares solúveis totais, de acordo com Dubois *et al.* (1956), sendo o resultado multiplicado pelo fator de correção 0,9 e expressa em % amido.

2.7. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas SAEG 9.1 (SAEG, 2007). 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 ($R^2 = SQReg / SQtrat$) e no comportamento do fenômeno biológico em estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise de CO₂

Observou-se diminuição da atividade respiratória (produção de CO₂), em função do tempo transcorrido após a colheita dos frutos (Figura 1). Imediatamente após a colheita (dia 0), os frutos de abobrinha apresentaram alta taxa de produção de CO₂ (116,9 mL kg⁻¹ h⁻¹); nos dias subsequentes, o ritmo respiratório diminuiu, alcançando valores próximos a 42,1 mL kg⁻¹ h⁻¹ no sétimo dia de armazenamento.

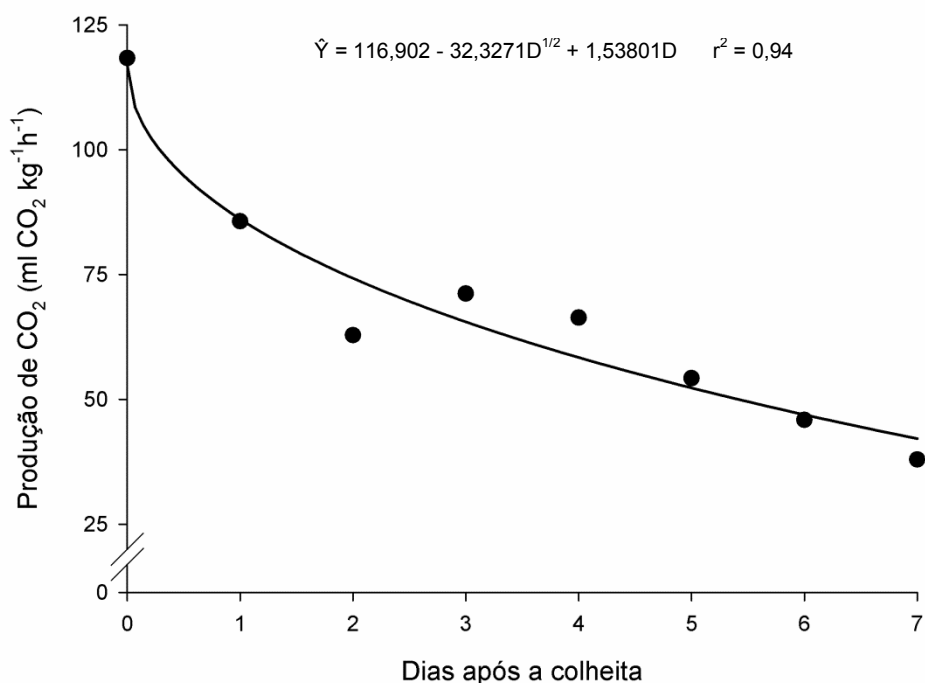


Figura 1. Estimativa da produção de CO₂ (ml CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) por frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’ em função do número de dias após a colheita.

A maior produção de CO₂, que ocorreu após a colheita (dia 0), pode ser devida ao estresse causado pela colheita e transporte dos frutos. Os frutos, por serem colhidos no estágio imaturo, apresentam metabolismo acelerado, que é outro possível fator responsável por essa taxa elevada inicialmente. Fonseca *et al.* (2002) citam que o estágio

de maturação normalmente influencia a atividade respiratória; entretanto, em algumas espécies, pode ser possível observar atividade respiratória semelhante entre frutos colhidos em diferentes estádios de maturação (Steffens, 2003).

O padrão respiratório apresentado pelos frutos de abobrinha é característico de frutos não-climatéricos (Kader, 2002), com declínio seguido de estabilização. Considerando que a respiração é um processo oxidativo das substâncias de reserva, a intensidade de respiração é um dos fatores determinantes na longevidade dos frutos após a colheita, levando o órgão a senescência (Wills *et al.*, 1998).

3.2. Análise de Etileno

Observou-se decréscimo da produção do etileno, ajustada ao modelo de raiz quadrada, no decorrer dos dias após a colheita (Figura 2). Inicialmente, após a colheita, os frutos apresentaram produção média de etileno de $2,28 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$. Com o avanço dos dias de armazenamento, a produção de etileno diminuiu e alcançou média de $0,95 \mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ ao final do período de avaliação.

Assim como a produção de CO_2 , no momento da colheita (dia 0), a produção de etileno pelos frutos de abobrinha apresentou-se mais elevada, comparada aos outros dias de armazenamento, possivelmente devido ao estresse causado na colheita e transporte.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) a produção de etileno é bastante reduzida nos frutos não-climatéricos. Embora os frutos classificados como não-climatéricos apresentem apenas o sistema 1 de produção de etileno, ou seja, baixa produção de etileno (Vendrell e Palomer, 1997), isso não significa que o etileno não interfira no processo de maturação e senescência do fruto, haja vista que frutos não-climatéricos podem responder e apresentar sensibilidade ao etileno (Barry e Giovannoni, 2007).

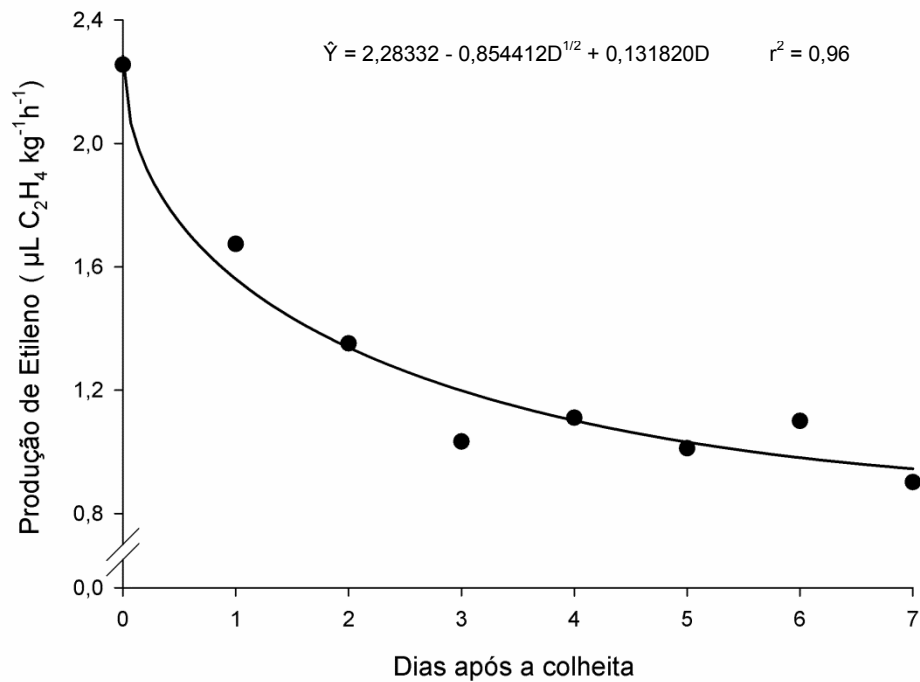


Figura 2. Estimativa da produção de etileno ($\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) por frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’ em função do número de dias após a colheita.

3.3. Perda de Massa

A perda de massa de matéria fresca dos frutos apresentou função linear com comportamento crescente em todo o período de avaliação (Figura 3).

No primeiro dia após a colheita, os frutos alcançaram média de perda acumulada de massa de matéria fresca de 3,35%; ao final do sétimo dia de avaliação a perda chegou a 23,46% do seu peso inicial. Este valor está muito acima dos valores críticos de perdas de massa para frutos indicados por Finger & Vieira (1997), que são de 5 a 10%.

A perda de massa dos frutos é uma variável importante que está diretamente associada com a qualidade dos mesmos. Segundo Bem-Yehoshua (1985), um dos principais problemas durante o armazenamento de frutas e hortaliças é a perda de massa devido ao processo de respiração e transpiração, essa última causada pela diferença de pressão de vapor entre o fruto e o ar ambiente (Souza *et al.*, 2000).

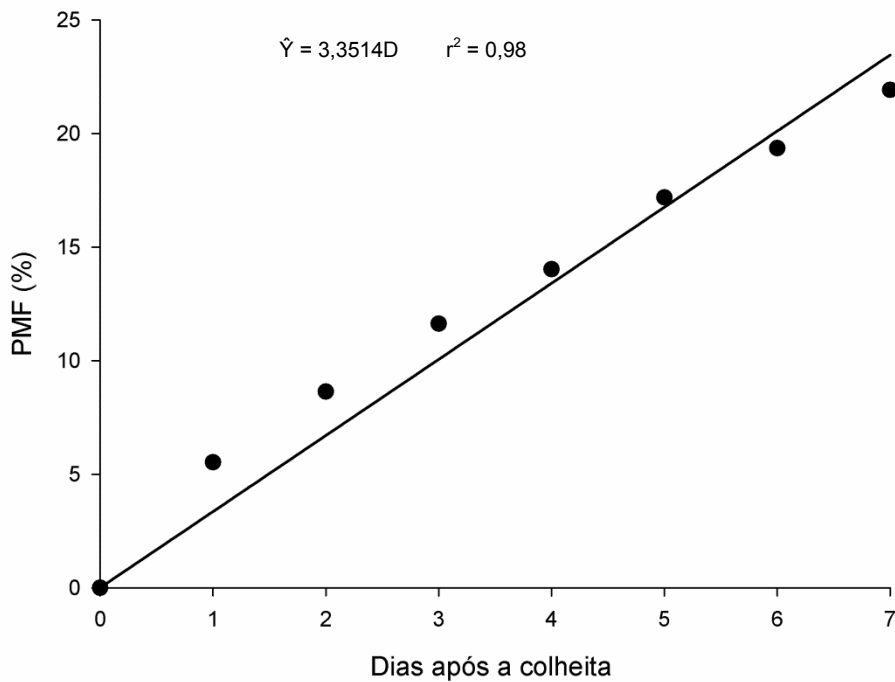


Figura 3. Estimativa da perda de massa de matéria fresca (%) em frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’ em função do número de dias após a colheita.

A perda de água pela transpiração leva ao murchamento e amolecimento dos tecidos, tornando os frutos mais susceptíveis às deteriorações, bem como às alterações no sabor e aparência (Hojo, 2005). Nesse trabalho, a partir do quarto dia de avaliação, constatou-se o murchamento e enrugamento dos tecidos causados pela elevada perda de água. Apesar de não ter sido encontrado na literatura o limite de perda de massa tolerado para abobrinha, no quinto dia, com perda de massa aproximada de 17 %, os frutos foram considerados inviáveis para a comercialização.

Os frutos da abobrinha apresentam, aproximadamente, 95% da sua composição de água, o que os tornam altamente perecíveis devido a rápida perda de vapor d’água. Outro fator que pode contribuir para esta elevada perda de água é o fato de que os frutos apresentam epicarpo (casca) com fina espessura, não representando uma barreira para amenizar o processo transpiratório. A perda de água pelos tecidos tem, como

consequência, a perda da qualidade principalmente pelas alterações na textura (Vicentini *et al.*, 1999).

3.4. Acidez

Na Figura 4 pode ser observado o resultado da acidez titulável (% ácido cítrico) nos frutos da abobrinha durante o armazenamento. A concentração de ácidos orgânicos, expressa como acidez titulável, apresentou-se baixa inicialmente e com incremento de 0,0107% a cada dia de avaliação.

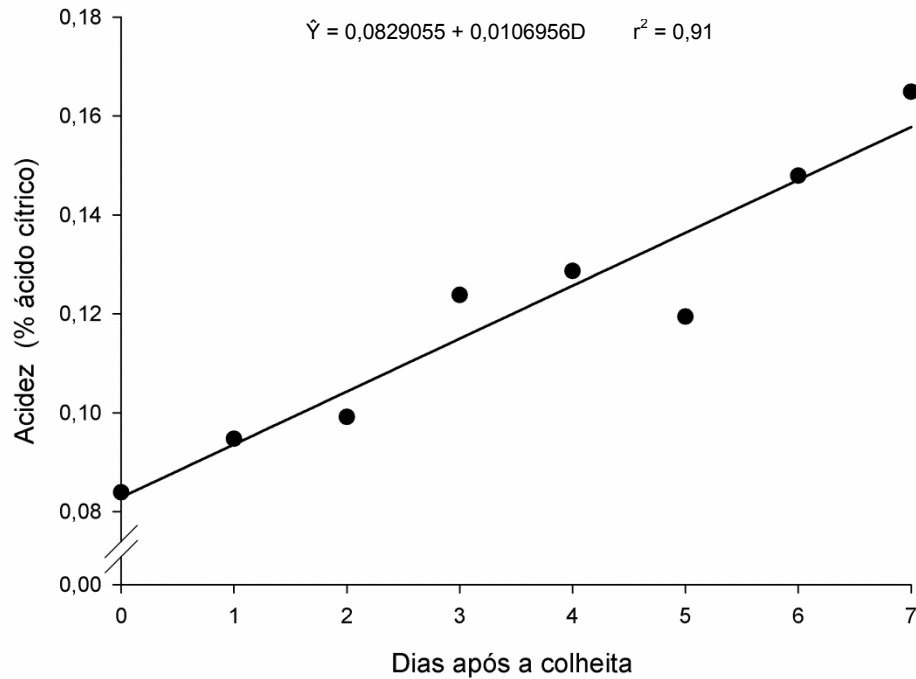


Figura 4. Estimativa da acidez (% ácido cítrico) em frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’ em função do número de dias após a colheita.

Após a colheita os frutos apresentaram 0,083% de ácido cítrico e ao final do período de avaliação a acidez alcançou 0,16%, com taxa média de aumento em torno de 0,010% ao dia. Passos *et al.* (2005), trabalhando com acessos de morangas (*Cucurbita*

máxima) e de abóboras (*C. moschata*), observaram valores de ácido cítrico variando entre 0,19% a 0,38%.

A acidez em vegetais relaciona-se com a presença dos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos no vacúolo das células, seja na forma livre ou combinada a outros compostos como sais de ésteres e glicosídeos, dentre outros. Em geral, seu conteúdo diminui com o amadurecimento, constituindo também um indicador de maturação para diversas culturas (Chitarra e Chitarra, 2005). Os frutos da abobrinha, cultivar Menina Brasileira, utilizados nesse experimento são colhidos ainda na forma imatura, fato este que pode ser o responsável pelo pequeno aumento no conteúdo de ácido cítrico após a colheita dos frutos. Esse aumento pode ter ocorrido também devido a grande perda de vapor d'água pela transpiração, conduzindo a maior concentração de ácidos orgânicos.

3.5. Sólidos Solúveis Totais

O teor de sólidos solúveis totais nos frutos de abobrinha foi crescente ao longo do período experimental (Figura 5). No momento da colheita (dia 0), os frutos apresentaram teores médios de sólidos solúveis de 4,03 °Brix e ao final do período de avaliação os frutos alcançaram média de 5,07 °Brix. Estes valores estão abaixo dos encontrados em frutos imaturos da abobrinha cultivar Brasileirinha que, em estudo realizado por Boiteux *et al.* (2007), apresentou variação de 9,1 a 15,3 °Brix.

A abobrinha é classificada como fruto não climatérico (Kader, 2002). Imaturos, os frutos ainda não teriam acumulado carboidratos de reserva; desta forma, não seria esperado grande aumento no teor de sólidos solúveis após a colheita, haja vista não possuírem polissacarídeos para serem hidrolisados. Por outro lado, o aumento do teor de sólidos solúveis, aqui observado, pode ser explicado pelo efeito da concentração, dada a grande perda de massa de matéria fresca durante o período experimental. Quando ocorre perda de massa, devido à perda de água, o teor de sólidos solúveis é incrementado decorrente do efeito de concentração dos teores de açúcares no interior dos tecidos (Kluge e Minami, 1997).

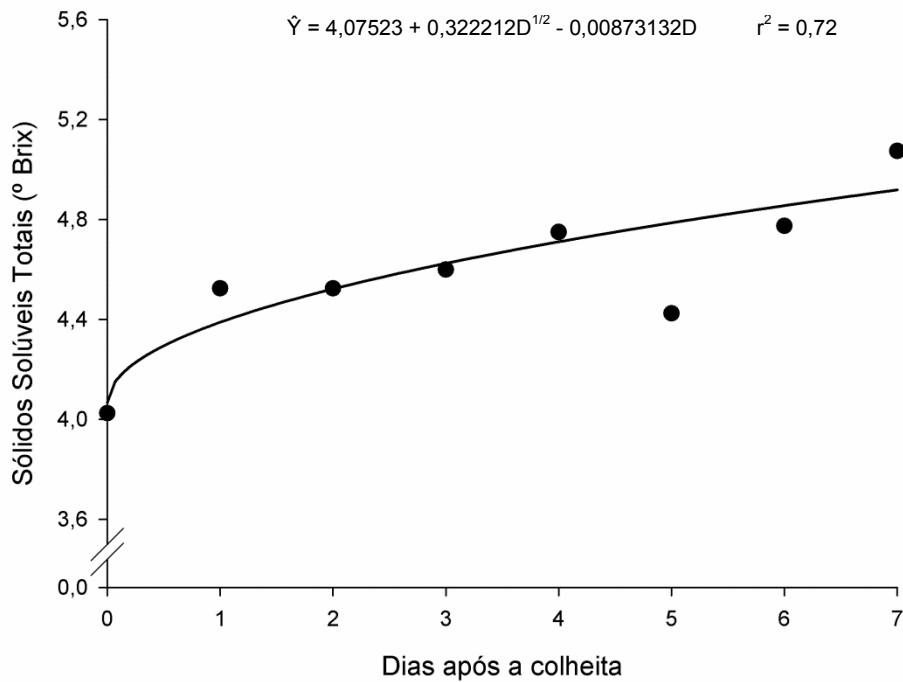


Figura 5. Estimativa do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) em frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’ em função do número de dias após a colheita.

3.6. Clorofila

O teor de clorofila nos frutos diminuiu de modo linear ao longo do armazenamento após a colheita (Figura 6). O conteúdo de clorofila, com 1,06 mg g⁻¹ de massa de matéria fresca do fruto no dia da instalação do experimento (dia 0) caiu para 0,75 mg g⁻¹ no sétimo dia de armazenamento, ou seja, sofreu redução de cerca de 29% ao longo dos sete dias de armazenamento, com taxa de degradação da clorofila de 0,04 mg/g de massa fresca do fruto para cada dia de avaliação.

A coloração é um dos principais parâmetros de qualidade em frutas e hortaliças, pois os consumidores desenvolveram uma relação entre a cor e a qualidade máxima do produto (Kays, 1991). No caso da abobrinha ‘Menina Brasileira’, a cor verde da casca é atributo de boa qualidade do produto. A cor verde dos frutos se deve à presença das clorofilas “a” e “b”; a perda desta cor resulta da quebra da estrutura destas clorofilas,

causada principalmente pelas mudanças de pH, resultantes da presença de ácidos orgânicos, pela presença de sistemas oxidantes, atividade de clorofilases e da ação das enzimas lipoxigenase e peroxidase, que parecem estar indiretamente ligadas ao processo de degradação da clorofila (Taiz e Zeiger, 2009; Chitarra e Chitarra, 2005).

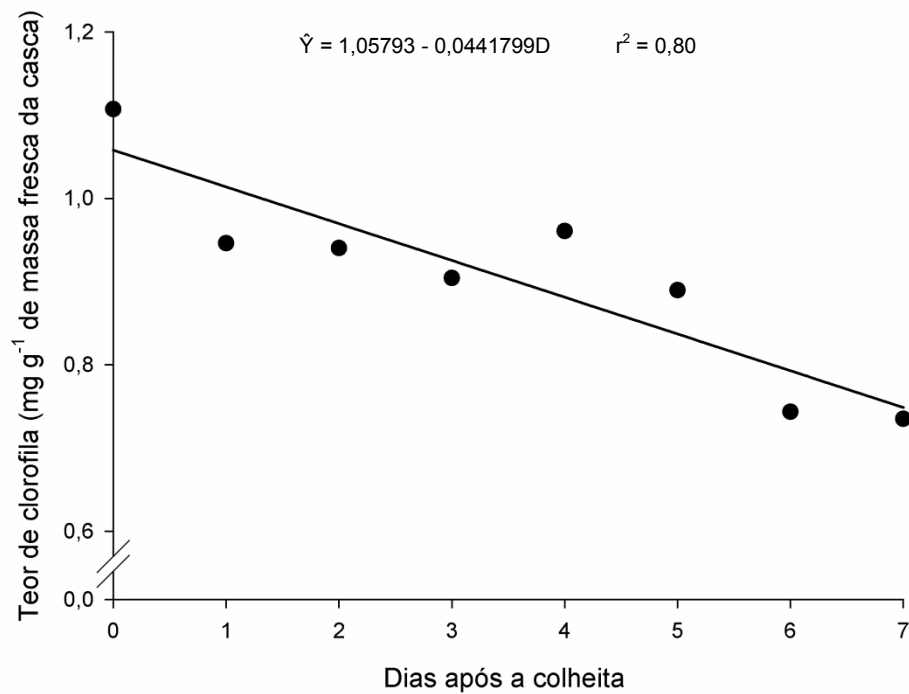


Figura 6. Estimativa do teor de clorofila (mg g⁻¹ de massa de fresca da casca) em frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’ em função do número de dias após a colheita.

3.7. Açúcares solúveis totais, redutores e não redutores

Na Figura 7 podem ser observados os resultados dos teores de açúcares solúveis totais (7A), açúcares redutores (7B) e açúcares não redutores (7C) (%) em frutos da abobrinha ‘Menina Brasileira’ durante os dias de avaliações.

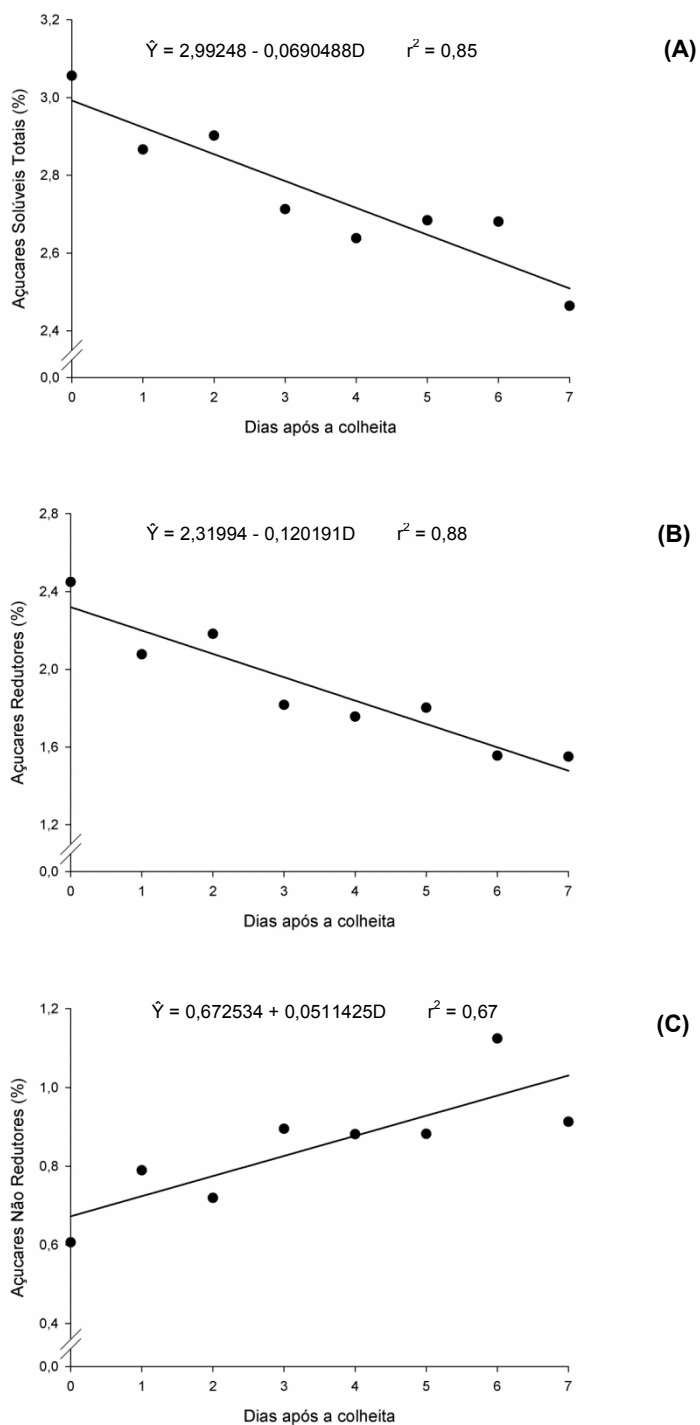


Figura 7. Estimativa dos teores (%) de açúcares solúveis totais (A), açúcares redutores (B) e açúcares não redutores (C) em frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’ em função do número de dias após a colheita.

Houve um decréscimo linear nos teores de açúcares solúveis totais e de açúcares redutores ao longo dos dias (Figuras 7A e 7B). No dia da instalação do experimento, os frutos apresentaram teor de 2,99% açúcares solúveis totais e 2,32% de açúcares redutores. Ao longo de sete dias de armazenamento a redução no teor de açúcares solúveis totais foi de cerca de 16% enquanto que os açúcares redutores apresentaram queda de 36%.

Observou-se um comportamento linear crescente de açúcares não redutores no decorrer dos dias após a colheita (Figura 7C). Os frutos tiveram média estimada de 0,67% de açúcares não redutores imediatamente após a colheita e aumento de 53% ao longo do período de avaliação.

Quando os produtos hortícolas são colhidos, estes utilizam as reservas de substrato ou de compostos orgânicos ricos em energia, como açúcares e amido, para respirar e produzir a energia necessária para a manutenção de processos reacionais (Morais e Pinto, 2000). O declínio dos açúcares redutores e aumento dos açúcares não redutores pode ser um indicativo da conversão em açúcares simples, como a glicose, em açúcares não redutores pelas enzimas sacarose sintase e sacarose fosfato-sintase (Taiz e Zieger, 2009).

3.8. Teor de amido

O teor de amido dos frutos diminuiu, de modo linear, em função do tempo transcorrido após a colheita (Figura 8). Observou-se redução de 48,8% no conteúdo de amido ao longo do período de avaliação, com taxa diária de degradação de 0,0595%. Uma explicação para essa elevada taxa de degradação seria devido ao baixo teor de amido nesses frutos, característico de frutos não-climatéricos.

A redução do conteúdo de amido nos frutos ao longo do período de avaliação ocorre concomitantemente ao aumento açúcares não redutores, demonstrando crescente conversão de amido em sacarose. Nesse processo, a enzima amilase é uma das principais responsáveis pela hidrólise do amido dos frutos em oligossacarídeos (Watada, 1986).

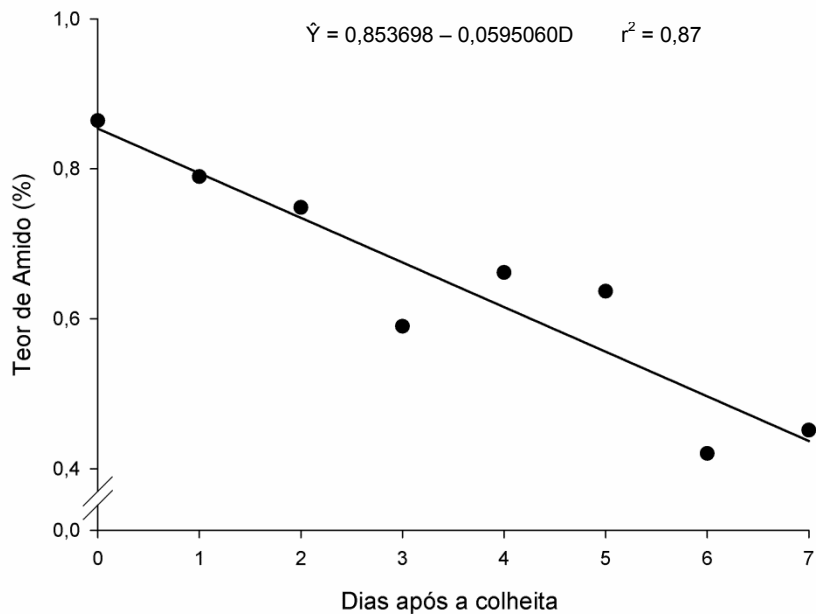


Figura 8. Estimativa do teor de amido (%) em frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’ em função do número de dias após a colheita

Os frutos não-climatéricos não mostram picos respiratórios que possam ser associados a grandes mudanças na composição dos carboidratos. Em geral esses frutos têm pouca reserva de amido para ser degradado durante a pós-colheita e devem, necessariamente, acumular açúcares solúveis originados pela fotossíntese, ainda na planta. Compreende-se assim, porque o fruto deve ser colhido pronto para o consumo, uma vez que o processo de conversão de amido em açúcares solúveis se desenvolve após a colheita, em proporções muito pequenas (Akazawa e Okamoto, 1980).

4. CONCLUSÕES

As maiores taxas de produção de CO₂ e etileno foram detectadas imediatamente após a colheita, seguido de declínio durante os dias de armazenamento, característicos de frutos não-climatéricos.

Os frutos apresentam elevada perda de água e degradação da clorofila promovendo o murchamento, enrugamento e perda da coloração verde dos tecidos tornando-os inviáveis para a comercialização a partir do quarto dia de armazenamento.

Ao longo do armazenamento ocorre declínio dos açúcares solúveis totais, açúcares redutores e do teor de amido, e aumento dos açúcares não redutores, da acidez e do teor de sólidos solúveis totais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKAZAWA, T.; OKAMOTO, T. Biosynthesis and metabolism of sucrose. **The biochemistry of Plants**, New York: Academic Press, 1980, v.3., 199-270, 1980.
- ATTA-ALY, M. A.; BRENCHT, J. K.; HUBER, D. J. Ethylene feedback mechanisms in tomato and strawberry fruit tissues in relation to fruit ripening and climacteric patterns. **Postharvest Biology and Technology**, v.20, p.151-162, 2000.
- BARRY, C. S.; GIOVANNONI, J. J. Ethylene and fruit ripening. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.26, p.143-159, 2007.
- BEN-YEHOSHUA, S. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film: a new postharvest technique. **HortScience**, v.20, p.32-37, 1985.
- BHOWMIK, S. R.; PAN, A. J. C. Shelf life of mature green tomatoes stored in controlled atmosphere and high humidity. **Journal of Food Science**, v.57, p.948-95, 1992.
- BOITEUX, L. S.; NASCIMENTO, W. M.; FONSECA, M. E. N.; LANA, M. M.; REIS, A.; MENDONÇA, J. L.; LOPES, J. F.; REIFSCHNEIDERF, J. B. 'Brasileirinha': cultivar de abóbora (*Cucurbita moschata*) de frutos bicolores com valor ornamental e aptidão para consumo verde. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v.25, p.103-106, 2007.
- CANO, C.B.; NAGATO, L.A.F.; MELLO, M.R.P.A.; DURAN, M.C.; TAVARES, M. 2008. Conservas vegetais, frutas e produtos de frutas. In: **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. ZENEBON, O.; PASCUET, N.S.; TIGLEA, P. (Coord.). 4ª. ed. Versão eletrônica. São Paulo, p.571-591.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-356, 1956.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402p.
- FINGER F. L.; VIEIRA G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos minimamente processados**. Viçosa: UFV, 1997. 29p.

FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; BRECHT, J. K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, v.52, p.99-119, 2002.

GIOVANNONI, J. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology*, v.52, p.725-749, 2001.

HOJO, E. T. **Qualidade de mangas ‘Palmer’ tratadas com 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração**. 2005. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

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.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops, third edition**. University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, 535p, 2002.

KAYS, J. S. **Postharvest physiology of perishable plants products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532p.

KLUGE, R. A.; MINAMI, K. Efeito de esters de sacarose no armazenamento de tomates Santa Clara. **Scientia Agrícola**, v.54, n.1-2, p.39-44, 1997.

McCREADY, R.M., GUGGOLZ, J., SILVEIRA, V., et al. Determination of starch and amylose in vegetables. **Analytic Chemistry**, v.22, p.1156-1158, 1950.

MORAIS, A.; PINTO, P. Boas Práticas para a Conservação de Produtos Hortofrutícolas. Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica, 2000.

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.

PASSOS, M. C. L. M. S.; LIMA, M. A. C.; ARAÚJO, A. L. S.; SILVA, R. P; TRINDADE, D. C. G; COSTA, A. C. S.; BORGES, R. M. E. Qualidade e teor de carotenóides totais em frutos de acessos de *Cucurbita* spp. procedentes dos estados do Maranhão e da Bahia. In: Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido. **Petrolina: Embrapa Semiárido**, 2005.

RIBEIRO, D. S. **Parâmetros agrometeorológicos de ambiente protegido com o cultivo de abóbora italiana sob adubação orgânica**. 2008. 103 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2008.

RHODES, M. J. C. The maturation and ripening of fruits. In: THIMANN, K.V.; ADELMAN, R. C.; ROTH, G. S. **Senescence in plants**. Florida: CRC Press, 1980. cap.8, p.157-205.

ROMOJARO, F.; MARTÍNEZ-MADRID, M. C.; HIDALGO, F. S. **Nuevas tecnologías de conservación de frutas y hortalizas: atmosferas modificadas**. Madri: Mundi-prensa, 1996. 221p.

SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SIGRIST, J. M. M. Perdas pós-colheita de frutas e hortaliças. In: CEREDA, M. P.; SANCHES, L. **Manual de armazenamento e embalagens-produtos agropecuários**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1983. p.1-12.

SOUZA, R. P.; FILGUEIRA, H. A. C.; COSTA, J. T. A.; ALVES, R. E.; OLIVEIRA, A. C. Armazenamento da ciriguela (*Spondias purpurea* L.) sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal-SP, v. 22, n.3, p.333-338, 2000.

STEFFENS, C. A. **Maturação e qualidade pós-colheita de maçãs, 'Gala' e 'Fuji', com aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon**. 2003. 88f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2009. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Trad. Santarém, E.R, et al. Porto Alegre: Artmed. 719p.

VENDRELL, M.; PALOMER, X. Hormonal control of fruti ripening in climateric fruits. **Acta horticulturae**, n.463, p.325-334, 1997.

VICENTINI, N. M.; CASTRO, T. M . R.; CEREDA M. P., Influência de películas de fécula de mandioca na qualidade pós-colheita de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v.19 n.1, 1999.

VILA, M. T. R. **Qualidade pós-colheita de goiaba 'Pedro Santo', armazenados sob refrigeração e atmosfera modificada por biofilme de fécula de mandioca**. 2004. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras: MG, 2004.

VITTI, M. C. D. **Aspectos fisiológicos, bioquímicos e microbiológicos em beterrabas minimamente processadas**. 2003. 116p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 2003.

WATADA, A. E. Effects of ethylene on the quality of fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.40, p.82-85, 1986.

WILLS, R.; McGLASSOM, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 4, ed. New York: CAB International, 1998.

CAPÍTULO II - SENSIBILIDADE DE FRUTOS DA ABOBRINHA ‘MENINA BRASILEIRA’ AO ETILENO

RESUMO

Os frutos, com base no padrão da atividade respiratória e evolução de etileno, podem ser divididos em climatéricos e não climatéricos. Frutos climatéricos são caracterizados por apresentarem aumento na produção de CO₂ acompanhado de um pico autocatalítico de produção de etileno, o que não é observado nos frutos não climatéricos. Independentemente dessa classificação, os frutos podem ou não responder e apresentarem diferentes níveis de sensibilidade ao etileno. Isso ocorre devido à presença de receptores de etileno presentes nas membranas celulares. A presença do etileno em ambientes de armazenamento e transporte pode comprometer a qualidade de frutos climatéricos e não-climatéricos, por conduzi-los à senescência. O objetivo do trabalho foi determinar o nível de sensibilidade da abobrinha ‘Menina Brasileira’ à aplicação de doses de etileno. Os frutos foram colhidos, homogeneizados e colocados em baldes de 18 L hermeticamente fechados, nos quais foram aplicadas doses de 0; 0,1; 1,0; 10; 100 e 1000 µL L⁻¹ de etileno e mantidos por 24 horas. Após 24 horas, os frutos foram retirados dos baldes e aos 0, 2, 4, 6 e 8 dias após, avaliados quanto a perda de massa de matéria fresca e os teores de açúcares solúvel total, redutor, não redutor, teor de amido, teor de clorofila, conteúdo de malonaldeído (MDA) e extravasamento de eletrólitos. Os frutos da abobrinha ‘Menina Brasileira’ apresentam sensibilidade mediana ao etileno exógeno, sendo que a aplicação de etileno não estimulou a perda de massa de matéria fresca. Os frutos sofreram pequenas alterações nos atributos de qualidade interna, porém ocorreram mudanças no aspecto externo dos frutos, com diminuição do teor de clorofila e injúria por danos à membrana celular caracterizada pelo aumento de MDA e extravasamento de eletrólitos. Essas alterações foram maiores com o aumento da dose etileno.

Palavras-chave: Abobrinha, respiração, etileno, sensibilidade, extravasamento.

1. INTRODUÇÃO

O processo de respiração é fundamental no amadurecimento dos frutos, pois várias reações acopladas à respiração são responsáveis pela síntese de inúmeros compostos, tais como pigmentos, compostos fenólicos e fitohormônios (Purvis, 1997), assim como influenciam a longevidade dos frutos na pós-colheita, provocando modificações profundas nos seus constituintes químicos, levando à perda de umidade e à rápida senescência (Wills *et al.*, 1981).

O padrão da atividade respiratória em frutos pode ser dividido em climatéricos e não climatéricos. Frutos climatéricos são caracterizados por apresentarem aumento na produção de CO₂ acompanhado de um pico autocatalítico de produção de etileno (Kays e Paull, 2004; Lelièvre *et al.*, 1997; Perin *et al.*, 2002), o que não é observado nos frutos não-climatéricos (Kays e Paull, 2004; Lurie e Klein, 1990; Rhodes, 1980).

O etileno é um fitohormônio gasoso responsável por muitos processos fisiológicos durante o crescimento, desenvolvimento e senescência de tecidos vegetais regulando, principalmente, o amadurecimento de frutos (Gray *et al.*, 1992) e a senescência de hortaliças e plantas ornamentais (Lieberman, 1979; Yang e Hoffman, 1984; Abeles *et al.*, 1992; Fluhr e Matto, 1996; Saltveit, 1999).

Hormônio do amadurecimento, como é conhecido, o etileno é formado a partir do aminoácido metionina, via SAM (S-adenosil L-metionina). O SAM é convertido a ACC (ácido 1-aminoacilciclopropano 1-carboxílico), processo catalisado pela enzima ACC sintase. O ACC é então oxidado a etileno por meio da ação da enzima ACC oxidase (Taiz e Zeiger, 2004). Existem dois sistemas diferentes de produção do hormônio. O sistema 1 é caracterizado pela baixa produção de etileno e está presente durante a fase pré-climatérica de frutos climatéricos e durante todo o amadurecimento de frutos não-climatéricos. O sistema 2 é a chamada síntese autocatalítica de etileno, que é a produção de grande quantidade do hormônio, induzida pelo próprio etileno, e ocorre somente em frutos climatéricos (Bapat *et al.*, 2010).

Independentemente de serem climatéricos ou não-climatéricos, os frutos podem responder ao etileno e apresentarem sensibilidade ao hormônio. Isso ocorre devido à

presença de receptores de etileno presentes nas membranas celulares. Esses receptores estão presentes em todos os tecidos, e, portanto, todos os órgãos da planta são capazes de responder ao etileno (Barry e Giovannoni, 2007). A resposta ao etileno ocorre pela sua ligação a um receptor específico, responsável por enviar o sinal para sua ativação. Segundo Altvorst & Bovy (1995), um dos possíveis mecanismos que contribuem para a indução da biossíntese do etileno é a mudança na receptividade do tecido ou na sensibilidade ao etileno. A resposta e a sensibilidade ao etileno são dependentes do estágio de desenvolvimento, variedade e percepção por parte do órgão da planta (Ciardi e Klee, 2001; Jones *et al.*, 2001).

Para Abdi *et al.* (1998), a classificação dos frutos em climatéricos e não-climatéricos é uma grande simplificação do processo de amadurecimento. A aplicação de etileno no pré-climatério, em frutos do tipo climatérico, antecipa o amadurecimento e por consequência a senescência. Em frutos não-climatéricos ocorre aumento na atividade respiratória, seguida de queda imediata, o que não se reflete em amadurecimento, mas pode promover alterações na qualidade do produto.

O amadurecimento de frutos não-climatéricos sempre foi entendido como um processo independente da ação do etileno, já que estes frutos apresentam baixos níveis de produção durante o amadurecimento. Entretanto, vários autores (Goldschmidt *et al.*, 1993; Ferrarese *et al.*, 1995; Harpster *et al.*, 1997) têm demonstrado que o etileno regula alguns aspectos do amadurecimento em frutos não-climatéricos.

A aplicação de etileno exógeno em frutos não-climatéricos promove aumento da respiração, mas, ao contrário dos frutos climatéricos, o aumento da respiração cessa após a remoção do etileno (Biale, 1960). Porém, as diferentes respostas obtidas pela aplicação de etileno exógeno em frutos não-climatéricos levaram Goldschmidt (1997) a classificar os frutos não-climatéricos em: frutos que respondem a aplicação de etileno e frutos que não respondem. Em pimenta, o etileno também estimula a biossíntese de carotenoides (Ferrarese *et al.*, 1995). Em citros, a perda da coloração verde é reduzida quando o etileno é bloqueado (Goldschmidt *et al.*, 1993). Entretanto a aplicação de etileno em morango não promove qualquer resposta (Manning, 1993). Em frutos não-climatéricos a

resposta ao etileno parece ser dependente da concentração e do tempo de exposição ao hormônio.

As respostas dos frutos ao etileno podem ser desejáveis, como produção de substâncias voláteis e a redução da adstringência, e indesejáveis, como aumento da atividade de enzimas degradadoras da parede celular, conversão do amido em açúcares, amarelecimento da epiderme, entre outras (Saltveit, 1999). A aplicação de etileno exógeno é rotineiramente usada para iniciar o amadurecimento uniforme de alguns frutos. Por outro lado, as estratégias comerciais mais frequentes baseiam-se na minimização da produção e ação do etileno e/ou que evitem a exposição ao hormônio durante o amadurecimento, colheita, armazenamento e transporte do fruto (Watkins, 2002). A presença do etileno em ambientes de armazenamento e transporte pode comprometer a qualidade de frutos climatéricos e não-climatéricos, por conduzi-los à senescência.

Diante disso, objetivou-se, com esse trabalho, determinar o nível de sensibilidade e respostas fisiológicas de frutos da abobrinha ‘Menina Brasileira’ à aplicação de etileno.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’, foram obtidas em propriedade agrícola localizada na zona rural de Viçosa-MG. Após a colheita os frutos foram acondicionados em caixas plásticas, e em seguida transportados para o Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita de Produtos Hortícolas da UFV. Após limpos com papel toalha umedecido, os frutos foram colocados em baldes de 20 litros, hermeticamente fechados, nos quais os tratamentos foram aplicados. Os frutos pertencentes ao tratamento controle permaneceram nos baldes que continham atmosfera normal, durante 24 horas. Já os frutos tratados com etileno, ficaram em baldes nos quais foram adicionados 0,1; 1,0; 10; 100; 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno, na forma de gás, também durante 24 horas. As concentrações de etileno aplicadas nas câmaras herméticas foram obtidas através de seringas. Ao longo do período de aplicação dos tratamentos realizou-se a homogeneização do ar contido dentro dos baldes, bombeando-o, periodicamente, com uma seringa de 50 mL. Decorridas 24 horas de exposição ao etileno, os frutos foram retirados dos baldes e mantidos em bancada, sob temperatura de 24 ± 2 °C, luminosidade de $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e umidade relativa em torno de 59%, durante oito dias, realizando-se avaliações a cada dois dias.

2.1. Perda de massa de matéria fresca

A massa de matéria fresca foi determinada em balança analítica, sendo a perda de massa estimada em relação à massa inicial dos frutos e expressa em % de perda de massa de matéria fresca.

$$\text{PMF} = 100 - ((\text{PF} * 100) / \text{PI})$$

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.

2.2. Açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido

2.2.1. Extração

Aproximadamente 5 g da polpa do fruto foram trituradas em etanol 80%. Em seguida foram centrifugadas, coletando-se o sobrenadante. Esse procedimento foi repetido 3 vezes, completando-se o volume final do extrato alcoólico para 50 mL. O extrato alcoólico foi armazenado, sob refrigeração, em vidros vedados, para a quantificação dos açúcares solúveis totais e redutores. O precipitado resultante das centrifugações foi seco em estufa a 65 °C por 24 horas e armazenado em dessecador para posterior quantificação de amido (McCready et al., 1950).

2.2.2. Quantificação de açúcares solúveis totais

A quantificação dos açúcares solúveis totais foi realizada segundo o método Fenol-sulfúrico (Dubois *et al.*, 1956). Adicionou-se 250 µL do extrato alcoólico e 250 µL de fenol 5% em um tubo de ensaio com rosca, seguidos de agitação em vortex. Aos tubos foram acrescentados 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 $\lambda = 490$ nm em espectrofotômetro. A partir da absorbância lida foram realizados os cálculos com as devidas correções das diluições. Os resultados foram comparados com a curva padrão de sacarose a 1% e expresso em % açúcares solúveis totais.

2.2.3. Quantificação de açúcares redutores e não redutores

A quantificação dos açúcares redutores foi realizada segundo a metodologia de Somogy-Nelson (Nelson, 1944). Foram adicionados em um tubo de ensaio com rosca 200 µL do extrato alcoólico e 200 µL do reagente 4 de Nelson. Em seguida, os tubos

foram agitados, fervidos por 15 min e, então, resfriados em banho de gelo. Posteriormente adicionou-se 200 µL do reagente 5 de Nelson e 600 µL de água desionizada, agitando-se novamente os tubos. Realizaram-se leituras no espectrofotômetro, no comprimento de onda de 540 nm, sendo comparadas com curva padrão de glicose a 1% e os resultados expressos em % açúcares redutores.

O teor de açúcares não redutores foi obtido pela diferença entre o teor de açúcares solúveis totais e o teor de açúcares redutores. O resultado foi expresso em % de açúcares não redutores.

2.2.4. Quantificação de amido

Para a quantificação de amido seguiu-se o método descrito por McCready *et al.* (1950). A partir do resíduo obtido da extração de açúcares totais, foram adicionados ao material seco 2,5 mL de água desionizada e 3,5 mL de ácido perclórico 52%, em tubos de centrífuga. Os tubos, após agitação, permaneceram em repouso por 30 min. Em seguida, realizou-se centrifugação a 2000 g, por 15 min, e o sobrenadante foi recolhido em provetas de 25 mL. Após repetir 3 vezes esse procedimento completou-se o volume das provetas para 25 mL com água desionizada. A quantificação de amido foi feita da mesma maneira que a quantificação de açúcares solúveis totais, de acordo com Dubois *et al.* (1956), sendo o resultado multiplicado pelo fator de correção 0,9 e expressa em % amido.

2.3. Clorofila

Para a avaliação de clorofila retirou-se quatro discos da casca do fruto com perfurador manual de 11 mm de diâmetro. Esses foram pesados e colocados em tubos de rosca contendo 5 mL de N,N-Dimetilformamida, sob refrigeração a 4 °C, no escuro. Após dez dias, os teores de clorofila foram determinados pelo método de N,N-dimetilformamida (Inskip & Bloom, 1985), em espectrofotômetro, com leituras nos comprimentos de onda de 647 e 664,5 nm.

Procedeu-se ao cálculo de acordo com a fórmula:

$$\text{Clorofila Total (mg l}^{-1}\text{)} = 17,9 A_{647} + 8,08 A_{664,5}$$

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

$$\text{Clorofila Total (mg g}^{-1}\text{)} = (\text{Clorofila Total} \times 0,05) / \text{peso fresco dos discos}$$

2.4. MDA (*Malonaldeído*)

A peroxidação de lipídeos foi avaliada pela quantificação do acúmulo de aldeído malônico (MDA), utilizando o teste do ácido tiobarbitúrico (TBA) (Cakmak & Horst, 1991) e a absorbância do sobrenadante foi mediada a 532 nm, descontando-se a absorbância inespecífica a 600 nm. A estimativa da quantidade do complexo MDA-TBA foi obtida utilizando-se o coeficiente de absorvidade de $155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ e expressa como nmol/g peso fresco (Heath & Packer, 1968).

2.5. Extravasamento de eletrólitos

O extravasamento de eletrólitos foi medida de acordo com o método de Lima *et al.* (2002), com pequenas modificações. Os discos retirados da casca da abobrinha de cada tratamento foram lavados em água destilada para a retirada do conteúdo das células rompidas durante a remoção e postos para flutuar em frascos contendo 20 ml de água desionizada. A condutividade elétrica inicial (L1) do líquido de suspensão foi lida em um condutivímetro (Digimed, modelo DM-31) após incubação por 6 horas, à temperatura ambiente, sendo expressa em porcentagem da condutividade total (L2) que, por seu turno, foi obtida após colocar os frascos contendo os discos foliares em uma estufa a 90 °C, durante 2 horas. A permeabilidade da membrana foi calculada como:

$$\text{EL\%} = (\text{L1/L2}) \times 100$$

2.6. Análise estatística

O experimento foi conduzido no esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as concentrações de etileno e nas subparcelas os dias de armazenamento, no delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 (quatro) repetições. Os dados foram analisados por meio de análise de regressão, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas SAEG 9.1 (SAEG, 2007). 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 do fenômeno biológico em estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Perda de Massa de Matéria Fresca

Independentemente da concentração, a perda de massa de matéria fresca dos frutos aumentou de modo linear em função do tempo após a exposição ao etileno exógeno (Figura 1). Ao final do período de avaliação, observaram-se perdas totais de 20,03%, 27,41%, 19,49%, 27,86%, 19,90% e 23,01%, respectivamente, para os tratamentos controle, 0,1; 1,0; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$. Com taxas de perda diária que variaram de 2,43% para os frutos tratados com 1,0 $\mu\text{L L}^{-1}$ e de 3,48% para os frutos tratados com 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno.

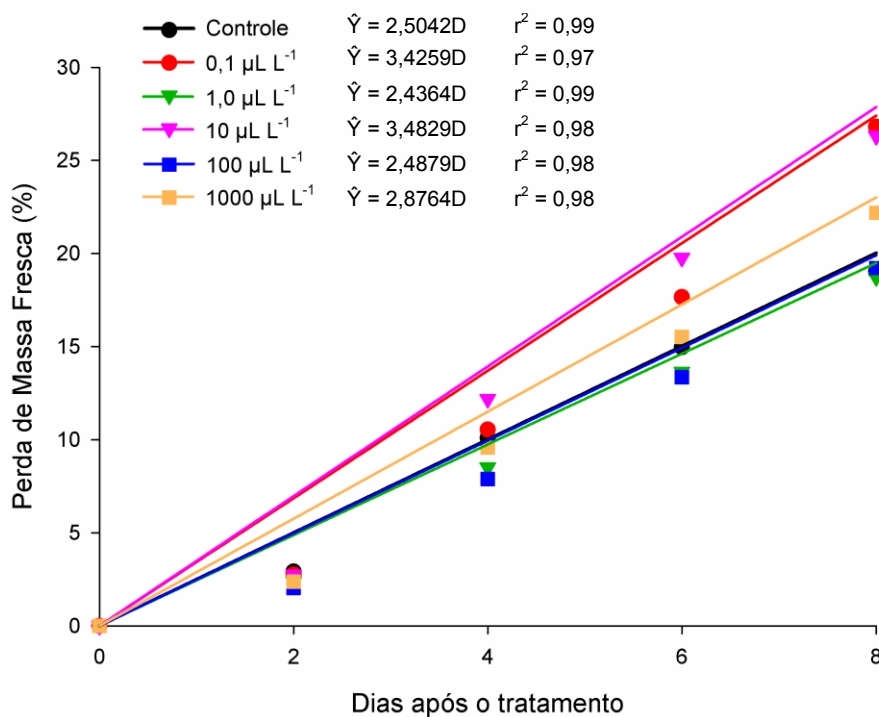


Figura 1. Estimativa da perda de massa de matéria fresca (%) em frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’, tratados com doses de etileno, em função do número de dias após os tratamentos.

A exposição dos frutos ao etileno não estimulou a perda de massa de matéria fresca nos frutos da abobrinha ‘Menina Brasileira’. Mendonça *et al.* (2003) também não constataram efeito de doses de etileno sobre a perda de massa de matéria fresca em frutos de limão ‘Siciliano’.

A perda de massa detectada pode ser atribuída à senescência natural dos frutos (Cao *et al.*, 2012). Segundo Finger & Vieira (2007), a perda de massa é devida à perda de vapor de água que ocorre pela transpiração, juntamente com a perda de massa de matéria seca necessária ao processo respiratório; porém, de acordo com esses autores, a principal perda de massa durante o armazenamento é devida ao processo transpiratório.

Não se encontrou, na literatura consultada, referência ao limite de perda de massa de matéria fresca tolerado para abobrinha. Nas condições deste experimento, as perdas variaram entre 18,7 a 26,8% no 8º dia de armazenamento. De acordo com Chitarra & Chitarra (2005), perdas para produtos hortícolas da ordem de 3 a 6% são suficientes para causar um marcante declínio na qualidade, mas alguns produtos são ainda comercializáveis com 10% de perda de massa de matéria fresca. A elevada perda de massa de matéria fresca observada nos frutos de abobrinha pode ser devida ao alto teor de água em sua composição, fato que os tornam muito perecíveis com curto período pós-colheita.

3.2. Açúcares Solúveis Totais

Os valores estimados do teor de açúcares solúveis totais (%) dos frutos de abobrinha durante os oito dias de avaliações após os tratamentos podem ser observados na Figura 2.

Houve decréscimo linear do teor de açúcares solúveis totais ao longo do tempo de avaliação, para todos os tratamentos, com taxas variando em cerca de 0,052 a 0,084% por dia. Os tratamentos tiveram teor médio estimado de açúcares solúveis totais de 3,16% no dia da instalação do experimento; esses sofreram redução de 13,17%, 21,55%, 17,71%, 17,83%, 15,63% e 16,29%, respectivamente, para os tratamentos controle, 0,1; 1,0; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$, ao longo do armazenamento.

De acordo com Taiz & Zeiger (2004), a sacarose, principal fonte de carbono para a respiração, é degradada a glicose e frutose, que são açúcares redutores, por ação de duas enzimas, a sintase da sacarose e a invertase. Sendo assim, qualquer fator que resulte no aumento da taxa respiratória levaria à redução do teor de açúcares totais, que são substratos para a respiração.

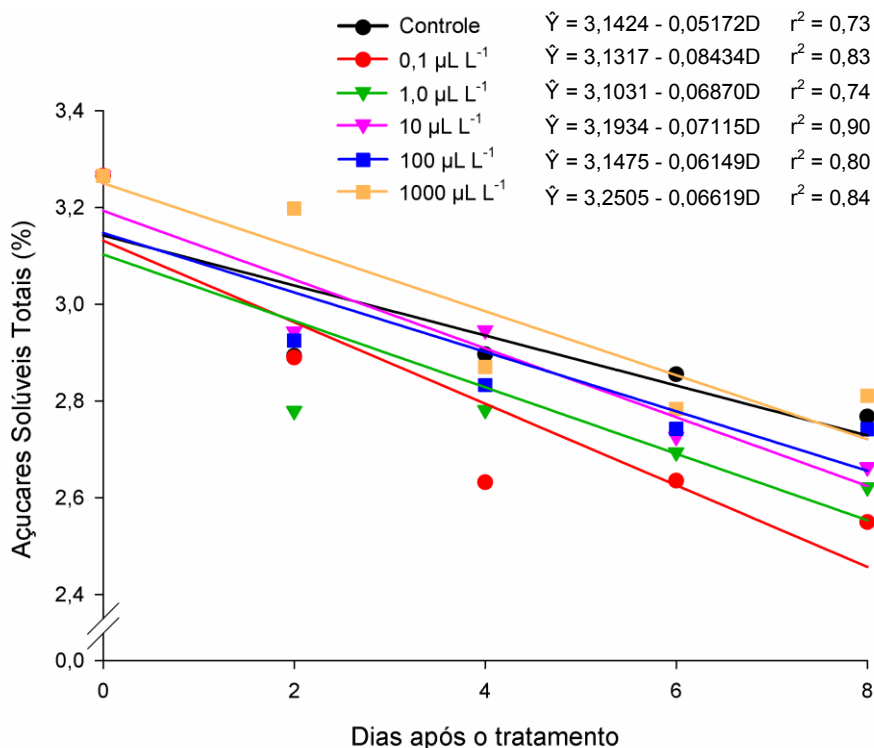


Figura 2. Estimativa dos teores de açúcares solúveis totais (%) em frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’, tratados com doses de etileno, em função do número de dias após os tratamentos.

A aplicação exógena de etileno é um fator indutor da respiração em frutos não climatéricos. Portanto, espera-se que quanto maior a concentração de etileno aplicada aos frutos de abobrinha, maior seria a taxa respiratória e menor o teor de açúcares solúveis totais. Entretanto, esse comportamento não foi observado neste trabalho, pois a maior redução no teor de açúcares solúveis totais foi observada na menor dose de etileno aplicada.

Também em bananas expostas ao tratamento com propileno (Golding *et al.*, 1998) e frutos de jiló tratados com doses de etileno (Mendes, 2013), essa resposta também não foi observada.

3.3. Açúcares Redutores

O teor de açúcares redutores ao longo das avaliações apresentou decréscimo linear, para todos os tratamentos (Figura 3). Os tratamentos, com média estimada de 2,61% no dia da instalação do experimento, sofreram redução de 26,72%, 35,23%, 33,74%, 33,28%, 27,94% e 31,24%, respectivamente, para os tratamentos controle, 0,1; 1,0; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$, ao longo de oito dias de armazenamento. As taxas de redução variaram de 0,088 a 0,113% por dia. Também aqui, maior redução foi observada na menor dose de etileno.

Dos açúcares solúveis totais, os açúcares redutores foram predominantes durante todo o período de avaliação. Observa-se que ocorreu redução do conteúdo de açúcares redutores em todos os tratamentos aplicados, indicando que, esses monossacarídeos estavam sendo utilizados, possivelmente, em processos metabólicos. 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 (Taiz e Zeiger, 2004). Esse é um processo natural das plantas, que consome glicose e frutose, principais açúcares redutores, diminuindo a concentração desses metabólitos ao longo do período pós-colheita.

Outro fator que pode estar sendo responsável pela diminuição dos açúcares redutores é a sua utilização para a síntese de sacarose, o que é evidenciado pelo aumento ocorrido nos teores de açúcares não redutores.

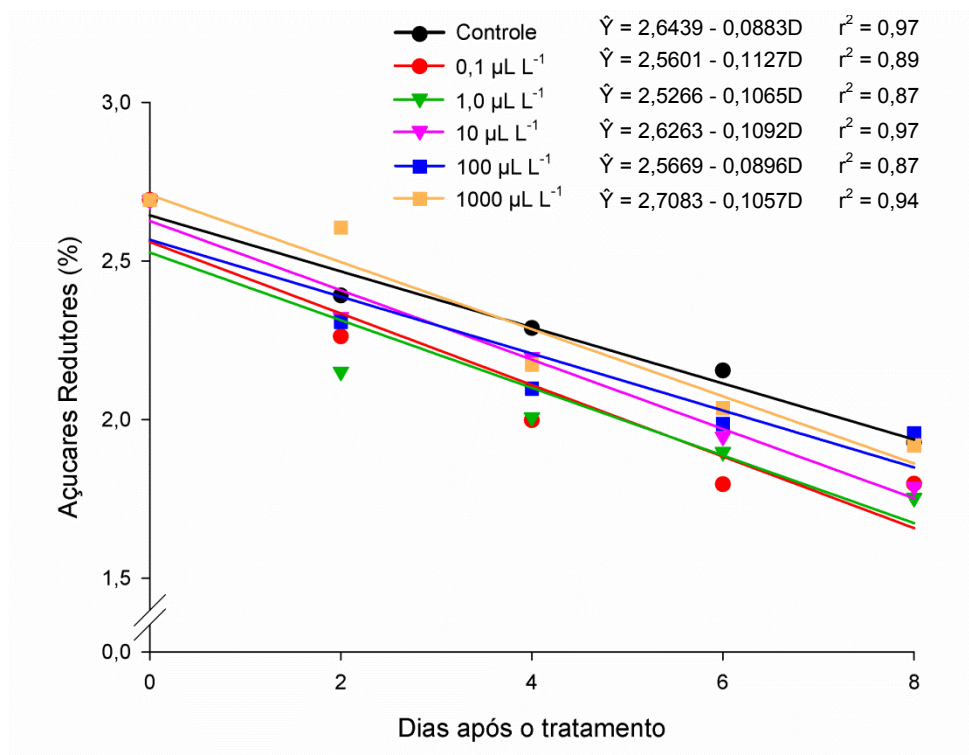


Figura 3. Estimativa dos teores de açúcares redutores (%) em frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’, tratados com doses de etileno, em função do número de dias após os tratamentos.

3.4. Açúcares Não Redutores

Na Figura 4 podem ser observados os resultados dos teores de açúcares não redutores (%) durante os dias de armazenamento para todos os tratamentos. Observou-se comportamento linear crescente ao longo dos dias de armazenamento para todos os tratamentos. Os tratamentos, com média estimada de 0,56% no dia da instalação do experimento, sofreram aumento de 58,71%, 39,74%, 52,54%, 53,75%, 38,82% e 58,38%, respectivamente, para os tratamentos controle, 0,1; 1,0; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$, ao longo de oito dias de avaliações.

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

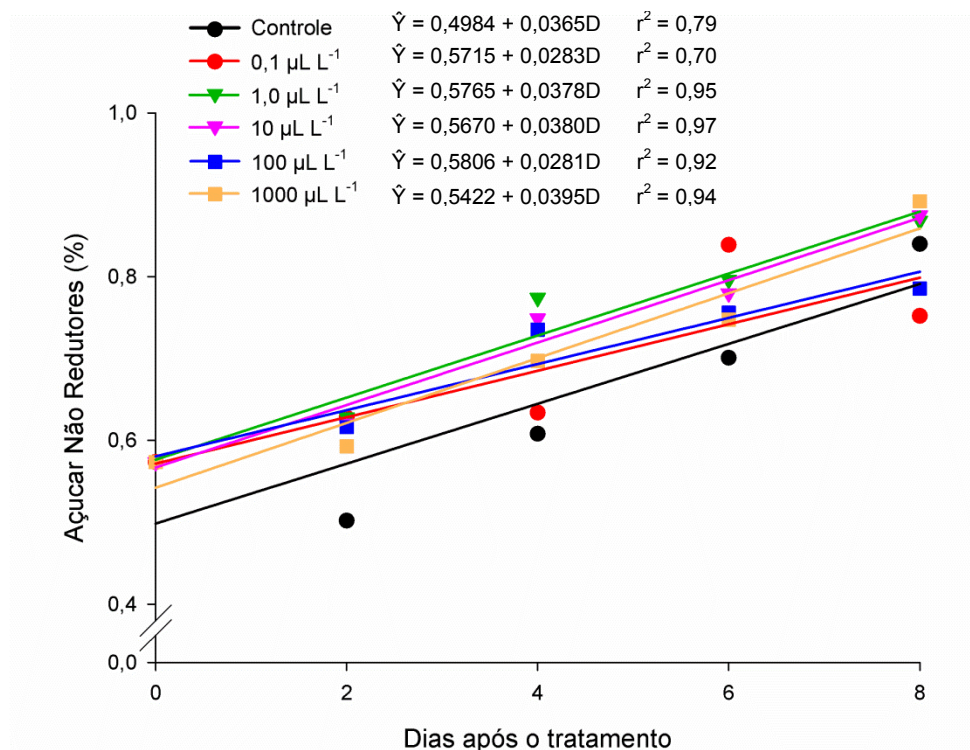


Figura 4. Estimativa dos teores de açúcares redutores (%) em frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’, tratados com doses de etileno, em função do número de dias após os tratamentos.

3.5. Teor de Amido

Na Figura 5 pode ser observado os resultados do teor de amido (%) dos frutos de abobrinha, tratados com doses de etileno e o controle, ao longo dos dias de avaliação. Observou-se decréscimo do teor de amido ao longo do tempo com ajuste de equação ao modelo raiz quadrada, para todos os tratamentos. Os tratamentos, com média estimada de 1,04% no dia da instalação do experimento, sofreram redução de 40,77%, 43,12%, 46,76%, 39,58%, 50,31% e 45,11%, respectivamente, para os tratamentos controle, 0,1; 1,0; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$, ao longo de 8 dias de avaliações. Geralmente, o conteúdo de amido em abóboras imaturas é baixo, menor do que 3%, embora algumas variedades possam chegar a teores maiores (Stevenson *et al.*, 2007).

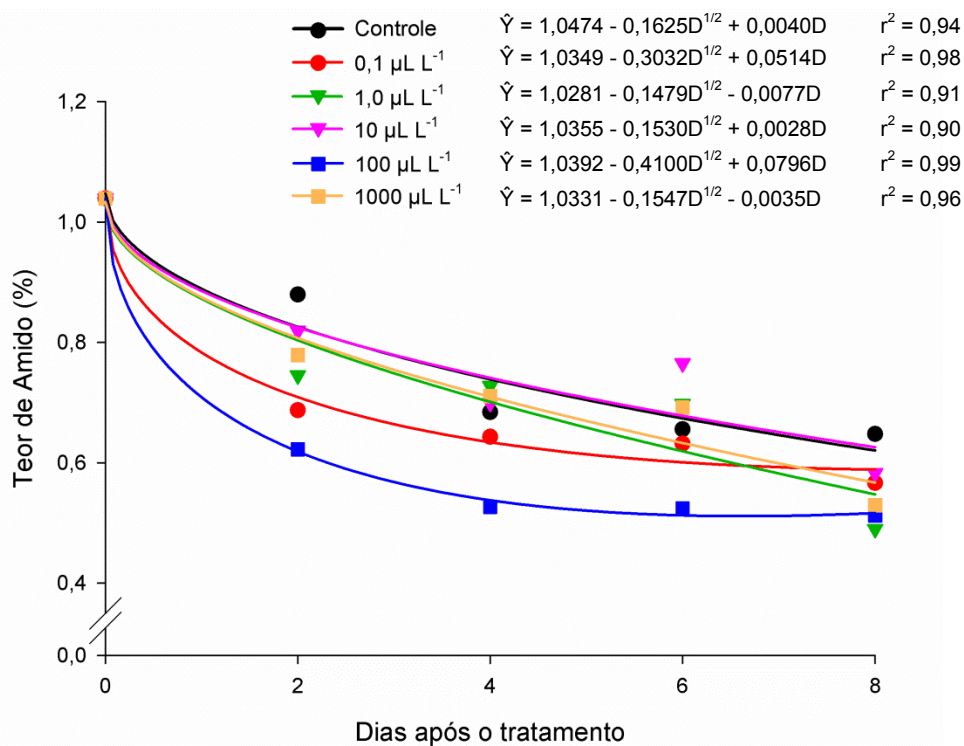


Figura 5. Estimativa do teor de amido (%) em frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’, tratados com doses de etileno, em função do número de dias após os tratamentos.

A redução do teor de amido e o aumento no conteúdo de açúcares não redutores ao longo do período de avaliação sugerem que pode ter ocorrido a bioconversão de amido em açúcares não redutores e/ou de amido em açúcares redutores e, posteriormente, a síntese de sacarose (açúcar não redutor). Segundo Arêas & Lajolo (1981), o incremento no conteúdo de sacarose é simultâneo à degradação de amido e essas transformações precedem a formação de glicose e frutose, sendo provavelmente a transformação de amido em sacarose o principal caminho para degradação de amido.

A degradação de amido envolve a ação de várias enzimas, inclusive a alfa-amilase, beta-amilase, amido fosforilase e alfa-glicosidase. A ação cooperativa dessas enzimas resulta na liberação inicial de oligossacarídeos e, posteriormente, de maltose, glicose e glicose-1-fosfato (Irving *et al.*, 1999).

3.6. Teor de Clorofila

O efeito das concentrações de etileno sobre o teor de clorofila (mg g^{-1} de massa fresca) de frutos de abobrinha é apresentado na Figura 6. O teor de clorofila variou de forma linear ao longo do tempo, para o tratamento controle e para as doses de 0,1; 1,0; 10 e 100 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno. Enquanto o tratamento com 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno apresentou função raiz quadrada. Os tratamentos tiveram média estimada de 1,76 mg g^{-1} no dia da instalação do experimento e redução de 43,45%, 53,85%, 55,76%, 67,97%, 69,63% e 73,39%, respectivamente, para os tratamentos controle, 0,1; 1,0; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$, ao longo de oito dias de armazenamento.

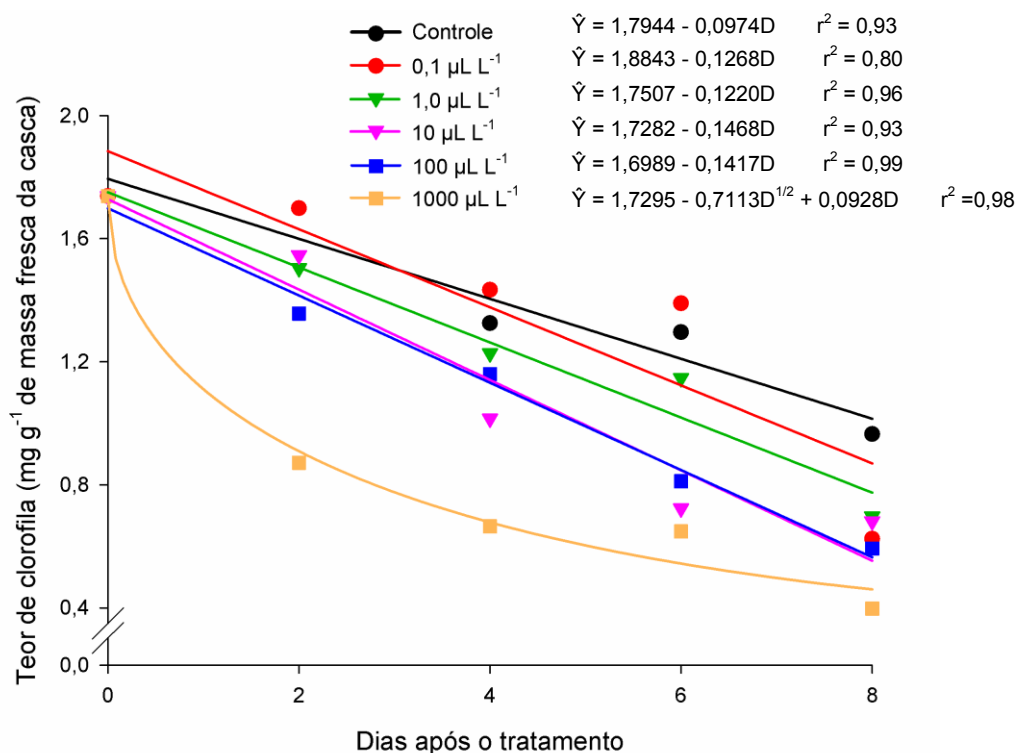


Figura 6. Estimativa do teor de clorofila (mg g^{-1} de massa fresca da casca) em frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’, tratados com doses de etileno, em função do número de dias após os tratamentos.

Os frutos tratados com a dose de $1000 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno tiveram rápida degradação de clorofila nos primeiros dias de avaliação, com comportamento exponencial de queda. Nos demais tratamentos, esse decréscimo no teor de clorofila foi observado de forma linear ao longo do tempo, com menor taxa para o controle.

Em frutos de outras espécies também foram observados efeito da aplicação de etileno sobre a clorofila. Em frutos de jiló, a partir do 3º dia de armazenamento, concentrações de etileno de $0,1 \mu\text{L L}^{-1}$ já foram efetivas em reduzir o teor de clorofila (Mendes, 2013). Domingues *et al.* (2001) concluíram que a aplicação pós-colheita de Etefon (1000 mg L^{-1}) em laranjas acelerou a mudança de coloração da casca, sem, entretanto, alterar a qualidade interna dos frutos. O armazenamento de pimentas em atmosfera rica em $100 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno resultou na mudança de cor devido à diminuição do teor de clorofila (Fox *et al.*, 2005).

A redução no teor de clorofila nos frutos de abobrinha pode estar ocorrendo devido o aumento da atividade da enzima clorofilase, uma das responsáveis pela degradação de clorofila. Goldschmidt (1997) afirma que o etileno, mesmo em baixa concentração em frutos não-climatéricos, está envolvido em eventos associados à maturação, dentre eles, o aumento da atividade das clorofilases e consequente degradação da clorofila. Em frutos não climatéricos, como pimenta, alterações na cor são verificadas na presença do etileno exógeno, cessando após sua remoção do ambiente (Fox *et al.*, 2005).

3.7. MDA (Malonaldeído)

Todos os tratamentos apresentaram aumento linear para o conteúdo de Malonaldeído (MDA) ao longo do período de avaliação (Figura 7). Com média geral estimada de $1,35 \text{ nmol ml}^{-1}$ de MDA no dia da instalação do experimento, foram observados aumentos de 24,76%, 22,19%, 38,69%, 42,98%, 51,90% e 64,25%, respectivamente, para os tratamentos controle, 0,1; 1,0; 10; 100 e $1000 \mu\text{L L}^{-1}$, ao longo de 8 dias de armazenamento.

O Malonaldeído (MDA) é um marcador da peroxidação lipídica que tem sido empregado como indicador de danos à membrana celular vegetal. Os resultados desse trabalho indicam a ocorrência de peroxidação lipídica em todos os tratamentos analisados. Todavia, os frutos tratados com dose de $1000 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno apresentaram maior acréscimo no conteúdo de MDA ao final do período de avaliação, indicando que esses frutos sofreram maiores danos à membrana celular. Tal fato evidencia que, a exposição de frutos de abobrinha a altas doses de etileno causa o aumento da permeabilidade e um declínio na integridade das membranas em decorrência da oxidação dos lipídios presentes na membrana celular vegetal. A consequência direta do dano às membranas celulares, pela peroxidação lipídica, é o extravasamento do conteúdo celular para o meio externo.

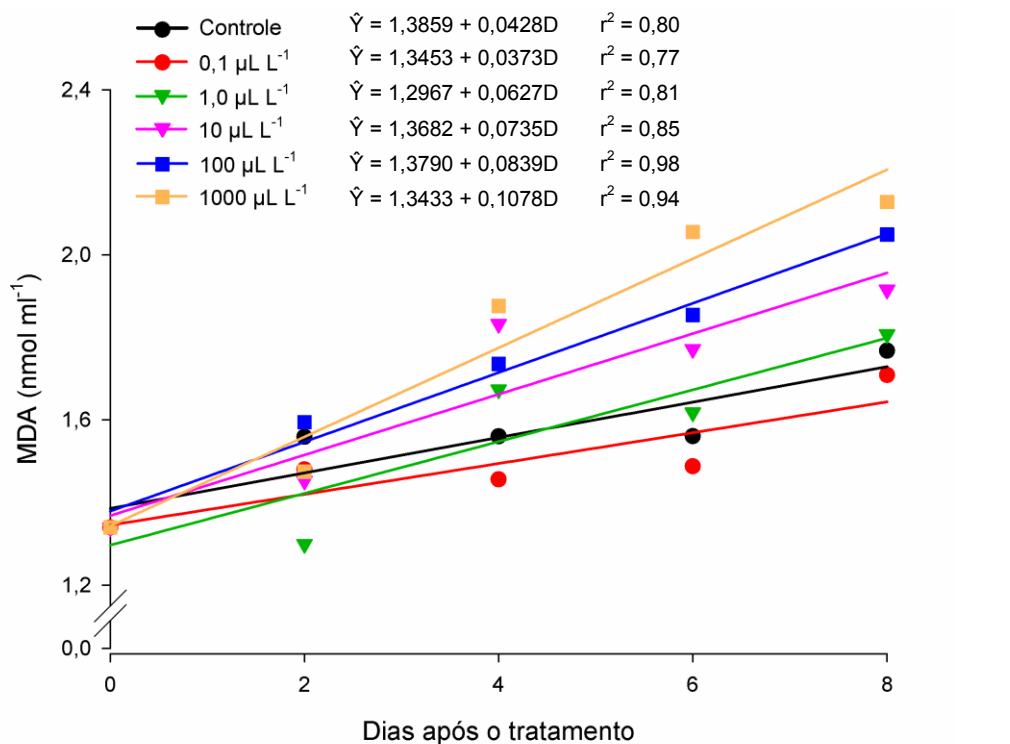


Figura 7. Estimativa do conteúdo de MDA (nmol ml^{-1}) em frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’, tratados com doses de etileno, em função do número de dias após os tratamentos.

3.8. Extravasamento de Eletrólitos

Na Figura 8 pode ser observado o extravasamento de eletrólitos dos frutos de abobrinha, ao longo período de avaliação. Os tratamentos, com média estimada de 24,12% de extravasamento no dia da instalação do experimento, apresentaram aumento de 26,21%, 31,70%, 28,89%, 44,50%, 46,69% e 80,00%, respectivamente, para os tratamentos controle, 0,1; 1,0; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$, ao longo de oito dias de armazenamento. A taxa diária de extravasamento dos frutos tratados com 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno foi de 2,48%.

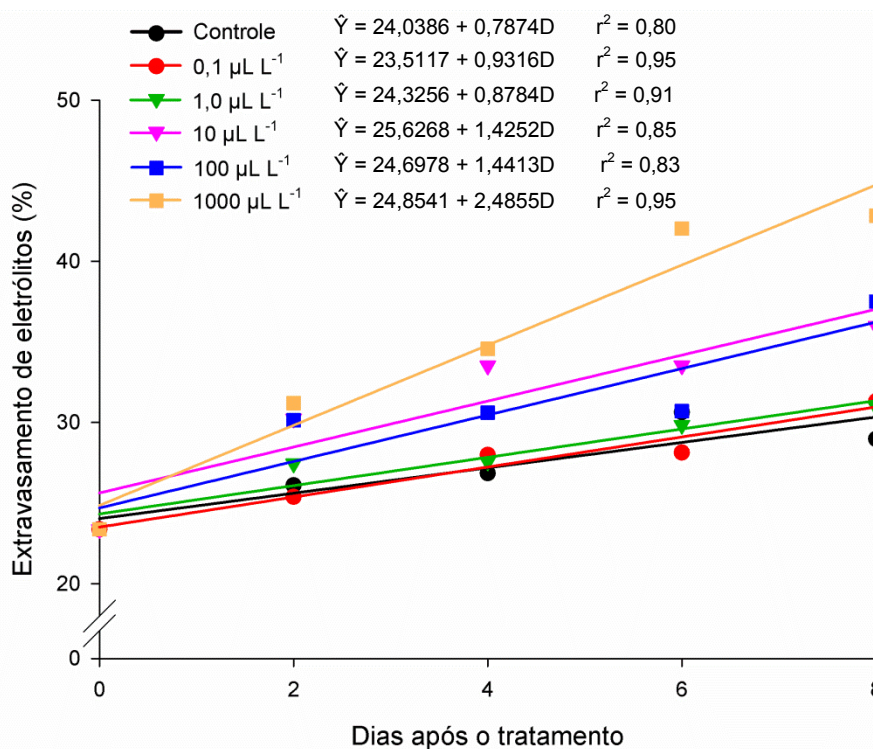


Figura 8. Estimativa do extravasamento de eletrólitos (%) em frutos de abobrinha ‘Menina Brasileira’, tratados com doses de etileno, em função do número de dias após os tratamentos.

Houve maior extravasamento de eletrólitos para frutos expostos às doses de 1000, 100 e 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno, demonstrando que as maiores doses de etileno

causaram maior desorganização das membranas celulares. Esse aumento foi causado, provavelmente, pela ruptura de células, causando aumento na quantidade de íons em solução e assim, contribuindo para elevação da condutividade elétrica do meio.

Também em mangas tratadas com doses de etileno, quanto maior a dose, maior foi o extravasamento durante todo o período experimental (Silva *et al.*, 2012). Tangerinas submetidas a tratamentos com 5 e 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ obtiveram maiores porcentagens de extravasamento de eletrólitos quando comparadas com o tratamento controle (Costa, 2009).

O extravasamento de eletrólitos serve como uma referência da integridade da membrana ou alteração da permeabilidade seletiva (Ferguson e Watkins, 1981). As mudanças são decorrentes da diminuição da fluidez dos lipídeos e alteração estrutural e da perda das proteínas de membrana. Dessa forma, o extravasamento de eletrólitos, em associação com o malondialdeído (MDA), tem sido empregado como indicador de danos à membrana celular vegetal.

4. CONCLUSÕES

Os frutos da abobrinha ‘Menina Brasileira’ apresentam sensibilidade mediana ao etileno exógeno.

Independentemente da dose de etileno, os frutos sofreram pequenas alterações nos atributos de qualidade interna ao longo do armazenamento; contudo, mudanças na qualidade externa dos frutos, principalmente queda no teor de clorofila e danos no epicarpo devido à perda da integridade da membrana celular.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, N.; McGLASSON, W. B.; HOLFORD, P.; WILLIAMS, M.; MIZRAHI, Y. Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, v.14, p.29-39, 1998.

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, M. E. **Ethylene in plant biology**, 2nd edition. New York: Academic Press, 1992. 240p.

ALTVORST, A. C. V.; BOVY, A. G. The role of ethylene in the senescence of carnation flower, a review. **Plant Growth Regulation**, Netherlands, v.16, n. 1, p. 43-53, 1995.

ARÊAS, J. A. G.; LAJOLO, F. M. Starch transformation during banana ripening: I-the phosphorylase and phosphatase behavior in *Musa acuminata*. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v.5, n.1, p.19-37, 1981.

BAPAT, V. A.; TRIVEDI, P. K.; GHOSH, A.; SANE, V. A.; GANAPATHI, T. R.; NATH, P. Ripening of fleshy fruit: molecular insight and the role of ethylene. **Biotechnology Advances**, v.28, p.94-107, 2010.

BARRY, C. S.; GIOVANNONI, J. J. Ethylene and fruit ripening. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.26, p.143-159, 2007.

BIALE, J. B. The postharvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. **Advances in Food Research**, v.10, p.293-354, 1960.

CAKMAK, I.; HORST, W. J. Effect of aluminum on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). **Physiologia Plantarum**, v.83, p.463-468, 1991.

CAO, S.; YANG, Z.; ZHENG, Y. Effect of 1-methylcyclopropene on senescence and quality maintenance of green bell pepper fruit during storage at 20 °C. **Postharvest Biology and Technology**, v.70, p.1-6, 2012.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CIARDI, J.; KLEE, H. Regulation of ethylene-mediated responses at the level of the receptor. **Annals of Botany**, London, v.88, p.813-822, 2001.

COSTA, M. G. S. **Uso de etileno no desverdecimento da tangerina ‘poncã’ produzida nas regiões norte e zona da mata de Minas Gerais**. 2009. 86f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais. 2009.

DOMINGUES, M. C. S.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. The effect of postharvest application of Ethephon on change peel color of sweet orange. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 23: p.555-558, 2001.

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.

FERGUNSON, I. B.; WATKINS, C. B. Ion relation of apple tissue during fruit development and ripening: I. Cation leakage. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.8, p.155-164, 1981.

FERRARESE, L.; TRAINOTTI, L.; MORETTO, P. POLVERINO de LAURETO, P.; RASCIO, N.; CASADORO, G. Differential ethylene-inducible expression of cellulase in pepper plants. **Plant Molecular Biology**, v. 29, p. 735-747, 1995.

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.

FLUHR, R.; MATTO, A. K. Ethylene – Biosynthesis and perception. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v.15, n.5-6, p.479-523, 1996.

FOX, A. J.; POZO-INSFRAN, D. D.; LEE, J. H.; SARGENT, S. A.; TALCOTT, S. T. Ripening-induced chemical and antioxidant changes in bell peppers as affected by harvest maturity and postharvest ethylene exposure. **HortScience**, v.40, p.732-736, 2005.

GOLDING, J. B.; SHEARER, D.; WYLLIE, S.G.; McGLASSON, W.B. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.14, p.87-98, 1998.

GOLDSCHMIDT, E. E. Ripening of citrus and other non-climateric fruits: A role for ethylene. **Acta Horticulturae**, v.463, p.335-340, 1997.

GOLDSCHMIDT, E. E.; HURBEMEN, M.; GOREN, R. Probing the roles of endogenous ethylene in the degreening of citurs with ethylene antagonists. **Plant Growth Regulation**, v.12, p.325-329, 1993.

GRAY, J., PICTON, S., SHABBEER, J., SCHUCH, W., GRIERSON, D. Molecular biology of fruit ripening and its manipulation with antisense genes. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, n.19, p.69-87, 1992.

HARPSTER, M. H.; LEE, K. L.; DUNSMUIR, P. Isolation and characterization of a gene encoding endo- β -1,4-glucanase from pepper (*Capsicum annuum* L.). **Plant Molecular Biology**, v.33, p.47-59, 1997.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplast: I- Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.125, p.189-198, 1968.

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.

IRVING, D. E.; SHINGLETON, G. J.; HURST, P. L. Starch degradation in buttercup squash (*Cucurbita maxima*). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.124, p.587-590, 1999.

JONES, M. L.; KIM, E.-S.; NEWMAN, S. E. Role of ethylene and 1-MCP in flower development and petal abscission in zonal geraniums. **HortScience**, Alexandria, v.36, p.1305-1309, 2001.

KAYS, S. J.; PAULL, R. E. **Postharvest biology**. Athens: EP press, 2004. 568p.

LELIÈVRE, J. M.; LATCHÉ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M. PECH J. C. Ethylene and fruit ripening. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v.101, p.727-739, 1997.

LIEBERMAN, M. Biosynthesis and action of ethylene. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.30, p.533-591, 1979.

LIMA, A. L. S.; DAMATTA, F. M.; PINHEIRO, H.A.; TOTOLA, M.R.; LOUREIRO, M.E. 2002. Photochemical responses and oxidative stress in two clones of *Coffea canephora* under water deficit conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v.47, p.239-247.

LURIE, S.; KLEIN, J. D. Cyanide metabolism in relation to ethylene production and cyanide insensitive respiration in climacteric and non-climacteric fruits. **Journal of Plant Physiology**, Leipzig, v.135, n.5, p.518–521, 1990.

MANNING, K. Soft fruit. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p.347-377.

McCREADY, R.M., GUGGOLZ, J., SILVEIRA, V., et al. Determination of starch and amylose in vegetables. **Analytic Chemistry**, v.22, p.1156-1158, 1950.

MENDES, T. D. C. **Crescimento e fisiologia do amadurecimento em frutos de jiló (*Solanum gilo*)** 2013. 75f. Dissertação (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais. 2013.

MENDONÇA, K.; JACOMINO, A. P.; MELHEM, T. X.; KLUGE, R. A. Concentração de etileno e tempo de exposição para desverdecimento de limão 'Siciliano'. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.6, n.2, p.179-183, 2003.

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.

PERIN, C.; GOMEZ-JIMENEZ, M.; HAGEN, L.; DOGIMONT, C.; PECH, J. C.; LATSHE, A.; PITRAT, M.; LELIEVRE, J. M. Molecular and genetic characterization of a non-climacteric phenotype in melon reveals two loci conferring altered ethylene response in fruit. **Plant Physiology**, Rockville, v.129, p.300-309, 2002.

PURVIS, A. C. The role of adaptive enzymes in carbohydrate oxidation by stressed and senescing plant tissues. **Hortscience**, Alexandria, v.32, n.7, p.195-168, 1997.

RHODES, M. J. C. The maturation and ripening of fruits. In: THIMANN, K.V.; ADELMAN, R. C.; ROTH, G.S. **Senescence in plants**. Florida: CRC Press, 1980. p.157-205.

SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SALTVEIT, M. E. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.15, n.3, p.279-292, 1999.

SILVA, D. F. P.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; STRUIVING, T. B. Amadurecimento de manga 'Ubá' com etileno e carbureto de cálcio na pós-colheita. **Ciência Rural**, v.42, p. 213-220, 2012.

STEVENSON, D. G.; ELLER, F. J.; WANG, L.; JANE, J.; WANG, T.; INGLETT, G. E. Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 Cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, n.10, p.4005-4013, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2004. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Trad. Santarém, E.R, et al. Porto Alegre: Artmed. 719p.

WATKINS, C. B. Ethylene synthesis, mode of action, consequences and control. In: KNEE, M. **Fruit quality and its biological basis**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 180-224.

WILLS, R. H. H.; LEE, T. H.; GRAHAM, W. B.; HALL, E. G. **Postharvest an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. Kensington: New South Wales University Press, 1981. 161p.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.35, p.155-189, 1984.

CONCLUSÕES GERAIS

As maiores taxas de produção de CO₂ e etileno foram detectadas imediatamente após a colheita, seguido de declínio durante os dias de armazenamento, característicos de frutos não-climatéricos.

Ao longo do armazenamento ocorre declínio dos açúcares solúveis totais, açúcares redutores e do teor de amido, e aumento dos açúcares não redutores, da acidez e do teor de sólidos solúveis totais.

Os frutos da abobrinha 'Menina Brasileira' apresentam sensibilidade mediana ao etileno exógeno.

Independentemente da dose de etileno, os frutos sofreram pequenas alterações nos atributos de qualidade interna ao longo do armazenamento; contudo, mudanças na qualidade externa dos frutos, principalmente queda no teor de clorofila e danos no epicarpo devido à perda da integridade da membrana celular.