

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DE ATMOSFERAS HIPERBÁRICAS NA PÓS-
COLHEITA DE MANGA ‘PALMER’**

**Josiane Pereira da Silva
Engenheira Agrônoma**

2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DE ATMOSFERAS HIPERBÁRICAS NA PÓS-
COLHEITA DE MANGA ‘PALMER’**

Josiane Pereira da Silva

Orientador: Prof. Dr. Ben-Hur Mattiuz

Coorientadora: Profa. Dra. Giuseppina Pace Pereira Lima

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

2016

S586e Silva, Josiane Pereira
Efeito de atmosferas hiperbáricas na pós-colheita de manga
'Palmer' / Josiane Pereira da Silva. -- Jaboticabal, 2016
vii, 67 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016

Orientador: Ben-Hur Mattiuz

Coorientadora: Giuseppina Pace Pereira Lima

Banca examinadora: Clément Vigneault, Kelly Magalhães
Marques, Renata Aparecida de Andrade, Teresinha de Jesus Deléo
Rodrigues

Bibliografia

1. Armazenamento. 2. Conservação. 3. *Mangifera indica* L. 4.
Pressão hiperbárica. 5. Qualidade. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.563:634.441

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Diretoria
Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: EFEITO DE ATMOSFERAS HIPERBÁRICAS NA PÓS-COLHEITA DE MANGA
'PALMER'

AUTORA: JOSIANE PEREIRA DA SILVA

ORIENTADOR: BEN-HUR MATTIUZ

COORIENTADORA: GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA

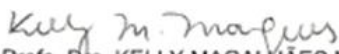
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



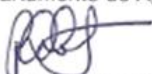
Prof. Dr. BEN-HUR MATTIUZ
Departamento de Tecnologia / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. CLÉMENT VIGNEAULT
Horticulture Research and Development Centre, Agriculture and Agri-Food / Canada



Profa. Dra. KELLY MAGALHÃES MARQUES
Departamento de Agronomia / Centro Universitário Moura Lacerda - Ribeirão Preto/SP



Profa. Dra. RENATA APARECIDA DE ANDRADE
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Profa. Dra. TERESINHA DE JESUS DELEÓ RODRIGUES
Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 16 de dezembro de 2016.

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Josiane Pereira da Silva – nascida em 25 de outubro de 1988 na cidade de Abaetetuba/PA, filha de Antonio Santos Silva e Eldenira Pereira da Silva, graduou-se em Agronomia, em 25 de julho de 2011, pela Universidade Federal Rural da Amazônia. Durante toda a graduação realizou estágio na área de Olericultura, sendo bolsista de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), no período de 2009 a 2011. Em agosto de 2011 ingressou no curso de mestrado em Agronomia, na área de concentração de Produção Vegetal/Horticultura, da Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu/UNESP. Durante 18 meses desenvolveu o projeto da dissertação, como bolsista da CAPES e da FAPESP (Proc. nº 2011/16291-9), além de outros trabalhos científicos com frutas e hortaliças. Em fevereiro de 2012 obteve o título de mestre em Agronomia (Produção Vegetal/Horticultura) pela Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu/UNESP, com a dissertação intitulada “Modo de cultivo e sanitização na pós-colheita de repolho híbrido 'Fuyutoyo’”. Em março de 2013 iniciou o curso de Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, localizada na cidade de Jaboticabal - São Paulo, na linha de pesquisa em Pós-colheita, sendo bolsista da CAPES, CNPq e da FAPESP (Proc. nº 2013/06566-6). Atualmente é Professora na Universidade Federal Rural da Amazônia, Câmpus Parauapebas – Pará.

Aos meus pais, Antonio Silva e Eldenira Silva, que nunca mediram esforços para dar uma bela educação aos seus filhos, mostrando o caminho certo a seguir, e esta foi a forma que tive para agradecer.

DEDICO

Aos meus irmãos Antonildo Silva e Kelliane Silva que mesmo distante sempre me apoiaram nessa caminhada e ao meu amado esposo Paolo Silva, pela paciência, companheirismo, força, amor e dedicação, TE AMO.

OFEREÇO

Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.

Ayrton Senna

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela graça da vida, pelo sonho alcançado, pela força e coragem que me deu para seguir em frente e por ter me iluminado nos momentos difíceis desta caminhada.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) e ao Departamento de Tecnologia, pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pelo apoio financeiro na forma de bolsa de estudo (nº Processo 2013/06566-6).

À empresa Ogata Citrus, pelo fornecimento das mangas ‘Palmer’.

À Universidade Federal Rural da Amazônia, pela formação.

Ao meu amado orientador, Prof. Dr. Ben-Hur Mattiuz, pela paciência e dedicação durante minha tese. Ser orientador não é uma tarefa fácil, assim como ser orientanda. Mas como orientanda posso dizer que ter um orientador como você, amigo, companheiro, dedicado, competente e que trabalha com prazer, tudo se torna mais fácil. A estrada é longa, mas ter você para pegar minha mão e mostrar o caminho certo foi o melhor presente que Deus poderia ter me dado. Levarei comigo a certeza de que tive, além de um maravilhoso orientador, um grande amigo. OBRIGADA DE CORAÇÃO!

À minha coorientadora, Giuseppina Pace Pereira Lima, que nunca deixou de me orientar, sempre disposta a ajudar a solucionar meus problemas com paciência e carinho.

Ao meu eterno orientador, Prof. Dr. Sergio Gusmão, que me ajudou a dar os primeiros passos nesta caminhada, ensinando-me a ter paixão pelo que faço.

Aos meus amigos e companheiros do Laboratório de Pós-colheita: Kelly, Ariadne, Carlos, Carol, Joana, João Emmanuel, Cris, Vanessa Galati e Vanessa Voigt, pela ajuda na implantação do projeto e nas análises do experimento. Todos fizeram grande diferença em minha vida durante minha estadia em Jaboticabal. Agradeço a Deus por ter me dado a oportunidade de conhecer e conviver com pessoas tão maravilhosas como vocês.

Aos meus amigos (as): Hellen Síglia, Rafaelle Fazzi, Tamiris Kempner, Cristiane Melo, Renata Castoldi, Vicente Filho e Nilvan Melo, que sempre estiveram comigo, ajudando e incentivando e que, mesmo muitas vezes estando longe, nunca deixaram de fazer aquela ligação para matar a saudade de um verdadeiro amigo.

Àqueles que, embora não tenha citado os nomes, de uma forma ou de outra, contribuíram para tornar este momento possível. Fica aqui a minha gratidão.

Muito obrigada!!!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 A manga.....	2
2.2 Atmosfera hiperbárica	4
2.3 Antioxidantes e indução de resistência	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1 Sistema Hiperbárico	8
3.2 Material Vegetal	9
Etapa I - Efeito do tratamento hiperbárico na qualidade de mangas à temperatura de ambiente	11
Etapa II - Efeito do tratamento hiperbárico na qualidade de mangas a 12 °C.....	12
3.3 Avaliações.....	14
4. ANÁLISE DOS DADOS	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.1 Etapa I - Efeito do tratamento hiperbárico na qualidade de mangas à temperatura de ambiente	20
5.2 Etapa II - Efeito do tratamento hiperbárico na qualidade de mangas a 12 °C..	40
6. CONCLUSÕES	56
7. CONSIDERAÇÕES GERAIS	56
8. REFERÊNCIAS	57

EFEITO DE ATMOSFERAS HIPERBÁRICAS NA PÓS-COLHEITA DE MANGA 'PALMER'

RESUMO – O objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito de atmosfera hiperbárica na conservação pós-colheita de manga 'Palmer'. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Pós-colheita da FCAV-UNESP, Câmpus de Jaboticabal. Foram utilizadas mangas 'Palmer' no estágio de maturação fisiológica, procedentes de pomares da empresa Ogata Citrus, no município de Taquaritinga-SP. Na primeira etapa os tratamentos consistiram em colocar os frutos em câmaras hiperbáricas e aplicar cinco níveis de pressão (1, 2, 4, 6 e 8 atm) à 22 ± 1 °C e de 1 atm à 12°C. A umidade relativa (interior das câmaras) foi equilibrada a 98-100%. As mangas foram armazenadas por 2, 4 e 6 dias. Ao término de cada período de armazenamento, um lote dos frutos foi avaliado imediatamente e outro lote mantido em local com condição de ambiente (22 °C, 51-53%UR, a 1 atm) por mais 3 dias. Na segunda etapa os tratamentos consistiram em submeter as mangas às condições de pressão de 1, 2, 4, 6 e 8 atm e temperatura de 12 ± 1 °C. A umidade relativa do interior das câmaras foi equilibrada a 98-100% e o armazenamento foi realizado por 6 e 12 dias, nos diferentes níveis de pressão. Ao término de cada período hiperbárico, um lote dos frutos foi avaliado imediatamente e outro lote mantido em local com condição de ambiente (22 °C, 83-87% UR, a 1 atm) por mais 2 e 4 dias. Foram realizadas análises quanto a perda de massa fresca, firmeza, coloração da casca e da polpa, ácido ascórbico, teores de sólidos solúveis, acidez titulável, atividade antioxidante total, fenóis, carotenoides totais, açúcares solúveis, poliaminas, atividade enzimática e taxa respiratória. A pressão de 8 atm retardou o amadurecimento dos frutos em condições ambiente e à 12 °C, com menor perda de massa, menores teores de SS e maiores de AT, menor quantidade de β -caroteno, menores teores de açúcares e redução da taxa respiratória.

Palavras-chave: armazenamento, conservação, *Mangifera indica* L., pressão hiperbárica, qualidade

EFFECT OF HYPERBARIC ATMOSPHERES IN THE POST-HARVEST OF 'PALMER' MANGO

ABSTRACT - The purpose of the present work was to study the effect of hyperbaric atmospheres in the postharvest conservation of 'Palmer' mango. The experiments were carried out in the Post-Harvest Laboratory of FCAV-UNESP, Jaboticabal Campus. Palmer' mangoes were used at the stage of physiological maturation, from orchards of the Ogata Citrus Company, in the city of Taquaritinga-SP. In the first stage the treatments consisted in placing the fruits in hyperbaric chambers and applying five pressure levels (1, 2, 4, 6 and 8 atm) at 22 ± 1 °C and 1 atm at 12 °C. The relative humidity (inside the chambers) was balanced at 98-100%. Mangoes were stored for 2, 4 and 6 days. At the end of each storage period, one batch of the fruits was evaluated immediately and another batch kept in a room with ambient condition (22 °C, 51-53% RH, 1 atm) for a further 3 days. In the second stage the treatments consisted in subjecting the mangoes to pressure conditions of 1, 2, 4, 6 and 8 atm and a temperature of 12 ± 1 °C. The relative humidity inside the chambers was equilibrated to 98-100% and storage was performed for 6 and 12 days at different pressure levels. At the end of each hyperbaric period, one batch of the fruits was evaluated immediately and another batch kept in a room with ambient condition (22 °C, 83-87% RH, 1 atm) for another 2 and 4 days. Fresh mass loss, skin and pulp color, ascorbic acid, soluble solids content, titratable acidity, total antioxidant activity, phenols, total carotenoids, soluble sugars, polyamines, enzymatic activity and respiratory rate were analyzed. The pressure of 8 atm slowed the ripening of the fruits under ambient conditions and at 12 °C, with lower mass loss, lower SS content and higher AT, lower amount of β -carotene, lower sugar content and reduction of respiratory rate.

Keywords: storage, conservation, *Mangifera indica* L., hyperbaric pressure, quality

1. INTRODUÇÃO

A manga é uma fruta tropical considerada excelente para o consumo humano, dado ao seu sabor, sua riqueza em carotenoides, ácido ascórbico e sais minerais. Além disso, algumas cultivares apresentam elevado teor de fibra e potencial antioxidante natural, o que a torna um alimento funcional na prevenção e combate ao câncer e doenças cardiovasculares.

Entretanto, a manga é uma fruta que devido à grande velocidade do seu metabolismo apresenta curta “vida de prateleira”, restrita a cerca de nove dias, quando deixada à temperatura de ambiente.

Os tratamentos físicos como a refrigeração e atmosferas controladas, reduzem de modo eficiente as taxas respiratórias e retardam o desenvolvimento de podridões, mantendo a qualidade do produto por maiores períodos. Entretanto, essas tecnologias são caras, pois envolvem um alto consumo de energia.

Trabalhos recentes demonstram a possibilidade do uso de pressões hiperbáricas para retardar os mecanismos fisiológicos de amadurecimento e senescência em vegetais. O tratamento hiperbárico é um tratamento físico que consiste em armazenar o produto vegetal em um ambiente com alta pressão, que possui o efeito de aumentar artificialmente a pressão parcial de oxigênio, para valores acima de 21 kPa.

Autores relatam que a aplicação do tratamento por pressão em temperatura de ambiente, pode produzir efeitos positivos na atividade fisiológica dos produtos, similares ou muito próximos ao armazenamento sob refrigeração. Os dados de pesquisa apontam para reduções significativas da perda da massa fresca, da taxa respiratória, da produção de etileno, da perda de firmeza, do teor de sólidos solúveis, da manifestação de injúrias pelo frio, possibilitando o aumento da vida pós-colheita destes produtos com manutenção da qualidade.

Esta técnica visa também a economia de energia, visto que este processo usaria apenas 3% da energia necessária à refrigeração, uma vez que a pressurização não precisa ser instantânea e é necessário pouca energia para manter a pressão ao longo do armazenamento.

Assim, estratégias alternativas, como o emprego da atmosférica hiperbárica, para conservação pós-colheita de produtos perecíveis com menor consumo de energia, que permitam o aumento de compostos antioxidantes, têm ganhado cada vez mais interesse no meio científico, dada a importância de reduzir os gastos com energia, o uso de substâncias químicas e melhorar a conservação e a qualidade de frutas e hortaliças para servirem como alimentos funcionais.

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito de atmosfera hiperbárica na conservação pós-colheita de manga 'Palmer'.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A manga

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é originária da Ásia oriental e é uma das mais importantes culturas tropicais. No ano de 2015, a produção mundial de frutas foi de cerca de 800 milhões de toneladas. Entre as principais nações produtoras de frutas, o Brasil destacou-se como o terceiro maior produtor, perdendo apenas para China e Índia. Entre as frutas tropicais exportadas no Brasil, destaca-se o melão em primeiro lugar, seguido da manga. Entretanto, apesar da manga contribuir com o segundo maior volume, obteve receita de US\$ 163,727 milhões, superando o valor do melão, de US\$ 151,815 milhões (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015).

O Brasil produziu no ano de 2013, um total de 1,2 milhão de toneladas da fruta, sendo a região nordeste responsável pela maior produção (784 mil toneladas). O estado da Bahia é o maior produtor, seguido da região sudeste, com uma produção de 363 mil toneladas, sendo o estado de São Paulo seu maior produtor, com 214 mil toneladas produzidas (AGRIANUAL, 2016).

A manga é uma fruta tropical excelente para o consumo humano, dada sua riqueza em betacaroteno, ácido ascórbico, sais minerais e considerável teor de fibra, com sabor e aroma característicos (RAMOS; SOUZA; BENEVIDES, 2004). Além disso, possui ótimo potencial antioxidante natural, que a torna um alimento funcional

para prevenção e combate ao câncer e doenças cardiovasculares (OLIVEIRA et al., 2011).

Os frutos da cultivar 'Palmer' são grandes (15 cm de comprimento, até 900 g), possuem forma alongada, de coloração verdes-arroxeados quando imaturos tornando-se vermelho-escuro, quando maduros. A polpa é amarela, firme, com pouca fibra. Apresenta grande aceitação no mercado interno devido ao seu sabor e produção semitardia (fevereiro a início de março) (GENÚ; PINTO, 2002).

A manga é uma fruta climatérica e considerada muito perecível, devido a velocidade do seu metabolismo, apresentando uma conservação de apenas nove dias quando armazenada à temperatura de 23 °C (SOUZA et al., 2011). É uma fruta altamente perecível sob condições ambientais, o que lhe confere uma vida útil limitada devido ao amaciamento excessivo, sendo este processo limitante para a sua conservação e para o processamento industrial (DOLL HOJO et al., 2007).

A manutenção da qualidade dos frutos deve-se a técnicas de armazenamento pós-colheita que reduzem as taxas respiratórias e retardam o amadurecimento e prevenção de desordem fisiológicas (ALBUQUERQUE et al., 2011). O armazenamento refrigerado é uma técnica importante para o prolongamento da vida útil de frutos. No entanto, por ser uma fruta de origem tropical está sujeita a transformações metabólicas, quando exposta a baixas temperaturas. As desordens fisiológicas provocam diferentes sintomas como lesões superficiais, ruptura dos tecidos com exsudação da seiva celular, descoloração interna, entre outros, que reduzem a qualidade e o valor para a comercialização (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Morais et al. (2003) consideram a temperatura de $13\pm 1^{\circ}\text{C}$ como sendo a temperatura ideal para armazenamento de manga por 21 dias. Miguel et al. (2011) indicam que 12°C é a temperatura recomendada para mangas da cultivar Palmer por 21 dias. Segundo os mesmos autores, o armazenamento a 2°C e a 5°C foi limitado pela ocorrência de injúrias na casca, que foram mais severos a 2°C , com comprometimento do desenvolvimento da coloração característica da cultivar.

Os principais aspectos da deterioração são o rápido amolecimento, a mudança na coloração e a incidência de podridões (JACOMINO, 1999). Assim, após a colheita, o armazenamento adequado para futura comercialização e cuidados nessa etapa são

fundamentais para que o produto mantenha o máximo possível as suas qualidades. Segundo Castro e Sigrist (1988) a respiração pode ser diminuída por meio da diminuição da temperatura e da modificação da atmosfera de conservação das frutas, aumentando assim a vida pós-colheita. A redução de temperatura diminui a respiração e atrasa a senescência, por desacelerar o metabolismo.

A refrigeração é o método mais econômico para o armazenamento prolongado de frutas e hortaliças frescas. Os demais métodos de controle do amadurecimento, tais como controle ou modificação da atmosfera, uso de cera na superfície dos produtos, aplicação de fungicidas, tratamentos hidrotérmicos, irradiação são utilizados como complemento da refrigeração (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Entretanto, essas tecnologias associadas se tornam caras, sendo que muitas vezes não apresentam resultados satisfatórios.

O emprego de novas tecnologias que retardem o amadurecimento e prolonguem a vida pós colheita de frutas e hortaliças, associada ou não a refrigeração e de baixo custo é de fundamental importância.

2.2 Atmosfera hiperbárica

Tratamentos físicos como a refrigeração e atmosferas controladas, reduzem de modo eficiente as taxas respiratórias e retardam o desenvolvimento de podridões, mantendo a qualidade do produto por longos períodos (VALERO; SERRANO, 2010). Entretanto essas tecnologias são caras, pois envolvem um alto consumo de energia.

O oxigênio em altas concentrações, acima de 70%, tem sido indicado como uma alternativa ao uso de atmosfera modificada e controlada convencional na conservação de vegetais (ALLENDE et al., 2002). A exposição dos produtos a essa atmosfera enriquecida com oxigênio, acima de 21 kPa, pode ser conseguida pela aplicação de altas concentrações de O₂ ou pela geração de atmosfera hiperbárica (KADER; BEN-YEHOSHUA, 2000).

O tratamento hiperbárico é um tratamento sob pressão que pode variar de 1 a 10 atmosferas ($\text{atm}_{\text{abs}}^1$) (GOYETTE et al., 2012a). Ao contrário de tratamento térmico

¹ Conversões de pressão: $1 \text{ atm}_{\text{abs}} = 101 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MPa}$

ou de radiação, o tratamento sob pressão assegura homogeneidade, pois ele age instantaneamente e de maneira uniforme, independente do tamanho, forma ou composição do produto, além de ser microbiologicamente seguro (VIGNEAULT et al., 2012).

Os tratamentos hiperbáricos diferem dos tratamentos de alta pressão, que submetem os produtos a pressões entre 100 e 1200 MPa (GOYETTE et al., 2007; GOYETTE et al., 2012a), pressões estas consideradas elevadas para frutas e legumes frescos, causando danos irreversíveis (AHMED; RAMASWAMY, 2006).

De acordo com Vigneault et al. (2012), a aplicação do tratamento hiperbárico reduz consideravelmente os gastos de energia elétrica, constituindo-se numa das principais vantagens da técnica. No caso da manga, a aplicação do tratamento hiperbárico usaria 66 vezes menos energia, em comparação com a energia necessária para o resfriamento dessas frutas. Isto porque a pressurização não precisa ser instantânea, além de necessitar pouca energia para manter a pressão ao longo do armazenamento. Os autores estimam que um homem gera, em média, uma potência de 250 W, ou o trabalho necessário para pressurizar 400 kg de produto a 6 atmosferas, por hora. Desta forma, é possível implementar essa técnica em lugares aonde o acesso à energia elétrica é limitado, além de ser ecologicamente correto.

Trabalhos recentes demonstram a possibilidade do uso de pressões hiperbáricas para retardar os mecanismos fisiológicos de amadurecimento e de senescência em vegetais. Pesquisas de Goyette et al. (2012a, b) verificaram que aplicações de pressão hiperbárica em tomates possibilitaram retardo no amadurecimento dos frutos tratados, demonstrado pela redução da taxa respiratória de até 22% e da coloração quando comparado ao controle; pela perda da massa fresca diária dos tomates armazenados a 1 atm_{abs} que foi de 2,73% e de apenas 0,47% nos armazenados a 5 atm_{abs}. Além disso, os autores observaram retardo da coloração e firmeza, quando comparados aos frutos sob pressão ambiente.

Pesquisas realizadas com abacate 'Hass' submetidos a cinco níveis de pressão demonstraram que os frutos apresentaram taxa respiratória inversamente proporcional à pressão aplicada. As mudanças de cor e perda de massa fresca foram reduzidas com o uso de pressões hiperbáricas, sendo que frutos submetidos a 9 atm_{abs} na temperatura de 20°C apresentaram manutenção da coloração da casca e

de perda de massa fresca similares aos frutos armazenados a 5°C, sob pressão ambiente (1 atm_{abs}). A atmosfera hiperbárica também causou redução no processo de amadurecimento, resultando no prolongamento da vida de prateleira dos abacates (LIPLAP et al., 2011).

Baba e Ikeda (2003) avaliaram o efeito de atmosferas hiperbáricas em frutos de umezeiro (*Prunus mume* L.) submetidos a pressões de 0,5 a 5 MPa por 10 min e mantendo os frutos por 0,5 MPa por 5 dias. O tratamento a 0,5 MPa diminuiu a produção de CO₂ e de C₂H₄ durante o armazenamento, atrasou o amadurecimento e reduziu de forma drástica a perda de massa fresca e o aparecimento de injúrias pelo frio nesses frutos, notadamente o escurecimento e as pontuações da casca (“*skin pitting*”).

2.3 Antioxidantes e indução de resistência

Além dos efeitos positivos da pressão hiperbárica na manutenção da qualidade pós-colheita de produtos hortícolas, pesquisas revelam que essa técnica pode provocar um estresse específico no vegetal, dando origem a respostas biológicas benéficas (*hormesis*) aumentando a produção de compostos antioxidantes, como o licopeno e fitoalexinas.

Goyette (2010) verificou retardo da síntese de licopeno de tomates submetidos a diferentes níveis de pressão hiperbárica, quando comparados aos frutos controle. Entretanto, após a retirada dos tomates da condição de pressão, e deixados completar o amadurecimento, os pesquisadores constataram aumento significativo do teor de licopeno dos frutos tratados, em relação aos frutos à pressão ambiente.

Isso indica que mudanças no metabolismo antioxidante em plantas ocorrem geralmente em resposta a mudanças nas condições ambientais. Por exemplo, baixas temperaturas e altas concentrações de O₂ em torno da fruta podem resultar no acúmulo de peróxido de hidrogênio (PRASAD; ANDERSON; STEWART, 1994). Este composto é reativo e causa peroxidação lipídica e desnaturação protéica (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1989). Dessa forma, para minimizar os efeitos danosos resultantes da ação desses compostos há ativação do sistema de defesa antioxidante

enzimático, que envolve oxi-redutases como a Superóxido Dismutase (SOD), Peroxidase (POD), Catalase (CAT) e Glutathione Redutase (GR) e do sistema antioxidante não enzimático, que promove a síntese de compostos como GSH (glutathione reduzida), ácido ascórbico, α -tocoferol, betacaroteno, licopeno e polifenóis (MALLICK; MOHN, 2000).

O aumento da síntese desses compostos bioativos, especialmente em manga, se reveste de importância dada a associação destes com a prevenção de importantes doenças humanas, melhorando a funcionalidade desses alimentos (CHEN et al., 2007).

Os antioxidantes naturais, presentes particularmente em frutas e hortaliças tem ganhado crescente interesse entre os consumidores e entre a comunidade científica. Estudos epidemiológicos sugerem que o frequente consumo desses alimentos é associado com a baixa incidência de doenças degenerativas incluindo o câncer, doenças cardiovasculares, inflamações, artrites, declínio do sistema imune, disfunção cerebral, diabetes, mal de Alzheimer e alguns tipos de catarata (OLIVEIRA et al., 2011).

Muitos mecanismos de defesa induzidos ou pré-formados estão envolvidos na resistência natural de frutos após a colheita (BARKAY-GOLAN, 2001). A resistência induzida, também denominada de indução de proteção, imunidade adquirida ou resistência sistêmica adquirida, envolve a ativação de mecanismos latentes de resistência de uma planta (HAMMERSCHMIDT; DANN, 1997), entre eles alteração e a acumulação de metabólitos secundários, especialmente fitoalexinas, destacando-se os polifenóis, importantes como defesa da planta (KADER; BEN-YEHOSHUA, 2000; RAMAMOORTHY; RAGUCHANDER; SAMIYAPPAN, 2002). Estes compostos representam moléculas orgânicas de baixo peso molecular que, por definição, não seriam necessários para o processo fisiológico normal da planta, mas por sua atividade antimicrobiana, tornam-se importantes no controle de patógenos (KUC, 1995). Neste sentido, o aumento da proteção de tecidos da planta hospedeira durante os períodos de suscetibilidade, através da resistência induzida ou adquirida, é considerado uma estratégia preferencial para os programas de manejo integrado (KUC, 2000).

Poliaminas representam outra classe de substâncias que podem contribuir para a capacidade antioxidante (LIMA et al., 2014), estando relacionadas com juvenilidade dos tecidos, já que de acordo com diversos autores, tem como precursor o S-adenosilmetionina que também é precursor do etileno, o regulador vegetal relacionado com a senescência (BOUCHEREAU; GUÉNOT; LARHER, 2000). Assim, altos teores de poliaminas indicariam maior vida útil dos tecidos, o que poderia auxiliar na compreensão dos eventos metabólicos derivados do uso da atmosfera hiperbárica, visto que a técnica altera o teor de etileno em frutos climatéricos, podendo ocasionar variações nos níveis de poliaminas.

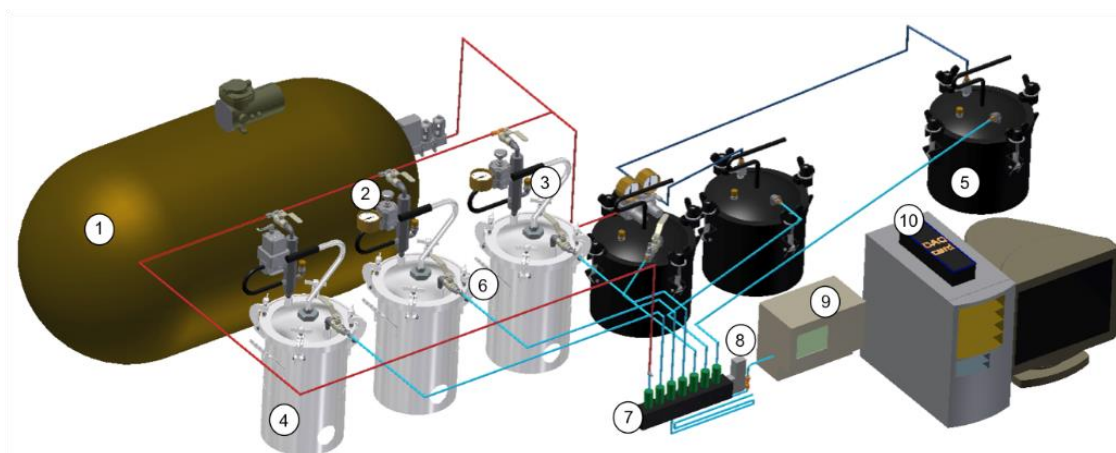
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Sistema Hiperbárico

Os experimentos foram conduzidos em sistema hiperbárico, representado na Figura 1, que consiste de 6 câmaras, com capacidade para 10,75 L, ligadas a um circuito fechado pelo qual um fluxo constante de ar comprimido circula para manter as concentrações de oxigênio (21%) e de nitrogênio (78%) constantes. O CO₂ foi adsorvido pela passagem prévia do fluxo em câmara apropriada, contendo óxido de cálcio. Os compartimentos são em aço inoxidável e vedados com tampa de aço parafusada. Cada tampa é equipada com um regulador de pressão na entrada de cada câmara e uma válvula na saída para regular a pressão e o fluxo de ar, respectivamente, de cada compartimento. As tampas possuem também uma válvula de segurança para prevenir sobrecarga de pressão.

A entrada das câmaras é conectada a um compressor do tipo industrial para fornecimento de ar. Para medir o fluxo de ar foi utilizado um fluxímetro com intervalo de medição de 5 a 2.000 mL min⁻¹. Um analisador de gases infravermelho com um intervalo de 0 a 2.000 ppm foi utilizado para medir a concentração de CO₂.

O medidor de fluxo do ar, a válvula de controle, o transdutor de pressão, o analisador do gás CO₂ são ligados a uma placa de controle e de aquisição de dados de um computador. Foi utilizado um software (DasyLab®, Measurement Computing Corporation TM, Norton, MA, USA) que registra a pressão, a taxa de fluxo de ar, o nível de CO₂, calculando assim, a taxa de respiração em tempo real, como descrito por Goyette et al. (2011). No final do experimento, a despressurização foi automatizada e realizada ao longo de um período de 2 h, conforme o sugerido por Goyette et al. (2011).



Nº	Descrição
1	Tanque de ar comprimido
2	Regulador de pressão
3	Válvula de segurança
4	Câmara de alta pressão
5	Câmara de baixa pressão

Nº	Descrição
6	Válvula de controle de fluxo
7	Duto de distribuição
8	Medidor de fluxo de ar
9	Sensor de CO ₂
10	Cartão de aquisição dos dados

Figura 1. Figura esquemática do sistema hiperbárico para aplicação dos tratamentos (LIPLAP et al., 2013).

3.2 Material Vegetal

Foram utilizadas mangas ‘Palmer’ colhidas em pomares da empresa Ogata Citrus, no município de Taquaritinga-SP. Foram selecionados frutos saudáveis, uniformes quanto ao estágio de maturação fisiológico (*de vez*), correspondente a cor da casca no grau 3 da escala de coloração da GTZ (1992) (SOUZA et al., 2011) (Figura 2). Os dados referentes à caracterização inicial das mangas encontram-se na Tabela 1.

Os frutos colhidos foram colocados em caixas plásticas revestidas internamente com plástico bolha e transportados em automóvel fechado, por cerca de 30 km, ao Laboratório de Pós-Colheita da FCAV-UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Tabela 1. Caracterização das mangas ‘Palmer’ utilizadas nos experimentos.

Parâmetro	Valor
Altura (cm)	13,4 ± 0,6
Diâmetro (cm)	9,1 ± 0,4
Luminosidade da casca	45,8 ± 0,7
Cromaticidade da casca	21,7 ± 1,1
Ângulo Hue da casca	120,7 ± 2,4
Luminosidade da polpa	80,0 ± 1,3
Cromaticidade da polpa	40,3 ± 2,0
Ângulo Hue da polpa	105,8 ± 2,6
Firmeza (N)	127,6 ± 0,4
Acidez titulável (g ác cítrico 100 g ⁻¹ de polpa)	1,2 ± 0,1
Sólidos solúveis (°Brix)	7,3 ± 0,1
Ácido ascórbico (mg ác ascórbico 100 g ⁻¹ de polpa)	49,6 ± 0,1

No laboratório as mangas foram lavadas com água, detergente, esponja macia e enxaguadas em água potável. Na sequência foram higienizadas pela imersão por 5 minutos em solução de Sumaveg[®] (Dicloroisocianurato de Sódio Dihidratado, Teor de Cloro Ativo = 3% mínimo) a 200 mg de cloro L⁻¹. Em seguida foram colocados em câmara fria a 22 °C (Etapa I) ou 12 °C (Etapa II) para secagem do excesso de água e redução da temperatura.



Figura 2. Frutos selecionados e higienizados.

Etapa I - Efeito do tratamento hiperbárico na qualidade de mangas à temperatura de ambiente

Foram realizados 9 experimentos², utilizando-se 39 mangas em cada um (Figura 3). Destas, três foram usadas para análise inicial e as demais foram separadas em 6 lotes (6 mangas cada), que posteriormente foram colocadas em cada uma das 6 câmaras.

Os tratamentos consistiram em submeter as mangas às condições de pressão de 1 (Controle), 2, 4, 6 e 8 atm e temperatura de 22 ± 1 °C. Para comparar os resultados com as condições de armazenamento comercial, a 6ª câmara foi colocada a 12°C, na pressão ambiente (1 atm), considerado como tratamento refrigerado (TR). A umidade relativa do interior das câmaras foi equilibrada a 98-100% e o armazenamento foi realizado por 2, 4 e 6 dias, nos diferentes níveis de pressão.

Ao término de cada período hiperbárico, de cada câmara 3 mangas foram avaliadas e três foram mantidas em local com condição de ambiente (22 °C, 51-53%

² Cada experimento foi considerado uma repetição e um período de armazenamento, totalizando 9 experimentos (3 rep x 3 períodos).

UR, a 1 atm), para simular as condições de comercialização, permanecendo por mais 3 dias quando foram analisadas.

Os experimentos foram conduzidos seguindo um delineamento em blocos casualizados (DBC) com 6 tratamentos e 3 blocos, sendo que, cada condição de pressão foi considerado um tratamento, e cada colheita (experimento) como sendo um bloco.

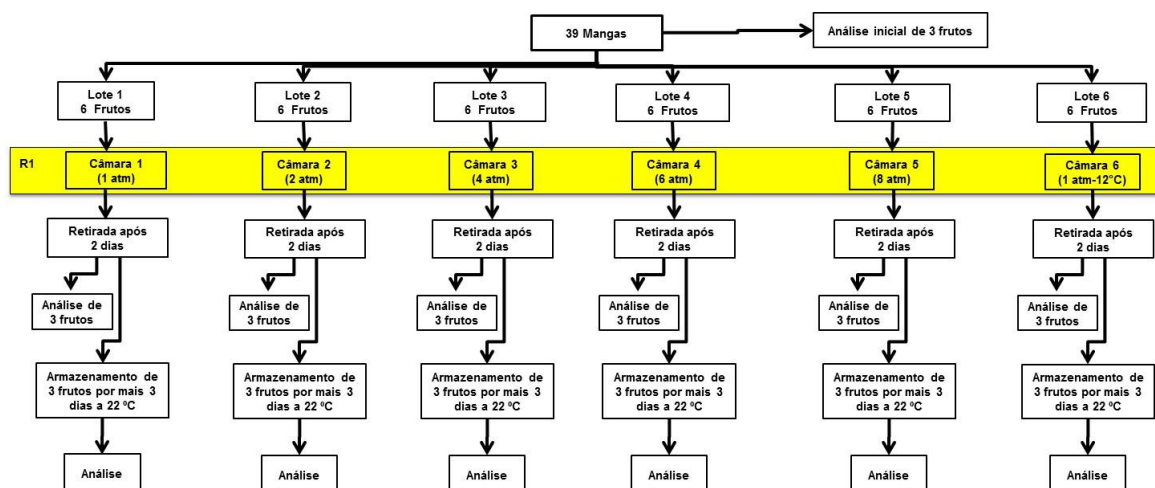


Figura 3. Esquema do experimento.

Etapa II - Efeito do tratamento hiperbárico na qualidade de mangas a 12 °C

As sequências de montagem dos experimentos foram similares aos da etapa anterior. Diferencialmente, foram realizados 6 experimentos³, utilizando-se 48 mangas em cada um (Figura 4). Destas, três foram usadas para análise inicial e as demais foram separadas em cinco lotes (9 mangas cada), que posteriormente foram colocadas em cada uma das 5 câmaras.

Os tratamentos consistiram em submeter as mangas às condições de pressão de 1, 2, 4, 6 e 8 atm e temperatura de 12±1 °C. A umidade relativa do interior das

³ Cada experimento foi considerado uma repetição e um período de armazenamento, totalizando 6 experimentos (3 rep x 2 períodos).

câmaras foi equilibrada a 98-100% e o armazenamento foi realizado por 6 e 12 dias, nos diferentes níveis de pressão.

Ao término de cada período hiperbárico, de cada câmara 3 mangas foram avaliadas e seis foram mantidas em local com condição de ambiente (22 °C, 83-87% UR, a 1 atm), para simular as condições de comercialização, permanecendo por mais 2 e 4 dias quando foram analisadas.

Os experimentos foram conduzidos seguindo um delineamento em blocos casualizados (DBC) com 5 tratamentos e 3 blocos, sendo que, cada condição de pressão foi considerado um tratamento, e cada colheita (experimento) como sendo um bloco.

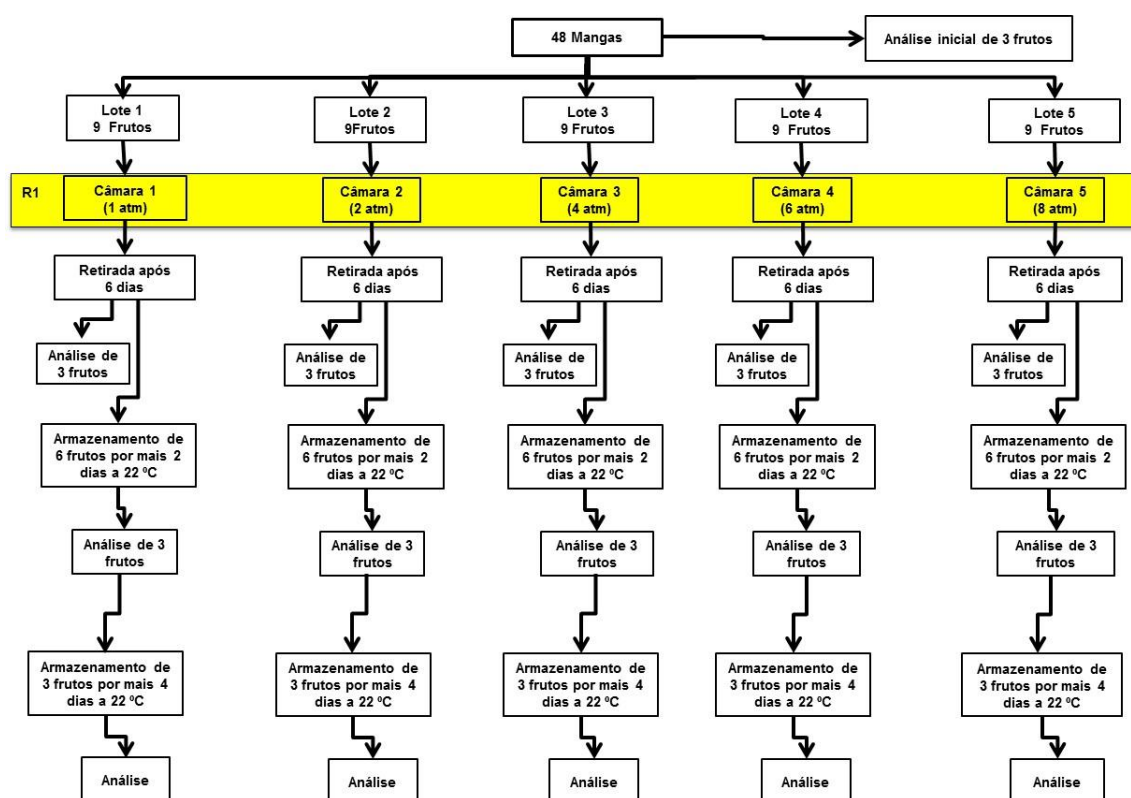


Figura 4. Esquema do experimento.

3.3 Avaliações

Perda de massa fresca: foi expressa em porcentagem, sendo considerada como sendo a diferença entre o peso inicial do fruto e aquele obtido a cada intervalo de tempo de amostragem, utilizando-se pesagem em balança com precisão de 0,01 g.

Firmeza: foi avaliada utilizando o penetrômetro da marca Digital Force Gauge, modelo: IP-200 com ponteira de 6 mm. Para a leitura retirou-se a casca em uma profundidade de 3 mm com auxílio de um descascador manual, para evitar interferência na medição. Foram tomadas 2 leituras em pontos opostos da zona equatorial, sendo os resultados expressos em Newton/mm.

Coloração da casca e da polpa: a determinação da coloração foi feita utilizando-se colorímetro MINOLTA CR 400, marca KONICA MINOLTA, obtendo-se os valores de luminosidade ou L^* (100 = branco; 0 = preto), o ângulo Hue e a cromaticidade (MINOLTA CORP, 1994). A coloração da casca foi medida no apice do fruto, tomando-se uma leitura por fruto. Para a coloração da polpa, os frutos foram cortados transversalmente, tomando-se duas leituras da polpa na região central por fruto.

Ácido ascórbico: foi doseado em 10 gramas de polpa triturada, adicionada de 70 mL de ácido oxálico a 0,5%, frio, que após agitação e filtragem, teve seu volume completado para 100 mL com o mesmo reagente. A quantificação foi feita através de titulometria com solução de 2,6 dicloro-fenol-indofenol de sódio e os resultados expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa (met 967.21 AOAC, 1997).

Sólidos solúveis: foi determinado, segundo AOAC (1997), método 932.12, a partir da polpa triturada dos frutos, utilizando gaze para a obtenção do líquido, e quantificado em refratômetro digital ATAGO modelo PR 101, sendo os resultados expressos em °Brix.

Acidez Titulável: foi determinada em 10 gramas de polpa triturada, que foi diluída em 50 mL de água destilada, por meio de titulação com NaOH a 0,1 N. Para a

quantificação utilizou-se a metodologia descrita pela AOAC (1997), método 942.15, sendo expressa em g de ácido cítrico por 100 g de polpa.

Atividade antioxidante total: foi realizada pelo método de DPPH, proposto por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). A solução de DPPH foi preparada a 2×10^{-4} g mL⁻¹ (0,0100 mg de DPPH em 50 mL de etanol a 99,8%). Para a extração, as amostras frescas foram pesadas e diluídas em 10 mL de etanol a 99,8% em tubo para centrífuga. As amostras foram centrifugadas a 2.000 x g por 10 min a 5 °C. Alíquotas de 500 µL do sobrenadante foi combinada com 3 mL de etanol P.A. Após a adição de 300 µL de DPPH 2×10^{-4} g mL⁻¹, homogeneização, os tubos de ensaios foram armazenados no escuro por 60 min. Um controle negativo foi preparado com o DPPH a 0,3 mM em etanol para observar o decaimento do radical contra os antioxidantes doadores. A determinação foi realizada mediante leitura da absorbância a 517 nm e os resultados foram convertidos em porcentagem de atividade antioxidante (% DPPH reduzido = Abs branco – Abs amostra), expressos em µg de Trolox equivalente por g⁻¹ de polpa (µg TEAC g⁻¹).

Polifenóis extraíveis totais: a determinação foi realizada pelo método espectrofotométrico, utilizando o reativo de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI Jr., 1965). Foram pesados 2 g do material fresco e colocadas em tubos de centrífuga, contendo acetona a 50%. Em seguida foram levados para banho ultrassônico por 20 min e posteriormente centrifugados a 6.000 x g durante 10 minutos e o sobrenadante foi recolhido. O precipitado foi re-extraído e os sobrenadantes combinados. Alíquotas de 0,1 mL do sobrenadante foram transferidas para tubos de ensaio, juntamente com 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu e 2,5 mL de solução saturada de carbonato de sódio (Na₂CO₃). Após 1 hora de reação (completa precipitação do carbonato) foi realizada a leitura em espectrofotômetro com absorbância a 725 nm e os resultados expressos em equivalente de ácido gálico por 100 g⁻¹ polpa.

Carotenoides Totais: foram determinados de acordo com o método descrito por Nagata e Yamashita (1992) e calculados com base nas fórmulas propostas pelos autores. Foram pesados 2 g do material fresco, diluídas em uma solução de 4 mL de

acetona e 6 mL de hexano, agitado no turax e, em seguida, foi realizada a leitura em espectrofotômetro com absorvância de 453 nm. Os resultados foram expressos em mg de carotenoides por 100 g⁻¹ de massa fresca.

Açúcares solúveis: determinou-se conforme metodologia de Dubois et al. (1956), pesando-se 2 g de polpa em erlenmeyer de 250 mL que foi diluída em 70 mL de água destilada. Este extrato foi aquecido por 30 minutos em banho-maria, filtrou-se em papel de filtro para balão para 100 mL e o volume completado. A determinação foi realizada em extrato diluído. Deste extrato diluído tomou-se 2 mL que foram reagidos com 1 mL de solução de fenol a 5% e 5 mL de ácido sulfúrico P.A. Após repouso por 10 minutos em temperatura de ambiente, resfriou-se em água, e foi realizada a leitura da coloração em espectrofotômetro com absorvância a 490 nm. Utilizou-se como padrão, a solução contendo 40 µg glicose mL⁻¹, preparada diariamente e os resultados expressos em g de glicose por 100 g de polpa.

As análises de poliaminas para os experimentos I e II foram feitas com metodologias distintas, como segue abaixo:

Teor de Poliaminas - Etapa I: foram analisadas de acordo com o método proposto por Flores e Galston (1982); Lima, Brasil e Oliveira (1999). O material fresco foi homogeneizado em ácido perclórico a 5% (v/v) gelado e, após centrifugação a 12.100 x g por 20 minutos a 4 °C, foi adicionado ao sobrenadante cloreto de dansila e carbonato de sódio saturado e, após 1h a 60 °C, foi adicionada prolina. O tolueno foi usado para extrair as poliaminas dansiladas e alíquotas foram aplicadas em placas de cromatografia de camada delgada (placas de vidro recobertas por sílica Gel 60G – Merck (20 x 20 cm) e submetidas à separação em fase móvel contendo clorofórmio: trietilamina (10:1). Padrões de putrescina, espermidina e espermina foram submetidos ao mesmo processo. As poliaminas foram quantificadas, por comparação com os padrões, também aplicados nas placas, por espectroscopia de emissão de fluorescência (excitação em 350 nm e medida de emissão em 495 nm), no “Video Documentation System”, utilizando o programa “Software Image Máster”, versão 2.0 da “Amersham Pharmacia Biotech” 1995, 1996.

Teor de Poliaminas – Etapa II: foram extraídas de acordo com Lima et al. (2008) e determinadas através da cromatografia de ultra performance (UPLC) com detector fotodiodo em coluna C18 pelo método determinado por Dadáková, Nova e Kalac (2009) adaptado. Foram pesados 200 mg de polpa de manga liofilizada pesada em tubos plásticos para centrifuga, ao qual foram adicionados 3 mL de ácido perclórico. Os tubos foram agitados em vórtex por 10 segundos e colocados em banho ultrassônico a 5 °C por 30 minutos. A centrifugação foi realizada a 5000 x g a 5 °C por 10 minutos e o sobrenadante retirado e armazenado em recipiente plástico. Foram retirados 200 µL do extrato e colocados junto com as mesmas quantidades de tampão carbonato, 400 µL de cloreto de dansil (5 mg mL⁻¹) em tubos de vidros e agitados por 10 segundos. Após 20 horas em escuro, foram acrescentados 200 µL de prolina e deixados no escuro por 1 hora, agitando-os a cada 15 minutos. Posteriormente, aos tubos foram acrescentados 1000 µL de tolueno e agitados por 1 min. O sobrenadante foi seco em linha de nitrogênio e ressuspendido em 1,5 mL de acetronitrila, grau HPLC, agitados por 1 min, levados ao banho ultrassônico por 2 min, centrifugados a 4000 x g a 4 °C por 5 minutos e injetados em UPLC (ThermoScientific) com injeção de 20 µL por amostra e a temperatura da coluna de 25 °C. Para a separação cromatográfica, foi utilizado acetonitrila a 100% e acetonitrila a 50% de concentração, com proporção de 0-2 minutos, A 40%, B 60%; 2-4 minutos, A 40-60%, B 60-40%; 4-8 minutos, A 60-65%, B 40-35%; 8-12 minutos, A 65- 85%, B 35-15%; 12-15 minutos, A 85-95%, B 15-5%; 15-20 minutos, A 95%, B 5%; 20-21 minutos, A 95-85%, B 5-15%; 21-22 minutos, A 85-75%, B 15-25%; 22-25 minutos, A 75-40%, B 25-60%; 25-28 minutos, A 40%, B 60%. A taxa de fluxo mantida a 0,7 mL min⁻¹, injeção de 20 µL por amostra e a temperatura da coluna foi de 25 °C. Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹ de putrescina, espermidina e espermina.

Atividade da enzima polifenoloxidase (PPO) (EC 1.14.18.1): foi determinada segundo protocolo descrito por Kar e Mishra (1976). O sistema de reação foi composto de 1 mL de extrato enzimático adicionando-se 0,1 mol L⁻¹ de tampão acetato (pH 5,0) e catecol 0,1 mol L⁻¹ e colocando-os em banho-maria durante 30 minutos e, na sequência, acrescentando ácido perclórico para paralisar a reação. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 395 nm e a atividade expressa em µmol de catecol

oxidado $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ de proteína (metodologia usada para o experimental). Para a etapa II a atividade da polifenoloxidase foi determinada pelo método de Azevedo et al. (1998). Utilizou-se o mesmo extrato preparado para a determinação da enzima peroxidase, e para a determinação da atividade se utilizou apenas o fenol como reagente. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro a 420 nm. Os resultados foram expressos em μmol de fenol degradado $\text{g}^{-1}\text{min}^{-1}$.

Atividade da enzima peroxidase (POD) (EC 1.11.1.7): foi determinada conforme Lima, Brasil e Oliveira (1999). O sistema de reação foi composto de 1 mL de extrato enzimático com 0,5 mL de 30% de peróxido de hidrogênio em tampão fosfato de potássio 0,2 M (pH 6,7) e 0,5 mL de solução de fenol e aminoantipirina. Em seguida, o sistema de reação foi colocado em banho-maria a 30 °C durante 5 minutos, em seguida, colocados em água fervente para paralisar a reação e centrifugados novamente durante 5 minutos a 11.655xg sendo o sobrenadante analisado e a leitura de absorbância realizada a 505 nm. A atividade específica da peroxidase foi expressa em μmol de H_2O_2 decomposto por $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ de proteína.

Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) (EC 1.15.1.1): foi determinada, conforme Beauchamp e Fridovich (1971). O sistema de reação foi composto de 50 μL de extrato enzimático, com 2 mL de 50 mmol L^{-1} de tampão fosfato de sódio, pH 7,8, 450 $\mu\text{mol L}^{-1}$ da mistura de azul de tetrazólio (NBT) + EDTA 0,66 mmol L^{-1} (5:4) e mistura de 0,5 mL de 10 mmol L^{-1} de L-metionina + riboflavina 3,3 mol L^{-1} (1:1), totalizando um volume de 3,0 mL. Após iluminação (lâmpadas fluorescentes de 20W) dos tubos por dez minutos a 25 °C, a redução do NBT foi medida por leituras de absorbância em espectrofotômetro a 560 nm. A atividade da SOD foi expressa em U g^{-1} de proteína, em que “U” representa a quantidade de enzima necessária para inibir em 50% a razão de redução do NBT.

Atividade da enzima catalase (CAT) (EC 1.11.1.6): foi determinada conforme Kar e Mishra (1976). O sistema de reação foi composto de 150 μL de amostra, que foi extraída em tampão fosfato de potássio + EDTA + DTT + PVPP 100 mmol L^{-1} (pH 7,5). Utilizou-se 1950 μL de tampão fosfato de potássio 100 mmol L^{-1} (pH 7,5) como tampão

de determinação, 150 µL de tampão fosfato de potássio + EDTA + DTT + PVPP 100 mmol L⁻¹ (pH 7,5), como tampão de extração e 750 µL solução de peróxido de hidrogênio 50 mM como substrato enzimático. As leituras foram feitas em espectrofotômetro com absorvância a 240 nm. A atividade enzimática foi expressa em µmol H₂O₂ consumido min⁻¹ mg⁻¹ de proteína.

Peroxidação de lipídeos: foi determinada pelo método de Heath e Packer (1968). As amostras frescas foram pesadas, adicionou-se 3 mL de tampão TCA (1% w/v) homogenizadas e filtradas em lã de vidro. Em seguida foram centrifugadas a 10.000 x g por 10 min a 4 °C. Pipetou-se 500 µL do sobrenadante e adicionou-se 1,5 mL de ácido tiobarbitúrico 0,5% (p/v) em TCA 20% (p/v), incubando-se em banho-maria a 95°C por 60 min. Após esse período, os tubos foram transferidos para o banho de gelo (parar a reação) por 10 minutos e centrifugados novamente por 10 minutos a 10.000 x g. A leitura da absorvância foi realizada em espectrofotômetro a 535 e 600 nm. Os resultados foram expressos em nmol de MDA g⁻¹ de polpa.

Taxa respiratória: foi determinada e calculada automaticamente em tempo real durante todo o período hiperbárico, conforme o descrito por Goyette et al. (2011).

4. ANÁLISE DOS DADOS

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) usando o software Infostat, versão 2012 (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey com 95% de probabilidade ($P \leq 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Etapa I - Efeito do tratamento hiperbárico na qualidade de mangas à temperatura de ambiente

Houve maior perda de massa fresca (PMF) dos frutos ao longo dos dias de armazenamento, a 22 °C (Figura 5A). Verifica-se que a maior perda de massa fresca (PMF) ocorreu nos frutos do Controle (1 atm a 22 °C), com uma média de perda de massa igual a 1,32%. A menor média de PMF foi obtida no tratamento refrigerado, acompanhada pelos tratamentos de 4, 6 e 8 atm, que apresentaram média de 0,29%, 0,41%, 0,41% e 0,35% respectivamente. Liplap (2013) atribuiu a menor perda de peso de tomates submetidos ao tratamento hiperbárico à redução da atividade fisiológica, tal como a redução da taxa respiratória, e ao déficit de pressão de vapor (DPV).

Após a retirada dos frutos da pressão e armazenados por mais três dias ao ambiente (Figura 5B), nota-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos.

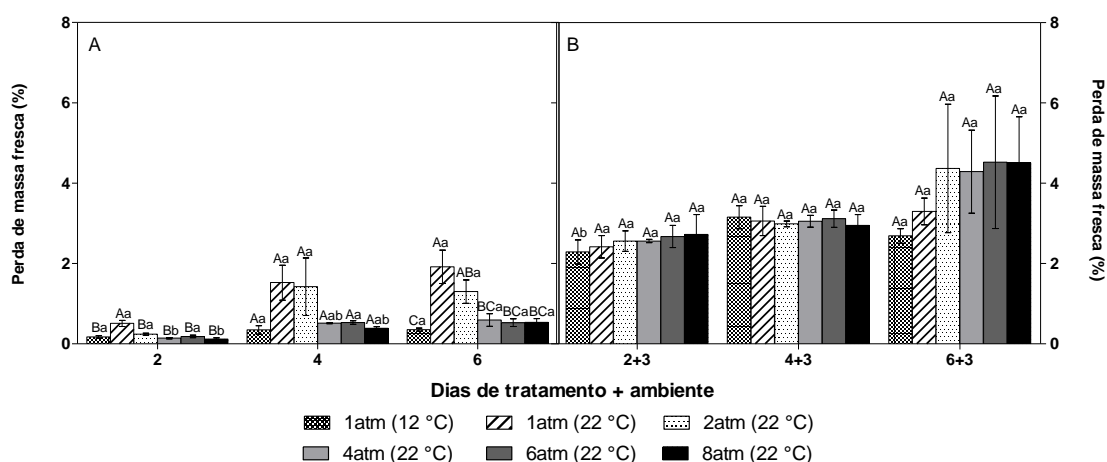


Figura 5. Perda de massa fresca (A e B) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 2, 4 e 6 dias a 22 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 3 dias a 22 °C e 51-53% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Resultados semelhantes quanto à perda de massa foram encontrados por Goyette et al. (2012a), ao avaliar tomates nas pressões de 3, 5, 7 e 9 atm com perdas de 0,82%, 0,47%, 0,32% e 0,24%, respectivamente, confirmando que a perda de massa é inversamente proporcional ao aumento de pressão, ou seja, quanto maior a pressão aplicada, menor é a perda de massa.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), perdas da ordem de 3 a 6% são suficientes para causar um marcante declínio na qualidade. No presente trabalho após a retirada dos frutos da pressão para o armazenamento à temperatura ambiente observa-se perdas consideráveis. Isto pode estar associado à baixa umidade do ambiente (52%) aliado à alta temperatura (22 °C), pois durante o armazenamento nas câmaras, a umidade esteve equilibrada em 98-100%. É bem conhecido que a baixa umidade relativa do ar em torno do produto pode provocar o murchamento e enrugamento rápido de frutas e vegetais devido ao aumento do déficit de pressão de vapor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

No caso da firmeza, o melhor tratamento foi considerado o refrigerado (Figura 6A e 6B), que manteve os frutos mais firmes durante todo o período hiperbárico, exceto para o período de dois dias em que não houve diferença significativa entre os tratamentos. A redução da temperatura faz com que as reações enzimáticas, especialmente às associadas à respiração e senescência, ocorram mais lentamente, alterando o metabolismo (BRON; JACOMINO; APPEZZATO-DA-GLORIA, 2002).

Liplap (2013) também obteve resultados semelhantes com abacate, com maiores valores de firmeza nos frutos refrigerados em relação aos frutos armazenados sob pressão hiperbárica. No entanto, os frutos tratados com as maiores pressões apresentaram valores maiores de firmeza, comparados aos do Controle. No presente trabalho também era de se esperar efeito semelhante, com maiores valores de firmeza para os tratamentos com maiores pressões em relação ao controle, porém, de acordo com os dados, os tratamentos hiperbáricos não apresentaram efeito positivo sobre os frutos.

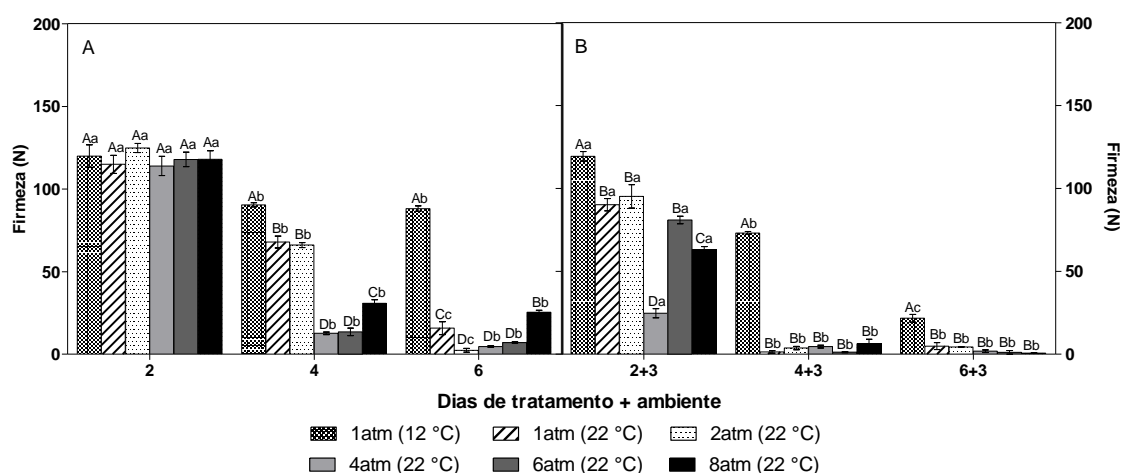


Figura 6. Firmeza (A e B) de manga ‘Palmer’ submetida a tratamentos hiperbáricos por 2, 4 e 6 dias a 22 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 3 dias a 22 °C e 51-53% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Com o aumento do tempo de tratamento hiperbárico ocorreu a redução da firmeza, o que já era esperado, pois a firmeza decresce com o avanço do processo de amadurecimento e do período de armazenamento, sendo mais intensa a partir da avaliação 4+3 (Figura 6B). Essa perda na firmeza de mangas ao longo do armazenamento também foi verificada por Santos et al. (2010), quando frutos da cv. Palmer armazenadas sob condição de ambiente, apresentaram redução da firmeza de 132,22 N para 9,67 N, após 12 dias, quando os frutos se apresentavam muito maduros. Ainda segundo os autores, a menor resistência foi atingida a partir do sexto dia de armazenamento, o que é coincidente com o pico climatérico. Os valores de firmeza obtidos foram menores e em menor tempo neste experimento que os encontrados por Santos et al. (2010), sendo o ponto de colheita (127,6 N) um dos fatores que pode ter afetado o amolecimento da casca.

O tempo de armazenamento, assim como os tratamentos aplicados afetaram a coloração da casca das mangas ‘Palmer’ (Tabelas 2), com base nas variáveis cromaticidade, luminosidade e ângulo Hue.

Em relação a cromaticidade da casca, verifica-se que ocorreram aumentos dos valores proporcionais tanto após as pressões quanto após o armazenamento ao ambiente, para todos os tratamentos (Tabela 2). O aumento da cromaticidade é um

dos indícios de evolução na maturidade das frutas, dada pela saturação dos pigmentos. Assim, tem-se que as menores médias durante o armazenamento ao ambiente foram obtidas no tratamento refrigerado (TR) (1 atm, 12 °C), indicando um menor amadurecimento. O tratamento de 6 atm não diferiu significativamente do TR, a não ser no dia 4+3, obtendo também o melhor resultado (menor média) dentre as pressões aplicadas.

A luminosidade da casca, tanto no período hiperbárico quanto no armazenamento ao ambiente (Tabela 2), apresentou os menores valores para o TR em relação aos demais tratamentos. Isto demonstra que a casca estava mais escura (menor média) e, conseqüentemente, que os frutos estavam mais imaturos que os demais tratamentos. Esta afirmação também é apontada por outros autores (MORAIS et al., 2002), cujas mangas com menor luminosidade da casca revelam-se mais imaturas.

Independentemente dos tratamentos, nota-se que houve acréscimo da luminosidade da casca dos frutos ao longo dos dias, tanto nas pressões quanto ao ambiente. Esse aumento na luminosidade está relacionado ao amadurecimento e, portanto, à degradação da clorofila (perda da cor verde) e ao aparecimento dos carotenoides (cor mais avermelhada), que por apresentar coloração mais intensa, possivelmente, pode estar refletindo no aumento da luminosidade (ANDRADE, 2013).

Quanto ao ângulo Hue da casca (Tabela 2) verifica-se que não houve diferença entre os tratamentos no primeiro dia de armazenamento, tanto no hiperbárico quanto ao ambiente. Nos demais dias o TR apresentou os maiores valores de ângulo Hue. No caso, quanto menor o ângulo observado maior será a mudança de cor verde para a amarela, indicando maior velocidade no amadurecimento dos frutos. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) a mudança de coloração nas frutas é um dos principais sinais perceptíveis do início da maturação, dando tanto por processos degradativos como sintéticos. No caso da manga o amadurecimento se dá pela degradação da clorofila e síntese de carotenoides. Os tratamentos de 4, 6 e 8 atm propiciaram os menores valores de Hue, indicando evolução mais rápida da cor da casca das mangas.

Tabela 2. Coloração da casca de manga ‘Palmer’ submetida a pressões hiperbáricas por 2, 4 e 6 dias a 22 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 3 dias a 22 °C e 51-53% UR (ambiente).

Tratamentos	Dias sob pressão hiperbárica			Dias sob pressão hiperbárica + ambiente		
	2	4	6	2+3	4+3	6+3
Cromaticidade						
1 atm (12 °C)	10,17* Cb	22,86 ABCa	26,13 Ba	13,78* Bc	19,37 Db	23,13 BCa
1 atm (22 °C)	9,44 Cc	18,51 Db	23,90 Ba	16,29 ABc	23,03 Cb	29,22 ABa
2 atm (22 °C)	12,86 ABc	21,11 BCDB	32,38 Aa	12,01 Bb	26,55 CBa	31,97 Aa
4 atm (22 °C)	11,75 Bb	23,97 ABa	23,53 Ba	15,29 ABb	27,64 Ba	31,86 Aa
6 atm (22 °C)	13,22 Ac	25,70 Aa	20,37 Cb	12,58 Bb	24,75 CBa	22,64 Ca
8 atm (22 °C)	8,96 Cc	20,47 CDB	24,99 Ba	19,02 Ab	31,75 Aa	22,82 BCb
C.V. (%)	4,58	5,38	3,90	10,87	5,02	8,45
Luminosidade						
1 atm (12 °C)	42,18 Ba	42,53 BCa	44,93 Ba	42,08 Db	44,09 Cab	45,33 Da
1 atm (22 °C)	44,66 ABab	41,77 Cb	48,12 Aa	43,53 CDc	45,01 BCb	47,43 CDa
2 atm (22 °C)	42,63 ABc	45,04 Ab	47,44 ABa	44,41 BCb	46,85 Bb	51,22 Ba
4 atm (22 °C)	44,38 ABb	44,53 Ab	48,55 Aa	46,88 Aab	45,54 BCb	48,84 BCa
6 atm (22 °C)	44,56 ABb	44,30 ABb	47,68 ABa	44,81 BCb	46,05 BCb	49,22 BCa
8 atm (22 °C)	45,93 Ab	43,78 ABc	49,93 Aa	46,18 ABc	49,19 Ab	54,39 Aa
C.V. (%)	2,88	1,48	2,34	1,52	1,74	1,85
Ângulo Hue						
1 atm (12 °C)	127,93 Aa	121,23 Ab	120,62 Ab	120,22 Aa	120,30 Aa	123,09 Aa
1 atm (22 °C)	122,99 Aa	121,38 Aa	116,78 ABb	110,67 Ab	116,94 ABa	108,66 Bb
2 atm (22 °C)	123,76 Aa	113,89 Bb	111,74 Bb	114,34 Aa	115,61 ABa	103,98 Bb
4 atm (22 °C)	118,43 Aa	111,28 Ba	110,53 Ba	110,04 Aa	110,41 BCa	108,74 Ba
6 atm (22 °C)	116,27 Aa	112,68 Ba	110,05 Ba	109,39 Aa	107,41 CDa	105,69 Ba
8 atm (22 °C)	118,02 Aa	114,45 Ba	111,32 Ba	106,91 Aa	101,76 Dab	96,83 Cb
C.V. (%)	4,44	1,68	2,28	6,78	2,34	1,58

*Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), as modificações na coloração das frutas, com a maturação, ocorrem devido tanto a processos degradativos, como a processos de síntese, que correspondem a um dos principais critérios de julgamento para identificação do amadurecimento de frutas e algumas hortaliças.

Autores observaram retardo da coloração de tomates (Goyette et al. 2012a, b) e abacates (Liplap, 2013) quando expostos a pressões hiperbáricas. No presente trabalho não foi verificado efeito positivo das pressões com relação à coloração da casca dos frutos. O armazenamento refrigerado possibilitou os melhores resultados

na conservação das mangas, possivelmente pela manutenção da clorofila e retardo na síntese de pigmentos, comparado aos demais tratamentos.

O tratamento refrigerado (TR) propiciou os menores valores de cromaticidade de polpa em relação aos demais tratamentos, tanto no período hiperbárico quanto no armazenamento ambiente (Tabela 3). No 6º dia, o tratamento de 8 atm não diferiu significativamente do TR e após a retirada para a temperatura ambiente a pressão de 8 atm possibilitou as menores médias dentre os tratamentos, indicando um menor amadurecimento no final do experimento. Os tratamentos com maiores níveis de pressão tiveram seus valores de cromaticidade reduzidos com o tempo de armazenamento.

Em relação à luminosidade da polpa, tanto no hiperbárico quanto no armazenamento ao ambiente, observa-se que os frutos armazenados a 12 °C apresentaram maiores valores em relação aos demais tratamentos (Tabelas 3). Isto indica que a polpa dos frutos submetidos ao TR permaneceu clara, sinalizando um atraso no processo de amadurecimento. Independentemente dos tratamentos, nota-se que houve decréscimo da luminosidade da polpa dos frutos ao longo dos dias, quando transferidos para ambiente. Diversos autores têm associado a redução da cromaticidade e luminosidade da polpa de manga como resultado de processos degradativos, que fazem parte da senescência (MORAIS et al., 2003; CORDEIRO et al., 2014).

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos para a cor da polpa (ângulo Hue), aos 2 dias de armazenamento hiperbárico (Tabela 3). Nos demais dias de armazenamento, tanto no hiperbárico como no armazenamento ao ambiente, o tratamento refrigerado foi o que proporcionou as maiores médias de ângulo Hue. Isto significa que a polpa dos frutos refrigerados possuía tonalidade de amarelo mais claro que nos demais tratamentos. Após três dias de armazenamento ao ambiente, todos os tratamentos tenderam a diminuir seus valores de ângulo Hue em relação à retirada das pressões, indicando a evolução da polpa de amarelo esverdeado (tratamento refrigerado) para amarelo intenso nos demais tratamentos. Esta redução de ângulo Hue pode ser relacionada ao amadurecimento dos frutos, pois a diminuição do ângulo indica uma polpa mais amarelada, sugerindo maior síntese de carotenoides

(CORDEIRO et al., 2014). Neste trabalho é possível observar maiores valores de ângulo Hue para o tratamento refrigerado, o que caracteriza uma fruta mais imatura.

Tabela 3. Coloração da polpa de manga 'Palmer' submetida a pressões hiperbáricas por 2, 4 e 6 dias a 22 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 3 dias a 22 °C e 51-53% UR (ambiente).

Tratamentos	Dias sob pressão hiperbárica			Dias sob pressão hiperbárica + ambiente		
	2	4	6	2+3	4+3	6+3
Cromaticidade						
1 atm (12 °C)	35,28 Cc	41,40 Cb	44,62 Ca	42,45* Db	43,75 Db	49,70 Ca
1 atm (22 °C)	36,55 BCb	49,40 Ba	51,47 Ba	48,60 Cb	53,20 Aab	55,13 Aa
2 atm (22 °C)	36,61 BCc	43,25 Cb	53,48 Ba	47,62 CDb	50,93 Ba	52,66 Ba
4 atm (22 °C)	39,93 Ac	52,26 Bb	58,50 Aa	55,28 Ba	50,85 Bb	51,55 BCb
6 atm (22 °C)	37,16 Bc	61,11 Aa	51,42 Bb	61,10 Aa	48,74 Cb	49,88 Cb
8 atm (22 °C)	39,62 Ac	53,74 Ba	46,16 Cb	54,43 Ba	51,58 Bb	47,17 Dc
C.V. (%)	1,59	3,61	2,27	3,83	0,96	1,36
Luminosidade						
1 atm (12 °C)	81,50 Aa	82,76 Aa	81,97 Aa	83,44 Aa	79,18 Ab	78,14 Ab
1 atm (22 °C)	72,32 Cb	81,51 ABa	78,34 Ba	80,84 Ba	75,14 BCb	67,97 Dc
2 atm (22 °C)	76,90 Ba	76,90 Ca	70,29 Eb	81,80 Ba	74,63 Cb	68,49 Dc
4 atm (22 °C)	77,38 ABa	80,76 ABa	76,94 Ca	75,70 Da	76,70 Ba	69,74 Db
6 atm (22 °C)	77,21 ABa	78,08 BCa	74,16 Db	78,70 Ca	74,20 Cc	76,15 Bb
8 atm (22 °C)	77,68 ABb	80,90 ABa	76,43 Cc	78,49 Ca	74,04 Cb	73,22 Cb
C.V. (%)	1,98	1,68	0,55	0,67	0,84	0,89
Ângulo Hue						
1 atm (12 °C)	104,90 Aa	102,20 Ab	102,39 Ab	102,09 Aa	97,27 Ab	96,87 Ab
1 atm (22 °C)	100,15 Aa	99,17 Ba	93,47 Ca	97,51 Ca	92,21 Bb	85,21 CDc
2 atm (22 °C)	99,67 Aa	98,98 Ba	86,23 Db	99,59 Ba	93,08 Bb	83,72 Dc
4 atm (22 °C)	102,15 Aa	96,59 Cb	96,57 Bb	93,61 Da	92,31 Ba	87,06 Cb
6 atm (22 °C)	102,34 Aa	96,17 Cb	93,86 Cc	92,80 Da	91,21 Bb	91,35 Bb
8 atm (22 °C)	103,09 Aa	96,23 Cb	96,80 Bb	93,08 Da	93,08 Ba	93,85 Ba
C.V. (%)	3,18	0,50	0,55	0,68	1,03	1,00

*Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

De acordo com Lima, Silva e Azevedo (2009), as mudanças na coloração da polpa foram índices importantes no monitoramento da maturação da manga, sendo caracterizada por decréscimos na luminosidade e no ângulo de cor e por aumento na cromaticidade, estando de acordo com os resultados encontrados nesse trabalho. Era de se esperar desaceleração do processo de maturação dos frutos com o aumento de pressão hiperbárica, como encontrado em outros trabalhos (GOYETTE, 2010), porém

de acordo com os dados não é possível afirmar que ocorreu esse efeito no presente trabalho. Apenas os frutos refrigerados apresentaram-se mais imaturos em relação aos demais tratamentos, estando de acordo com os dados de firmeza (Figura 6).

Houve aumento dos teores de sólidos solúveis (SS) ao longo do período de avaliação (Figura 7A e 7B). Os menores teores de SS foram observados nas mangas do tratamento refrigerado tanto após o tratamento hiperbárico quanto o armazenamento ao ambiente. Quando se compara apenas os tratamentos hiperbáricos, verifica-se que o tratamento a 8 atm foi o que apresentou os menores teores de SS, no final do armazenamento no hiperbárico (6 dias) (Figura 7A). Goyette et al. (2012a) trabalhando com tomate observaram que não houve diferença nos teores de sólidos solúveis nas pressões de 1, 3, 5 e 7 atm.

O aumento do teor de sólidos solúveis em mangas durante o armazenamento é consequência da continuidade do processo de maturação dos frutos, em que o amido presente na manga é convertido em glicose pela ação de enzimas hidrolíticas (KOBBLITZ, 2008). Isto demonstra que o tratamento com 8 atm possibilitou atraso na maturação em relação aos demais tratamentos, à mesma temperatura.

Houve redução dos teores de acidez titulável (AT) nas mangas ao longo do período avaliado, e as maiores médias verificadas no tratamento refrigerado (Figura 7C e 7D). Nos tratamentos a 22 °C, observa-se que após 3 dias ao ambiente (Figura 7D), independente do tempo de permanência sob pressão, os valores de acidez foram diretamente proporcionais aos da pressão aplicada. Ou seja, quanto maior a pressão aplicada aos frutos menor a degradação dos ácidos orgânicos. Ainda neste gráfico, nota-se que a diferença de acidez dos frutos tratados a 8 atm em relação aos do Controle foi se acentuando proporcionalmente ao tempo de permanência na pressão, a ponto de ficarem próximas às médias do tratamento refrigerado. Isto indica que a pressão hiperbárica propiciou maior preservação dos ácidos orgânicos nas mangas em relação aos frutos do controle, após três dias da retirada dos tratamentos.

É sabido que durante o amadurecimento de manga ocorre a conversão de carboidratos mais complexos (ex. amido) a açúcares simples, ou seja, o teor de SS tende a aumentar no período de amadurecimento. Também nesta fase, geralmente, ocorre uma redução dos ácidos orgânicos, devido a sua utilização como substratos respiratórios ou na interconversão para açúcares. Assim, conforme os resultados de

SS e AT, é possível afirmar que, à mesma temperatura, o tratamento a 8 atm retardou o amadurecimento das mangas em relação aos demais tratamentos, pois apresentaram os menores teores de SS e maiores de AT.

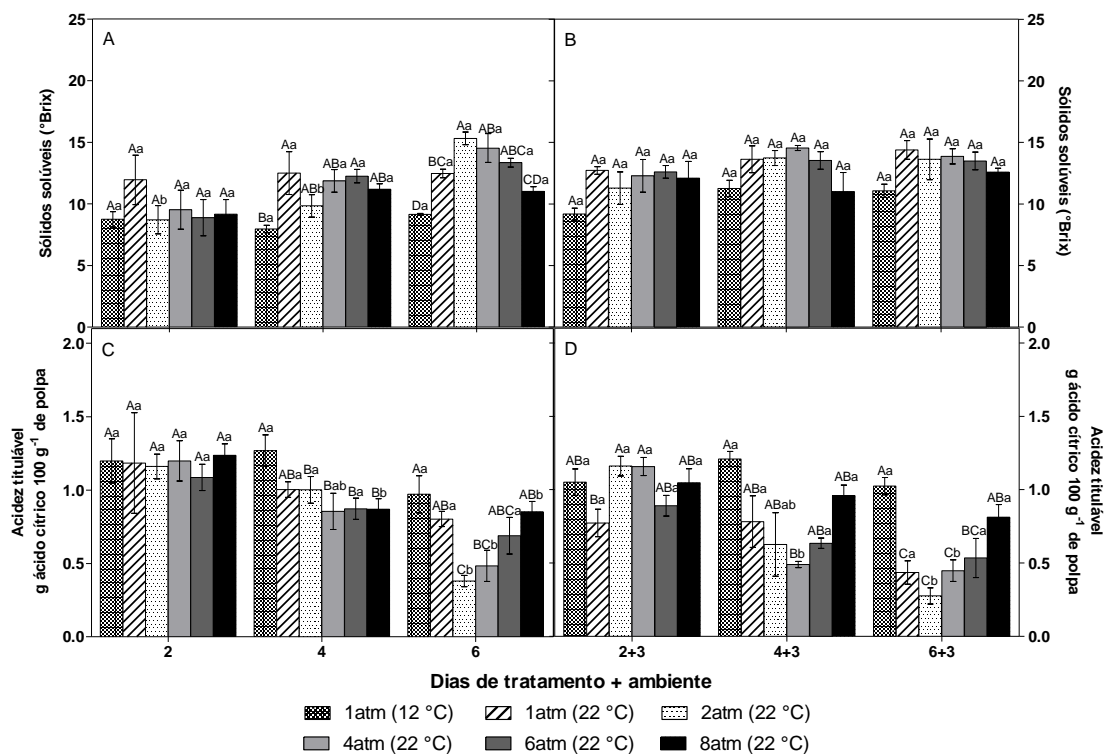


Figura 7. Sólidos solúveis (A e B) e acidez titulável (C e D) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 2, 4 e 6 dias a 22 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 3 dias a 22 °C e 51-53% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Não houve diferença estatística significativas entre os tratamentos para o teor de ácido ascórbico aos 2 e 4 dias de armazenamento hiperbárico e aos 6 dias o TR e 6 atm não diferiram entre si (Figura 8A). Após a retirada dos frutos para armazenamento ao ambiente as mangas submetidas ao tratamento refrigerado (TR) apresentaram os maiores teores de ácido ascórbico, sendo que aos 2+3 dias este tratamento não diferiu dos tratamentos 2 e 4 atm e aos 6+3 dias, não houve diferença estatística entre os TR, 1, 2 e 6 atm (Figura 8B).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o conteúdo de ácido ascórbico tende a diminuir com a maturação e com armazenamento. No entanto, após os períodos sob pressão e ao ambiente, os frutos apresentaram aumentos nos valores de ácido

ascórbico, acima do valor inicial da fruta (49,6 mg de ácido ascórbico 100g⁻¹ de polpa), exceto no tratamento com 8 atm que os frutos continham os menores valores. Provavelmente a alta concentração de oxigênio na pressão de 8 atm tenha ocasionado a oxidação do ácido ascórbico transformando-o à forma inerte (2,3 dicetogulônico). Os frutos do tratamento refrigerado apresentaram as maiores médias, em todos os períodos avaliados.

O teor de vitamina C pode aumentar ou diminuir durante o armazenamento. Diversos autores verificam que o conteúdo de ácido ascórbico em mangas 'Palmer' diminui com o tempo de armazenamento (ALVES et al., 2010; SANTOS et al., 2010), divergindo de outros que encontraram um aumento no teor de ácido ascórbico durante o amadurecimento de manga (ALBUQUERQUE et al., 2011). A manutenção ou a elevação dos níveis de ácido ascórbico durante o armazenamento pode ser decorrente das transformações bioquímicas que ocorrem no período de armazenamento do fruto *in natura* (SANTOS et al., 2013).

Durante o armazenamento hiperbárico e após sua retirada para o armazenamento ao ambiente nota-se que em geral os valores mais elevados de fenóis no TR e 4 atm (Figura 8C e 8D). Os tratamentos não mostraram uma tendência definida em induzir ou aumentar os teores de fenóis com o aumento de tempo de armazenamento, em geral esses teores não foram afetados pelo tempo de armazenamento.

Os compostos fenólicos, apesar de não apresentarem importância nutricional direta, têm recebido muita atenção devido a sua atividade biológica. Uma hipótese sugere que os alimentos vegetais que contenham compostos metabólicos secundários apresentem efeitos benéficos à saúde, entre os quais o de anti-inflamatórios e antioxidantes (HOLLMAN; KATAN, 1999; HARBONE; WILLIAMS, 2000).

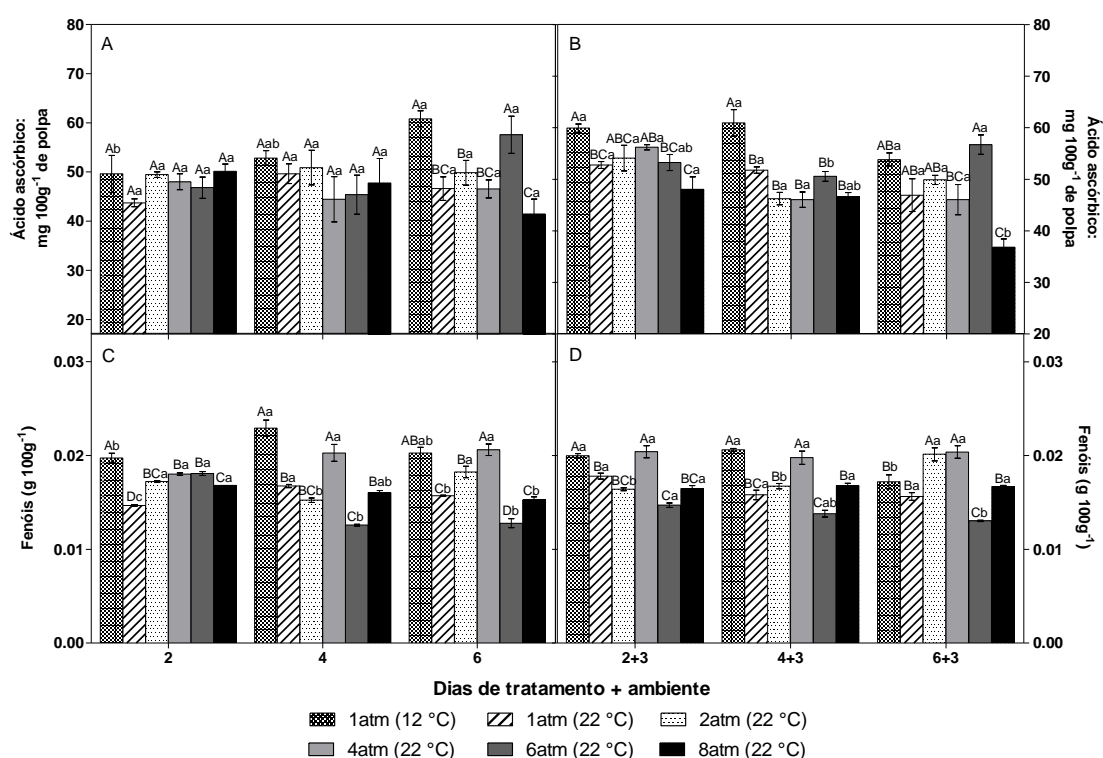


Figura 8. Teores de ácido ascórbico (A e B) e fenóis (C e D) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 2, 4 e 6 dias a 22 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 3 dias a 22 °C e 51-53% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Durante o período de armazenamento (hiperbárico e ambiente), as mangas apresentaram médias muito próximas de atividade antioxidante total (AAT) (Figura 9A e 9B). Entretanto, após a retirada dos frutos para temperatura ambiente houve um acréscimo de AAT com o tempo de armazenamento nos frutos submetidos a 8 atm (Figura 9B). Isto pode ser atribuído ao aumento de compostos bioativos como uma reação do estresse (hormese) promovido pelo aumento da pressão hiperbárica. As poliaminas representam outra classe de substâncias que podem contribuir para a capacidade antioxidante (LIMA et al., 2014).

De acordo com estudos recentes, os tratamentos pós-colheita utilizados para prolongar a vida de prateleira de vegetais, tais como alta atmosfera de oxigênio, irradiação e tratamentos de calor podem induzir alterações na atividade metabólica do produto tratado, como o desencadeamento de síntese de moléculas bioativas

(GONZALEZ-AGUILAR et al., 2010). O tratamento de pressão hiperbárica durante o armazenamento pode atuar de modo semelhante.

Liplap et al. (2013) verificaram atraso da síntese de licopeno em tomates submetidos a altos níveis de pressão hiperbárica, quando comparados aos frutos refrigerados. Observaram que os tomates mantidos a 9 atm por 4 dias não diferiram significativamente do tratamento refrigerado. Após a retirada dos tomates da pressão (9 atm) e deixados para completar o amadurecimento por 10 dias a 20 °C, os pesquisadores constataram aumento de 26% no teor de licopeno em relação ao controle.

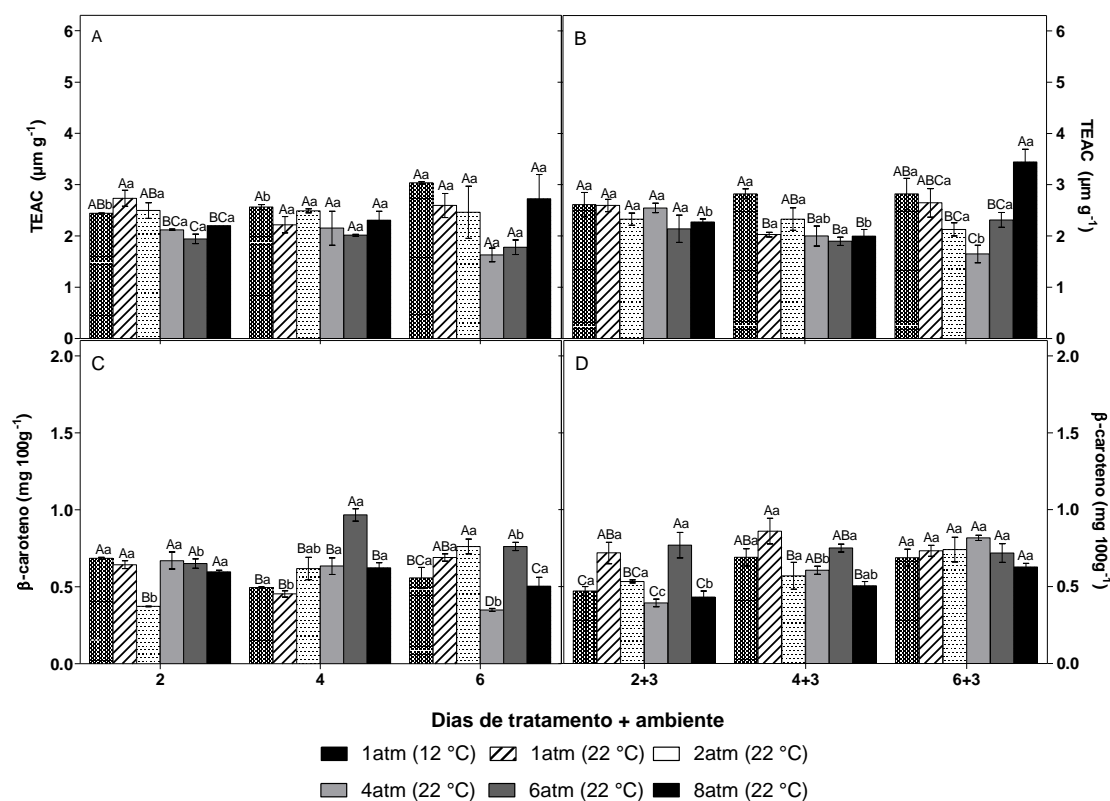


Figura 9. Atividade antioxidante total (A e B) e β -caroteno (C e D) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 2, 4 e 6 dias a 22 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 3 dias a 22 °C e 51-53% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Os teores de β -caroteno não demonstraram uma tendência clara após a retirada da atmosfera hiperbárica (Figura 9C). Entretanto, após três dias às condições de ambiente, observa-se que as mangas submetidas a 8 atm apresentaram menor

quantidade de β -caroteno (Figura 9D). Isto sugere que houve um retardo no amadurecimento desses frutos e/ou que a maior pressão tenha afetado a síntese de β -caroteno que é carotenoide encontrado em maior quantidade na manga.

Esse resultado é contrário ao encontrado por Goyette (2010) e Liplap et al. (2013) ao quantificar a quantidade de licopeno em tomates submetidos a altos níveis de pressão hiperbárica. Os autores constataram acúmulo desse carotenoide após que após a retirada dos tomates da pressão de 9 atm e deixados para completar o amadurecimento por 10 dias a 20 °C.

Apesar de pertencerem ao mesmo grupo de pigmentos – carotenoides, o licopeno e o betacaroteno apresentam diferenças estruturais e requerem condições e fatores específicos, como temperatura, para que ocorra a síntese nos vegetais. Além disso, há de se considerar as diferenças entre os dois vegetais utilizados.

Dentre as poliaminas analisadas nas mangas, a espermina foi encontrada em maior quantidade, seguida pela espermidina (Figura 10).

De uma maneira geral, no tratamento refrigerado as mangas apresentaram as maiores médias de putrescina ($25,5 \mu\text{g g}^{-1}$), durante o período avaliado (Figura 10A e 10B), entretanto, não houve uma tendência clara entre os tratamentos.

Após 2 e 4 dias sob tratamento hiperbárico e após seus respectivos dias ao ambiente, observa-se que as pressões apresentaram efeito positivo no aumento dos valores de espermidina das mangas (Figura 10C e 10D). Ocorreu um aumento desta poliamina nas mangas submetidas à pressão de 8 atm, ao longo do período de avaliação; superando as médias dos frutos controle e do tratamento refrigerado, nas últimas avaliações (6 e 6+3). Esse efeito também foi observado nos teores de espermina (Figura 10E e 10F) mostrando níveis crescentes desta poliamina nas mangas do 8 atm tanto após as pressões como após o armazenamento ao ambiente. Poliaminas representam outra classe de substâncias que podem contribuir para a capacidade antioxidante (LIMA et al., 2014).

As condições de armazenamento (umidade, temperatura, tratamentos com reguladores vegetais), a cultivar e o tempo de armazenamento pós colheita têm sido descritos como os principais fatores que afetam a qualidade e /ou a quantidade das poliaminas (ADÃO; GLÓRIA, 2005).

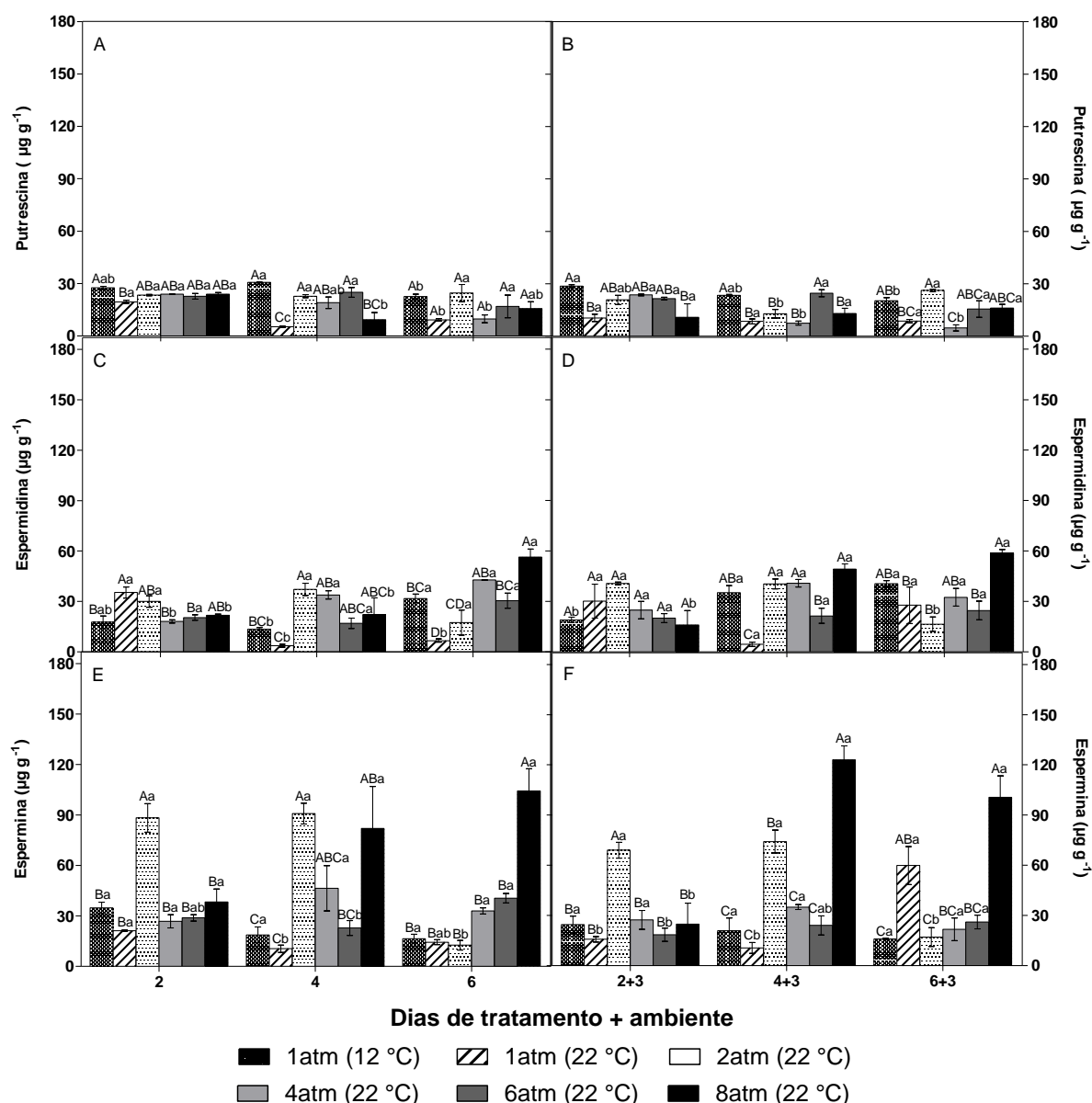


Figura 10. Teor de putrescina (A e B), de espermidina (C e D) e de espermina (E e F) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 2, 4 e 6 dias a 22 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 3 dias a 22 °C e 51-53% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

As poliaminas estão relacionadas com a juvenildade dos tecidos, já que de acordo com diversos autores, S-adenosilmetionina é precursor comum para poliaminas e o etileno, o regulador vegetal relacionado com a senescência (BOUCHEREAU; GUÉNOT; LARHER, 2000). Assim, altos teores de espermidina e

espermina indicariam maior vida útil dos tecidos, o que poderia auxiliar na compreensão dos eventos metabólicos derivados do uso da atmosfera hiperbárica.

De acordo com os dados deste trabalho as poliaminas foram influenciadas pelas pressões, com destaque para os frutos que sofreram pressão de 8 atm, apresentando maiores valores de espermidina e espermina.

A putrescina é geralmente descrita na literatura, como a amina mais abundante nos alimentos (TETI; VISALLI; McNAIR, 2002). Em nosso estudo, essa diamina apresentou teores inferiores se comparados com a espermidina e espermina. Baixos níveis desta amina têm sido relatados em tecidos vegetais, pois é geralmente formada durante a decomposição (*post-mortem*) de matéria orgânica (SHALABY, 1996; SILLA SANTOS, 1996). Nesta fase do metabolismo, ocorre acúmulo de putrescina, por não haver mais conversão em espermidina e espermina, já que todo o SAM (S-adenosilmetionina) é desviado para a síntese de etileno (BOUCHEREAU; GUÉNOT; LARHER, 2000). Assim, os níveis encontrados nos frutos podem evidenciar maior preservação dos vegetais durante a pós-colheita.

As poliaminas podem estar relacionadas também com o potencial antioxidante do sistema. Espermina tem sido relacionada como antioxidante, eliminando ROS (HA et al., 1998), protegendo o DNA contra as substâncias oxidantes (GROPPIA; TOMARO; BENAVIDES, 2001), sendo assim, o tratamento com 8 atm poderia estar induzindo maiores teores de poliaminas, participando das reações contra radicais livres formados, contribuindo para aumentar o potencial antioxidante do sistema.

A atividade da polifenoloxidase (PPO) foi maior nos frutos com maiores níveis de pressão tanto no período hiperbárico, quanto após a retirada dos frutos para armazenamento ao ambiente, com destaque para o tratamento com 2 atm, que apresentou maior atividade desta enzima (Figura 11A e 11B). Este resultado está de acordo com os dados de luminosidade, em que a polpa dos frutos submetidos a pressões apresentaram-se mais escuras em relação ao TR. Uma hipótese para esses resultados seria que as enzimas estariam com menor atividade devido à temperatura de armazenamento o que promoveria menor transformação dos substratos (GRAHAM; PATTERSON, 1982).

A enzima peroxidase (POD) apresentou uma atividade menor nas mangas submetidas à maior pressão (8 atm), diferindo significativamente do controle e do

tratamento refrigerado, na maioria dos períodos de avaliação (Figura 11C e 11D). Verifica-se que quanto maior o tempo de pressão, menor foi a atividade da POD, indicando o efeito benéfico da pressão exercida nas mangas.

A peroxidase pode ser tomada como indicador de amadurecimento e senescência em diversos tecidos vegetais (MOSCA; PIZA; LIMA, 2001). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), elevados níveis de POD são associados com a deterioração oxidativa de frutas que se encontram em estágio avançado de amadurecimento.

Miguel et al. (2013) avaliando a qualidade de manga Palmer encontraram um aumento da enzima PPO e POD com tempo de armazenamento, relacionando este aumento com o processo de amadurecimento. Cultivares com baixa atividade de PPO são desejáveis tanto para o consumo *in natura* como para o processamento. No entanto, produtos com elevada atividade dessa enzima podem apresentar maior resistência ao ataque de patógenos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

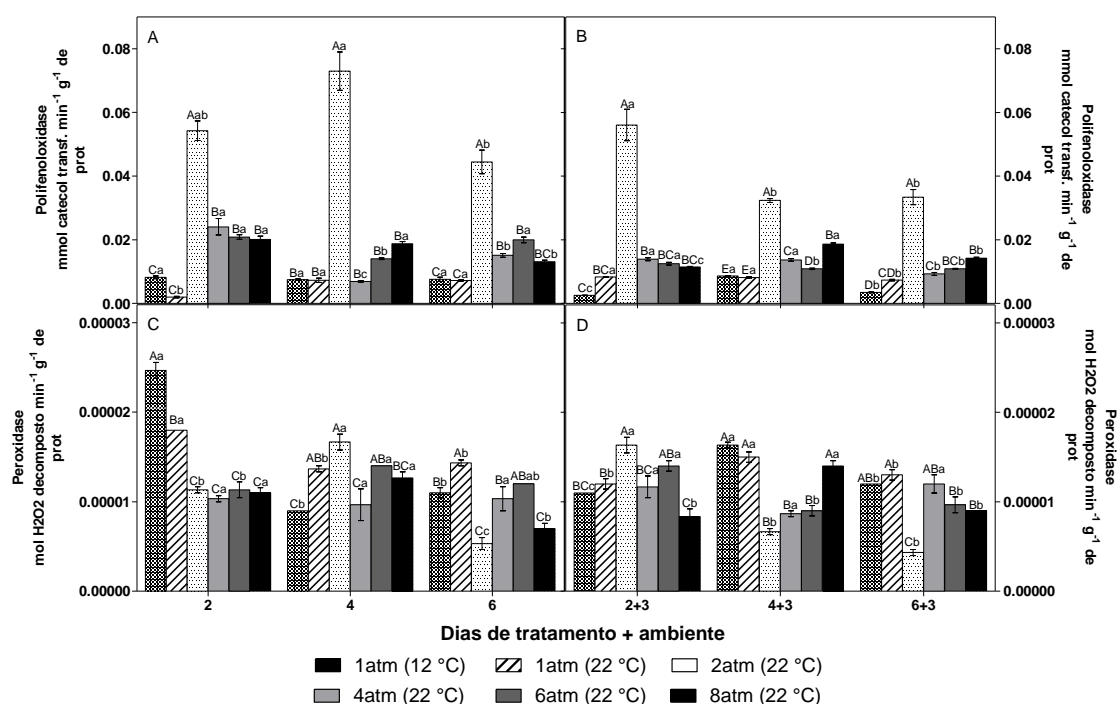


Figura 11. Atividade da polifenoloxidase (A e B) e peroxidase (C e D) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 2, 4 e 6 dias a 22 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 3 dias a 22 °C e 51-53% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Atividade da superóxido dismutase (SOD) não teve uma tendência clara entre os tratamentos aos 2 e 4 dias no hiperbárico (Figura 12A). Aos 6 dias sob pressão os frutos do TR apresentaram maior atividade desta enzima e esta tendência tende a permanecer após a retirada dos frutos para armazenamento ao ambiente (Figura 12B). Houve uma relação inversamente proporcional entre o tempo de armazenamento tanto no hiperbárico como após a retirada dos frutos para armazenamento ao ambiente para todos os tratamentos (Figura 12A e 12B).

A atividade da catalase (CAT) também não apresentou uma tendência clara entre os tratamentos. Aos 2 dias o tratamento com 4 atm apresentou maior atividade da CAT, não diferindo estatisticamente dos tratamentos TR e 2 atm e aos 4 e 6 dias não houve diferença estatística entre os tratamentos (Figura 12C). Após a retirada dos frutos para armazenamento ao ambiente (Figura 12D) o TR apresentou maior atividade da CAT no dia 2+3, no entanto não diferiu estatisticamente dos tratamentos Controle, 2, 4 e 6 atm, no dia 4+3 os TR, Controle e 4 atm apresentaram maior atividade e no dia 6+3 não houve diferença estatística entre os tratamentos. Apesar dos tratamentos não apresentarem uma tendência clara é possível observar que a partir do tratamento com 4 atm os tratamentos tenderam a diminuir a atividade desta enzima.

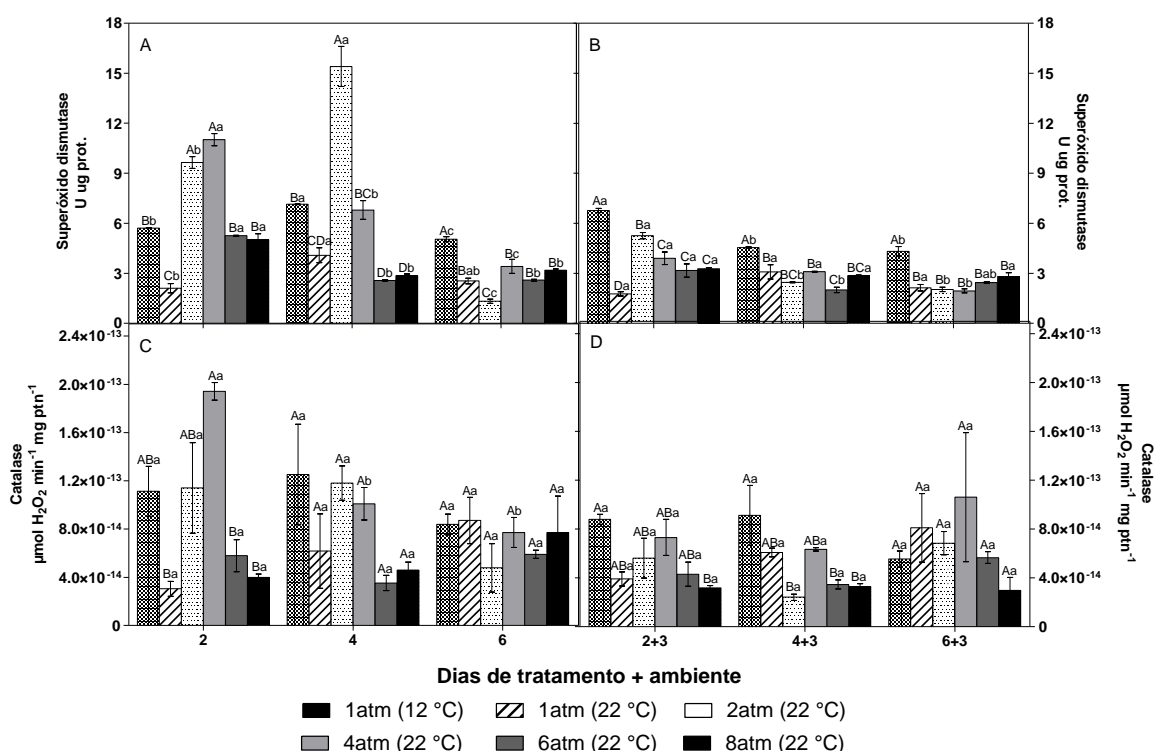


Figura 12. Atividade da superóxido dismutase (A e B) e catalase (C e D) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 2, 4 e 6 dias a 22 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 3 dias a 22 °C e 51-53% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Com relação a peroxidação lipídica, também não houve uma tendência clara entre os tratamentos, apenas é possível observar um aumento da peroxidação lipídica com o tempo de armazenamento, tanto sob pressão como após a retirada dos frutos para a temperatura ambiente em todos os tratamentos (Figura 13 A e B).

Atmosfera com alta concentração de oxigênio induz o mecanismo de defesa do vegetal (CUNHA JUNIOR et al., 2011), o que pode resultar em níveis mais elevados de ROS. A defesa contra o estresse oxidativo em plantas para evitar ou aliviar os danos causados por ROS inclui enzimática ROS sistemas de exatão e compostos antioxidantes não enzimáticos (YANG; ZHENG; CAO, 2009) no entanto, no presente trabalho não foi possível concluir que as enzimas CAT, SOD e peroxidação lipídica foram afetadas pelo aumento dos níveis de pressão. As respostas metabólicas dos vegetais acondicionados em altas concentrações de oxigênio são questionáveis, pois ainda há poucos estudos, sendo que segundo Kader e Ben-Yehoshua (2000) a

sensibilidade a toxicidade por O_2 varia entre espécies e de estágio de desenvolvimento.

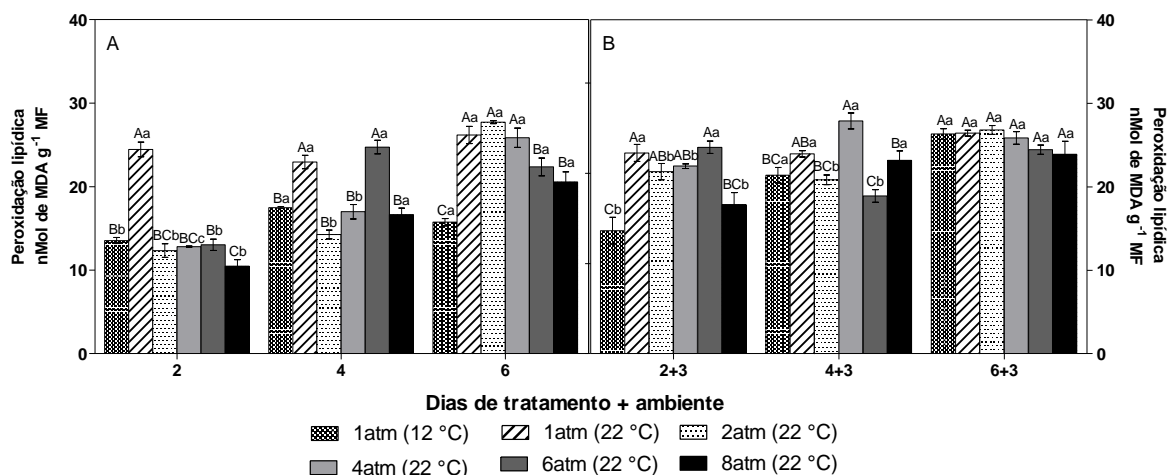


Figura 13. Atividade da peroxidação lipídica (A e B) de manga ‘Palmer’ submetida a tratamentos hiperbáricos por 2, 4 e 6 dias a 22 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 3 dias a 22 °C e 51-53% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Em relação aos frutos armazenados a 22 °C, a taxa respiratória dos frutos mantidos a 12° C foi significativamente menor e permaneceu constante durante o período avaliado (média de 10,92 mL de CO_2 kg^{-1} h^{-1}) (Figura 14). As mangas submetidas à pressão de 1, 2, 4 e 6 atm, na temperatura de 22 °C, apresentaram acréscimo na taxa respiratória até o final das avaliações. Os frutos armazenados à pressão de 8 atm apresentaram um incremento na taxa respiratória até a 54ª hora, com posterior declínio chegando a valores próximos aos iniciais e da condição refrigerada. Diversos autores demonstram que o armazenamento em baixa temperatura diminui o processo respiratório de manga (MIGUEL et al., 2011; RAZA et al., 2013).

Pesquisas de Goyette et al. (2012a, b) verificaram que aplicações de pressão hiperbárica em tomates, possibilitaram atraso no amadurecimento dos frutos tratados, demonstrado pela redução da taxa respiratória de até 22% quando comparado ao controle. Isso confirma o efeito benéfico do tratamento a 8 atm na redução da taxa

respiratória das mangas a partir do 2º dia de armazenamento, conforme o verificado nos demais parâmetros avaliados.

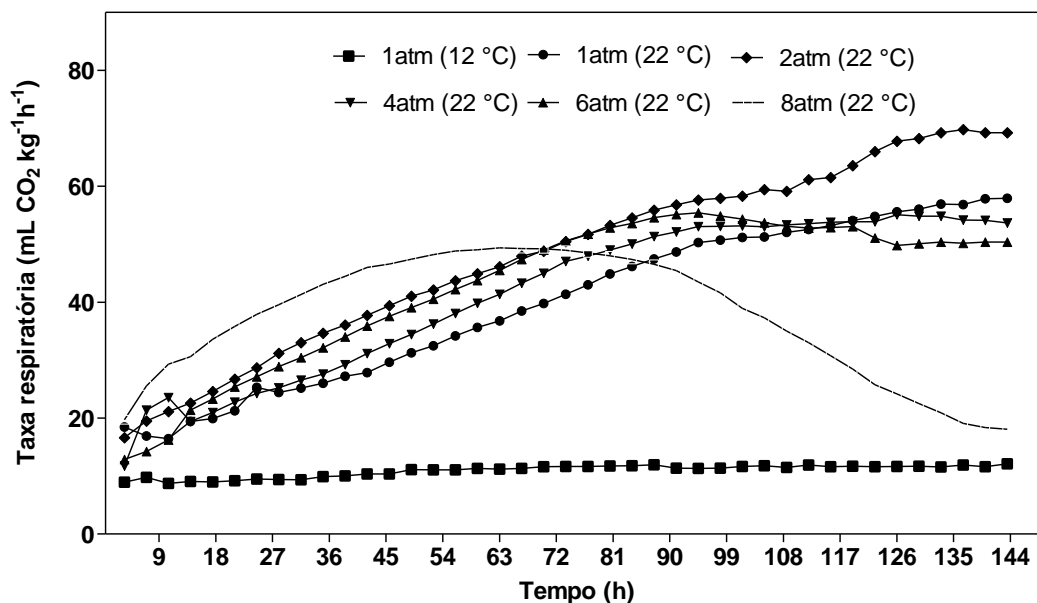


Figura 14. Taxa respiratória ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 6 dias a 22°C e 98-100% UR.

Segundo Sapers e Miller (1998) atmosferas com alta concentração de O_2 podem afetar a síntese e acumulação de alguns compostos voláteis associados ao metabolismo respiratório, incluindo acetato de etilo, etileno e acetaldeído, também podem inibir a descoloração enzimática, prevenir reações de fermentação anaeróbica ou perdas indesejáveis de umidade e o odor. Provavelmente, a alta concentração de oxigênio à condição de 8 atm tenha impedido que algumas reações metabólicas se realizassem, modificando, conseqüentemente, o processo respiratório normal do vegetal.

De acordo com Kader e Ben-Yehoshua (2000) a exposição de frutas e hortaliças a alta concentração de O_2 pode estimular, não ter efeito ou reduzir as taxas de respiração dependendo da matéria-prima, da maturidade, do estágio de maturação, da concentração de O_2 , do tempo, da temperatura de armazenamento e das concentrações de CO_2 e C_2H_4 , podendo variar entre as espécies.

Nesta etapa, verifica-se que em mangas 'Palmer', os frutos tratados com altas concentrações de oxigênio à temperatura ambiente, com destaque para o tratamento 8 atm, retardou o amadurecimento, dada pela menor perda de massa, menores teores

de SS e maiores de AT, menor quantidade de β -caroteno, menor atividade da enzima POD e redução da taxa respiratória. As respostas metabólicas secundárias dos vegetais acondicionados em altas concentrações de oxigênio são questionáveis, pois ainda há poucos estudos, e estes apresentam diversidade de resultados, necessitando de mais estudos. As pressões utilizadas nesta etapa não causaram estresse aos frutos creditado pelas análises de atividade antioxidante e enzimática. Apenas o tratamento com 8 atm induziu maiores teores de poliaminas, contribuindo para aumentar o potencial antioxidante das frutas.

5.2 Etapa II - Efeito do tratamento hiperbárico na qualidade de mangas a 12 °C

Durante os períodos hiperbáricos de 6 e 12 dias, ocorreu uma perda de massa fresca (PMF) inferior a 0,25% (Figura 15A). A PMF das mangas após 6 dias sob pressão foi inversamente proporcional à pressão aplicada, ou seja, quanto maior a pressão menor a perda, superando o controle, sendo que os tratamentos com maiores pressões não diferiram estatisticamente entre si, porém diferiram do tratamento controle e 2 atm. Não houve grandes alterações nos valores após 12 dias, exceto no tratamento de 8 atm, que apresentou maior PMF (0,23%).

A baixa na PMF pode ser explicada pela alta umidade relativa, devido à umidificação do ar que entra na câmara (98-100%). Deste modo, tem-se um baixo déficit de pressão de vapor (DPV) entre os frutos e o ar das câmaras de pressão.

Após 6 dias no sistema hiperbárico os frutos mantidos ao ambiente apresentaram um incremento na PMF do 2º para o 4º dia (Figura 15B). Apesar disso, esse aumento foi de apenas 0,5% em média, por não haver diferenças entre as pressões. Aos 12+2 e 12+4 dias a maior perda de massa dos frutos foi a 8 atm (0,79% e 2,26%, respectivamente).

As reduções de massa fresca também foram por Goyette et al. (2012a) e Liplap et al. (2011) ao utilizarem tratamentos hiperbáricos com maiores níveis de pressão. Isto vai de encontro aos resultados deste trabalho, cuja maior pressão utilizada propiciou perda de massa superior aos demais tratamentos após 12 dias de armazenamento. Apesar disso, a perda de massa ocorrida foi pequena, mesmo na

maior média observada (2,26%), não comprometendo a qualidade das mangas. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), perdas da ordem de 3 a 6% são suficientes para causar um marcante declínio na qualidade.

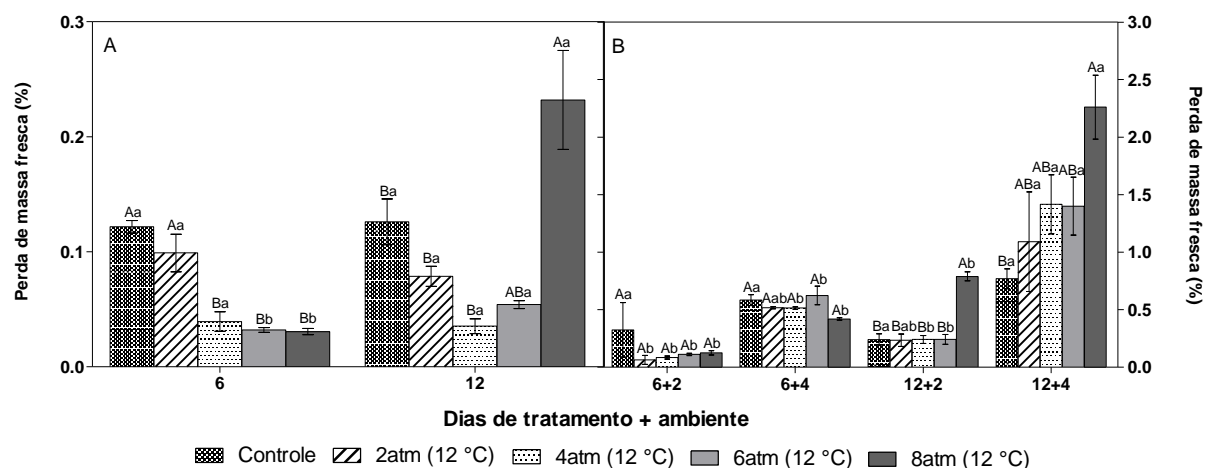


Figura 15. Perda de massa fresca (A e B) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 6 e 12 dias a 12 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 2 e 4 dias a 22 °C e 83-87% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Não houve diferença estatística entre os tratamentos para firmeza tanto aos 6 como aos 12 dias de armazenamento hiperbárico (Figura 16A) e aos 6+2 e 6+4 dias de armazenamento ao ambiente (Figura 16B). No final do experimento os valores de firmeza diminuíram com o aumento da pressão. A medida que aumentou o período de armazenamento ao ambiente houve redução da firmeza, o que já era esperado, pois a firmeza decresce com o avanço do processo de amadurecimento.

Neste estudo era de se esperar maior firmeza dos frutos com maior pressão, como encontrado em outros trabalhos (LIPLAP et al., 2011) porém de acordo com os dados não é possível afirmar que ocorreu esse efeito no presente trabalho. Segundo Goyette et al. (2012a) o tratamento hiperbárico retarda o processo de amadurecimento, como pode ser visto com base na redução da taxa respiratória (Figura 24). Maiores valores de firmeza indicam atraso na degradação da parede celular por enzimas catalizadoras e do amido pela respiração, processos resultantes do amadurecimento dos frutos (CORDEIRO et al., 2014).

Os menores valores de firmeza observados nas mangas submetidas às maiores pressões, pode ser explicado pelo aumento significativo da perda de massa fresca, no último dia de avaliação. No entanto, a perda de firmeza verificada não foi suficiente para causar murchamento ou comprometer a aparência externa dos frutos.

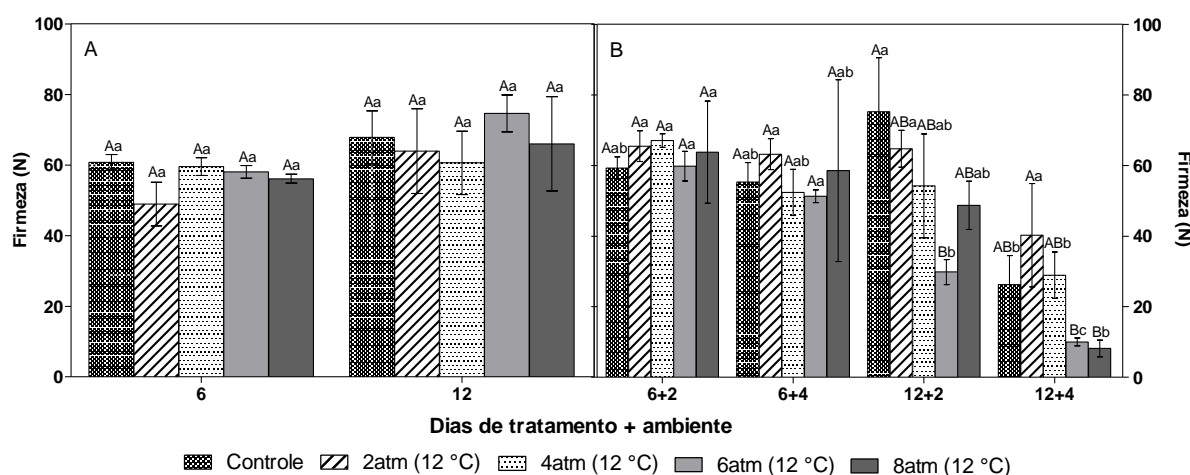


Figura 16. Firmeza (A e B) de manga ‘Palmer’ submetida a tratamentos hiperbáricos por 6 e 12 dias a 12 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 2 e 4 dias a 22 °C e 83-87% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

De acordo com dados de coloração da casca, não houve diferença estatística entre os tratamentos para cromaticidade, luminosidade e ângulo Hue de mangas mantidas até 6 dias sob atmosfera hiperbárica e após a simulação de comercialização (Tabela 4). Isto indica que, a 12 °C, 6 dias não foi tempo suficiente para as pressões aplicadas promoverem (ou não) mudanças na coloração superficial dos frutos, mesmo após permanecerem ao ambiente por mais 4 dias.

Após 12 dias sob pressão, as mangas que permaneceram a 2 atm foram as que apresentaram a maior evolução na coloração (maiores médias para cromaticidade e luminosidade, menores médias para ângulo Hue). Entretanto, após esse período e por mais 2 e 4 dias ao ambiente, ocorreu diminuição dos valores de cor (ângulo Hue) proporcional ao aumento da pressão aplicada, com as menores médias verificadas nas mangas a 8 atm.

Tabela 4. Coloração da casca de manga ‘Palmer’ submetida a pressões hiperbáricas por 6 e 12 dias a 12 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 2 e 4 dias a 22 °C e 83-87% UR (ambiente).

Tratamentos	Dias sob pressão hiperbárica		Dias sob pressão hiperbárica + ambiente			
	6	12	6+2	6+4	12+2	12+4
Cromaticidade						
Controle	23,62*Aa	24,61 Ba	23,29*Aa	22,42 Aa	20,24 ABa	22,17 Aa
2 atm	22,10 Ab	29,22 Aa	21,52 Aa	21,17 Aa	21,45 ABa	22,04 Aa
4 atm	22,94 Aa	25,62 Ba	23,15 Aa	22,61 Aa	20,06 ABa	21,46 Aa
6 atm	23,66 Aa	26,08 Ba	22,88 Aa	23,34 Aa	23,20 Aa	21,35 Aa
8 atm	22,42 Aa	24,13 Ba	23,40 Aa	21,57 Aa	17,65 Ba	19,45 Aa
C. V. (%)	5,47	3,78	9,39	9,79	6,69	8,73
Luminosidade						
Controle	44,93 Aa	41,92 Ba	46,08 Aa	46,71 Aa	44,74 Aa	47,70 Aa
2 atm	45,28 Aa	46,37 Aa	46,81 Aa	48,56 Aa	44,18 Aa	47,88 Aa
4 atm	46,51 Aa	42,48 Bb	48,52 Aa	47,59 Aab	45,38 Ab	48,26 Aa
6 atm	45,23 Aa	43,73 ABa	47,23 Aa	46,29 Aa	44,90 Aa	46,74 Aa
8 atm	46,37 Aa	42,56 Ba	46,73 Aa	47,99 Aa	45,15 Aa	42,94 Ba
C. V. (%)	3,57	2,44	2,38	3,84	2,47	2,86
Ângulo Hue						
Controle	121,02 Aa	119,33 Aa	119,03 Aa	118,45 Aa	119,92 Aa	120,61 Aa
2 atm	121,00 Aa	110,75 Bb	119,17 Aa	113,93 Aa	118,54 Aa	109,49 Aa
4 atm	120,92 Aa	116,32 Ab	116,99 Aa	116,50 Aa	118,47 Aa	119,30 Aa
6 atm	118,42 Aa	116,95 Aa	117,47 Aa	118,68 Aa	114,32 Aa	114,31 Aa
8 atm	120,61 Aa	117,72 Aa	117,47 Aa	114,93 Aa	103,14 Ba	111,48 Aa
C. V. (%)	1,57	0,97	3,16	3,31	3,26	6,39

*Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Apesar das diferenças estatísticas observadas, estas foram pequenas e pouco influenciam na percepção visual de amadurecimento da manga. O que pode ser evidenciado nesse trabalho, é que as mangas não desenvolveram satisfatoriamente a coloração de verde para amarelo durante o tempo de armazenamento na temperatura ambiente, sendo que, o armazenamento refrigerado a 12 °C pode ter influenciado a síntese de pigmentos da casca. Assim, pode-se afirmar que a coloração da casca foi pouco influenciada pelo tempo de exposição e pela pressão aplicada, na temperatura de 12 °C.

De acordo com Miguel (2012) a coloração da casca de manga ‘Palmer’ armazenada a 12°C, apresenta mudança de coloração, com aumento nos valores de

luminosidade, ângulo Hue e cromaticidade da casca a partir do 21º dia, indicando que a coloração desses frutos evoluiu de vermelho escuro para amarelo brilhante.

Neste trabalho era de se esperar frutos mais imaturos com o aumento de pressão, pois Goyette et al. (2012a) verificaram que em tomates armazenados a no intervalo de 3 a 7 atm_{abs} por 15 a 13 °C, houve desaceleração do processo de maturação em relação ao controle. No entanto, os tratamentos não se mostraram superiores ao tratamento de 1 atm.

Similarmente ao ocorrido na coloração da casca, após 6 dias de pressão hiperbárica e de armazenamento ao ambiente, os tratamentos não diferiram significativamente entre si, quanto à coloração da polpa (Tabela 5). Entretanto, após 12 dias sob atmosfera hiperbárica, as mangas submetidas às maiores pressões apresentaram as maiores médias de ângulo Hue e as menores de cromaticidade. Isto significa que os frutos mantidos nas maiores pressões (destaque para 8 atm) retardaram a síntese de pigmentos responsáveis pela coloração da polpa, diferindo significativamente dos frutos do controle.

Essa tendência foi verificada após 2 e 4 dias ao ambiente, em que apenas os frutos tratados com 8 atm apresentaram valores mais baixos de cromaticidade e altas médias de ângulo Hue o que caracteriza um retardamento na síntese dos carotenoides, e conseqüentemente retardando a maturação destes frutos.

De acordo com Cordeiro et al. (2014) o amadurecimento da manga está associado à síntese de carotenoides na polpa, o que seria representado por redução no ângulo Hue, sob condições normais de armazenamento, tendência observada nos tratamentos com menores pressões a partir do 12º dia de análise.

De acordo com Lima, Silva e Azevedo (2009), as mudanças na coloração da polpa foram índices importantes no monitoramento do crescimento e da maturação da manga, sendo caracterizada por baixos valores de luminosidade e de ângulo de cor e por altos valores de cromaticidade, estando de acordo com os resultados encontrados nesse trabalho.

Isto indica que mesmo que a coloração da casca não apresente resultados superiores ao tratamento controle (Tabela 4), a coloração da polpa apresentou resultados positivos, caracterizando frutos mais imaturos em maiores pressões.

Tabela 5. Coloração da polpa de manga ‘Palmer’ submetida a pressões hiperbáricas por 6 e 12 dias a 12 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 2 e 4 dias a 22 °C e 83-87% UR (ambiente).

Tratamentos	Dias sob pressão hiperbárica		Dias sob pressão hiperbárica + ambiente			
	6	12	6+2	6+4	12+2	12+4
Cromaticidade						
Controle	42,01*Aa	45,17 Aa	46,55*Aa	50,80 Aa	46,35 Aa	49,19 Aa
2 atm	43,13 Aa	42,57 Aa	46,80 Aa	47,53 Aa	44,07 Aa	46,91 Aa
4 atm	40,30 Aa	34,00 Ca	47,13 Aa	49,05 Aa	44,37 Aa	49,24 Aa
6 atm	44,39 Aa	41,37 Aba	50,02 Aa	49,60 Aa	41,47 ABb	48,67 Aa
8 atm	42,30 Aa	37,10 BCa	46,52 Aa	49,08 Aa	36,94 Bb	37,87 Bb
C.V. (%)	10,23	9,09	3,91	3,86	5,77	4,02
Luminosidade						
Controle	79,54 Aa	75,72 Ab	77,89 Aa	71,59 ABb	72,89 Aab	68,95 Ab
2 atm	78,64 Aa	70,55 Ba	77,55 Aa	73,32 Aa	73,30 Aa	71,23 Aa
4 atm	79,73 Aa	79,19 Aa	77,23 Aa	71,66 Aba	73,30 Aa	72,06 Aa
6 atm	78,83 Aa	75,45 Aa	77,78 Aa	70,83 Bab	72,91 Aab	69,79 Ab
8 atm	79,60 Aa	75,93 Ab	77,05 Aa	71,30 Aba	70,19 Aa	70,58 Aa
C.V. (%)	3,61	4,72	0,91	1,22	2,47	2,06
Ângulo Hue						
Controle	95,35 Aa	92,45 Ba	94,85 Aa	89,82 Ab	93,55 Bab	90,21 Bb
2 atm	94,78 Aa	91,15 Ba	94,37 Aa	90,83 Aa	93,19 Ba	91,33 Ba
4 atm	96,53 Aa	98,12 Aa	95,32 Aa	90,46 Aa	94,06 ABa	91,72 Ba
6 atm	94,17 Aa	96,63 Aa	93,98 Aab	90,46 Ab	95,52 ABa	91,83 Bab
8 atm	95,66 Aa	98,97 Aa	95,93 Aa	90,52 Ab	97,11 Aa	97,16 Aa
C.V. (%)	3,71	2,51	0,87	1,27	1,17	1,44

*Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Os teores de sólidos solúveis (SS) dos frutos não diferiram estatisticamente entre os tratamentos, durante o período hiperbárico (Figura 17A). Apesar disso, percebe-se uma redução gradativa nos valores com o incremento da pressão após 12 dias, sendo que o tratamento de 8 atm apresentou média 20% menor que o controle. Após 2 e 4 dias ao ambiente (Figura 17B), as mangas tratadas por 12 dias a 8 atm apresentaram teores de SS significativamente menores que os demais tratamentos.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) o teor de açúcares usualmente aumenta com o amadurecimento das frutas por meio de processos biossintéticos ou pela degradação de polissacarídeos. Com base nisto, pode-se afirmar que o tratamento com 8 atm retardou a maturação das mangas após a retirada para a temperatura ambiente.

A acidez titulável (AT) foi significativamente maior nos frutos mantidos a 8 atm por 12 dias e mais 4 dias (12+4) ao ambiente (Figura 17C e 17D). Nos demais dias de avaliação, os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. Isto indica que as mangas necessitam de um maior tempo de exposição a pressão hiperbárica para obter os resultados esperados, no caso, a redução do metabolismo e, conseqüentemente, maior manutenção dos ácidos orgânicos. Os frutos tratados sob pressão de 8 atm apresentaram elevação da acidez titulável total durante o armazenamento. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) o teor de ácidos orgânicos normalmente diminui com a maturação das frutas, em decorrência do seu uso como substrato no processo respiratório ou de sua conversão em açúcares.

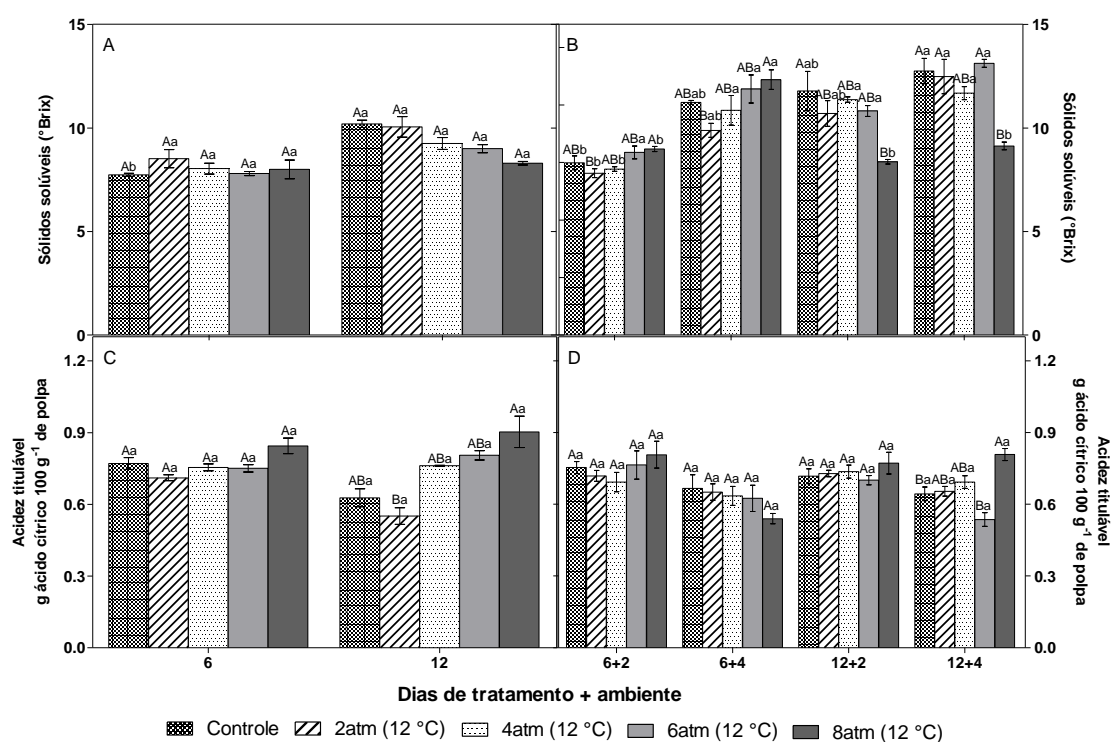


Figura 17. Sólidos solúveis (A e B) e acidez titulável (C e D) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 6 e 12 dias a 12 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 2 e 4 dias a 22 °C e 83-87% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Em relação aos teores de ácido ascórbico dos frutos, não houve diferença significativa entre os tratamentos após 6 dias em pressão hiperbárica (Figura 18A). Com 12 dias de tratamento, os frutos mantidos na maior pressão (8 atm) apresentaram

os menores teores de ácido ascórbico. De acordo com Yang, Zheng e Cao (2009) concentrações elevadas de O₂ pode causar a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), que induziria a perdas de vitamina C, como uma forma de defesa das células (LEE; KADER, 2000; TIWARI et al., 2008). Com isso, a alta concentração de oxigênio gerada a 8 atm pode ter ocasionado a oxidação do ácido ascórbico transformando-o na forma inerte (2,3 diceto-gulônico).

No período de ambiente o tratamento a 8 atm diferiu significativamente dos demais tratamentos tanto aos 12+2 quanto aos 12+4 dias, em que as mangas apresentaram as menores médias de ácido ascórbico (Figura 18B). O aumento do teor da vitamina C pode ser explicado pela atuação do ácido ascórbico como antioxidante em resposta às aceleradas reações oxidativas que ocorrem durante o amadurecimento através do aumento da síntese de metabólitos intermediários que promovem a síntese da glicose-6-fostato, a precursora imediata do ácido ascórbico (PERFEITO et al., 2015). Isto pode ser verificado neste experimento aos 12+2 e 12+4 dias, de modo inversamente proporcional à pressão aplicada. É possível, além da oxidação do ácido ascórbico, que a concentração de O₂ tenha prejudicado alguma etapa da rota de produção de ácido ascórbico, especialmente na pressão de 8 atm.

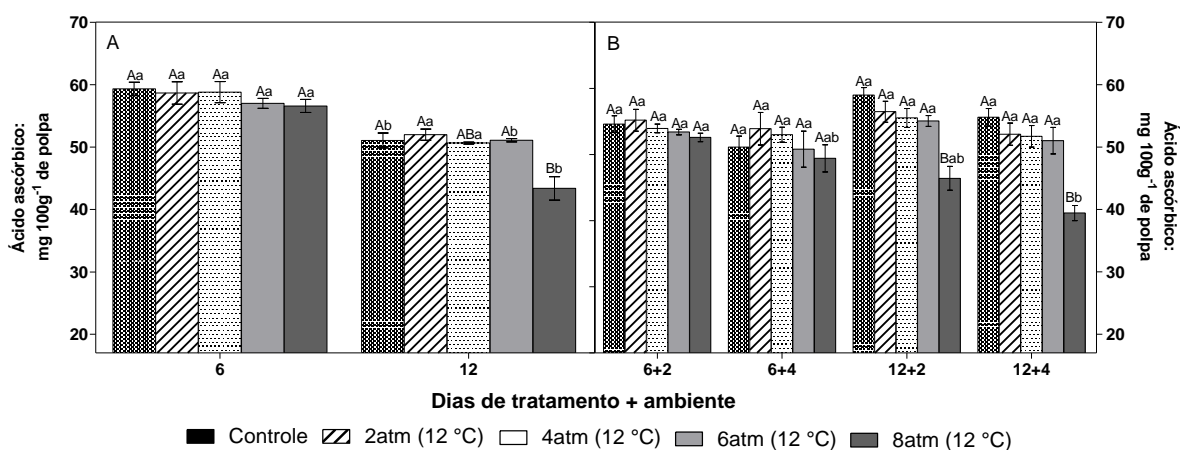


Figura 18. Teores de ácido ascórbico (A e B) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 6 e 12 dias a 12 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 2 e 4 dias a 22 °C e 83-87% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

A atividade antioxidante não apresentou diferença estatística nos diferentes dias de avaliações (Figura 19A e 19B). Em mangas tratadas por 12 dias a 8 atm e colocadas ao ambiente por mais 2 e 4 dias foram verificadas as menores atividades antioxidantes, apesar de não ocorrerem diferenças estatísticas (Figura 19B). Isto está de acordo com o verificado para os teores de ácido ascórbico (Figura 18A e 18B), que é um antioxidante. Em ambos os metabolismos de animais e de plantas, a função biológica do ácido L-ascórbico está centrada nas propriedades antioxidantes desta molécula. Vários estudos têm mostrado o efeito protetor desta substância no estresse oxidativo de plantas e também em várias doenças crônicas nos mamíferos, as quais são provocadas pelo estresse oxidativo (DAVEY et al., 2000).

Estudos têm mostrado que a capacidade antioxidante não é alterada pelo armazenamento (KEVERS et al., 2007) e em muitos casos, tem sido descrito um aumento da capacidade antioxidante (AYALA-ZAVALLA et al., 2004). Em nosso estudo, a atividade antioxidante não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, demonstrando que os tratamentos com alta pressão apresentaram pouca influência no sistema antioxidante de manga.

Os teores de β -caroteno apresentaram tendência de redução ao longo do período de armazenamento (Figura 19C e 19D). Segundo Shami e Moreira (2004) o betacaroteno, exerce funções antioxidantes em fases lipídicas, bloqueando os radicais livres que danificam as membranas lipoprotéicas. A redução desses compostos pode indicar o início das reações degradativas que caracterizam a senescência dos tecidos (LIMA; SILVA; AZEVEDO, 2009).

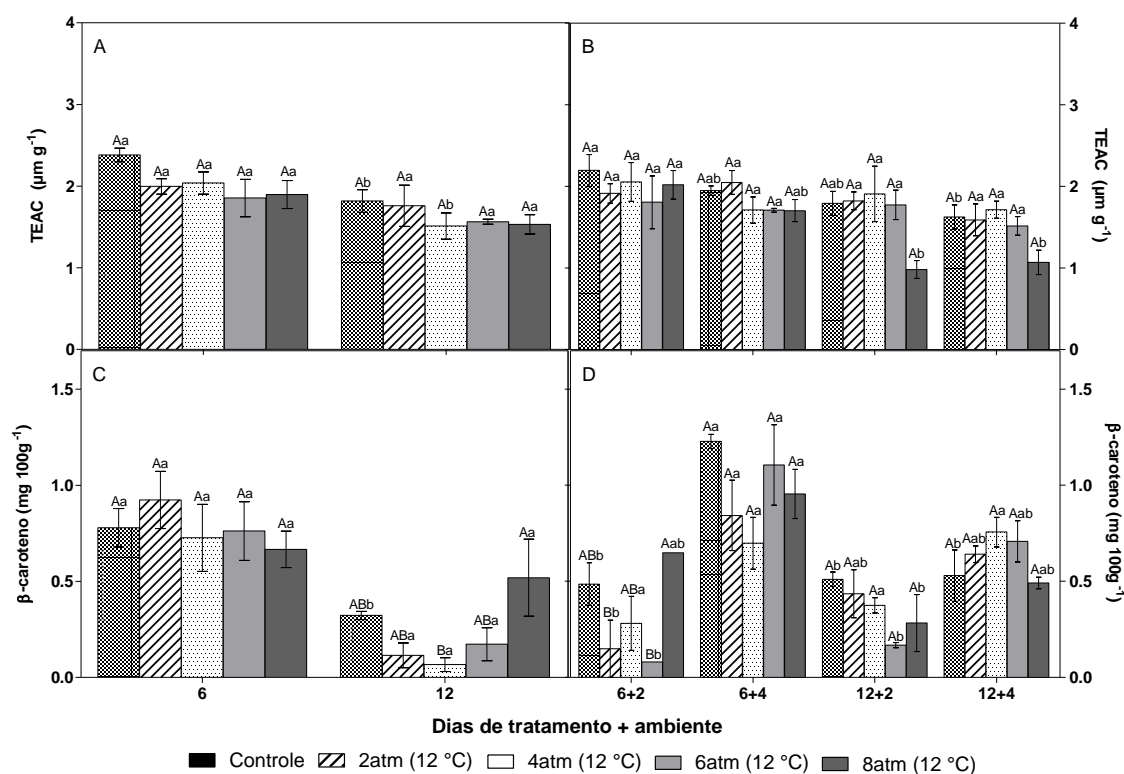


Figura 19. Atividade antioxidante total (A e B) e β-caroteno (C e D) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 6 e 12 dias a 12 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 2 e 4 dias a 22 °C e 83-87% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Os teores de açúcares solúveis das mangas não diferiram estatisticamente entre os tratamentos ao longo do experimento (Figura 20A e 20B). Os resultados corroboram com os de SS (Figura 17A e 17B), notando-se a mesma tendência ao longo do período. Apesar de não ocorrerem diferenças significativas, as mangas tratadas por 12 dias a 8 atm apresentaram os menores teores de açúcares que os demais tratamentos (Figura 20B). Diversos autores relacionam o aumento dos açúcares com o amadurecimento dos frutos ao longo dos períodos de armazenamento (DOLL HOJO et al., 2009; BOMFIM et al., 2011; CORDEIRO et al., 2014). Estes resultados indicam que a pressão de 8 atm pode ter influenciado na atividade das enzimas hidrolíticas, retardando a conversão do amido em açúcares.

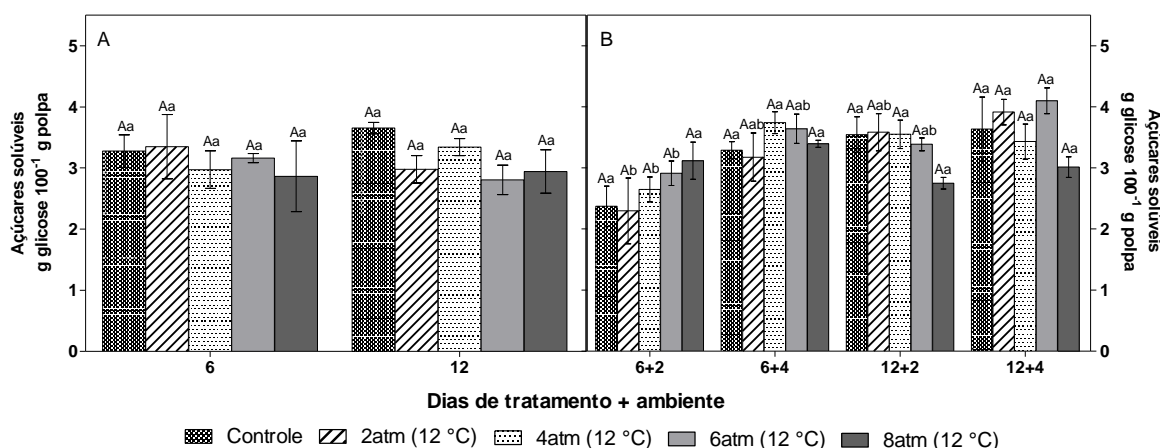


Figura 20. Teores de açúcares solúveis (A e B) de manga ‘Palmer’ submetida a tratamentos hiperbáricos por 6 e 12 dias a 12 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 2 e 4 dias a 22 °C e 83-87% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Dentre as poliaminas analisadas nas mangas, a putrescina foi encontrada em maior quantidade, seguida pela espermidina (Figura 21).

De uma maneira geral, os frutos tratados com 8 atm apresentaram uma redução das poliaminas com aumento do tempo de armazenamento (Figura 21B, 21D e 21F), entretanto, não houve uma tendência clara entre os tratamentos.

O teor de putrescina durante o experimento foi maior quando comparado com as demais poliaminas. A putrescina é menos efetiva em relação a espermidina e espermina em prevenir aumentos na atividade de RNAase, degradação de clorofila e outras propriedades que culminam com a senescência (LIMA; OLIVEIRA; MENEZES, 2003). Provavelmente, nesta fase do metabolismo, o maior teor de putrescina, pode ser atribuído à baixa atividade de enzimas envolvidas na formação de espermidina e espermina (SAM descarboxilase) e aumento da formação de etileno (BOUCHEREAU; GUÉNOT; LARHER, 2000).

Vários estudos sugerem que concentrações de poliaminas elevadas são necessárias para dar início ao processo bioquímico da produção de etileno (KE; ROMANI, 1988). No momento em que ocorre esse processo, a produção de etileno inicia e a de poliaminas começa a ser suprimida (LIU et al., 2006). Assim, essas

alterações observadas podem estar relacionadas com o estágio fisiológico do tecido, isto é, de senescência, ou de início desse processo.

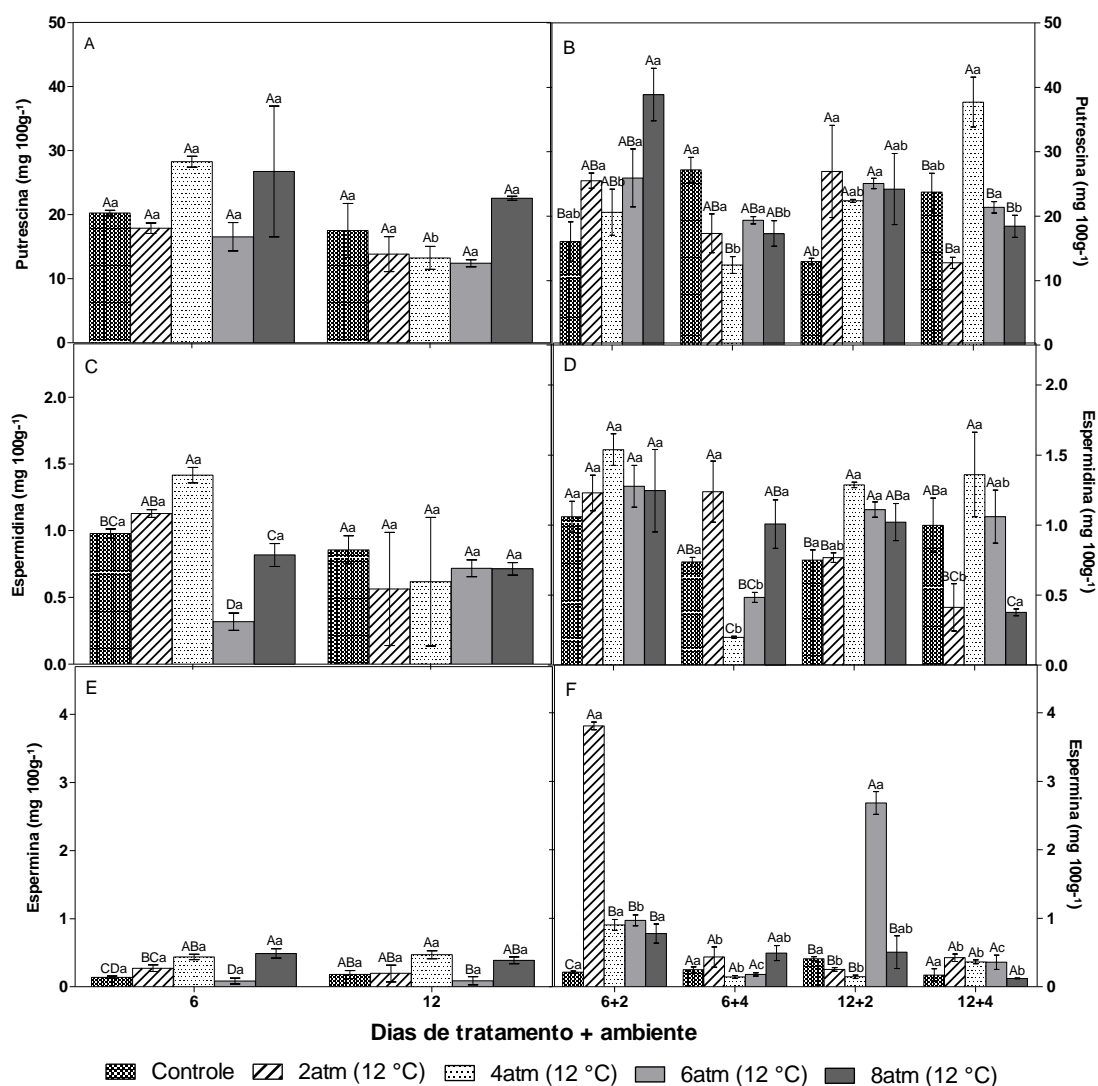


Figura 21. Teor de putrescina (A e B), de espermidina (C e D) e de espermina (E e F) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 6 e 12 dias a 12 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 2 e 4 dias a 22 °C e 83-87% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

A atividade da polifenoloxidase (PPO) não diferiu estatisticamente durante o período de armazenamento sob pressão (Figura 22A). Após a retirada dos frutos para armazenamento ao ambiente (Figura 22B) o tratamento a 8 atm foi o que apresentou maior atividade da PPO após 12+2 e 12+4. Diversos autores têm associado o aumento

da pressão com a indução ao estresse (WSZELAKI; MITCHAM, 2000; GOYETTE et al., 2012a) e, conseqüentemente, com a maior atividade da enzima PPO.

Com relação à atividade da enzima peroxidase (POD), observa-se que também não houve diferença estatística durante o período de armazenamento sob pressão (Figura 22C). E após a retirada dos frutos para temperatura ambiente (Figura 22D) os dados não demonstraram tendência clara, em geral, a pressão de 6 atm foi a que proporcionou as maiores atividades desta enzima. A POD também pode ser utilizada como marcador bioquímico do estresse resultante de fatores bióticos e abióticos (BARBOSA et al.; 2014) e também como indicador de amadurecimento e senescência em diversos tecidos vegetais (MOSCA; PIZA; LIMA, 2001).

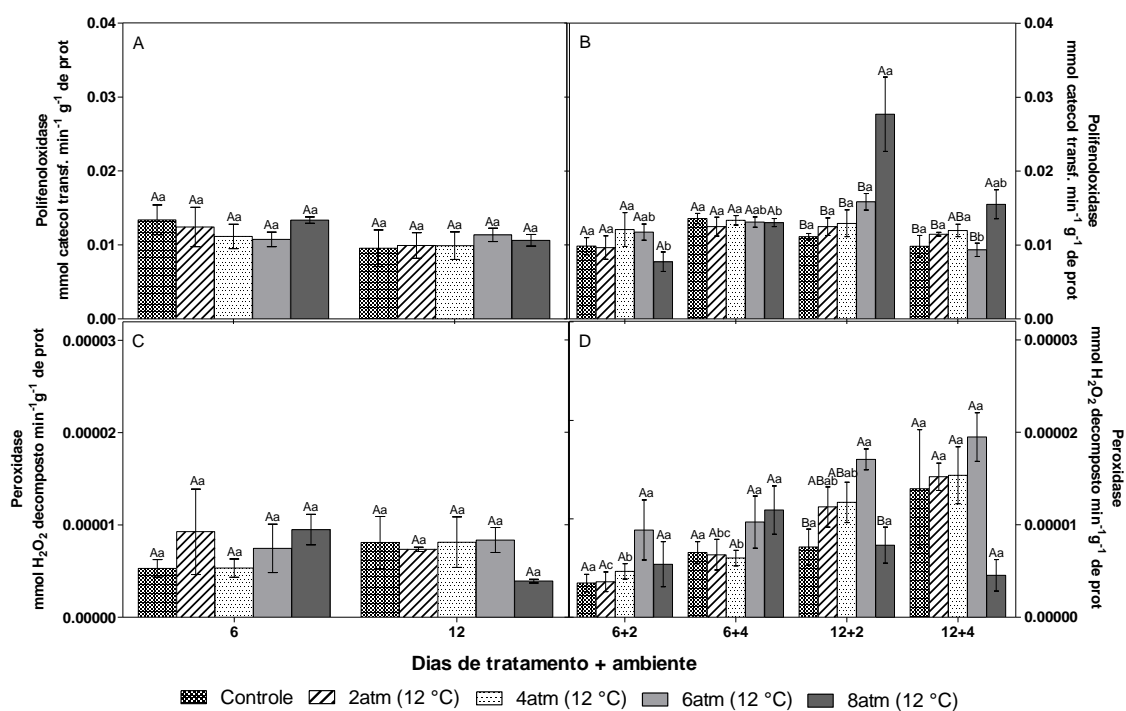


Figura 22. Atividade da polifenoloxidase (A e B) e peroxidase (C e D) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 6 e 12 dias a 12 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 2 e 4 dias a 22 °C e 83-87% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Os resultados indicam que os tratamentos hiperbáricos não foram eficientes para reduzir a atividade das duas enzimas (PPO e POD). Em algumas avaliações os

tratamentos aumentaram a atividade, provavelmente como resposta ao estresse gerado pelo aumento da pressão.

O aumento da atividade da peroxidase pode ser devido à eliminação de peróxidos, que aumenta neste estágio fisiológico (LIMA; OLIVEIRA; MENEZES, 2003). Este efeito é observado ao final do experimento, dias 12+2 e 12+4, principalmente nos frutos tratados a 6 atm.

A atividade da superóxido dismutase (SOD) não diferiu entre os tratamentos durante o período de armazenamento sob pressão (Figura 23A), apesar de não haver diferença estatística entre os tratamentos, observa-se que os frutos tratados a 8 atm apresentaram maior atividade desta enzima em relação aos demais tratamentos no dia 12. Essa diferença foi ainda maior quando os frutos foram armazenados ao ambiente por mais 2 e 4 dias (Figura 23B). A SOD é a primeira enzima na linha de defesa contra as espécies reativas de oxigênio (ROS), catalisam a dismutação de $O_2^{\cdot-}$ em H_2O_2 (BARBOSA et al., 2014). Provavelmente, a resposta para a elevação da SOD nos frutos tratados com 8 atm se dá pelo estresse causado nesta pressão, resultando em níveis mais elevados de ROS.

A atividade da catalase (CAT) não diferiu entre os tratamentos durante o período de armazenamento sob pressão (Figura 23C). Após a retirada dos frutos para armazenamento ao ambiente (Figura 23D) não houve uma tendência clara entre os tratamentos, sendo os maiores valores de CAT observados no dia 6+4, posterior declínio. No final do experimento o tratamento 8 atm apresentou maior atividade desta enzima. A CAT é uma das principais enzimas na eliminação do H_2O_2 (BARBOSA et al., 2014). A resposta da catalase (CAT) foi posterior a da SOD, em função da mesma ser responsável pela degradação de H_2O_2 em H_2O e O_2 , (IGAMBERDIEV; LEA, 2002) visto que neste experimento o tratamento 8 atm também apresentou maior valor de SOD no final do experimento.

Com relação a peroxidação lipídica, não houve diferença estatística entre os tratamentos durante o experimento a 12 °C, com média de 23,8 nMol de MDA/ g mf.

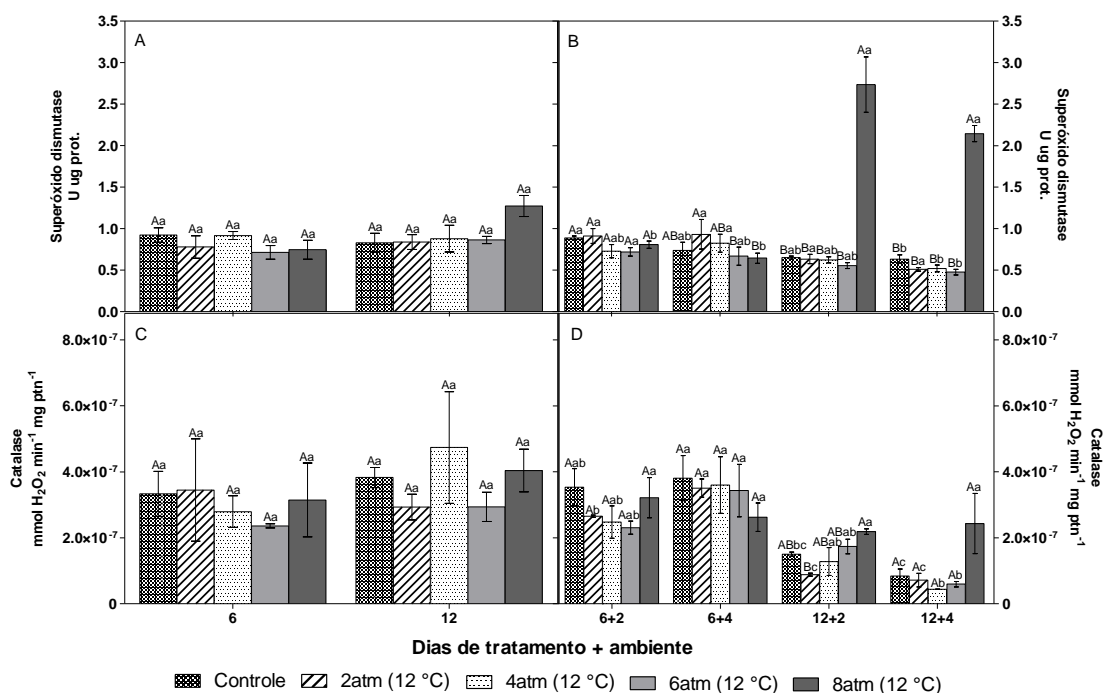


Figura 23. Atividade da superóxido dismutase (A e B) e catalase (C e D) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 6 e 12 dias a 12 °C e 98-100% UR e, após, armazenadas por mais 2 e 4 dias a 22 °C e 83-87% UR (ambiente). Médias com letras iguais, maiúsculas comparando os tratamentos no dia e minúsculas comparando o mesmo tratamento entre os dias de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Atmosferas com altas concentrações de oxigênio induzem mecanismos de defesa do vegetal (WANG; TIAN; XU, 2005; CUNHA JUNIOR et al., 2011), resultando em níveis mais elevados de ROS. A reação contra o estresse oxidativo em plantas causado por ROS inclui sistemas enzimáticos de eliminação de ROS e compostos antioxidantes não enzimáticos. (YANG; ZHENG; CAO, 2009). Neste estudo é possível observar que, após a retirada dos frutos para o ambiente, as enzimas CAT e SOD foram afetadas pelo aumento dos níveis de pressão, com destaque para o tratamento de 8 atm.

A taxa respiratória (TR) dos frutos diminuiu com o aumento da pressão aplicada (Figura 24). O tratamento 8 atm apresentou as menores taxas respiratórias durante o período de 287h, apresentando um pequeno acréscimo na TR até a 57^a hora com subsequente decréscimo até o final avaliado. Na última avaliação, os frutos mantidos a 8 atm apresentaram uma taxa respiratória 50,5% menor, em relação aos do controle.

Juntamente com os demais resultados, a redução da TR confirma a hipótese que a pressão hiperbárica teve influências positivas no retardo da maturação de mangas.

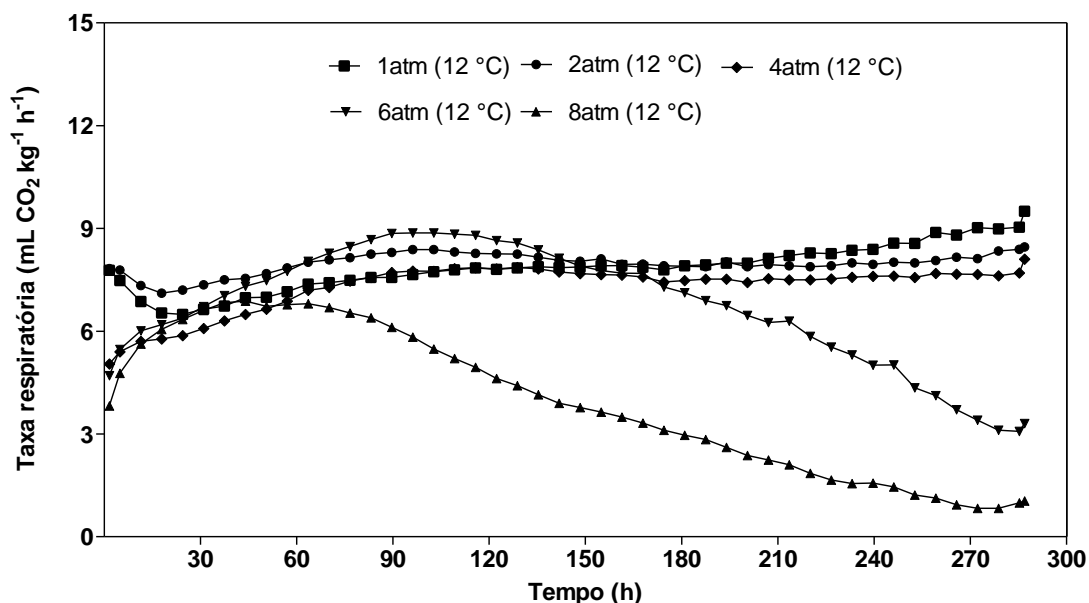


Figura 24. Taxa respiratória ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de manga 'Palmer' submetida a tratamentos hiperbáricos por 12 dias a 12°C e 98-100% UR.

Os resultados estão de acordo com trabalhos realizados por outros autores que observaram um efeito positivo da pressão na redução da taxa respiratória.

Liplap et al. (2011) em pesquisas realizadas com abacates 'Hass', submetidos a 5 níveis de pressão, demonstraram que os frutos apresentaram taxa respiratória inversamente proporcional à pressão aplicada. Goyette et al. (2012a) verificaram que as taxas respiratórias médias sob 9, 7, 5 e 3 atm_{abs} foram reduzidas em 22, 20, 16 e 11%, respectivamente, em comparação com o controle (1 atm) em tomates, possibilitaram atraso no amadurecimento dos frutos. Segundo estes autores, mesmo à baixa pressão a atividade fisiológica tendeu a diminuir, tendência similar ao observado nesta etapa, em que as mangas submetidas ao tratamento a 2 atm apresentaram taxa respiratória menor que as do tratamento controle (1 atm).

Nessa condição em que os frutos foram armazenados a 12°C , é possível destacar a melhor pressão utilizada como sendo a de 8 atm. Nesta pressão nota-se o atraso do amadurecimento, menor perda de massa fresca, melhor manutenção da coloração da polpa, menores teores de SS, maiores teores de AT, menores teores de açúcares e redução da taxa respiratória. As pressões usadas em nosso estudo

apresentaram pouca influência na atividade antioxidante da manga. Os frutos apresentaram estresse causado pela pressão somente após a retirada para a temperatura ambiente, com destaque para o tratamento 8 atm.

6. CONCLUSÕES

A pressão hiperbárica mostrou-se eficiente na conservação pós-colheita de mangas 'Palmer'.

O tratamento hiperbárico a 8 atm retardou a atividade metabólica dos frutos com conseqüente aumento da vida de prateleira de mangas 'Palmer', tanto à temperatura de ambiente (22 °C) quanto refrigerada (12 °C).

7. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Na presente pesquisa, a pressão hiperbárica mostrou ser uma alternativa de tratamento físico na pós-colheita de manga, no entanto, o nível de pressão recomendado pode variar para cada variedade, visto que os resultados em relação à qualidade e efeitos da pressão hiperbárica podem variar com a espécie utilizada.

A cultivar 'Palmer' exibiu comportamento distinto quando armazenada à temperatura de ambiente (22 °C) e refrigerada (12 °C). A pressão hiperbárica associada a refrigeração se mostrou mais eficiente visto que prolongou por mais tempo a vida de prateleira dos frutos. Mais estudos devem ser desenvolvidos com temperaturas intermediárias visando reduzir custos com a refrigeração.

Estudos devem ser dedicados à avaliação do efeito da pressão hiperbárica e diferentes temperaturas com relação ao comportamento fisiológico e bioquímico de mangas.

8. REFERÊNCIAS

ADÃO, R.C.; GLÓRIA, M.B.A. Bioactive amines and carbohydrate changes during ripening of 'Prata' banana (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana*). **Food Chemistry**, London, v.90, p.705-711, 2005.

AGRIANUAL 2016: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comercio, 2016. p.331-337.

AHMED, J.; RAMASWAMY, H.S. High pressure processing of fruits and vegetables. **Stewart Postharvest Review**, United Kingdon, v.1, n.8, p.1-10, 2006.

ALBUQUERQUE, E.M.B.; SANTOS, D.C.; OLIVEIRA, E.N.A.; ALMEIDA, F.A.C.; SILVA, H. Comportamento do ácido ascórbico em manga *in natura* armazenada em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.3, p.263-269, 2011.

ALLENDE, A.; JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J.; ARTÉS, F. Effect of superatmospheric oxygen packaging on sensorial quality, spoilage, and *Listeria monocytogenes* and *Aeromonas caviae* growth in fresh processed mixed salads. **Journal of Food Protect**, Des Moines, v.65, p.1565-1573, 2002.

ALVES, J.A.; NASSUR, R.C.M.R.; PIRES, C.R.F.; ALCÂNTARA, E.M.; GIANNONI, J.A.; LIMA, L.C.O. Cinética de degradação de vitamina c em mangas 'Palmer' minimamente processadas armazenadas em diferentes temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.3, p.714-721, 2010.

ANDRADE, M.E.L. **Qualidade pós-colheita de manga „Tommy Atkins“ tratada com água eletrolisada**. 2013. 66 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Arido, Mossoró, 2013.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2015. Santa Cruz: Editora Gazeta, 2015.104 p.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**. 16thed. Washington: Cunniff, 1997. v.2, cap.37.

AYALA-ZAVALAA, J.F.; WANG, S.Y.; WANG, C.Y.; GONZALEZ-AGUILARC, G.A. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. **LTW – Food Science and Technology**, Amsterdam, v.37, p.687-695, 2004.

AZEVEDO, R.A.; ALAS, R.M.; SMITH, R.J.; LEA, P.J. Response of antioxidant enzymes to transfer from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation, in the leaves and roots of wild-type and catalase-deficient mutant of barley. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.104, n.2, p.280-292, 1998.

BABA, T.; IKEDA, F. Use of high pressure treatment to prolong the postharvest life of mume fruit (*Prunus mume*). **Acta Horticulturae**, Leuven, v.628, p.373-377, 2003.

BARBOSA, M.R.; SILVA, M.M.A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T.R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.3, p.453-460, 2014.

BARKAY-GOLAN, R. **Postharvest diseases of fruits and vegetables: development and control**. Amsterdam: Elsevier, 2001. 417 p.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, New York, v.44, p.276-287, 1971.

BOMFIM, M.P.; LIMA, G.P.P.; SÃO JOSÉ, A.R.; FÁBIO VIANELLO, F.; OLIVEIRA, L.M. Conservação pós-colheita de manga 'Tommy Atkins' com 1-metilciclopropeno¹. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.290-297, 2011. Número Especial.

BOUCHEREAU, A.; GUÉNOT, P.; LARHER, F. Analysis of amines in plant materials. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v.747, p.49-67, 2000.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, Amsterdam, v.28, p.25-30, 1995.

BRON, I.U.; JACOMINO, A.P.; APPEZZATO-DA-GLORIA, B. Alterações anatômicas e físico-químicas associadas ao armazenamento refrigerado de pêssegos 'Aurora-1' e 'Dourado-2'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, n.10, p.1349-1358, 2002.

CASTRO, J.V.; SIGRIST, J.M.M. Matéria-prima. In: MEDINA, J.C., CASTRO, J.V.; SIGRIST, J.M.M.; MARTIN, Z.J.; KATO, K.; MAIA, M.L.; GARCIA, A.E.B.; LEITE, R.S.S.F. **Goiaba: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. rev. ampl. Campinas: ITAL, 1988. cap.2, p.121-177. (Série Frutas Tropicais, 6).

CHEN, L.; VIGNEAULT, C.; RAGHAVAN, V.G.S.; KUBOW, S. Importance of the phytochemical content of fruits and vegetables to human health. **Stewart Postharvest Review**, United Kingdom, v.3, n.3, p.1-5, 2007.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 575 p.

CORDEIRO, M.H.M.; MIZOBUTSI, G.P.; SILVA, N.M.; OLIVEIRA, M.B.; MOTA, W.F.; SOBRAL, R.R.S. Conservação pós-colheita de manga var. Palmer com uso de 1-metilciclopropeno. **Magistra**, Cruz das Almas, v.26, n.2, p.102-113, 2014.

CUNHA JUNIOR, L.C.; JACOMINO, A.P.; TREVISAN, M.J.; SCARPARE FILHO, J.A. Altas concentrações de oxigênio favorecem a conservação de morango 'Oso Grande'1. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.4, p.1074-1083, 2011.

DAVEY, M. W.; MONTAGU, M.V.; INZE, D.; SANMARTIN, M.; KANELIS, A.; SMIRNOFF, N.; BENZIE, I.F.F.; STRAIN, J.J.; FAVELL, D.; FLETCHER, J. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.80, p.825-860, 2000.

DADÁKOVÁ, E.; NOVA, T.P.; KALAC, P. Content of biogenic amines and polyamines in some species of European wild-growing edible mushrooms. **European Food Research and Technology**, Berlin, v.230, p.163-171, 2009.

DOLL HOJO, E.T.; ABREU, C.M.P.; HOJO, R.H.; ASMAR, S.A.; CUNHA JUNIOR, L.C.; CÔRREA, A.D. Firmeza de mangas Palmer tratadas com 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.6, p.1878-1883, 2007.

DOLL HOJO, E.T.; ABREU, C.M.P.; ASMAR, S.A.; HOJO, R.H.; CÔRREA, A.D.; VILAS BOAS, E.V.B. Avaliação da qualidade de manga 'Palmer' tratadas com 1-metilciclopropeno e armazenada sob refrigeração e condição ambiente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.28-38, 2009.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.2, n.3, p.350-356, 1956.

FLORES, H.E.; GALSTON, A.W. Analysis of polyamines in higher plants by high performance liquid chromatography. **Plant Physiology**, Rockville, v.69, p.701-706, 1982.

GENÚ, P.J.C.; PINTO, A.C.Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; 2002. p.102.

GONZALEZ-AGUILAR, G.A.; VILLA-RODRIGUEZ, J.A.; AYALA-ZAVALA, J.F.; YAHIA, E.M. Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments. **Trends in Food Science & Technology**, v.21, p.475-482, 2010.

GOYETTE, B.; VIGNEAUL, C.; CHARLES, M.T.; RAGHAVAN, V.G.S. Pressure treatment for increasing fruit and vegetable qualities. **Stewart Postharvest Review**, United Kingdom, v.3.n.5, p.1-6, 2007.

GOYETTE, B. **Hyperbaric treatment to enhance quality attributes of fresh horticultural produce**. 2010.180 f. Thesis (Doctoral) – University Sainte-Anne de Bellevue, Québec, 2010.

GOYETTE, B.; VIGNEAULT, C.; WANG, N.; RAGHAVAN, V. Conceptualization, design and evaluation of a hyperbaric respirometer. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v.105, 283-288, 2011.

GOYETTE, B.; VIGNEAUL, C.; CHARLES, M.T.; RAGHAVAN, V.G.S. Effect of hyperbaric treatment on quality attribute of tomato. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.92, n.3, p.541-551, 2012a.

GOYETTE, B.; VIGNEAUL, C.; RAGHAVAN, V.G.S.; CHARLES, M.T. Hyperbaric treatment on respiration rate and respiratory quotient of tomato. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v.5, n.8, p.3066-3074, 2012b.

GRAHAM, D.; PATTERSON, B.D. Responses of plants to low, nonfreezing temperatures: proteins, metabolism, and acclimation. **Plant Physiology**, Rockville, v.33, p.47-72, 1982.

GROPPIA, M.D.; TOMARO, M.L.; BENAVIDES, M.P. Polyamines as protectors against cadmium or copper-induced oxidative damage in sunflower leaf discs. **Plant Science**, New York, v.161, n.3, p.481-488, 2001.

GTZ - Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit. **Manual de exportación**: frutas tropicales y hortalizas. Eschborn: GTZ, 1992. 34 p.

HA, H.C.; SIRISOMA, N.S.; KUPPUSAMY, P.; ZWEIER, J.L.; WOSTER, P.M.CASERO, R.A. The natural polyamine spermine functions directly as a free radical scavenger. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, Washington, v.95, p.11140-11145, 1998.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. **Free radicals in biology and medicine**. Oxford: Clarendon Press.1989. 245 p.

HAMMERSCHMIDT, H.; DANN, E.K. Induced resistance to disease. In: RECHCIGL, N.A.; RECHCIGL, J.E. (Ed.). **Environmentally safe approaches to crop disease control**. Boca Raton: CRC-Lewis Publishers, 1997. v.8, p.177-199.

HARBONE, J.B.; WILLIAMS, C.A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, New York, v.55, p.481-504, 2000.

HEATH, R.L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplast: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives in Biochemistry Biophysics**, Lisse, v.125, p.2141-2145, 1968.

HOLLMAN, P.C.H.; KATAN, M.B. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v.37, p.937-942, 1999.

IGAMBERDIEV, A.U.; LEA, P.J. The role of peroxisomes in the integration of metabolism and evolutionary diversity of photosynthetic organisms. **Phytochemistry**, New York, v.60, n.7, p.651-674, 2002.

JACOMINO, A.P. **Conservação de goiabas 'Kumagai' em diferentes temperaturas e materiais de embalagens**.1999. 90 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 1999.

KADER, A.A.; BEN-YEHOSHUA, S. Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.20, p.1-13, 2000.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, Wadsworth, v.57, p.315-319, 1976.

KE, D.; ROMANI.R.J. Effects of spermidine on ethylene production and the senescence of suspension-cultured pear fruit cells. **Plant Physiology and Biochemistry**, New York, v.26, p.109-116, 1988.

KEVERS, C.; FALKOWSKI, M.; TABART, J.; DEFRAIGNE, J.O.; DOMMES, J.; PINCEMAIL. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, n.55, p.8596-8603, 2007.

KOBLITZ, M.G.B. **Bioquímica de alimentos: teoria e aplicações práticas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p.125-136.

KUC, J. Development and future direction of induced systemic acquired resistance in plants. **Crop Protection**, Oxford, v.19, p.859-861, 2000.

KUC, J. Phytoalexins, stress metabolism, and disease resistance in plants. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.33, p.275-297, 1995.

LEE, S.K.; KADER, A.A. Pre harvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, New York, v.20, p.207-220, 2000.

LIMA, G.P.P.; BRASIL, O.G.; OLIVEIRA, A.M. Poliaminas e atividade da peroxidase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado sob estresse salino. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.1, p.21-25, 1999.

LIMA FILHO, R.M.; OLIVEIRA, S.M.A.; MENEZES, M. Caracterização enzimática e patogenicidade cruzada de *Colletotrichum* spp. associados a doenças de pós-colheita. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.28, n.6, p.620-625, 2003.

LIMA, G.P.P.; ROCHA, S.; TAKAKI, M.; RAMOS, P.R.R.; ONO, E.O. Comparison of polyamine, phenol and flavonoid contents in plants grown under conventional and organic methods. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v.43, p.1838-1843, 2008.

LIMA, M.A.C.; SILVA, A.L.; AZEVEDO, S.S.N. Evolução de indicadores do ponto de colheita em manga 'Tommy Atkins' durante o crescimento e a maturação, nas condições do vale do São Francisco, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.2, p.432-439, 2009.

LIMA, G.P.P.; VIANELLO, F.; CORRÊA C.R.; CAMPOS, R.A.S.; BORGUINI, M.G. Polyphenols in Fruits and Vegetables and Its Effect on Human Health. **Food and Nutrition Sciences**, Irvine, v.5, p.1065-1082, 2014.

LIPLAP, P.; VIGNEAULT, C.; GOYETTE, B.; RAGHAVAN, V.G.S. Hyperbaric treatment vs respiration rates and quality attributes of avocado. In: ANNUAL INTERNATIONAL MEETING SPONSORED BY ASABE GAULT HOUSE, 2011. **Proceedings...** Louisville: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2011. p.11-274.

LIPLAP, P. **Respiration rate in transient period, its implication on the effect of hyperbaric pressure treatment; the treatment advantage in shelf life extension of various commodities**. 2013. 281f. Thesis (Doctoral) - Department of Bioresource Engineering, McGill University, Montreal Quebec, Canada, 2013.

LIPLAP, P.; VIGNEAULT, C.; TOIVONEN, P.; RAGHAVAN, V.G.S. Effect of hyperbaric pressure and temperature on respiration rates and quality attributes of tomato. **Postharvest Biology and Technology**, New York, v.86, p.240-248, 2013.

LIU, J.; KAZUYOSHI, N.; PANG, X.; HONDA, C.; KITASHIBA, H.; MORIGUCHI, T. Role of polyamines in peach fruit development and Storage. **Tree Physiology**, Victoria, v.26, p.791-798, 2006.

MALLICK, N.; MOHN, F.H. Reactive oxygen species: response of alga cells. **Journal of Plant Physiology**, New York, v.157, p.183-193, 2000.

MIGUEL, A.C.A.; DURIGAN, J.F.; MORGADO, C.M.A.; GOMES, R.F.O. Injúria pelo frio na qualidade pós-colheita de mangas cv. Palmer. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.255-260, 2011. Número Especial.

MIGUEL, A.C.A. **Tratamento térmico, radiação ultravioleta (UV-C), quitosana e cera na prevenção de injúrias pelo frio em mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer'**. 2012. 200 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

MIGUEL, A.C.A.; DURIGAN, J.F.; BARBOSA, J.C.; MORGADO, C.M.A. Qualidade de mangas cv. Palmer após armazenamento sob baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.2, p.398- 408, 2013.

MINOLTA CORP. **Precise color communication**: color control from feeding to instrumentation. Ramsey: Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1994. p.49.

MORAIS, P.L.D.; FILGUEIRAS, H.A.C.; PINHO, J.L.N.; ALVES, R.E. Ponto de colheita ideal de mangas 'Tommy Atkins' destinadas ao mercado europeu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.671-675, 2002.

MORAIS, P.L.D.; FILGUEIRAS, H.A.; PINHO, N.J.L.; ALVES, E.R.; ASSIS, J. Vida útil de mangos cv.tommy atkins recolectados en el estadio de maduración comercial. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, México, v.5, n.1, p.26-32, 2003.

MOSCA, J.L.; PIZA, I.M.T.; LIMA, G.P.P. Marcadores bioquímicos de maturação em pós-colheita de três variedades de melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.19, 2001. Suplemento CD-ROM

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, Tokyo, v.39, n.10, p.925-928, 1992.

OLIVEIRA, D.S.; AQUINO, P.P.; RIBEIRO, S.M.R.; PROENÇA, R.P.C.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, Maringá, v.33, n.1, p.89-98, 2011.

PERFEITO, D.G.A.; CARVALHO, N.; LOPES, M.C.M.; SCHMIDT, F.L. Caracterização de frutos de mangabas (*Hancornia speciosa* Gomes) e estudo de processos de extração da polpa. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v.2, n.3, p.1-7, 2015.

PRASAD, T.K.; ANDERSON, M.D.; STEWART, C.R. Acclimation, hydrogen peroxide, and abscisic acid protect mitochondria against irreversible chilling injury in mayze seedlings. **Plant Physiology**, Rockville, v.105, p.619-627, 1994.

RAMAMOORTHY, V.; RAGUCHANDER, T.; SAMIYAPPAN, R. Induction of defense proteins in tomato roots treated with *Pseudomonas fluorescens* Pf1 and *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici. **Plant & Soil**, The Hague, v.239, n.1, p.55-68, 2002.

RAMOS, A.M.; SOUSA, P.H.M.; BENEVIDES, S.A. Tecnologia da industrialização da manga. In: Zambolim, L. (Org.). **Manga: produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.571-604.

RAZA, S.A.; KHAN, A.S.; MALIK, A.U.; AMIN, U.; ASAD, H.U.; RAZZAQ, K. Respiration rate, physico-chemical fruit quality and consumer acceptability for fajri mango under different storage temperatures. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, Faisalabad, v.50, n.4, p.585-590, 2013.

SAPERS, G.; MILLER, R. Browning inhibition in fresh-cut pears. **Journal of Food Science**, Hoboken, v.63, n.2, p.342-34, 1998.

SANTOS, L.O.; DURIGAN, J.F.; MARTINS, R.N.; MORGADO, C.M.A. Conservação e qualidade de mangas 'Palmer' submetidas a tratamento com fungicidas e hidrotérmico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.6, p.1514-1521, 2010.

SANTOS, C.M.; ABREU, C.M.P.; FREIRE, J.M.; CORRÊA, A.D. Atividade antioxidante de frutos de quatro cultivares de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.2, p.339-344, 2013.

SHALABY, A.R. Significance of biogenic amines to food safety and human health. **Food Research International**, London, v.29, n.7, p.675-690, 1996.

SHAMI, N.J.I.E.; MOREIRA, E.A.M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista Nutrição**, Araraquara, v.17, n.2, p.227-236, 2004.

SILLA SANTOS, M.H. Biogenic amines: their importance in foods. **International Journal of Food Microbiology**, New York, v.29, n.2/3, p.213-231, 1996.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A.J.R. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.16, n.3, p.144-158, 1965.

SOUZA, M.L.; MORGADO, C.M.A.; MARQUES, K.M.; MATTIUZ, C.F.M.; BEN-HUR MATTIUZ, B.H. Pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins' recobertas com quitosana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.337-343, 2011. Número Especial.

TETI, D.; VISALLI, M.; McNAIR, H. Analysis of polyamines as markers of (patho) physiological conditions. **Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications**, Amsterdam, v.781, p.107-149, 2002.

TIWARI, B.K.; O'DONNELL, C.P.; PATRAS A.; BRUNTON, N.; CULLEN, P.J. Effect of ozone processing on anthocyanins and ascorbic acid degradation of strawberry juice. **Food Chemistry**, London, v.113, p.1119-1126, 2008.

VALERO, D.; SERRANO, M. **Postharvest biology and technology for preserving fruit quality**. Boca Raton: CRC Press, 2010.

VIGNEAULT, C.; LEBLANC, D.I.; GOYETTE, B.; JENNI, S. Engineering aspects of physical treatments to increase fruit and vegetable phytochemical content. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.22, p.1-25, 2012.

WANG, Y.S.; TIAN, S.P.; XU, Y. Effects of high oxygen concentration on pro-and anti-oxidant enzymes in peach fruits during postharvest periods. **Food Chemistry**, London, v.91, p.99-104, 2005.

WSZELAKI, A.L.; MITCHAM, E.J. Effects of superatmospheric oxygen on strawberry fruit quality and decay. **Postharvest Biology and Technology**, New York, v.20, p.125-133, 2000.

YANG, Z.; ZHENG, Y.; CAO, S. Effect of high oxygen atmosphere storage on quality, antioxidant enzymes, and DPPH-radical scavenging activity of Chinese bayberry fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.57, p.176-181, 2009.