

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**TRATAMENTO TÉRMICO, RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA (UV-
C), QUITOSANA E CERA NA PREVENÇÃO DE INJÚRIAS
PELO FRIO EM MANGAS ‘TOMMY ATKINS’ E ‘PALMER’**

Ana Carolina Almeida Miguel

Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Maio de 2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**TRATAMENTO TÉRMICO, RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA (UV-
C), QUITOSANA E CERA NA PREVENÇÃO DE INJÚRIAS
PELO FRIO EM MANGAS ‘TOMMY ATKINS’ E ‘PALMER’**

Ana Carolina Almeida Miguel

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Durigan

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

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Maio de 2012

M634t Miguel, Ana Carolina Almeida
Tratamento térmico, radiação ultravioleta (UV-C), quitosana e cera na prevenção de injúrias pelo frio em mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer'. / Ana Carolina Almeida Miguel. -- Jaboticabal, 2012
xi, 200 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012

Orientador: José Fernando Durigan

Banca examinadora: Ben-Hur Mattiuz, Angelo Pedro Jacomino, Rogério Lopes Vieites, Gustavo Henrique de Almeida Teixeira
Bibliografia

1. *Mangifera indica*. 2. Tommy Atkins - pós-colheita. 3. Palmer - pós-colheita. 4. Manga - danos - frio. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 634.441

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

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

ANA CAROLINA ALMEIDA MIGUEL – nascida em 23 de julho de 1981, na cidade de Piracicaba-SP, filha de Jorge Miguel e Diva Correia de Almeida Miguel. Engenheira Agrônoma graduada pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCAV-UNESP), em dezembro de 2005. Durante a graduação foi bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por um ano e 11 meses, desenvolvendo projetos e trabalhos na área de Pós-Colheita. Obteve grau de mestre em Ciências, área de concentração Ciência e Tecnologia de Alimentos, em fevereiro de 2008, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), com a dissertação intitulada “Uso de película comestível, cloreto de cálcio e ácido ascórbico para a conservação do melão ‘Amarelo’ minimamente processado”, sob orientação da Profa. Dra. Marta Helena Fillet Spoto, como bolsista do CNPq. Em março de 2009, ingressou no curso de Doutorado em Agronomia, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCAV-UNESP), na área de concentração em Produção Vegetal, dando continuidade a sua formação, onde desenvolveu trabalhos e teve a oportunidade de participar de reuniões científicas e de publicar diferentes trabalhos na área.

"Nenhuma grande vitória é possível sem que tenha sido precedida de pequenas vitórias sobre nós mesmos."

L.M. Leonov

Aos meus pais, Jorge Miguel e Diva Correia de Almeida Miguel, que não só me deram a vida, como também orientaram meus passos e me ensinaram a lutar pelos meus ideais.

Aos meus irmãos, Aline de Almeida Miguel e Jorge Aziz Almeida Miguel, pelo constante incentivo e amizade verdadeira.

DEDICO

Aos meus amigos e familiares, que tanto me incentivaram.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, por sempre estar ao meu lado e conceder mais uma vitória.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV-UNESP) e ao Departamento de Tecnologia, pela oportunidade de realização do curso e pela infraestrutura disponibilizada para realização deste trabalho.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos e, em especial à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela concessão da bolsa de estudos e pelo financiamento do projeto.

Ao Prof. Dr. José Fernando Durigan, pela contribuição na minha formação desde a graduação, confiança, ensinamentos, amizade e apoio para a realização desse trabalho.

Aos Profs. Drs. Antonio Carlos Barbosa e Antonio Sergio Ferraud, pela disponibilidade e orientação nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Ben-Hur Mattiuz pelo apoio, amizade e ensinamentos.

À todos os professores e funcionários do Departamento de Tecnologia, em especial a Dirce Renata Tostes e a Fátima (técnica do Laboratório do Prof. Dr. Pizauro) pela disponibilidade, apoio e amizade.

Aos amigos do Laboratório de Tecnologia dos Produtos Agropecuários, Carol, Cristiane, Ellen, Isabela, João, Kelly, Leandra, Ramilo, Ramon, Taciana, Vanessa, pelo convívio, amizade e auxílio nas análises laboratoriais.

À Aruá – Tecnologia de pós-colheita e tratamento de frutas pela doação do fungicida Imazalil e da cera de carnaúba e aos Senhores Antonio, Aparício e Germano pelo fornecimento das mangas utilizadas neste trabalho.

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação e da Biblioteca, pela atenção e ajuda.

À todos que, direta ou indiretamente, me ajudaram a chegar até aqui.

Muito obrigada.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
SUMMARY	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Aspectos da cultura da mangueira	3
2.2. Ponto de colheita	4
2.3. Injúria pelo frio ou <i>chilling injury</i>	5
2.4. Tecnologias empregadas para o retardo do desenvolvimento de injúrias pelo frio.....	7
2.4.1. Tratamento térmico.....	7
2.4.2. Radiação ultravioleta (UV-C)	9
2.5. Revestimentos.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Experimentos 1 e 2: Determinação dos binômios tempo x temperatura capazes de ocasionar injúria pelo frio em mangas ‘Tommy Atkins’ e ‘Palmer’	13
3.2. Experimentos 3 e 4: Inibição de danos pelo frio em mangas ‘Tommy Atkins’ e ‘Palmer’ com uso do tratamento térmico e da radiação ultravioleta (UV-C).....	14
3.3. Experimentos 5 e 6: Conservação de mangas ‘Tommy Atkins’ e ‘Palmer’ com uso de cera de carnaúba e de revestimentos a base de quitosana	17
3.4. Análises	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1. Experimento 1: Determinação dos binômios tempo x temperatura capazes de ocasionar injúria pelo frio em mangas ‘Tommy Atkins’	22
4.1.1. Avaliação da qualidade dos frutos durante o armazenamento refrigerado	22
4.1.2. Avaliação da qualidade dos frutos após transferência à condição de ambiente	31
4.2. Experimento 2: Determinação dos binômios tempo x temperatura capazes de ocasionar injúria pelo frio em mangas ‘Palmer’.....	45
4.2.1. Avaliação da qualidade dos frutos durante o armazenamento refrigerado	45
4.2.2. Avaliação da qualidade dos frutos após transferência à condição de ambiente	53
4.3. Experimento 3: Inibição de danos pelo frio em mangas ‘Tommy Atkins’ com uso do tratamento térmico e da radiação ultravioleta (UV-C)	70
4.3.1. Avaliação da qualidade dos frutos durante o armazenamento refrigerado	70
4.3.2. Avaliação da qualidade dos frutos após transferência à condição de ambiente	78
4.4. Experimento 4: Inibição de danos pelo frio em mangas ‘Palmer’ com uso do tratamento térmico e da radiação ultravioleta (UV-C).....	93
4.4.1. Avaliação da qualidade dos frutos durante o armazenamento refrigerado	93
4.4.2. Avaliação da qualidade dos frutos após transferência à condição de ambiente	104
4.5. Experimento 5: Conservação de mangas ‘Tommy Atkins’ com uso de cera de carnaúba e de revestimentos a base de quitosana	121
4.5.1. Avaliação da qualidade dos frutos durante o armazenamento refrigerado	121
4.5.2. Avaliação da qualidade dos frutos após transferência à condição de ambiente	130
4.6. Experimento 6: Conservação de mangas ‘Palmer’ com uso de cera de carnaúba e de revestimentos a base de quitosana	145
4.6.1. Avaliação da qualidade dos frutos durante o armazenamento refrigerado	145
4.6.2. Avaliação da qualidade dos frutos após transferência à condição de ambiente	154
5. CONCLUSÕES.....	172
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	175
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	176

TRATAMENTO TÉRMICO, RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA (UV-C), QUITOSANA E CERA NA PREVENÇÃO DE INJÚRIAS PELO FRIO EM MANGAS ‘TOMMY ATKINS’ E ‘PALMER’

RESUMO – Determinou-se os binômios temperatura x tempo de armazenamento, que podem ocasionar injúria pelo frio em mangas ‘Tommy Atkins’ e ‘Palmer’, com avaliação das alterações no seu metabolismo, o que permitiu que se testasse o uso de tratamento térmico e de radiação ultravioleta (UV-C) para minimizar ou eliminar esta injúria. Avaliou-se também a eficiência do uso de quitosana como alternativa à cera, comumente aplicada após o tratamento térmico. No 1º e 2º experimentos, frutos colhidos no estádio “de vez”, foram armazenados a 2 °C, 5 °C e 12 °C por 1, 2, 3 e 4 semanas. Ao final de cada período, foram transferidos para condição ambiente, por até 7 dias. No 3º e 4º experimentos, uma parte dos frutos foi tratada hidrotérmicamente a 46,1 °C por 90 min ou 55 °C por 5 min e a outra, submetida à ação de radiação (UV-C) nas doses de 1,14 kJ m⁻² e 2,28 kJ m⁻², antes do armazenamento sob condição promotora de injúria por frio, a 5 °C por 14 dias (‘Tommy Atkins’) e a 5 °C por 4 dias (‘Palmer’). No 5º e 6º experimentos, frutos tratados com radiação (UV-C) receberam filme de cera de carnaúba ou quitosana a 1% e 1,5%, antes de serem armazenados sob condição promotora de injúria, a 5 °C por 14 dias (‘Tommy Atkins’) e a 5 °C por 4 dias (‘Palmer’), sendo após esse período, transferidos para a condição ambiente, onde foram mantidos por 7 dias para a ‘Tommy Atkins’ e por até 12 dias, para a ‘Palmer’. Em todos os experimentos, os frutos foram avaliados semanalmente durante o armazenamento refrigerado, e a cada 2 dias depois de levados ao ambiente, quanto ao murchamento, coloração, podridões, massa fresca, firmeza, danos pelo frio, atividade respiratória, teores de sólidos solúveis, acidez titulável, açúcares solúveis e redutores, ácido ascórbico e polifenóis totais, atividade antioxidante total e das enzimas peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase. Os resultados indicaram que mangas ‘Tommy Atkins’ podem ser conservadas por até 14 dias a 5 °C, mais 3 dias ao ambiente ou por até 7 dias a 2 °C, mais 5 dias ao ambiente, sem comprometimento do amadurecimento da polpa, enquanto as da cv. Palmer podem ser armazenadas a 5 °C

por período menor que 7 dias, dada à sua menor resistência ao frio. A conservação sob baixa temperatura foi limitada pelo agravamento dos sintomas de *chilling injury*. Frutos, independente da cultivar, podem ser armazenados a 12 °C por 21 dias, sem prejuízos ao amadurecimento, porém esta conservação foi limitada pela ocorrência de podridões. Os tratamentos hidrotérmicos aceleraram o murchamento dos frutos, não inibiram o aparecimento dos sintomas de injúria pelo frio, prejudicaram o desenvolvimento da coloração característica da casca e afetaram negativamente o amadurecimento dos frutos. A radiação (UV-C) minimizou os sintomas de injúria pelo frio nos frutos e não impediu o desenvolvimento da coloração característica ou causou prejuízos ao amadurecimento dos mesmos. A associação entre a radiação ultravioleta (UV-C), 2,28 kJ m⁻² para frutos da cv. Tommy Atkins e 1,14 kJ m⁻² para os da ‘Palmer’, com a cera reduziu a ocorrência de injúrias pelo frio e a perda de massa fresca, além de ter contribuído para retardar o amadurecimento e para a manutenção da turgidez. Esta associação conferiu maior capacidade antioxidante à polpa das mangas ‘Palmer’ e possibilitou a extensão do seu período de comercialização por até 12 dias. As películas de quitosana não controlaram o aparecimento dos sintomas de dano pelo frio, além de terem conferido à casca a coloração vermelho acinzentado.

Palavras-chave: cera, danos pelo frio, enzimas, *Mangifera indica*, pós-colheita, tratamento hidrotérmico

HEAT TREATMENT, UV-C RADIATION, CHITOSAN AND CARNAUBA WAX IN THE PREVENTION OF CHILLING INJURY IN MANGOES 'TOMMY ATKINS' AND 'PALMER'

SUMMARY – It was determined the binomials temperature vs. time, which can cause chilling injury in mangoes 'Tommy Atkins' and 'Palmer', with the evaluation of the changes in their metabolism, allowing to test the use of heat treatment and UV-C radiation to minimize or eliminate this injury. It also evaluated the effectiveness of the use of chitosan as an alternative to the carnauba wax, usually applied after the heat treatment. In the 1st and the 2nd experiments, fruits harvested at “medium ripe” were stored at 2 °C, 5 °C and 12 °C for 1, 2, 3 and 4 weeks. At the end of each period, they were transferred to the environmental condition up to 7 days. In the 3rd and the 4th experiments, a part of the fruits was treated hydrothermally at 46.1 °C for 90 min or 55 °C for 5 min and another part submitted to the action of UV-C radiation at doses of 1.14 kJ m⁻² and 2.28 kJ m⁻², before the storage under chilling injury condition, at 5 °C for 14 days ('Tommy Atkins') and at 5 °C for 4 days ('Palmer'). In the 5th and 6th experiments, fruits treated with UV-C radiation were coated with carnauba wax or chitosan at 1% and 1.5%, before being stored under chilling injury condition, at 5 °C for 14 days ('Tommy Atkins') and at 5 °C for 4 days ('Palmer'), and thereafter transferred to the environmental condition, where they were maintained up to 7 days ('Tommy Atkins') and up to 12 days ('Palmer'). In all experiments, the fruits were evaluated weekly during the cold storage, and every two days after they were taken to the environment, for the wilting, color, rottenness, mass loss, firmness, chilling injury, respiration rate, soluble solids, titratable acidity, soluble and reducing sugars, ascorbic acid and total polyphenols, total antioxidant activity and the enzymes of peroxidase, polyphenoloxidase and phenylalanine ammonia-lyase. The results indicated that mangoes 'Tommy Atkins' may be kept up to 14 days at 5 °C, followed by 3 days to the environment or at 2 °C up to 7 days, followed by 5 days at the environment, without compromising the ripening of the pulp, while for cv. Palmer, it can be stored at 5 °C for a period of less than 7 days, due to its lower resistance to the chilling injury. The storage under low temperature was limited

by the aggravation of the symptoms of chilling injury. Fruits, regardless of the cultivar, can be stored under refrigeration at 12 °C for 21 days without damage to ripening, but this conservation was limited by the occurrence of rottenness. The hydrothermal treatments accelerated the wilting of the fruits, did not inhibit the onset of chilling injury symptoms, caused damages to the development of characteristic color of the peel and affected negatively the fruit ripening. The UV-C radiation minimized the symptoms of chilling injury in fruits of cvs. Tommy Atkins and Palmer submitted to the dose of 2.28 kJ m⁻² and 1.14 kJ m⁻² and did not prevent the development of characteristic color or caused damage to their ripening. The combination between ultraviolet radiation at the dose of 2.28 kJ m⁻² for cv. Tommy Atkins and 1.14 kJ m⁻² for cv. Palmer and carnauba wax coating reduced the occurrence of chilling injury and the loss of fresh mass in both cultivars, besides contributing to the delay of ripening and to the maintenance the turgor. This treatment granted the highest antioxidant capacity to the pulp of mangoes 'Palmer' and enabled the increasing of its trading period up to 12 days. The chitosan coatings did not refrain from onset of chilling injury symptoms and gave the grayish red color to the peel.

Keywords: carnauba wax, chilling injury, enzymes, *Mangifera indica*, postharvest, hydrothermal treatment

1. INTRODUÇÃO

A manga é considerada uma importante fruta tropical, por seu excelente sabor, aroma e coloração exótica. No *ranking* dos maiores produtores mundiais, o Brasil ocupou a sétima colocação no ano de 2008, com a Índia e a China apresentando as maiores produções desta fruta. Os três principais compradores da manga brasileira são os Países Baixos (59,2%), Espanha (15,7%) e Portugal (10,1%) (FAO, 2011; FNP, 2011).

Das cultivares de importância comercial, a Tommy Atkins é a mais cultivada e exportada pelo Brasil, dada a sua boa produtividade, boa capacidade de adaptação a diferentes ambientes de cultivo, tolerância a doenças e boa conservação pós-colheita (CORREIA & ARAUJO, 2010). Outra cultivar que tem aumentado em importância é a Palmer, que tem se destacado devido a suas características de qualidade e preferência pelos consumidores (TEIXEIRA & DURIGAN, 2011).

Apesar do Brasil ocupar lugar de destaque na exportação desta fruta, sua presença no mercado internacional ainda é muito pequena, frente a quantidade produzida mundialmente (BRASIL-SECEX, 2011). Dentre os vários fatores que prejudicam o aumento de sua exportação estão: a baixa qualidade dos frutos, devido ao incorreto estágio de maturação na colheita; problemas com podridões pós-colheita, como antracnose e podridão peduncular; transporte inadequado; sensibilidade a temperaturas abaixo de 10 °C e o manuseio inadequado (COCOZZA, 2003).

Considerando que a via marítima é a mais utilizada e a economicamente mais interessante para a exportação da manga (MELLO et al., 2006), cuja vida útil é limitada, torna-se imprescindível desenvolver métodos que conservem esta fruta de maneira mais eficiente e adequada. A refrigeração é o método mais utilizado, sua susceptibilidade a injúrias pelo frio ou *chilling injury*, constitui uma das principais causas de perdas durante seu armazenamento e comercialização (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Várias soluções têm sido propostas visando não só o controle de doenças, mas também a proteção contra estas injúrias durante o período de transporte e comercialização (PINTO et al., 2004).

O uso do tratamento hidrotérmico tem sido exigido para evitar problemas com mosca das frutas, sua eficiência no controle de fungos e a proibição do uso de fungicidas na pós-colheita pelo *Food and Drug Administration*, em 1986 (USDA-APHIS, 2002), fez com que ele fosse estabelecido como método quarentenário para mangas exportadas para a Europa, Estados Unidos e Japão.

Apesar deste tratamento reduzir parte das desordens provocadas por fungos e pelo frio, pode acelerar ou inibir o amadurecimento, dependendo da variedade e de fatores externos, tais como ponto de colheita, duração do tratamento e da temperatura (KIM et al., 2007). Isto tem estimulado a procura de métodos alternativos ao químico, para o controle da deterioração causada por patógenos (GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2001). Dentre eles está o uso da radiação ultravioleta (190-280 nm) que tem se mostrado bastante interessante, pois além das evidências de controle de podridões e de redução nos danos pelo frio, também pode induzir o aumento na atividade antioxidante (VICENTE et al., 2005; GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2007b).

O uso de revestimentos a base de quitosana, além de ser capaz de substituir a cera de carnaúba é um produto que tem apresentado propriedades antimicrobianas (TRIPATHI & DUBEY, 2004). Alguns estudos já foram realizados sobre o efeito do uso da radiação ultravioleta e de revestimentos a base de quitosana, na conservação pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob baixas temperaturas (GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2001; JITAREERAT et al., 2007; GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2007a; ZHU et al., 2008; WANG et al., 2009), mas há poucos trabalhos com a variedade Palmer, apesar de sua importância crescente.

Visando estabelecer condições que viabilizem a exportação de mangas, com preservação de sua qualidade, este trabalho teve como objetivos determinar as combinações entre temperatura e tempo de armazenamento, capazes de ocasionar injúrias pelo frio em frutos das cvs. Tommy Atkins e Palmer; avaliar o impacto deste distúrbio no metabolismo e na qualidade dos frutos; testar o uso de tratamento hidrotérmico e de radiação ultravioleta (UV-C) na minimização ou eliminação dos danos e avaliar a eficiência do uso de quitosana como alternativa à cera, comumente aplicada após o tratamento hidrotérmico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos da cultura da mangueira

A manga (*Mangifera indica* L.) é um fruto originário da Ásia, mais precisamente do sudeste do continente asiático e ilhas circunvizinhas, sendo considerado um dos frutos tropicais de maior expressão econômica nos mercados nacional e internacional (XAVIER et al., 2009). Apresenta frutos na forma de drupas, com polpa carnosa e suculenta, com coloração amarela ou amarela-alaranjada e fibrosa em algumas variedades, enquanto outras têm pouca ou nenhuma fibra. Ela possui apenas uma semente, achatada de tamanho variável e, casca podendo variar de avermelhado ou vermelho-amarelado a verde, quando madura (LUCENA et al., 2007).

A composição química de sua polpa varia de acordo com as condições de cultivo, variedade e estágio de maturação, entre outros fatores, sendo reconhecida nutricionalmente como fonte das vitaminas A (carotenóides) e C (ácido ascórbico) e de polifenóis, cujos compostos são responsáveis por sua atividade antioxidante (THARANATHAN et al., 2006).

No Brasil, a região Nordeste destaca-se como a principal produtora, com 70,7% da produção brasileira, seguida pelas regiões Sudeste (27,2%), Norte (0,5%) e Centro-Oeste (0,4%). O principal estado produtor é a Bahia (40,9%), onde se destaca o Vale do São Francisco, seguido de São Paulo (18,0%), Pernambuco (17,0%) e Minas Gerais (8,2%) (FNP, 2011). No estado de São Paulo destacam-se os municípios de Monte Alto e Taquaritinga, cuja produção se concentra nos meses de setembro a janeiro, enquanto na região Nordeste ela se estende ao longo do ano (COSTA & SANTOS, 2004; RODRIGUES & SOARES, 2011).

2.2. Ponto de colheita

A manga é um fruto climatérico e se caracteriza por apresentar um crescimento rápido das células, com elevada atividade respiratória e com grande capacidade de acúmulo de reservas, na forma de amido (MANICA, 2001). Entretanto, sua qualidade para o consumo e capacidade de conservação pós-colheita depende, principalmente, do estágio de desenvolvimento do fruto no momento da colheita. Quando os frutos são colhidos precocemente, chegam ao local de consumo ainda no estágio verde e geralmente murcham, sem atingir a qualidade necessária para o consumo *in natura*. Quando colhidos tardiamente são muito susceptíveis a danos mecânicos durante o manuseio e chegam ao local de consumo senescentes. Estas duas situações resultam em perdas pós-colheita e se refletem em prejuízo para produtores e exportadores (LUCENA, 2006).

Vários parâmetros têm sido sugeridos para determinar a maturidade da manga, com base nos aspectos externo e físico e na composição química por ocasião da colheita. Todavia, esses índices variam bastante entre as cultivares, não podendo ser generalizados. De acordo com LUCAFÓ & BOTEON (2010), a manga para ser exportada deve apresentar coloração vermelha e brilhante, com fibras curtas e peso de 250-600 g, para o mercado dos EUA, enquanto os europeus dão preferência a frutos com 300-450 g. Frutas coloridas são as preferidas, pois o consumidor ocidental associa a cor verde com amadurecimento insuficiente. Mangas maduras, mas com coloração verde são mais consumidas por grupos étnicos de origem asiática.

A Embrapa recomenda a determinação do ponto de colheita baseada na coloração da casca do fruto, segundo a escala indicada pelo GTZ (1992), a qual varia de 1 a 5, ou seja: 1-verde escuro; 2-verde claro; 3-verde-amarelo; 4-amarelo-verde e 5-amarelo (ALVES et al., 2002).

Ainda, não se conhece nenhum método não destrutivo que determine a maturidade exata da manga. Aspectos externos da casca, como o fechamento das lenticelas, ápice mais cheio e arredondado, formação de bico em algumas variedades e ausência de cera (FILGUEIRAS, 2000), assim como o somatório das unidades de calor

(LUCENA, 2006), o formato (CASTRO NETO & REINHARDT, 2003) e o número de dias após a floração, têm sido recomendados, para a 'Tommy Atkins' (LUCENA et al., 2007). Métodos que usam a radiação infravermelha (SARANWONG et al., 2004), a espectroscopia (JHA et al., 2005), a acústica e a tomografia (BISCEGLI et al., 2000; RAJU et al., 2006) têm oferecido meios para se determinar, com maior exatidão, o estágio de maturação em mangas.

2.3. Injúria pelo frio ou *chilling injury*

O armazenamento refrigerado é uma ferramenta importante para o prolongamento da vida útil de frutos, possibilitando sua exportação por meios de transporte mais demorados, cujo frete tem custo menor, aumentando sua competição no mercado internacional (LIMA et al., 2006). Todavia, em frutos de origem tropical e subtropical, a refrigeração pode ocasionar o aparecimento de distúrbios fisiológicos que afetam negativamente sua qualidade, assim que eles são transferidos à condição ambiente (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

As injúrias pelo frio ou *chilling injury*, podem ocorrer em temperaturas entre 0 °C e 12 °C. Por definição, a ocorrência de dano pelo frio diferencia-se do dano por congelamento, por não apresentar a nucleação de gelo no interior das células (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Segundo KADER (2002), a manifestação destes sintomas em espécies de origem tropical ocorre quando o tecido é exposto à temperaturas abaixo de 12 °C.

O dano pelo frio pode ser definido como um conjunto de mudanças de ordem física e/ou fisiológica que ocorrem num dado tecido vegetal e que são induzidas pela baixa temperatura. O dano primário, em nível de ultraestrutura é semelhante entre os tecidos vegetais, sejam eles folhas ou frutos, e inclui a redução da corrente citoplasmática, desorganização e alteração na estrutura e funcionalidade do aparato mitocondrial, dos cloroplastos e do núcleo celular (KRATSCH & WISE, 2000). Dependendo do tempo de exposição dos tecidos à baixa temperatura este processo

pode ser reversível com a remoção da refrigeração (RAISON & ORR, 1990; SALTVEIT & MORRIS, 1990). Caso contrário podem ocorrer danos secundários ao metabolismo celular, os quais são irreversíveis e consequentes das injúrias primárias (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Em alguns casos, a breve exposição de um determinado tecido à baixas temperaturas pode não ocasionar o desenvolvimento dos sintomas enquanto o tecido é mantido sob refrigeração, porém estes aparecerão gradualmente após a remoção da refrigeração e exposição à temperaturas mais elevadas. Quanto mais baixa a temperatura a qual o tecido está exposto, menor o tempo de exposição necessário para desencadear o desenvolvimento dos sintomas. Sua exteriorização visual é variável dependendo da espécie submetida ao frio, do tipo de tecido, do estágio de maturação e dos fatores climáticos (CHITARRA & CHITARRA, 2005; KLUGE et al., 2002).

Em mangas, a sensibilidade ao frio limita o aumento do período de armazenamento, bem como a comercialização e o transporte de longa distância, devido à restrição quanto ao uso de temperaturas mais baixas (KADER & ARPAIA, 2002). Sua exposição a temperaturas inferiores a 7 °C ou a 13 °C, dependendo da cultivar e do ponto de colheita, resulta na formação de pontuações necróticas e de regiões deprimidas e descoloridas na epiderme. Além disso, outros sintomas como enrijecimento da polpa, ausência de aroma característico e amadurecimento anormal também são evidenciados, principalmente após a transferência dos frutos para temperaturas mais elevadas (NAIR & SINGH, 2009; PHAKAWATMONGKOL et al., 2004; WANG et al., 2008), o que inviabiliza sua comercialização, pois afeta não apenas a casca, mas o fruto por completo.

ZHAO et al. (2009) avaliaram a influência do ponto de colheita na magnitude dos danos ocasionados pelo frio em mangas 'Zihua' colhidas em três estágios de maturação e armazenadas a 2 °C por 12 dias, seguido de armazenamento a 25 °C por 2 dias, e observaram que a sensibilidade ao *chilling* diminui com o avanço do amadurecimento e que os frutos colhidos no estágio "de vez", por oferecerem maior resistência aos danos pelo frio apresentaram manutenção da qualidade e vida útil mais prolongada sob baixas temperaturas.

PHAKAWATMONGKOL et al. (2004), trabalhando com frutos de seis cultivares de manga ('Kaew', 'Rad', 'Okrong', 'Tongdum', 'Nam Dok Mai' e 'Nungklangwun') armazenados a 4 °C, 8 °C e 12 °C, constataram que, independente da cultivar, todos os frutos mantidos a 4 °C e 8 °C mostraram sintomas de injúrias pelo frio. A sensibilidade ao frio variou com a cultivar, pois eles determinaram que estas mangas podem ser armazenadas a 12 °C, por 5 dias ('Nam Dok Mai'), 10 dias ('Kaew'), 15 dias ('Tongdum'), 25 dias ('Nungklangwun' e 'Rad') e >30 dias ('Okrong'), com qualidade satisfatória.

2.4. Tecnologias empregadas para o retardo do desenvolvimento de injúrias pelo frio

A observação da temperatura mínima de segurança para o armazenamento de cada espécie de fruto sensível ao frio representa a principal forma de se evitar que as injúrias pelo frio se desenvolvam e comprometam seus atributos de qualidade, implicando em perdas durante o armazenamento e a comercialização. Como isso nem sempre é possível, alternativas têm sido estudadas para reduzir ou aliviar os sintomas de injúria pelo frio, de modo a possibilitar o melhor aproveitamento da refrigeração na conservação de frutos sensíveis (LURIE, 1998). As técnicas disponíveis são tratamentos de natureza física ou química ou da associação destes (SESTARI, 2010).

2.4.1. Tratamento térmico

Tratamentos térmicos têm sido utilizados como adjuvantes ao armazenamento refrigerado e podem ser realizados com água quente, por imersão ou aspersão de ar quente por curtos períodos, antes da exposição do produto à baixas temperaturas (FERGUSON et al., 2000; FALLIK, 2004).

A hidrotermia ou tratamento hidrotérmico é a técnica utilizada para desinfestação da mosca das frutas e controle de microrganismos fitopatogênicos (LURIE, 1998) e é uma das exigências para exportação de mangas aos Estados Unidos, Japão e Chile, cujos frutos devem ser tratados a 46,1 °C por 75 min (peso < 425 g) ou 90 min (peso > 425 g), assim como para os exportados ao Canadá e Europa, os quais devem ser imersos em água a 55 °C por 5 min (SIGRIST, 2004).

Os tratamentos térmicos, embora já reconhecidos como tratamentos quarentenários em vários países há várias décadas, podem atuar também na redução de sintomas de injúria pelo frio em mangas (PESIS et al., 1997; TASNEEM, 2004). Todavia, este efeito é dependente de fatores como: condições pré-colheita, termotolerância, transferência de calor, temperatura e duração da exposição, tamanho, características morfológicas do fruto, cultivar e estágio de maturação (FALLIK, 2004).

Os tratamentos térmicos podem, além de aumentar a tolerância dos frutos a baixas temperaturas, possibilitar seu armazenamento em temperaturas inferiores à recomendada (SCHIRRA et al., 2004). Este efeito é atribuído à indução de respostas ao estresse decorrente da elevação da temperatura nos tecidos do fruto, com fortalecimento das membranas celulares, devido à síntese de proteínas de choque térmico (HSP), impedindo ou prevenindo a perda de função e colapso celulares, usualmente presentes nos tecidos danificados pelo frio (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Além disso, estimulam a atividade de enzimas antioxidantes, prevenindo o acúmulo de radicais livres e o dano oxidativo (GASEMNEZHAD et al., 2008; SALA & LAFUENTE, 1999; ZHANG et al., 2005).

Entretanto, há relatos de que estes tratamentos promovem a perda da qualidade dos frutos, expressa pela intensificação da perda de peso, alteração na coloração, redução da resistência a patógenos, redução na firmeza, aceleração do amadurecimento ou bloqueio do mesmo, principalmente quando se tem manejo inadequado da temperatura. Além desses eventos pode ocorrer escaldadura superficial, *pitting* e, em casos severos, pode levar à produção de etanol e acetaldeído, que são tóxicos para a polpa (ALVES et al., 2002).

O efeito deste tratamento no amadurecimento de mangas pode ser variável (JACOBI et al., 2001). DIAS et al. (2005) verificaram que o tratamento hidrotérmico (55

°C/5 min), associado ao uso de fungicidas, foi eficiente no controle de antracnose em mangas 'Van Dyke' armazenadas ao ambiente (25 ± 2 °C e 70% UR), por 12 dias. Entretanto, ESGUERRA et al. (2006), ao avaliarem o uso de tratamentos térmicos no controle de doenças pós-colheita em mangas 'Carabao', constataram que os frutos submetidos à tratamento térmico rápido (59-60 °C/35-60 s), além de terem apresentado redução de 60% a 100% na incidência de doenças, não tiveram alterações no amadurecimento e nos atributos químicos, diferentemente dos frutos tratados a 52-55 °C por 10 min, que mostraram rápido amadurecimento e comprometimento da qualidade visual.

O tratamento térmico com água quente remove a fina camada de cera natural dos frutos, deixando-os sem brilho e susceptíveis à transpiração e ao enrugamento. Para evitar esta desidratação tem-se utilizado a proteção de ceras, que podem ser associadas à filmes plásticos (TEFERA et al., 2007).

2.4.2. Radiação ultravioleta (UV-C)

Alguns processos não térmicos vêm sendo aplicados para a preservação de alimentos sem causar os efeitos adversos do uso do calor. Um desses processos é a radiação de alimentos com luz ultravioleta de ondas curtas (UV-C), que tem sido bastante estudada por sua eficiência como tratamento sanitizante da água e da superfície de diversos materiais (LÓPEZ-MALO & PALOU, 2005).

A radiação ultravioleta tem efeito microbicida se for utilizada com intensidade e por tempo de exposição suficientes. Fontes com comprimentos de onda inferiores a 200 nm são ineficientes, pois elas são rapidamente absorvidas pelo oxigênio e pela água. As radiações na faixa de 210 e 330 nm, na qual se encontra a UV-C, são mais eficientes como germicidas pois são absorvidas pelas proteínas e ácidos nucleicos, provocando o rompimento de cromossomos, mutações genéticas e inativação de enzimas e, conseqüentemente, a morte da célula (CARDOSO, 2007).

Esse tratamento se destaca por não deixar resíduos, não ter restrições legais, ser letal para uma ampla variedade de microrganismos, induzir resistência em frutos, além de ser um processo a seco e a frio, simples, eficaz e de baixo custo (RIVERA-PASTRANA et al., 2007). Contudo, sua principal limitação é o baixo poder de penetração desta radiação em sólidos. Por esta razão, sua aplicação tem sido recomendada para o tratamento superficial de produtos onde as atividades microbiana e enzimática ocorrem, principalmente, na superfície (GARDNER & SHAMA, 2000).

A radiação ultravioleta de onda curta (UV-C) tem sido utilizada como alternativa para o controle de podridões pós-colheita. Baixas doses de radiação (UV-C) podem ser empregadas para reduzir a deterioração em pêssegos (COUTINHO et al., 2003) e morangos (PAN et al., 2004). Além disso, ela tem se mostrado benéfica para retardar os processos associados ao amadurecimento (BARKA et al., 2000a) e na redução dos danos ocasionados pelo frio (VICENTE et al., 2005).

Esta radiação causa estresse biológico nas plantas e ativa seu sistema de defesa levando-as à produção de fitoalexinas. O acúmulo de fitoalexinas pode ser acompanhado pela indução de outros mecanismos de defesa, tais como: modificações na parede celular; produção de enzimas de defesa, como a fenilalanina amônia-liase e a lipoxigenase (BARKA, 2001); e ativação do sistema antioxidante, o qual é benéfico à saúde humana. GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001) constataram, em mangas, que a radiação ultravioleta (UV-C) induziu o acúmulo de poliaminas, as quais preveniram a oxidação e os danos à membrana celular, assim como reduziram os sintomas de injúria pelo frio e a deterioração.

GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2007a), estudando o emprego de radiação ultravioleta (UV-C) no prolongamento da vida útil de mangas 'Haden' armazenadas sob condição ambiente (25 °C), verificaram que este tratamento é uma boa alternativa ao controle de doenças pós-colheita, graças à sua propriedade de ativar o sistema fenilpropanóide.

GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001) também avaliaram o efeito da aplicação de radiação ultravioleta (UV-C) em mangas 'Tommy Atkins' previamente armazenadas a 5 °C por 14 dias, seguido de armazenamento ao ambiente por 7 dias e constataram que ela suprimiu o aparecimento de sintomas de danos pelo frio, além de ter propiciado a

manutenção da qualidade dos frutos ao longo de todo o período de conservação. Acrescentaram que o uso deste tratamento é comercialmente viável e possível de uso em *packing-houses*, assim como no armazenamento refrigerado e na comercialização.

2.5. Revestimentos

A aplicação de revestimentos na superfície de frutas confere brilho e melhora a aparência das mesmas, tornando-as mais atraentes para o consumidor, além de reduzir as perdas de umidade, prolongar a vida útil e prevenir a deterioração microbiana (SALVADOR et al., 2003).

Os recobrimentos comestíveis criam uma atmosfera modificada no interior do fruto constituindo uma barreira semipermeável ao vapor de água e a gases, e é uma alternativa interessante aos filmes plásticos (ROJAS-ARGUDO et al., 2005). Os materiais mais utilizados em sua composição são os lipídios (ceras de parafina, de abelhas e de carnaúba e óleos vegetais e minerais), os polissacarídeos (celulose, pectina, amido, carragena, quitosana) e as proteínas (caseína, gelatina) (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Estes recobrimentos também promovem proteção física contra injúrias; retêm componentes voláteis relacionados ao odor e ao sabor; além de poder incorporar agentes antiescurecimento e antimicrobianos, fornecendo segurança e aumentando o período de conservação dos produtos (LEE et al., 2003).

O uso de emulsão aquosa a base de cera de carnaúba é uma prática empregada comercialmente, como tratamento pós-colheita em mangas, com o propósito de repor a barreira natural cuticular removida pelas operações de lavagem ou tratamento térmico (ASSIS, 2004). Trata-se de um produto obtido de uma palmeira brasileira (*Copernicia cerifera*), comercializado sob várias marcas, em diferentes concentrações e misturas. Pode ser aplicada em produtos nos quais se consome a casca, por ser atóxica e ser considerada segura pelos órgãos internacionais (HAGENMAIER & BAKER, 1994).

Um produto que está sendo proposto como recobrimento é a quitosana, a qual é um aminopolissacarídeo obtido da desacilação da quitina, que é um dos mais abundantes polímeros naturais presentes em crustáceos. É uma fibra animal, que tem sido comprovada como atóxica e biodegradável (DUTTA et al., 2007).

A quitosana pode exercer dupla função, interferindo diretamente no crescimento do patógeno e ativando várias respostas de defesa pelo tecido vegetal (DEVLIEGHERE et al., 2004). Em relação às propriedades fungistática e fungicida, contra patógenos de vários frutos e vegetais, a quitosana possui diferentes mecanismos de ação que incluem o acúmulo de quitinase, a síntese de inibidores de proteinase, a lignificação, a indução à síntese de calose, a elicitação da produção de fitoalexinas e peróxido de hidrogênio e a indução da atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (BAUTISTA-BAÑOS et al., 2006).

JITAREERAT et al. (2007) verificaram que a aplicação de quitosana a 1,5% e 2,0% mostrou-se inibitória ao *Colletotrichum gloeosporioides* em mangas e que seu uso, independente da concentração, retardou o amadurecimento, reduziu a atividade respiratória e a produção de etileno, assim como a perda de massa fresca e os teores de ácido ascórbico e de acidez titulável.

ZHU et al. (2008), estudando o efeito da quitosana na qualidade de mangas 'Tainong' armazenadas a 15 °C verificaram que sua aplicação na concentração de 2% mostrou-se efetiva no controle de podridões pós-colheita, no retardo do amadurecimento e na redução da deterioração dos frutos ao longo do armazenamento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Experimentos 1 e 2: Determinação dos binômios tempo x temperatura capazes de ocasionar injúria pelo frio em mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer'

Mangas 'Tommy Atkins' (Experimento 1) e 'Palmer' (Experimento 2) foram colhidas em 13/11/2009 e 27/01/2010, respectivamente, no estádio "de vez" ou entre os graus 2 e 3 (ALVES et al., 2002), em pomar comercial localizado no município de Monte Alto-SP. Em seguida, foram cuidadosa e imediatamente transportadas, por 20 km, até o Laboratório de Tecnologia dos Produtos Agrícolas da FCAV/UNESP, onde tiveram seus pedúnculos padronizados em 10-20 mm. Foram lavadas com detergente neutro, enxaguadas em água corrente e novamente selecionadas, eliminando-se as desuniformes. Na sequência, os frutos foram tratados com fungicida Magnate 500 EC[®] (Imazalil a 50%) a 2 mL L⁻¹ a 10 °C, por 2 min (SANTOS, 2008), sendo os da 'Tommy Atkins' armazenados em expositores regulados a 2±1 °C (74,8±15,9% UR), 5±1,2 °C (75,4±13,2% UR) e 12±1,1 °C (76,4±14,2% UR) (testemunha) e os da 'Palmer' a 2±0,4 °C (75,7±15,6% UR), 5±1 °C (73,8±12,8% UR) e 12±0,9 °C (82±9,7% UR) (testemunha) por 4 semanas, sendo amostrados a cada 7 dias. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, perfazendo um total de 15 tratamentos por cultivar, com três repetições, constituídas de dois frutos cada. Por ocasião das amostragens um grupo de cada tratamento da cv. Tommy Atkins foi transferido para condição de ambiente (22,3 °C; 62,8% UR), por mais 5 dias, simulando o período de comercialização. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, totalizando 27 tratamentos, com três repetições, constituídas de dois frutos cada. Para a cv. Palmer, este período se prolongou por sete dias (22,9 °C; 62,3% UR), segundo o mesmo delineamento, totalizando 36 tratamentos.

Durante o armazenamento inicial, os frutos foram analisados no 0 dia (inicial) e semanalmente, mas depois de levados ao ambiente, esta análise passou a ser feita a cada 2 dias. Eles foram sempre avaliados quanto ao murchamento, coloração da casca

e da polpa, ocorrência de podridões, danos pelo frio, perda de massa fresca, firmeza da polpa e intensidade respiratória. Na polpa se determinava os teores de sólidos solúveis, ácido ascórbico e acidez titulável.

Amostras da polpa dos frutos, de cada tratamento, foram imediatamente congeladas em N₂ líquido e armazenadas a -18 °C para serem analisadas, posteriormente, quanto aos teores de açúcares solúveis e redutores e atividade das enzimas polifenoloxidase, peroxidase e fenilalanina amônia-liase.

Os resultados obtidos durante o armazenamento refrigerado, das duas cultivares, foram analisados em esquema fatorial 3 x 5, em que o primeiro fator correspondeu às temperaturas de armazenamento (2 °C, 5 °C e 12 °C) e o segundo ao tempo de armazenamento refrigerado (0, 7, 14, 21 e 28 dias), enquanto os obtidos após a transferência dos frutos à condição de ambiente para a 'Tommy Atkins', foram analisados em esquema fatorial 3 x 3 x 3 (3 temperaturas: 2 °C, 5 °C e 12 °C; 3 tempos de armazenamento refrigerado: 7, 14 e 21 dias e 3 períodos de armazenamento sob condição de ambiente: 1, 3 e 5 dias) e os da 'Palmer' em esquema fatorial 3 x 3 x 4 (3 temperaturas: 2 °C, 5 °C e 12 °C; 3 tempos de armazenamento refrigerado: 7, 14 e 21 dias e 4 períodos de armazenamento sob condição de ambiente: 1, 3, 5 e 7 dias).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e comparação das médias pelo teste de Tukey, sendo os obtidos do armazenamento ao ambiente também submetidos à regressão polinomial para análise dos fatores quantitativos (PIMENTEL-GOMES, 2002).

3.2. Experimentos 3 e 4: Inibição de danos pelo frio em mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' com uso do tratamento térmico e da radiação ultravioleta (UV-C)

Mangas 'Tommy Atkins' (Experimento 3) e 'Palmer' (Experimento 4) foram colhidas em 03/11/10 e 04/01/11, respectivamente, no estádio "de vez" ou entre os graus 2 e 3 (ALVES et al., 2002), em pomar comercial localizado no município de Monte

Alto-SP. Em seguida, foram cuidadosa e imediatamente transportadas, por 20 km, até o Laboratório de Tecnologia dos Produtos Agrícolas da FCAV/UNESP, onde tiveram seus pedúnculos padronizados em 10-20 mm. Foram lavadas com detergente neutro, enxaguadas em água corrente e novamente selecionadas, eliminando-se as desuniformes.

Um conjunto de frutos foi submetido aos tratamentos hidrotérmicos, que constaram de imersão em água a 46,1 °C, por 90 min (YAHIA & PEDRO-CAMPOS, 2000) e a 55 °C por 5 min (FILGUEIRAS, 2000), seguido de resfriamento em água com fungicida Magnate 500 EC[®] (Imazalil a 50%) a 2 mL 1 L⁻¹, a 10 °C, por 2 minutos (SANTOS, 2008). Outro conjunto foi primeiramente tratado com fungicida e, na sequência, exposto à radiação ultravioleta (UV-C), com energia de 5,44 J s⁻¹ m⁻² e exposição por 3,5 e 7,0 minutos, que implicou em 1,14 kJ m⁻² e 2,28 kJ m⁻², respectivamente.

O tratamento com luz ultravioleta (UV-C) foi realizado em equipamento especialmente construído na forma de caixa. Utilizou-se 8 lâmpadas G15T8 (marca Phillips) de 15 W ($\lambda = 250-280$ nm), dispostas paralelamente, sendo 4 na parte superior e 4 na parte inferior de uma caixa de madeira (0,32 m³) revestida com papel alumínio. Os frutos foram dispostos sobre uma rede de nylon posicionada a uma distância de 15 cm da fonte de luz, pelo tempo estabelecido. As intensidades das doses de radiação foram estabelecidas adequando-se a distância entre a fonte luminosa e a rede de nylon e o tempo de exposição, e foram determinadas com o auxílio de um radiômetro (RS-232, modelo MRUR-203, Instrutherm).

Para avaliar a eficiência dos tratamentos, dois lotes de frutos somente imersos em solução contendo fungida Magnate 500 EC[®] (Imazalil a 50%) foram armazenados a 12 °C (controle), que é a temperatura recomendada para o armazenamento de mangas (KADER, 2002), e outro foi armazenado a 5 °C ou sob condição de injúria pelo frio (testemunha).

O armazenamento dos frutos da cv. Tommy Atkins, com exceção dos do controle, foi feito a 5±0,8 °C por 14 dias, conforme os resultados obtidos no Experimento 1, enquanto para os da 'Palmer' foi realizado outro teste para o estabelecimento do binômio, com base nos resultados indicados no Experimento 2, em

que no 7º dia do armazenamento sob condição de injúria, os frutos já apresentavam 35,1-55% da superfície da casca com injúrias (notas 6-7). No teste os frutos foram armazenados por 2, 4 e 6 dias, seguido da transferência para a condição de ambiente. Como sintomas de danos foram detectados a partir do 4º dia sob refrigeração, em que as mangas apresentavam 1,5% da superfície da casca contendo injúrias (nota 2), enquanto no 6º dia sob refrigeração, os frutos já exteriorizavam 42,4% da casca com injúrias, optou-se pelo binômio $5 \pm 1,0$ °C por 4 dias.

Ao final do período de armazenamento refrigerado, os frutos das cvs. Tommy Atkins e Palmer foram transferidos para a condição de ambiente ($21,9 \pm 0,6$ °C e $55 \pm 2,3\%$ UR ou $20,6 \pm 0,5$ °C e $52,3 \pm 2,2\%$ UR, respectivamente) e armazenados por até 1 semana.

Durante o armazenamento refrigerado, os frutos das duas cultivares foram analisados no início (dia 0) e depois de 14 ('Tommy Atkins') ou 4 dias ('Palmer'). Após serem transferidos para a condição de ambiente as análises foram feitas a cada 2 dias. Eles foram analisados quanto ao murchamento, coloração da casca e da polpa, ocorrência de podridões, danos pelo frio, perda de massa fresca, firmeza da polpa e intensidade respiratória. Na polpa se determinou os teores de sólidos solúveis, ácido ascórbico e acidez titulável.

Amostras da polpa e da casca dos frutos de cada tratamento foram imediatamente congeladas em N₂ líquido e armazenadas a -18 °C para serem avaliadas, posteriormente, quanto à atividade das enzimas polifenoloxidase, peroxidase e fenilalanina amônia-liase, bem como quanto aos teores de polifenóis extraíveis totais. Além destas análises, na polpa também foram quantificados os teores de açúcares solúveis e redutores, assim como a atividade antioxidante total, no sistema β -caroteno/ácido linoléico e usando-se a metodologia da captura do radical livre ABTS.

A intensidade respiratória foi determinada nos frutos mantidos sob refrigeração, no início e no 13º dia ('Tommy Atkins') ou no 3º dia ('Palmer') e, depois de transferidos para a condição de ambiente controlado a cada dois dias (0, 2, 4 e 6 dias), sendo os resultados analisados somente quanto ao erro padrão.

Os resultados obtidos durante o armazenamento refrigerado, das duas cultivares, foram analisados em esquema fatorial 2 x 6, em que o primeiro fator correspondeu ao

tempo de armazenamento (0 e 14 dias ou 0 e 4 dias) e o segundo aos tratamentos (5 °C - testemunha; 12 °C - controle; 55 °C/5 min; 46,1 °C/90 min; UV-C/1,14 kJ m⁻² e UV-C/2,28 kJ m⁻²), com três repetições, constituídas de 2 frutos cada.

Após serem transferidos da refrigeração para a condição de ambiente controlado foi adotado o esquema fatorial 6 x 4, com três repetições (2 frutos cada), em que o primeiro fator correspondeu aos tratamentos e o segundo ao tempo de armazenamento ao ambiente (1, 3, 5 e 7 dias).

Os dados, independente da condição de armazenamento (refrigerado ou ao ambiente), foram submetidos à análise de variância pelo teste F e comparação das médias pelo teste de Tukey (PIMENTEL-GOMES, 2002).

3.3. Experimentos 5 e 6: Conservação de mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' com uso de cera de carnaúba e de revestimentos a base de quitosana

Mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' colhidas em 26/11/10 e 18/01/11, seguindo os procedimentos de seleção, padronização dos pedúnculos, lavagem e tratamento com fungicida, descritos nos Experimentos 3 e 4, foram expostas à radiação ultravioleta (UV-C) a 2,28 kJ m⁻² ('Tommy Atkins') e a 1,14 kJ m⁻² ('Palmer'). Um lote destas mangas foi reservado e o outro se associou a radiação UV-C ao uso dos seguintes revestimentos: cera de carnaúba (18% de sólidos solúveis) aplicada por imersão por 1 min, seguido de secagem ao ar; dispersões de quitosana (>90% de desacetilação, Sigma - Aldrich) a 1,0% e 1,5% (ZHU et al., 2008), preparadas de acordo com o procedimento descrito por JIANG & LI (2001).

Para avaliar a eficiência dos tratamentos, um lote de frutos somente imersos em solução contendo fungida Magnate 500 EC[®] (Imazalil a 50%) foi armazenado a 5 °C ou sob condição de injúria pelo frio (testemunha).

Os frutos submetidos aos diferentes tratamentos foram armazenados sob a condição promotora de injúria, estabelecida nos Experimentos 1 e 2, ou seja, 5±0,8

°C/14 dias ('Tommy Atkins') e $5 \pm 1,0$ °C/4 dias ('Palmer'). Ao final do período de armazenamento, todos os lotes foram transferidos para a condição de ambiente controlado, sendo a 'Tommy Atkins' a $22 \pm 0,9$ °C, $46,3 \pm 5,1\%$ UR, por 7 dias, e a 'Palmer' a $22,6 \pm 0,9$ °C, $52,3 \pm 2,9\%$ UR, por até 12 dias.

Durante o armazenamento refrigerado, os frutos das duas cultivares foram analisados no início (dia 0) e depois de 14 ou 4 dias, respectivamente. Após serem transferidos para a condição de ambiente as análises foram feitas a cada 2 dias. Eles foram analisados quanto ao murchamento, coloração da casca e da polpa, ocorrência de podridões, danos pelo frio, perda de massa fresca, firmeza da polpa e intensidade respiratória. Na polpa se determinou os teores de sólidos solúveis, ácido ascórbico e acidez titulável.

Amostras da polpa e da casca dos frutos de cada tratamento foram imediatamente congeladas em N₂ líquido e armazenadas a -18 °C para serem avaliadas, posteriormente, quanto à atividade das enzimas polifenoloxidase, peroxidase e fenilalanina amônia-liase, bem como quanto aos teores de polifenóis extraíveis totais. Além destas análises, na polpa também foram quantificados os teores de açúcares solúveis e redutores, assim como a atividade antioxidante total, no sistema β -caroteno/ácido linoléico e usando-se a metodologia da captura do radical livre ABTS.

A intensidade respiratória foi determinada nos frutos mantidos sob refrigeração, no início e no 13º dia ('Tommy Atkins') ou no 3º dia ('Palmer') e, depois de transferidos para a condição de ambiente controlado a cada dois dias (0, 2, 4 e 6 dias), sendo os resultados analisados somente quanto ao erro padrão.

Os resultados obtidos durante o armazenamento refrigerado, das duas cultivares, foram analisados em esquema fatorial 2 x 5, em que o primeiro fator correspondeu ao tempo de armazenamento (0 e 14 dias ou 0 e 4 dias) e o segundo aos tratamentos (testemunha; UV-C/2,28 kJ m⁻² ou UV-C/1,14 kJ m⁻²; cera; quitosana a 1,0% e quitosana a 1,5%), com três repetições, constituídas de 2 frutos cada.

Depois da transferência para condição de ambiente, a análise dos resultados das mangas 'Tommy Atkins' foi feita adotando-se esquema fatorial 5 x 4, com três repetições, em que o primeiro fator correspondeu aos tratamentos e o segundo ao tempo de armazenamento (1, 3, 5 e 7 dias). Nas mangas 'Palmer', os resultados foram

submetidos à análise de regressão e o modelo polinomial foi selecionado observando-se a significância do teste F para cada modelo e os coeficientes de determinação maiores que 0,70 (SOUNIS, 1975).

3.4. Análises

a) *Murchamento*: foi avaliado mediante a atribuição de notas, adotando-se os seguintes valores: 3= frutos túrgidos; 2= frutos com sinais de murchamento; 1= frutos murchos. Considerou-se a nota 2 como o valor limite de aceitação (SANTOS, 2008).

b) *Coloração da casca e da polpa*: foi determinada usando-se colorímetro Minolta CR 400, tomando-se uma leitura de cada face na região equatorial da casca e da polpa de cada fruto. Os resultados foram expressos em luminosidade (L^*), ângulo Hue e cromaticidade (MINOLTA CORP., 1994).

c) *Danos pelo frio*: foram determinados objetivamente, com o auxílio de programa de manipulação de imagens *Paint.net*. Efetuou-se a seleção manual das áreas dos frutos com sintomas, a partir de fotos tiradas em cada dia de análise, das quais cada uma continha um quadrado com dimensões conhecidas (0,6 cm x 0,6 cm), utilizado como referência na conversão da área indicada pelo programa (cm^2) em área afetada. Calculando-se a relação entre a área afetada e a área total do fruto, calculou-se a percentagem de área afetada. Estes dados foram relacionados com a escala de notas proposta por WHANGCHAI et al. (2000): 1= sem sintomas visíveis de injúria; 2= 2-5% da superfície danificada; 3= 5,1-15% da superfície injuriada; 4= 15,1-25% da superfície injuriada; 5= 25,1-35% da superfície injuriada; 6= 35,1-45% da superfície injuriada; 7= 45,1-55% da superfície injuriada; 8= >55% da superfície dos frutos contendo depressões e escaldadura. Considerou-se a nota 5 como o valor limite para sua comercialização.

d) *Incidência de podridões*: foi avaliada visualmente contando-se o número de mangas com presença de podridões, cujas lesões tinham diâmetro superior a 0,5 cm. Os

resultados foram expressos em porcentagem e previamente transformados segundo a função arco-seno $\sqrt{x/100}$, para efeito de análise estatística (NISHIJIMA et al., 1992).

e) *Perda acumulada de massa fresca*: foi determinada por pesagem em balança Marte mod. AS 2000, o que permitiu expressar as variações em porcentagem.

f) *Firmeza da polpa*: foi determinada utilizando-se penetrômetro marca Bishop FT 327 provido de ponteira de 0,8 cm, aplicado em dois pontos equidistantes na região equatorial do fruto, após a remoção da casca, sendo os resultados expressos em Newton (N).

g) *Atividade respiratória*: foi determinada colocando-se dois frutos em recipiente hermeticamente fechado com capacidade de 3 L, contendo septo de silicone na tampa. O frasco foi fechado por uma hora, com coleta de alíquotas de 0,3 mL da atmosfera interna deste recipiente, antes e após o fechamento, a qual foi analisada em cromatógrafo a gás GC Finnigan 9001 (SANTOS, 2008). Os resultados foram expressos em mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

h) *Acidez titulável (AT)*: foi quantificada de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2005) e os resultados expressos em gramas de ácido cítrico 100 g⁻¹ de polpa.

i) *Sólidos solúveis (SS)*: este teor foi quantificado na polpa, por leitura direta em refratômetro digital Atago (PR-101, Palette), cujos resultados foram expressos em °Brix (AOAC, 2005).

j) *Ácido ascórbico*: foi doseado em 10 gramas de polpa triturada, adicionada de 70 mL de ácido oxálico a 0,5%, a 5 °C, que após agitação e filtração, teve seu volume completado para 100 mL com ácido oxálico a 0,5%, frio. A quantificação foi feita através de titulometria com solução de 2,6 dicloro-fenol-indofenol de sódio, de acordo com STROHECKER & HENNING (1967) e os resultados expressos em mg 100 g⁻¹.

Amostras da polpa dos frutos de cada tratamento, de todos os experimentos, foram imediatamente congeladas em N₂ líquido e armazenadas a -18 °C para serem posteriormente avaliadas quanto:

a) *Açúcares solúveis e redutores (AS e AR)*: foram doseados em extrato obtido de polpa homogeneizada, conforme o proposto por POLLOCK & JONES (1979), sendo os teores de açúcares solúveis determinados segundo o descrito por DUBOIS et al. (1956) e os

de redutores, segundo MILLER (1959). Os resultados foram expressos em gramas de glicose 100 g^{-1} .

b) *Polifenóis extraíveis totais (PEXT)*: foi determinado segundo o método proposto por OBANDA & OWUOR (1997), com os resultados expressos em mg de ácido gálico 100 g^{-1} .

c) *Atividade da peroxidase (POD, EC 1.11.1.7) e da polifenoloxidase (PPO, EC 1.10.3.2)*: foram determinadas no sobrenadante de amostras homogeneizadas em tampão fosfato de potássio a 0,2 M, pH 6,7 e centrifugadas a 10.000 rpm, por 10 minutos, a 4 °C. A atividade da peroxidase foi determinada segundo o método indicado por LIMA et al. (1999) com leitura a 505 nm e expressa em μmol de H_2O_2 degradado $\text{min}^{-1}\text{ g}^{-1}$. A atividade da polifenoloxidase foi quantificada no mesmo extrato, mas com a utilização do fenol como substrato e leitura a 420 nm, com expressão em μmol de fenol degradado $\text{min}^{-1}\text{ g}^{-1}$ (TEIXEIRA et al., 2007a).

d) *Atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL, EC 4.3.1.5)*: a obtenção do extrato e o doseamento foram feitos utilizando-se o método de CAHILL & McCOMB (1992), com os resultados expressos em $\text{nmol h}^{-1}\text{ mg proteína}^{-1}$, na polpa e em $\mu\text{mol h}^{-1}\text{ mg proteína}^{-1}$, na casca.

e) *Proteínas solúveis*: este conteúdo foi quantificado nos extratos da PPO, POD e PAL para que se pudesse calcular a atividade específica. Esta quantificação foi feita usando-se uma adequação do teste de BRADFORD (1976). Reagiu-se 0,1 mL dos extratos, sob agitação, com 1 mL do reagente de Bradford. Após 5 minutos, foi efetuada a leitura da absorbância a 595 nm e os resultados expressos em $\text{mg proteína g}^{-1}$.

f) *Atividade antioxidante total pela captura do radical livre ABTS*: foi determinada pelo método da captura do radical 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico) ou ABTS de acordo com RUFINO (2008), com os resultados expressos em $\mu\text{M Trolox g}^{-1}$.

g) *Atividade antioxidante total no sistema β -caroteno/ácido linoléico*: foi determinada segundo RUFINO (2008), com os resultados expressos em porcentagem de inibição.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento 1: Determinação dos binômios tempo x temperatura capazes de ocasionar injúria pelo frio em mangas 'Tommy Atkins'

4.1.1. Avaliação da qualidade dos frutos durante o armazenamento refrigerado

Durante o armazenamento, os frutos mantidos a 2 °C e 5 °C se mostraram comercializáveis até o 28º dia (nota 2), enquanto os armazenados a 12 °C até o 21º dia e, no 28º dia estavam murchos e com a qualidade visual comprometida, nota 1 (Tabela 1), que foi atribuída ao amadurecimento e à senescência.

Tabela 1. Murchamento* de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 2 °C (74,8% UR), 5 °C (75,4% UR) e 12 °C (76,4% UR), por até 28 dias.

Tempo (dia)	2 °C	5 °C	12 °C
0	3	3	3
7	3	3	3
14	2	2	2
21	2	2	2
28	2	2	1

*Notas: 3= frutos túrgidos; 2= frutos com sinais de murchamento; 1= frutos murchos.

Não foram detectadas podridões nos frutos mantidos a 2 °C e a 5 °C durante todo o período de armazenamento. Por outro lado, nos armazenados a 12 °C foi observada a presença de podridões no 21º dia (50,0%), sendo que no 28º dia, 83,3% do lote estava comprometido, o que impossibilitou sua transferência à condição de ambiente. Resultados semelhantes também foram relatados por MOHAMMED & BRECHT (2002).

Foram detectados sintomas de injúrias pelo frio ou *chilling injury*, na casca dos frutos armazenados a 2 °C e 5 °C, a partir do 14º e 21º dia de armazenamento, respectivamente (Tabela 2). No 21º dia, as mangas armazenadas a 2 °C se

encontravam no limite de comercialização (nota 5), enquanto as mantidas a 5 °C apresentaram-se inaceitáveis para a venda no 28º dia (nota 8). Não foram visualizados sintomas de danos pelo frio nos frutos armazenados a 12 °C. NUNES et al. (2007) relataram que mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 2 °C, por 15 dias, apresentaram sintomas de danos pelo frio de leve a moderado, indicados por pequenas manchas ou escaldadura. No entanto, DING et al. (2007) só observaram sintomas de injúrias em mangas 'Zill', após 20 dias de armazenamento a 5 °C.

Tabela 2. Danos pelo frio* em mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 2 °C (74,8% UR), 5 °C (75,4% UR) e 12 °C (76,4% UR), por até 28 dias.

Tempo (dia)	2 °C	5 °C	12 °C
0	1	1	1
7	1	1	1
14	2	1	1
21	5	4	1
28	8	8	1

*Notas de danos pelo frio: 1= sem sintomas visíveis de injúria; 2= 2-5% da superfície danificada; 3= 5,1-15% da superfície injuriada; 4= 15,1-25% da superfície injuriada; 5= 25,1-35% da superfície injuriada; 6= 35,1-45% da superfície injuriada; 7= 45,1-55% da superfície injuriada; 8= >55% da superfície dos frutos contendo depressões e escaldadura.

A atividade respiratória dos frutos armazenados a 2 °C e a 5 °C reduziu de 69,60 mLCO₂ kg⁻¹ h⁻¹ e 125,17 mLCO₂ kg⁻¹ h⁻¹ para 6,38 mLCO₂ kg⁻¹ h⁻¹ e 10,29 mLCO₂ kg⁻¹ h⁻¹, em 7 dias, respectivamente, e se manteve praticamente inalterada, como resultado do resfriamento (Figura 1). Nos frutos mantidos a 12 °C, esta atividade apresentou tendência de aumento com o avanço do período de armazenamento, com pico no 14º dia. Estes resultados indicam o efeito do resfriamento na redução da atividade metabólica dos frutos, o que influencia a produção de CO₂.

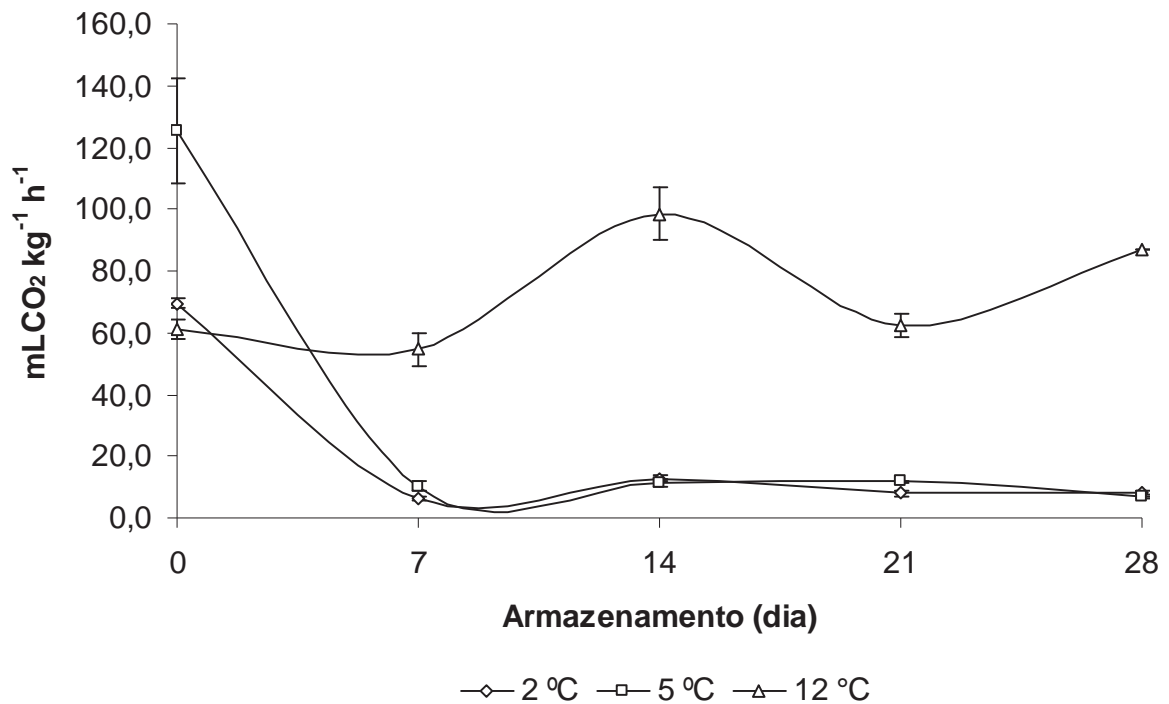


Figura 1. Atividade respiratória de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 2 °C (74,8% UR), 5 °C (75,4% UR) e 12 °C (76,4% UR), por até 28 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média.

A perda de massa foi mais acentuada nas mangas mantidas a 12 °C, a partir do 14º dia (Tabela 3), a qual pode ser atribuída à maior intensidade no metabolismo, o que favorece o aumento na transpiração (PORTER et al., 2003). Não foi observada diferença significativa na intensidade de perda de massa entre os frutos armazenados a 2 °C ou 5 °C, até o 21º dia. Após este período, os frutos mantidos a 2 °C apresentaram perda mais acentuada. Estes resultados concordam com os relatados por NUNES et al. (2007), que também não observaram diferenças significativas na perda de massa fresca em mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 2 °C ou 5 °C, por 20 dias.

Tabela 3. Valores médios de perda de massa fresca (%) de mangas 'Tommy Atkins', em função das temperaturas e do tempo de armazenamento.

Temperatura	Tempo de armazenamento (dia)				
	0	7	14	21	28
2 °C	0,00 dA	1,47 cA	2,70 bcAB	3,95 abB	5,30 aB
5 °C	0,00 dA	0,97 cdA	1,95 bcB	2,94 abB	3,88 aC
12 °C	0,00 eA	1,80 dA	3,78 cA	5,78 bA	7,87 aA

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Na Tabela 4 pode ser observado que a partir do 7º dia de armazenamento ocorreu o escurecimento da casca e comprometimento da síntese de pigmentos nos frutos armazenados a 2 °C ou 5 °C, cujo comportamento foi expresso pelos menores valores de luminosidade e cromaticidade, respectivamente, o que é coincidente com o desenvolvimento dos sintomas de dano pelo frio (Tabela 2). Logo, pode-se dizer que a temperatura de armazenamento influenciou significativamente a taxa de escurecimento e a síntese de pigmentos da casca, uma vez que mostraram valores inferiores aos encontrados nos frutos armazenados a 12 °C. Entretanto, observou-se que houve desenvolvimento da coloração característica da cultivar, indicada pela cor amarelo-avermelhada, o que é concordante com o constatado por NUNES et al. (2007).

Tabela 4. Coloração da casca de mangas 'Tommy Atkins', em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Temperatura	Tempo de armazenamento (dia)				
	0	7	14	21	28
Luminosidade (L*)					
2 °C	49,31 aA	31,62 bA	37,13 bB	36,33 bB	38,11 bB
5 °C	49,31 aA	33,63 bA	36,98 bB	40,28 abB	34,98 bB
12 °C	49,31 abA	35,60 cA	46,16 bA	55,82 aA	51,92 bA
Ângulo Hue					
2 °C	69,96 aA	44,40 abcB	22,49 cA	43,68 bcA	55,63 abA
5 °C	69,96 aA	34,86 cB	42,07 bcA	64,86 abA	45,59 abcA
12 °C	69,96aA	72,11 aA	36,23 bA	50,81 abA	56,43 abA
Cromaticidade					
2 °C	20,95 aA	20,67 aAB	14,05 aB	14,14 aB	14,26 aB
5 °C	20,95 bA	26,14 aA	13,99 bB	19,95 abB	16,61 bB
12 °C	20,95 bA	15,62 bB	31,67 aA	38,00 aA	34,00 aA

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A luminosidade (L^*) da polpa foi influenciada pelas temperaturas e pela duração do tempo de armazenamento, sendo que os frutos conservados a 12 °C apresentaram polpa mais escurecida a partir do 14º dia (Tabela 5). Isso pode ser consequência do estágio de amadurecimento mais avançado, o qual é modulado pela condição de armazenamento (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Tabela 5. Coloração da polpa de mangas 'Tommy Atkins', em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Temperatura	Tempo de armazenamento (dia)				
	0	7	14	21	28
Luminosidade (L^*)					
2 °C	73,13 bA	77,26 abA	78,79 aA	77,89 aA	76,33 abA
5 °C	73,13 aA	75,65 aA	73,92 aB	74,88 aA	75,45 aA
12 °C	73,13 bA	79,32 aA	69,15 aB	68,01 cB	67,78 cB
Ângulo Hue					
2 °C	90,13 bA	92,51 bA	99,42 aA	95,48 abA	93,17 abA
5 °C	90,13 bA	96,38 abA	99,32 aA	91,60 bAB	92,26 bA
12 °C	90,13 bA	97,48 aA	87,97 bB	88,38 bB	87,62 bA
Cromaticidade					
2 °C	52,80 aA	46,65 bA	42,09 bB	44,33 bA	46,42 bA
5 °C	52,80 aA	43,96 bAB	37,76 cB	44,74 bA	46,80 bA
12 °C	52,80 aA	41,21 cB	50,88 abA	45,37 bcA	49,31 abA

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

O ângulo Hue manteve-se inalterado durante o armazenamento, independente da temperatura (Tabela 5), apesar de diferenças atribuíveis à amostragem, indicando que a coloração amarela e característica da polpa foi mantida. Em relação à cromaticidade também não se observou efeito significativo da temperatura de armazenamento refrigerado, o que é um indicativo de que a síntese de pigmentos na polpa não foi comprometida. Todavia, com o avanço do período de refrigeração verificou-se diminuição nos valores de cromaticidade das mangas armazenadas a 2 °C e a 5 °C, o que pode ser atribuído ao efeito das baixas temperaturas, que retardaram as transformações nos pigmentos. O observado é concordante com o enunciado por O'HARE (1995), que a coloração da polpa de mangas pode ser influenciada pela temperatura de armazenamento, e por HIDALGO et al. (1997), que acrescentaram que diferenças na intensidade da cor não são consequência de danos pelo frio.

A firmeza foi significativamente afetada pela temperatura de armazenamento e pelo período de conservação (Tabela 6). Analisando-se o efeito da temperatura sobre a firmeza, notaram-se diferenças significativas a partir do 7º dia de armazenamento, com os frutos conservados a 2 °C ou 5 °C apresentando polpa mais firme. Ao longo do período de armazenamento, verificou-se incremento nos valores de firmeza no 7º ou 14º dia, nos mantidos a 5 °C ou 2 °C, respectivamente. Tal comportamento sugere que a atividade das enzimas responsáveis pelo amolecimento da polpa foi limitada nestas temperaturas ou que houve retrogradação do amido, diferindo do observado nas mangas armazenadas a 12 °C, que apresentaram diminuição nos valores com o avanço dos dias, indicando amadurecimento normal. Resultados semelhantes foram relatados por NAIR & SINGH (2009) em mangas ‘Kensington Pride’ armazenadas a 0, 5, 10, 15 e 20 °C por 28 dias.

Tabela 6. Firmeza da polpa de mangas ‘Tommy Atkins’, em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Temperatura	Tempo de armazenamento (dia)				
	0	7	14	21	28
2 °C	54,49 cA	75,29 bcA	91,72 abA	90,99 abA	111,59 aA
5 °C	54,49 bA	89,76 aA	81,67 aA	78,73 abA	96,62 aA
12 °C	54,49 bA	86,58 aA	54,20 bB	23,55 cB	13,98 cB

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os teores de ácido ascórbico não foram significativamente afetados pelas condições de armazenamento ou pelo tempo de armazenamento (Tabela 7). A preservação desses teores pode ser atribuída à refrigeração que retardou os eventos associados ao amadurecimento e senescência (THÉ et al., 2001).

Tabela 7. Teor de ácido ascórbico (mg 100 g⁻¹) em mangas ‘Tommy Atkins’, em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Temperatura	Tempo de armazenamento (dia)				
	0	7	14	21	28
2 °C	16,27 bA	15,23 bA	18,48 bA	27,34 aA	15,87 bA
5 °C	16,27 bA	15,22 bA	18,58 abA	21,59 aB	15,00 bA
12 °C	16,27 abA	15,32 abA	20,26 aA	15,19 bC	14,41 bA

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os teores de sólidos solúveis (SS) nos frutos armazenados a 2 °C e a 5 °C mantiveram-se estáveis com o avanço dos dias (Tabela 8), indicando o efeito do uso de baixas temperaturas no retardo do metabolismo do vegetal (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Nos frutos mantidos a 12 °C observou-se aumento no conteúdo de açúcares solúveis entre o 7º e 14º dias, seguido de estabilização, sinalizando a ocorrência do amadurecimento. Analisando-se o efeito da temperatura, verificou-se que a partir do 7º dia, os frutos mantidos a 12 °C foram os que apresentaram os maiores conteúdos de açúcares, indicando que estes frutos se encontravam em estágio de maturação mais avançado. Resultados semelhantes foram relatados por ACOSTA et al. (2000) em mangas ‘Haden’ armazenadas a 13 °C por 28 dias.

Tabela 8. Teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e *Ratio* (SS/AT) em mangas ‘Tommy Atkins’, em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Temperatura	Tempo de armazenamento (dia)				
	0	7	14	21	28
SS (°Brix)					
2 °C	7,57 aA	7,30 aA	7,30 aB	7,50 aB	6,97 aB
5 °C	7,57 aA	7,10 aA	7,00 aB	7,77 aB	6,97 aB
12°C	7,57 bA	8,07 bA	13,97 aA	13,37 aA	13,90 aA
AT (g ácido cítrico 100 g⁻¹)					
2 °C	1,061 bA	1,381 abA	1,334 abA	1,558 abA	1,623 aA
5 °C	1,061 bA	1,510 abA	1,582 aA	1,197 abAB	1,407 abA
12 °C	1,061 aA	1,043 abA	0,787 bB	1,004 abB	0,937 abB
Ratio (SS/AT)					
2 °C	7,19 aA	5,29 aA	5,48 aB	5,01 aB	4,38 aB
5 °C	7,19 aA	4,89 aA	4,67 aB	6,56 aAB	5,52 aB
12 °C	7,19 aA	5,88 bA	22,21 aA	14,06 abA	14,90 abA

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Na Tabela 8 tem-se também que os teores de acidez titulável (AT) não foram alterados durante o armazenamento a 5 °C ou 12 °C, diferindo da tendência de aumento constatada nos frutos mantidos a 2 °C. Em relação à temperatura de armazenamento, verificou-se que as mangas conservadas a 12 °C apresentaram valores de acidez menores a partir do 7º dia, indicando a tendência normal de diminuição nesses teores durante o amadurecimento (MEDLICOTT et al., 1986).

HIDALGO et al. (1997) observaram manutenção nos teores de acidez em mangas 'Manila', armazenadas a 6 °C e a 12 °C.

Quanto ao *Ratio* (SS/AT) observou-se que a partir do 7º dia, os frutos armazenados a 12 °C apresentaram valores significativamente superiores aos frutos mantidos a 2 °C ou a 5 °C, o que é o resultado dos maiores conteúdos de açúcares e dos menores de acidez (Tabela 8). Essa relação é um importante atributo qualitativo, uma vez que indica o gosto do produto, o qual é resultado da interação entre os componentes responsáveis pelos sabores doce e ácido (MATTIUZ, 2002). O observado permite inferir que os frutos mantidos a 12 °C apresentavam sabor mais agradável que os frutos conservados a 2 °C e a 5 °C.

Os teores de açúcares redutores (AR) e solúveis (AS) foram significativamente influenciados pela temperatura de armazenamento, com os frutos armazenados a 12 °C apresentando os maiores teores a partir do 14º dia (Tabela 9). Observou-se também que durante o período de armazenamento os teores de AR aumentaram, porém com menor magnitude nos frutos conservados a 2 °C e a 5 °C. No entanto, os teores de AS, nestes frutos não aumentaram significativamente como nos armazenados a 12 °C, o que é um indicativo que a temperatura pode ter afetado a degradação do amido, retardando a sua conversão em açúcares (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Tabela 9. Teores de açúcares redutores (AR) e solúveis (AS) em mangas 'Tommy Atkins', em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Temperatura	Tempo de armazenamento (dia)				
	0	7	14	21	28
AR (g glicose 100 g⁻¹)					
2 °C	2,67 abA	2,56 bA	2,51 bB	2,79 abB	3,06 aB
5 °C	2,67 bA	2,86 bA	2,69 bB	2,77 bB	3,42 aB
12 °C	2,67 cA	2,75 cA	3,41 bA	3,92 abA	4,33 aA
AS (g glicose 100 g⁻¹)					
2 °C	8,40 abA	6,13 bA	6,43 bB	8,47 abB	9,71 aB
5 °C	8,40 abA	6,90 bA	6,78 bB	7,70 abB	10,30 aB
12 °C	8,40 bA	7,54 bA	13,94 aA	13,42 aA	14,84 aA

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

A atividade da peroxidase (POD) não foi significativamente influenciada pela temperatura de armazenamento, porém observou-se que ela apresentou aumento nos

primeiros sete dias, seguido de diminuição até o 14º dia e manutenção (Tabela 10). Estes resultados indicam que a ocorrência de danos pelo frio na casca não implicou em alteração na atividade da POD na polpa. TREJO-MÁRQUEZ et al. (2010) não verificaram relação entre a referida enzima e o desenvolvimento dos sintomas de *chilling injury* em mangas 'Keitt' armazenadas a 5 °C e a 20 °C por 25 dias.

Tabela 10. Atividades das enzimas peroxidase (POD), polifenoloxidase (PPO) e fenilalanina amônia-liase (PAL) na polpa de mangas 'Tommy Atkins', em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Temperatura	Tempo de armazenamento (dia)				
	0	7	14	21	28
POD ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ degradado $\text{g}^{-1} \text{min}^{-1}$)					
2 °C	0,0011 bA	0,0015 aA	0,0004 cdA	0,0003 dB	0,007 cA
5 °C	0,0011 bA	0,0016 aA	0,0006 cA	0,0008 bcA	0,0008 cA
12 °C	0,0011 abA	0,0015 aA	0,0005 dA	0,0008 cdA	0,0009 bcA
PPO ($\mu\text{mol fenol degradado g}^{-1} \text{min}^{-1}$)					
2 °C	4,563 aA	2,792 bA	2,604 bB	2,510 bB	2,432 bB
5 °C	4,563 aA	2,410 bA	3,640 abA	4,254 aA	3,596 abA
12 °C	4,563 aA	2,171 bA	2,719 abB	4,508 aA	2,260 bB
PAL ($\text{nmol h}^{-1} \text{mg proteína}^{-1}$)					
2 °C	60,78 abA	64,21 aA	46,28 bA	35,3 cA	52,39 bB
5 °C	60,78 aA	67,70 aA	42,72 bA	27,50 cA	62,21 aA
12 °C	60,78 aA	54,01 abB	30,58 bB	17,46 cB	24,04 cC

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A atividade da polifenoloxidase (PPO) manteve-se inalterada nos frutos mantidos a 5 °C, enquanto os conservados a 2 °C e a 12 °C apresentaram decréscimo significativo (Tabela 10), sugerindo que a presença de danos pelo frio na casca não indica incremento nos níveis desta enzima na polpa e que tais sintomas são abrandados nesta porção do fruto (CHHATPAR et al., 1971). Observou-se ainda que as mangas armazenadas a 2 °C se caracterizaram pela menor atividade enzimática a partir do 14º dia, o que pode ser um indicativo que esta temperatura limitou a atividade da PPO.

A atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) foi mantida nos frutos a 2 °C e a 5 °C, até o 7º dia, seguido de diminuição até o 21º dia e de retorno aos níveis iniciais no 28º dia, enquanto nos conservados a 12 °C a diminuição na sua atividade foi contínua e expressiva a partir do sétimo dia (Tabela 10). Os frutos mantidos a 12 °C sempre

apresentaram atividade significativamente menor que os armazenados a 2 °C e a 5 °C, sugerindo aumento na produção de monômeros de lignina (BOUDET, 2000), os quais são catalisados por esta enzima, contribuindo com o enrijecimento da polpa (İPEKÇI et al., 1999).

4.1.2. Avaliação da qualidade dos frutos após transferência à condição de ambiente

As mangas armazenadas sob refrigeração por 28 dias não foram levadas a condição de ambiente, pois as mantidas a 2 °C e 5 °C não tinham condição para a comercialização.

Quando se transferiu os frutos mantidos sob refrigeração para a condição de ambiente controlado (22,3 °C, 62,8% UR), observou-se que há uma relação entre a temperatura e o tempo de armazenamento no murchamento (Tabela 11). Nesta fase, as mangas a 2 °C mantiveram-se aceitáveis (notas 3-2) até o 3º dia, após terem sido armazenadas por 7 e 14 dias sob refrigeração, enquanto as armazenadas a 5 °C e a 12 °C apresentaram sinais de murchamento (nota 2) no 5º dia. Quando se armazenou a 2 °C ou 5 °C por 21 dias, os frutos se mostraram comercializáveis apenas no 1º dia (nota 2), enquanto nos previamente conservados a 12 °C, este período foi prolongado por até 5 dias.

Tabela 11. Murchamento* de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 2 °C (74,8% UR), 5 °C (75,4% UR) e 12 °C (76,4% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento a 22,3 °C (62,8% UR), por 1, 3 e 5 dias.

Período no ambiente (dia)	Temperatura de armazenamento								
	2 °C			5 °C			12 °C		
	7	14	21	7	14	21	7	14	21
1	2	2	2	3	3	2	3	3	2
3	2	2	1	3	3	1	3	3	2
5	1	1	1	2	2	1	2	2	2

*Notas: 3= frutos túrgidos; 2= frutos com sinais de murchamento; 1= frutos murchos.

Observou-se que quanto mais baixa a temperatura e mais prolongado o período de armazenamento refrigerado, maior a severidade dos sintomas de injúria pelo frio após a transferência dos frutos à condição de ambiente (Tabela 12, Figura 2). Mangas previamente armazenadas a 2 °C por 7 dias, no 5º dia de armazenamento ao ambiente já apresentavam 25,1-35% da superfície injuriada, ou seja, já se encontravam no limite de aceitação comercial, enquanto os frutos conservados previamente a 5 °C tornaram-se inaceitáveis para a venda, somente após 14 dias de armazenamento refrigerado, seguido de 5 dias em temperatura ambiente. Não foram detectados sintomas de dano pelo frio nos frutos previamente armazenados a 12 °C. NUNES et al. (2007) também detectaram sintomas severos de injúria pelo frio em mangas 'Tommy Atkins', armazenadas a 2 °C por 15 dias e expostas por 7 dias à condição de ambiente (20 °C, 26-50% UR).

Tabela 12. Danos pelo frio* em mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 2 °C (74,8% UR), 5 °C (75,4% UR) e 12 °C (76,4% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,3 °C (62,8% UR), por 1, 3 e 5 dias.

Período no ambiente (dia)	Temperatura de armazenamento								
	2 °C			5 °C			12 °C		
	7	14	21	7	14	21	7	14	21
1	2	4	6	2	2	5	1	1	1
3	4	6	8	3	5	7	1	1	1
5	5	8	8	4	6	8	1	1	1

*Notas de danos pelo frio: 1= sem sintomas visíveis de injúria; 2= 2-5% da superfície danificada; 3= 5,1-15% da superfície injuriada; 4= 15,1-25% da superfície injuriada; 5= 25,1-35% da superfície injuriada; 6= 35,1-45% da superfície injuriada; 7= 45,1-55% da superfície injuriada; 8= >55% da superfície dos frutos contendo depressões e escaldadura.

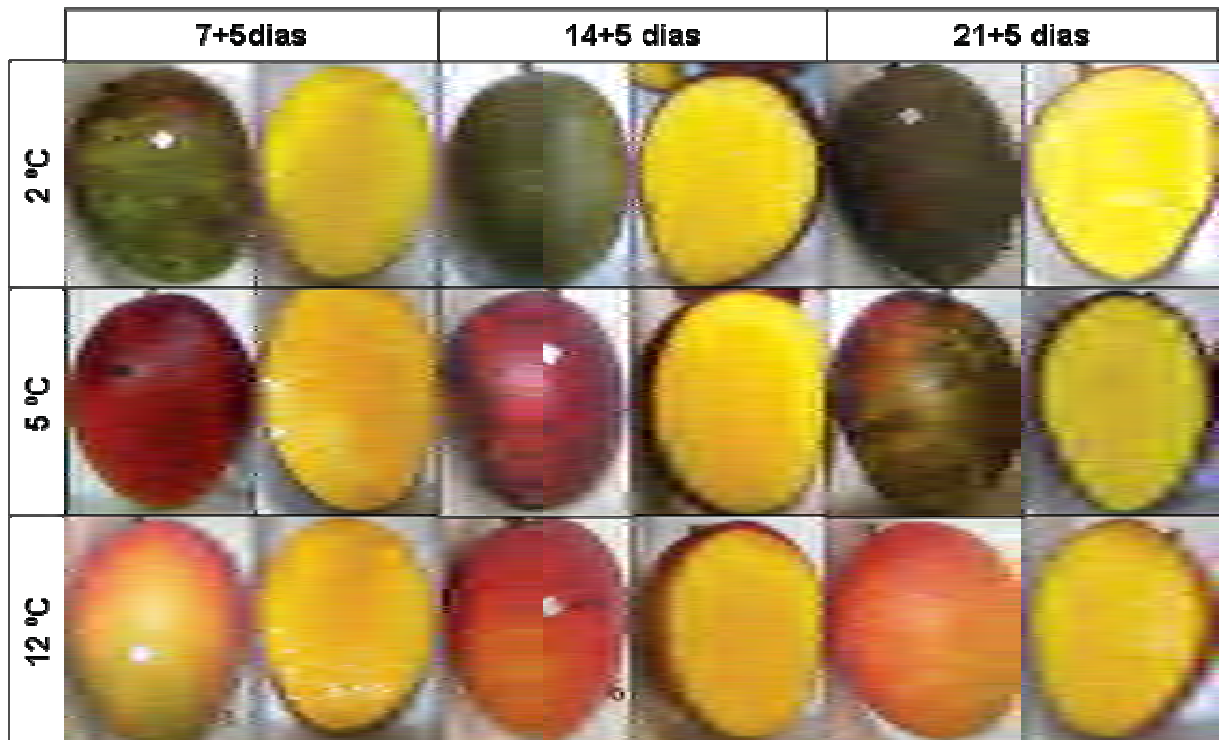


Figura 2. Aspecto da casca e da polpa de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 2 °C (74,8% UR), 5 °C (75,4% UR) e 12 °C (76,4% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,3 °C (62,8% UR), por 5 dias.

Os frutos apresentaram atividades respiratórias distintas para os três períodos de armazenamento refrigerado (Figura 3). Mangas mantidas por 7 dias a 2 °C, 5 °C e 12 °C (Figura 3A), quando levadas ao ambiente, apresentaram aumento nesta atividade, com pico em dois dias, para então decrescer, cuja resposta foi menos acentuada nas previamente armazenadas a 12 °C.

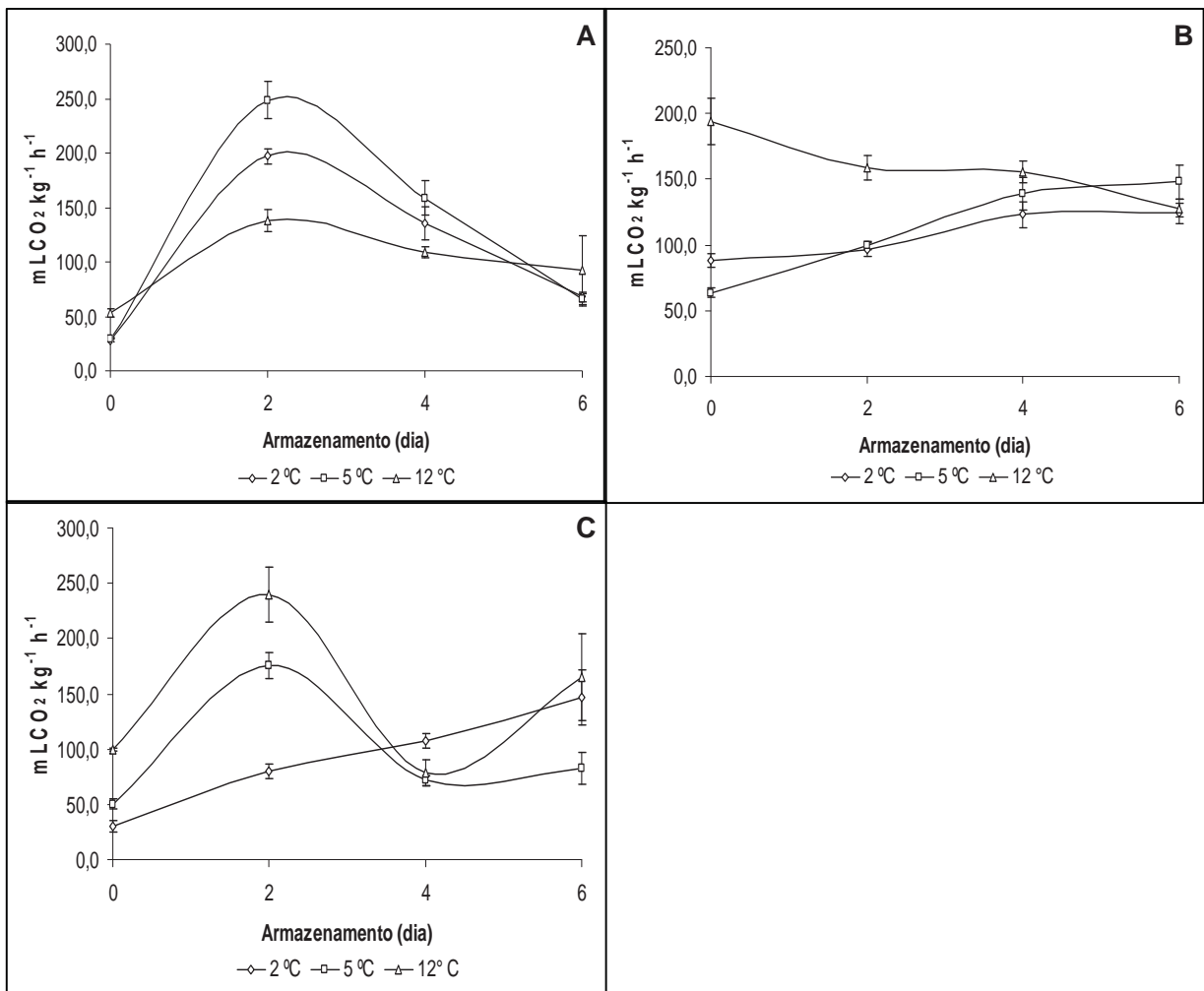


Figura 3. Atividade respiratória em mangas ‘Tommy Atkins’ armazenadas a 2 °C (74,8% UR), 5 °C (75,4% UR) e 12 °C (76,4% UR) por 7(A), 14(B) e 21(C) dias, seguido de armazenamento a 22,3 °C (62,8% UR), por até 6 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média.

Após a transferência para condição de ambiente, mangas armazenadas por 14 dias, a 2 °C e 5 °C apresentaram incremento na atividade respiratória (Figura 3B), o que não foi verificado nos frutos que estavam armazenados a 12 °C. Este aumento na respiração dos frutos que estavam armazenados a 2 °C e 5 °C, além de ser devido ao aumento no metabolismo causado pela maior temperatura, indica o efeito do dano pelo frio no metabolismo dos mesmos.

Frutos armazenados por 21 dias, a 5 °C e 12 °C, quando transferidos ao ambiente, apresentaram aumento na atividade respiratória com pico em 2 dias (Figura 3C). Este comportamento não foi observado naqueles previamente mantidos a 2 °C,

apesar de terem apresentado incremento na respiração. Tais resultados sinalizam que a temperatura de 2 °C modificou o metabolismo dos frutos, levando-os a ausência de pico climatérico. Segundo KLUGE et al. (2002), o uso de baixas temperaturas de armazenamento, mesmo não sendo letais aos tecidos, pode alterar o metabolismo, levando a desordens fisiológicas.

A intensidade de perda de massa fresca foi diretamente proporcional ao tempo de armazenamento refrigerado e ao ambiente, ou seja, quanto mais extensos estes períodos, maiores foram as perdas de peso, independentemente da temperatura de conservação (Tabela 13).

Embora tenha sido observada diferenças significativas entre os períodos de armazenamento nas três temperaturas testadas, pode-se afirmar que os valores encontrados estiveram abaixo dos valores críticos de perda de massa indicados por NUNES et al. (2007). Estes autores afirmaram que perdas entre 7% e 9% são o limite máximo à aceitabilidade de mangas 'Tommy Atkins'.

Verificou-se que quanto maior a temperatura de armazenamento prévio e mais extenso o período de conservação sob refrigeração e ao ambiente, maior foi a incidência de podridões (Tabela 13), o que limitou a conservação dos frutos previamente armazenados a 12 °C (Figura 4A). Resultados semelhantes foram relatados por ACOSTA et al. (2000) em mangas 'Haden' armazenadas a 13 °C por até 28 dias.

A luminosidade da casca (L_c) foi significativamente afetada pela temperatura do armazenamento refrigerado e pelos tempos sob refrigeração e ao ambiente (Tabela 13). Os frutos mantidos previamente sob condição de injúria pelo frio (2 °C e a 5 °C) exibiram casca mais escurecida que os conservados a 12 °C, o que pode ser atribuído à ocorrência dos sintomas de dano por *chilling*, que se caracterizam pela formação de manchas escuras na casca (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Com o avanço do período de refrigeração houve aumento nos valores de luminosidade, sendo esta tendência significativa apenas a 12 °C ($y = 38,4481 + 0,81166x$; $R^2 = 0,9864^{**}$), o que reforça a ausência de visualização de danos.

Tabela 13. Parâmetros de qualidade em mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 2 °C (74,8% UR), 5 °C (75,4% UR) e 12 °C (76,4% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,3 °C (62,8% UR), por 1, 3 e 5 dias.

<i>Temperatura (Temper)</i>	PM¹	Podridão¹	L_c¹	Hue_c¹	Croma_c¹	L_p¹	Hue_p¹	Croma_p¹	Firmeza¹
2 °C	1,81 a	18,52 b	41,40 b	46,05 a	17,84 b	71,33 a	90,75 a	51,62 a	55,97 a
5 °C	1,48 c	18,52 b	43,41 b	51,18 a	20,42 b	71,85 a	91,27 a	50,76 a	54,17 a
12 °C	1,66 b	48,15 a	49,88 a	49,83 a	32,09 a	68,12 b	87,82 b	51,56 a	28,65 b
F	**	**	**	NS	**	**	**	NS	**
<i>Tempo de refrigeração (Tarm)</i>									
7 dias	1,50 c	11,11 b	43,73 b	43,65 b	21,78 b	70,81 a	90,02 a	50,53 b	52,61 a
14 dias	1,67 b	33,33 ab	44,68 ab	45,78 b	23,80 ab	70,13 a	89,87 a	49,89 b	41,19 b
21 dias	1,78 a	40,74 a	46,29 a	57,63 a	24,77 a	70,37 a	89,94 a	53,51 a	45,00 ab
F	**	*	*	**	*	NS	NS	**	*
<i>Tempo ao ambiente (Tamb)</i>									
1 dia	0,00 c	12,96 b	43,18 b	47,56 a	20,79 b	74,07 a	93,04 a	49,06 b	73,81 a
3 dias	1,54 b	24,07 ab	45,35 a	46,59 a	23,84 a	70,86 b	89,94 b	52,55 a	48,76 b
5 dias	3,41 a	48,15 a	46,17 a	52,91 a	25,72 a	66,37 c	86,85 c	52,33 a	16,23 c
F	**	**	**	NS	**	**	**	**	**
<i>Interações</i>									
Temper x Tarm	**	*	**	*	**	*	**	NS	**
Temper x Tamb	**	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	*
Tarm x Tamb	**	NS	*	**	*	*	**	*	**
Temper x Tarm x Tamb	**	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	**

¹ PM = perda de massa (%); Podridão (%); L_c = luminosidade da casca; Hue_c = ângulo hue da casca; Croma_c = cromaticidade da casca; L_p = luminosidade da polpa; Hue_p = ângulo Hue da polpa; Croma_p = cromaticidade da polpa; Firmeza (N).

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey. NS = não significativo; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

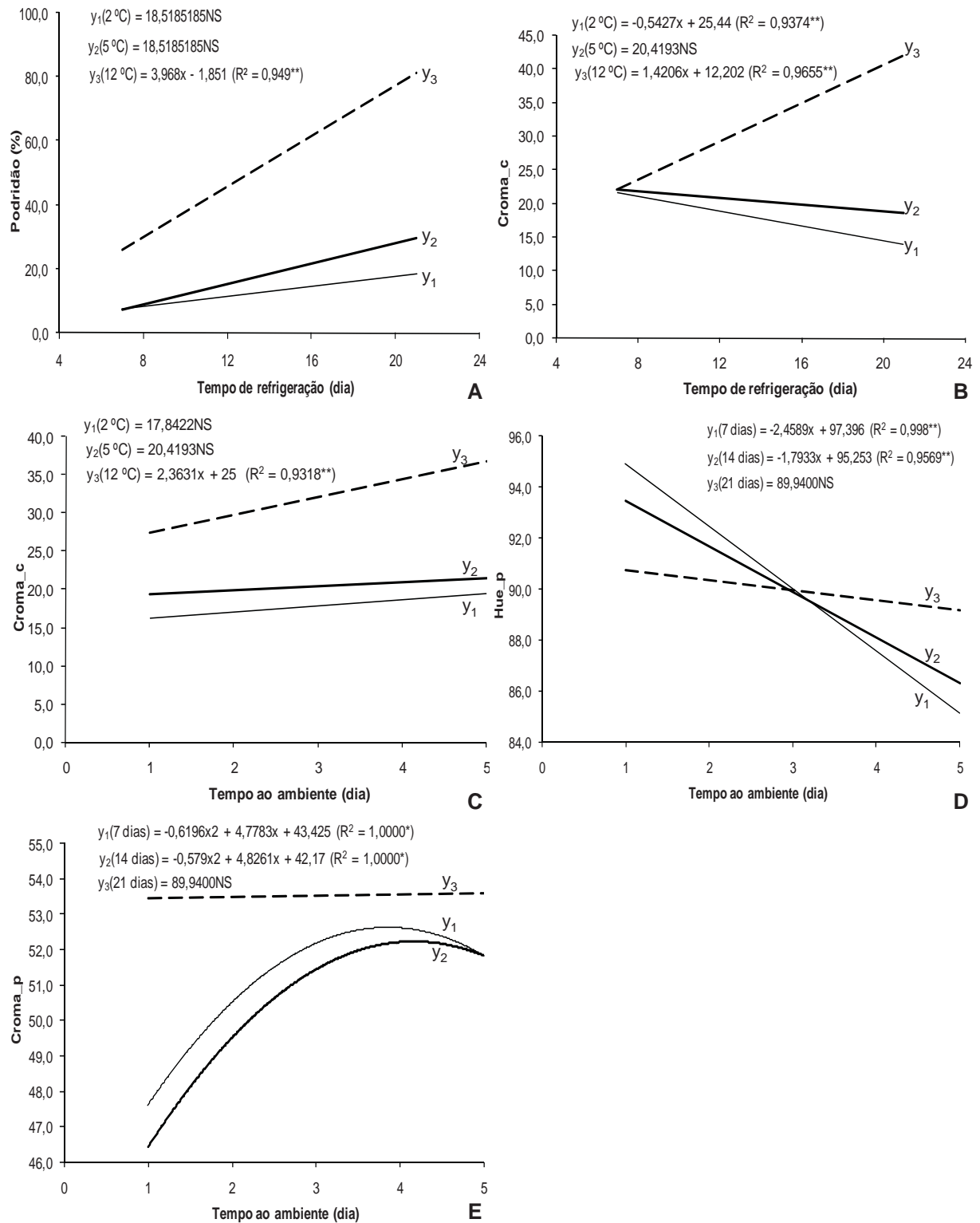


Figura 4. Variação nos atributos de qualidade em mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 2 °C (74,8% UR), 5 °C (75,4% UR) e 12 °C (76,4% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,3 °C (62,8% UR), por 1, 3 e 5 dias.

O ângulo Hue da casca (Hue_c) somente foi influenciado pelo tempo de refrigeração, cujo comportamento se caracterizou por aumento nos valores com o avanço do período de conservação, indicando que a casca se tornou mais amarela, independentemente da temperatura de armazenamento (Tabela 13). NUNES et al. (2007) constataram que houve alterações na coloração da casca de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 2 °C, 5 °C e 12 °C, por 16 dias, porém estas ocorreram mais rapidamente nos frutos mantidos a 12 °C, as quais se caracterizaram pela cor amarelo-avermelhada.

A cromaticidade da casca (Croma_c) foi significativamente influenciada pela temperatura, pelo tempo de refrigeração e pelo período de conservação ao ambiente (Tabela 13). Os frutos previamente armazenados a 12 °C apresentaram aumento expressivo na síntese de pigmentos ao longo dos 21 dias de armazenamento sob refrigeração, cuja tendência continuou após sua transferência à temperatura ambiente e, é característica do amadurecimento (Figuras 4B, 4C). Os conservados a 2 °C tiveram a pigmentação da casca comprometida durante o armazenamento refrigerado, enquanto nos mantidos a 5 °C, a síntese de pigmentos não apresentou alteração significativa durante os períodos de refrigeração e de ambiente. De acordo com SAKS et al. (1999), a cromaticidade em mangas tende a aumentar durante o armazenamento, particularmente em frutos armazenados a temperaturas acima de 5 °C, o que também foi verificado neste trabalho.

A análise conjunta das variáveis que compõem a coloração da casca indicou que as mangas armazenadas a 12 °C se caracterizaram pela cor vermelha, a qual foi diferente da observada nas mantidas a 2 °C e a 5 °C, que tendeu ao vermelho acinzentado. Os parâmetros que definem a coloração também são indicadores da perda de qualidade, pois mudanças na coloração original, escurecendo e/ou adquirindo outra tonalidade, levam à menor aceitação do produto (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A luminosidade da polpa (L_p) foi significativamente influenciada pela temperatura do armazenamento prévio e pelo tempo de conservação ao ambiente (Tabela 13). Mangas armazenadas a 12 °C se caracterizaram pelos menores valores de L* na polpa, indicando ocorrência de escurecimento, cujo comportamento se prolongou após sua transferência ao ambiente ($y = 71,5048 - 0,24166x$; $R^2 = 0,8535^*$), enquanto

as mantidas a 2 °C e a 5 °C apresentaram polpa mais clara e manutenção dos valores de luminosidade, depois de levadas ao ambiente.

O ângulo Hue da polpa (Hue_p) foi influenciado pelos mesmos fatores da variável L_p, indicando que os frutos conservados a 12 °C já apresentavam polpa com coloração alaranjada, que é a característica de frutos maduros, durante o armazenamento refrigerado, enquanto os mantidos sob temperaturas mais baixas exibiam coloração amarelada, que evoluiu para a alaranjada após a transferência ao ambiente, independentemente da condição de armazenamento prévio (Tabela 13). Observou-se também que alterações expressivas no desenvolvimento da coloração da polpa ocorreram até o 14º dia de armazenamento refrigerado, seguido da transferência ao ambiente (Figura 4D).

O aumento do período de conservação sob refrigeração e o tempo de armazenamento ao ambiente tiveram influência na cromaticidade da polpa (Croma_p), cujo comportamento se caracterizou por aumento na síntese de pigmentos (Tabela 13). Tal qual o observado para o ângulo Hue, verificou-se que alterações significativas na pigmentação da polpa ocorreram até o 14º dia de armazenamento refrigerado, seguido da transferência ao ambiente (Figura 4E), o que é um indicativo de que a coloração das mangas, no 21º dia, já tinha se desenvolvido.

Esses resultados indicam que a coloração da polpa desenvolveu-se normalmente em todas as temperaturas do armazenamento sob refrigeração e que a manifestação dos sintomas de injúria pelo frio se restringiu à casca (Figura 2), o que é concordante com o relatado por MORAIS & ASSIS (2004).

Observou-se que a firmeza foi significativamente influenciada pelas temperaturas de armazenamento e pelos tempos sob refrigeração e ao ambiente (Tabela 13). Frutos mantidos a 12 °C apresentaram polpa mais macia, como consequência da maior atividade das enzimas hidrolíticas, cuja atividade é modulada pela temperatura (DILLEY, 1970). Entretanto, com o avanço do armazenamento refrigerado e ao longo dos dias sob condição de ambiente, houve diminuição da firmeza, independente da temperatura de armazenamento, indicando o amadurecimento da polpa, o que foi semelhante ao verificado por NUNES et al. (2007), em mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob as mesmas condições, por 16 dias.

Os teores de sólidos solúveis (SS) foram influenciados pela temperatura do armazenamento refrigerado e pelo tempo de conservação ao ambiente (Tabela 14), com os frutos armazenados a 12 °C apresentando teores significativamente maiores que os mantidos a 2 °C e a 5 °C, pois esta atividade metabólica é função da condição de armazenamento (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Contudo, após a transferência dos mesmos ao ambiente, os teores de sólidos solúveis na polpa aumentaram independentemente da condição de armazenamento prévio. Este resultado também indica o amadurecimento da polpa, reforçando a observação de que os prejuízos da ocorrência de danos pelo frio se limitaram à casca.

O teor de açúcares solúveis (AS) foi influenciado pela temperatura de armazenamento e pelo tempo ao ambiente, com as mangas armazenadas a 12 °C apresentaram os maiores teores (Tabela 14). Após a transferência dos frutos à condição de ambiente, estes teores aumentaram, porém de forma significativa apenas nos previamente armazenados a 2 °C e a 5 °C, indicando que as mangas mantidas anteriormente a 12 °C já estavam maduras (Figura 5A). Estes resultados reafirmam que houve o amadurecimento da polpa em todas as condições de armazenamento, independente da detecção dos sintomas de *chilling injury* na casca e diferem dos verificados por WANG et al. (2008), que observaram que o amadurecimento de mangas 'Tainong' previamente armazenadas a 4 °C foi parcialmente inibido.

O teor de açúcares redutores (AR) foi significativamente influenciado pela temperatura de armazenamento e pela duração dos tempos de refrigeração e ao ambiente, com os frutos armazenados a 12 °C apresentando os maiores teores (Tabela 14), o que pode ser atribuído ao efeito das baixas temperaturas na redução do metabolismo dos frutos e corroboram com os resultados encontrados na avaliação da respiração (Figura 3). Todavia, observou-se que com o prolongamento do período refrigerado e após a transferência ao ambiente houve aumento significativo dos níveis de AR, independentemente da temperatura de armazenamento prévio (Figura 5B), o que é um indicativo que a quebra do amido em açúcares não foi comprometida apesar da presença de danos pelo frio na casca e que a polpa amadureceu. Resultados diferentes foram relatados por NAIR & SINGH (2009) em mangas 'Kensington Pride' armazenadas previamente a 5 °C por 14 dias.

Tabela 14. Parâmetros de qualidade em mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 2 °C (74,8% UR), 5 °C (75,4% UR) e 12 °C (76,4% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,3 °C (62,8% UR), por 1, 3 e 5 dias.

<i>Temperatura (Temper)</i>	SS¹	AS¹	AR¹	AT¹	Ratio¹	AA¹	PAL¹	POD¹	PPO¹
2 °C	10,46 b	10,72 b	3,00 b	1,090 a	10,22 b	13,36 ab	56,36 b	0,0006 b	2,338 a
5 °C	10,62 b	10,25 b	3,23 ab	1,104 a	10,49 b	14,34 a	54,80 b	0,0006 b	2,436 a
12 °C	12,71 a	12,48 a	3,44 a	0,791 b	23,24 a	12,08 b	64,38 a	0,0008 a	2,383 a
F	**	**	**	**	**	**	**	**	NS
<i>Tempo de refrigeração (Tarm)</i>									
7 dias	11,07 a	11,59 a	3,14 b	1,108 a	11,40 b	11,40 c	46,25 b	0,0005 b	2,092 b
14 dias	11,44 a	11,04 a	3,13 b	1,024 a	14,38 b	15,00 a	97,74 a	0,0006 b	2,051 b
21 dias	11,27 a	10,82 a	3,40 a	0,854 b	18,17 a	13,39 b	31,54 c	0,0010 a	3,014 a
F	NS	NS	**	**	**	**	**	**	**
<i>Tempo ao ambiente (Tamb)</i>									
1 dia	9,38 c	10,16 b	2,81 b	1,161 a	10,88 b	15,33 a	44,54 c	0,0007 a	2,604 a
3 dias	11,63 b	11,59 a	3,38 a	1,019 b	13,05 b	14,79 a	57,46 b	0,0006 a	2,119 b
5 dias	12,77 a	11,70 a	3,48 a	0,806 c	20,02 a	9,67 b	73,53 a	0,0007 a	2,434 ab
F	**	**	**	**	**	**	**	NS	*
<i>Interações</i>									
Temper x Tarm	**	**	**	**	**	**	NS	**	**
Temper x Tamb	**	*	NS	NS	*	NS	*	NS	**
Tarm x Tamb	**	NS	**	**	**	*	**	**	**
Temper x Tarm x Tamb	*	NS	**	NS	*	**	**	NS	**

¹SS = sólidos solúveis (°Brix); AS = açúcares solúveis (g glicose 100 g⁻¹); AR = açúcares redutores (g glicose 100 g⁻¹); AT = acidez titulável (g ácido cítrico 100 g⁻¹); Ratio = relação SS/AT; AA = teor de ácido ascórbico (mg 100 g⁻¹); PAL = atividade da fenilalanina amônia-liase (nmol h⁻¹ mg proteína⁻¹); POD = atividade da peroxidase (µmol de H₂O₂ degradado min⁻¹ g⁻¹); PPO = atividade da polifenoloxidase (µmol de fenol degradado min⁻¹ g⁻¹).

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey. NS = não significativo; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

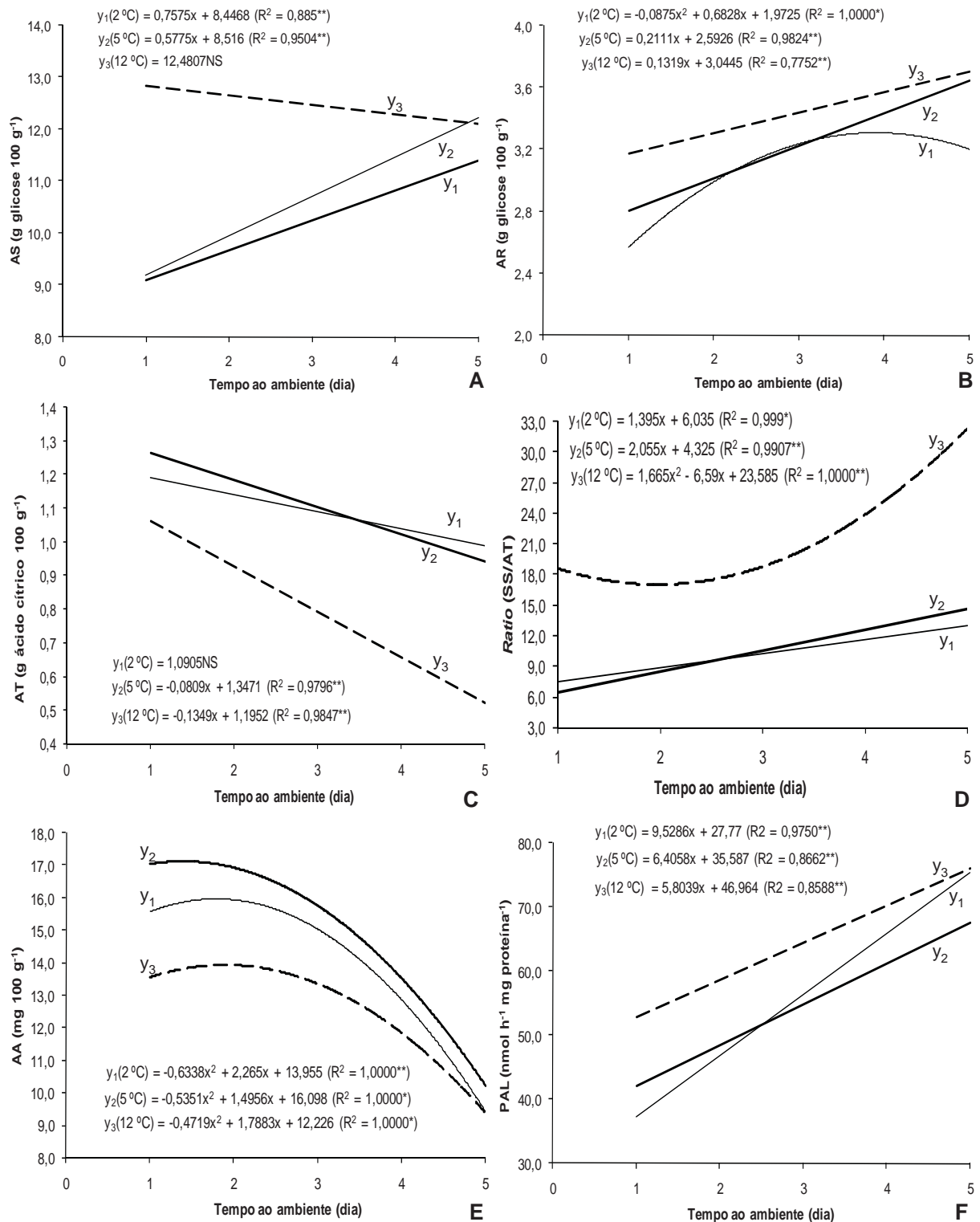


Figura 5. Variação nos atributos de qualidade em mangas ‘Tommy Atkins’ armazenadas a 2 °C (74,8% UR), 5 °C (75,4% UR) e 12 °C (76,4% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,3 °C (62,8% UR), por 1, 3 e 5 dias.

Houve influência significativa de todos os fatores estudados na acidez titulável dos frutos (Tabela 14), indicando que os armazenados em temperaturas mais altas apresentaram-se menos ácidos, como consequência do processo de amadurecimento que é modulado pela condição de armazenamento (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Todavia, após a transferência para condição de ambiente, ocorreu redução expressiva nos níveis de acidez nas mangas previamente mantidas a 5 °C e a 12 °C, enquanto nas conservadas a 2 °C houve manutenção dos teores (Figura 5C).

Observou-se que o *Ratio* (SS/AT) foi significativamente influenciado pelas temperaturas de armazenamento e pelos tempos sob refrigeração e ao ambiente (Tabela 14). Frutos mantidos a 12 °C foram os que apresentaram os maiores valores de *Ratio*, o que é o resultado dos maiores conteúdos de açúcares e dos menores de acidez. Entretanto, com o avanço do armazenamento refrigerado e ao longo dos dias sob condição de ambiente, houve aumento significativo independente da temperatura de armazenamento, indicando que a polpa amadureceu, porém com intensidades distintas (Figura 5D), devido ao efeito retardador das baixas temperaturas no metabolismo vegetal (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Os teores de ácido ascórbico (AA) também foram significativamente influenciados pela temperatura do armazenamento refrigerado (Tabela 14), expressa pelos menores teores nos frutos mantidos a 12 °C, o que é resultado do estágio de amadurecimento mais avançado. Após levados ao ambiente observou-se redução significativa desses teores, independentemente da condição de armazenamento prévio (Figura 5E), indicando que a atividade metabólica das mangas foi acelerada e que ácidos orgânicos, dentre os quais o ascórbico, foi consumido em reações oxidativas, que caracterizam o processo de amadurecimento (NEVES et al., 2008).

Houve efeito significativo de todos os fatores estudados na atividade da PAL ou fenilalanina amônia-liase (Tabela 14), indicando que a atividade desta enzima foi maior a 12 °C e que a mesma aumentou após a transferência dos frutos para o ambiente, independentemente da condição de armazenamento prévio (Figura 5F). O aumento na atividade da PAL é indicativo de condições de estresse no tecido vegetal, pela ação de agentes bióticos (ataque de patógenos) ou abióticos (armazenamento sob condição promotora de injúria) (TAIZ & ZEIGER, 2009).

A atividade da peroxidase (POD) foi influenciada pela temperatura e duração do período sob refrigeração (Tabela 14), e se caracterizou por atividade mais intensa nos frutos mantidos a 12 °C e por comportamento crescente com o avanço do período refrigerado, o que está relacionado com os processos de amadurecimento e deterioração, nos quais a referida enzima participa catalisando reações oxidativas (ROBINSON, 1991).

A atividade da polifenoloxidase (PPO) foi caracterizada por aumento, com o prolongamento do período sob refrigeração (Tabela 14), sendo que os frutos conservados a 5 °C e a 12 °C apresentaram no 21º dia, atividade significativamente mais intensa, evidenciando maior ocorrência de reações oxidativas na polpa desses frutos. Após a transferência das mangas para a condição de ambiente (Tabela 15), esta tendência só se repetiu nas mantidas a 12 °C e nas refrigeradas por 7 dias. A partir desse período, houve diminuição da atividade da PPO, remetendo à senescência do tecido vegetal.

Tabela 15. Desdobramento das interações da atividade da polifenoloxidase (μmol de fenol degradado $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$) na polpa de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 2 °C (74,8% UR), 5 °C (75,4% UR) e 12 °C (76,4% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,3 °C (62,8% UR), por 1, 3 e 5 dias.

Temperatura de armazenamento	Tempo de refrigeração (dia)		
	7	14	21
2 °C	2,822 aA	1,810 bA	2,383 abB
5 °C	1,689 cB	2,432 bA	3,187 aA
12 °C	1,764 bB	1,911 bA	3,472 aA
Temperatura de armazenamento	Tempo ao ambiente (dia)		
	1	3	5
2 °C	2,418 aB	2,116 bA	2,481 aAB
5 °C	3,289 aA	2,009 bA	2,010 bB
12 °C	2,105 bB	2,231 abA	2,812 aA
Tempo de refrigeração (dia)	Tempo ao ambiente (dia)		
	1	3	5
7	1,492 bC	1,738 bB	3,045 aA
14	2,745 aB	1,788 bB	1,621 bB
21	3,576 aA	2,829 bA	2,637 bA

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,01$).

Os resultados obtidos neste experimento permitem afirmar que mangas 'Tommy Atkins' podem ser conservadas sob refrigeração a 12 °C por 21 dias, por até 14 dias a 5 °C, mais 3 dias ao ambiente ou por até 7 dias a 2 °C, mais 5 dias ao ambiente, sem comprometimento do amadurecimento da polpa.

O fator limitante para o armazenamento a 2 °C e a 5 °C foi a ocorrência de injúrias pelo frio, enquanto a conservação a 12 °C foi limitada pela incidência de podridões.

4.2. Experimento 2: Determinação dos binômios tempo x temperatura capazes de ocasionar injúria pelo frio em mangas 'Palmer'

4.2.1. Avaliação da qualidade dos frutos durante o armazenamento refrigerado

Os frutos da 'Palmer' armazenados a 2 °C apresentaram sinais de murchamento (nota 2) no 7º dia e no 21º dia, já se encontravam murchos (nota 1) enquanto os conservados a 5 °C ou a 12 °C chegaram ao 28º dia apenas com sinais de murchamento (Tabela 16). NUNES et al. (2007) também relataram que mangas da mesma cultivar mantidas a 2 °C por uma semana tiveram a aparência prejudicada pela perda da turgidez das mesmas.

Tabela 16. Murchamento* de mangas 'Palmer' armazenadas a 2 °C (75,7% UR), 5 °C (73,8% UR) e 12 °C (82% UR), por até 28 dias.

Tempo (dia)	2 °C	5 °C	12 °C
0	3	3	3
7	2	2	3
14	2	2	2
21	1	2	2
28	1	2	2

*Notas: 3= frutos túrgidos; 2= frutos com sinais de murchamento; 1= frutos murchos.

Durante o período sob refrigeração, observou-se a ocorrência de podridões apenas nos frutos armazenados a 12 °C, por 21 dias ou mais, com níveis da ordem de 50,0-66,7%. Esta ocorrência foi devida ao efeito das temperaturas de armazenamento, em que as temperaturas a 2 °C e 5 °C retardaram o amadurecimento, contribuindo para a supressão do desenvolvimento de patógenos. ACOSTA et al. (2000) também detectaram, em mangas ‘Haden’ armazenadas a 13 °C por 28 dias, a ocorrência de 78% de frutos com podridões.

Foram detectados sintomas de injúrias pelo frio ou *chilling injury*, na casca dos frutos armazenados a 2 °C e 5 °C no 7º dia de armazenamento (Tabela 17), sendo que nesta data eles já estavam inaceitáveis para a venda (nota superior a 5), dada a presença de injúrias em 45,1-55% da superfície da casca (nota 7) dos frutos mantidos a 2 °C e em 35,1-45% da superfície da casca (nota 6) dos conservados a 5 °C. Não foram visualizados sintomas de dano pelo frio nos frutos armazenados a 12 °C. NUNES et al. (2007) relataram que mangas ‘Tommy Atkins’ armazenadas a 2 °C, por 15 dias, apresentaram sintomas de dano pelo frio leve a moderado, indicados por pequenas manchas ou escaldadura. No entanto, DING et al. (2007) só observaram sintomas de injúrias em mangas ‘Zill’, após 20 dias de armazenamento a 5 °C.

Tabela 17. Danos pelo frio* em mangas ‘Palmer’ armazenadas a 2 °C (75,7% UR), 5 °C (73,8% UR) e 12 °C (82% UR), por até 28 dias.

Tempo (dia)	2 °C	5 °C	12 °C
0	1	1	1
7	7	6	1
14	8	7	1
21	8	8	1
28	8	8	1

*Notas de danos pelo frio: 1= sem sintomas visíveis de injúria; 2= 2-5% da superfície danificada; 3= 5,1-15% da superfície injuriada; 4= 15,1-25% da superfície injuriada; 5= 25,1-35% da superfície injuriada; 6= 35,1-45% da superfície injuriada; 7= 45,1-55% da superfície injuriada; 8= >55% da superfície dos frutos contendo depressões e escaldadura.

Os frutos armazenados a 2 °C e a 5 °C apresentaram diminuição da taxa respiratória de 43,84 mLCO₂ kg⁻¹ h⁻¹ e 47,39 mLCO₂ kg⁻¹ h⁻¹ para 10,69 mLCO₂ kg⁻¹ h⁻¹ e 8,17 mLCO₂ kg⁻¹ h⁻¹, em 7 dias, respectivamente (Figura 6). Nos frutos mantidos a 12 °C, esta atividade apresentou redução até o 7º dia, seguido de aumento durante o

período de armazenamento. Estes resultados indicam o efeito da refrigeração na redução da atividade metabólica dos frutos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

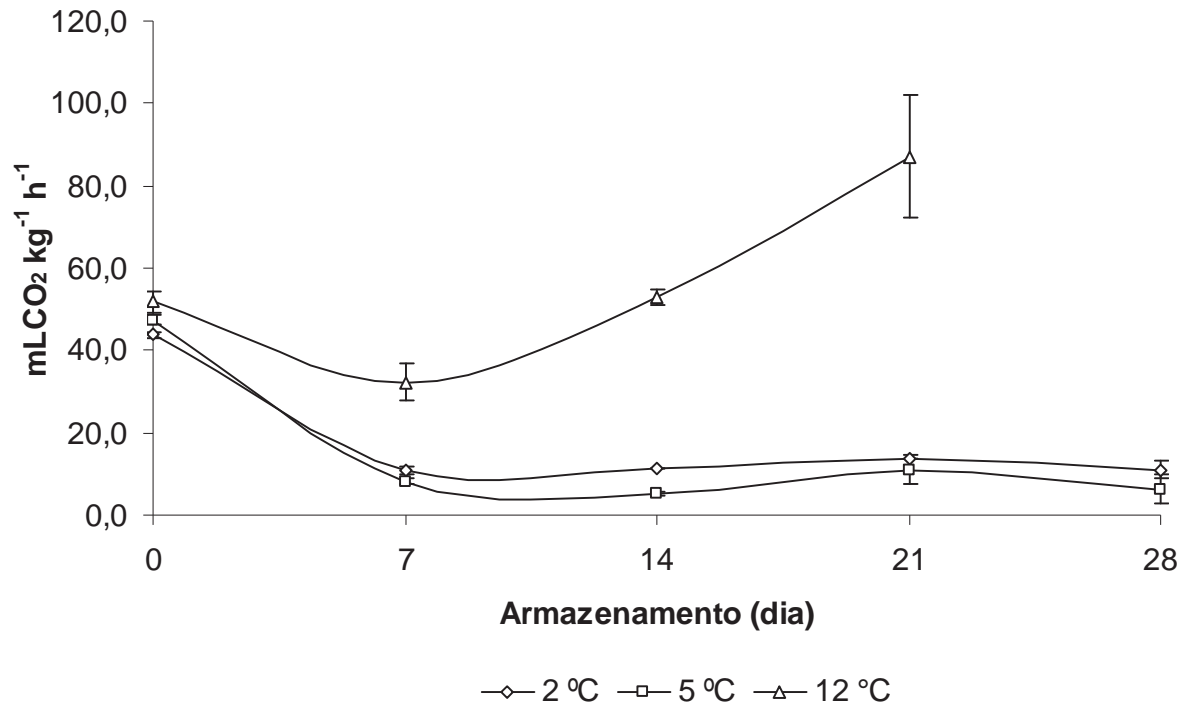


Figura 6. Atividade respiratória em mangas 'Palmer' armazenadas a 2 °C (75,7% UR), 5 °C (73,8% UR) e 12 °C (82% UR), por até 28 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média.

A perda de massa aumentou durante o período de armazenamento, com os frutos mantidos a 12 °C apresentando maior perda a partir do 14º dia, enquanto os armazenados a 2 °C ou 5 °C apresentaram as menores perdas e sem diferença significativa entre si, até o 21º dia (Tabela 18). NUNES et al. (2007) também verificaram perdas de massa, da ordem de 3%, em mangas 'Palmer' armazenadas a 2 °C ou 5 °C por 20 dias.

Tabela 18. Valores médios de perda de massa fresca (%) em mangas 'Palmer', em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Temperatura	Tempo de armazenamento (dia)				
	0	7	14	21	28
2 °C	0,00 eA	2,23 dA	3,38 cB	4,57 bB	5,76 aC
5 °C	0,00 eA	2,04 dA	3,70 cB	5,32 bB	6,90 aB
12 °C	0,00 eA	2,50 dA	4,99 cA	7,69 bA	10,82 aA

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os frutos armazenados a 12 °C apresentaram aumento nos valores de luminosidade, ângulo hue e cromaticidade da casca a partir do 21º dia (Tabela 19), indicando que a coloração destes frutos evoluiu de vermelho escuro para amarelo brilhante, o que também foi observado por NUNES et al. (2007). Nos armazenados a 2 °C e a 5 °C não se observou variação na luminosidade ou na cromaticidade, mas aumento no ângulo hue, indicando que esta coloração tornou-se mais escurecida, o que está relacionado à ocorrência de injúrias pelo frio (Tabela 17).

Tabela 19. Coloração da casca de mangas 'Palmer', em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Temperatura	Tempo de armazenamento (dia)				
	0	7	14	21	28
Luminosidade (L*)					
2 °C	38,49 aA	35,00 aB	40,65 aA	39,61 aB	36,70 aB
5 °C	38,48 aA	42,19 aA	38,74 aA	43,57 aB	38,98 aAB
12 °C	38,48 bcA	36,55 cB	42,56 bcA	58,29 aA	44,01 bA
Ângulo Hue					
2 °C	33,56 cA	38,31 bcB	83,48 aA	81,21 aA	62,09 abB
5 °C	33,56 bA	71,02 aA	43,15 bB	68,37 aA	90,09 aA
12 °C	33,56 cA	51,52 bcAB	49,31 bcB	69,97 abA	91,19 aA
Cromaticidade					
2 °C	12,20 aA	13,88 aA	17,95 aA	16,08 aB	13,98 aB
5 °C	12,20 aA	18,68 aA	14,21 aA	13,05 aB	15,53 aB
12 °C	12,20 cA	14,14 cA	15,43 cA	36,49 aA	23,24 bA

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

As condições de armazenamento testadas não interferiram na coloração da polpa, cuja luminosidade (82,14±0,66), ângulo hue (101,48±1,55) e cromaticidade (34,62±0,67) se mantiveram estáveis, indicando a manutenção da coloração amarela

característica, conforme o observado por MORAIS & ASSIS (2004) em mangas 'Tommy Atkins'.

A firmeza da polpa aumentou significativamente na primeira semana, e se manteve nos frutos armazenados a 2 °C ou a 5 °C, enquanto nos mantidos a 12 °C ela se reduziu após o 21º dia, indicando o amadurecimento normal dos mesmos (Tabela 20). O comportamento constatado nos frutos armazenados sob condição de injúria por *chilling* evidencia a manifestação de sintomas de dano pelo frio, caracterizados por retardo ou inibição no amaciamento dos tecidos, o que vai ao encontro do enunciado por MORAIS & ASSIS (2004), que a perda de firmeza em mangas é função da temperatura de armazenamento, ou seja, quanto maior a temperatura mais intensa e rápida ocorre esta perda.

Os teores de ácido ascórbico não foram significativamente afetados pelas temperaturas e pelo período de armazenamento, pois se mantiveram estáveis em $50,75 \pm 1,18$ mg 100 g⁻¹, indicando que apesar do agravamento dos sintomas de injúria na casca, houve a preservação dos conteúdos vitamínicos (LEE & KADER, 2000).

Ao longo do período de armazenamento verificou-se aumento expressivo nos conteúdos de sólidos solúveis nos frutos mantidos a 12 °C, enquanto nos armazenados a 2 °C ou 5 °C, estes teores se mantiveram estáveis (Tabela 20), indicando que os mantidos a 12 °C amadureceram. O aumento no teor de sólidos solúveis é parte do processo normal de amadurecimento em mangas, sendo decorrente dos processos de degradação dos polissacarídeos (KNEE & BARTLEY, 1981). MORAIS & ASSIS (2004) também relataram que o conteúdo de sólidos solúveis em mangas 'Tommy Atkins', durante o armazenamento refrigerado, apresentou correspondência direta com a temperatura.

Os teores de acidez titulável nos frutos armazenados a 12 °C diminuíram significativamente a partir do 21º dia, enquanto nos conservados a 2 °C ou 5 °C, eles permaneceram constantes (Tabela 20). O decréscimo verificado nos frutos armazenados a 12 °C pode ser atribuído à utilização dos ácidos como substratos respiratórios ou pela conversão em açúcares (BRODY, 1996).

Tabela 20. Firmeza, teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e *Ratio* (SS/AT) em mangas 'Palmer', em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Temperatura	Tempo de armazenamento (dia)				
	0	7	14	21	28
Firmeza (N)					
2 °C	65,11 bA	121,65 aA	118,46 aA	127,53 aA	127,53 aA
5 °C	65,11 bA	123,85 aA	125,08 aA	122,38 aA	127,53 aA
12 °C	65,11 bA	119,44 aA	121,16 aA	114,53 aA	49,19 bB
SS (°Brix)					
2 °C	6,50 aA	5,97 abB	5,57 bB	6,10 abB	6,00 abB
5 °C	6,50 aA	5,97 abB	5,77 aB	6,27 aB	6,37 aB
12 °C	6,50 dA	8,07 cA	7,20 dA	15,87 aA	14,27 bA
AT (g ácido cítrico 100 g⁻¹)					
2 °C	1,051 aA	1,229 aA	1,308 aA	1,031 aA	1,032 aA
5 °C	1,051 aA	1,149 aA	1,300 aA	1,218 aA	1,072 aA
12 °C	1,051 aA	1,128 aA	1,409 aA	0,547 bB	0,443 bB
Ratio (SS/AT)					
2 °C	6,19 aA	4,99 aA	4,25 aA	4,96 aB	5,89 aB
5 °C	6,19 aA	5,23 aA	4,43 aA	5,24 aB	6,61 aB
12 °C	6,19 bA	7,17 bA	5,21 bA	30,80 aA	32,26 aA

Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

O sabor adocicado dos frutos é devido, em grande parte, ao balanço entre ácidos e açúcares, o qual pode ser estimado pelo *Ratio* (SS/AT), sendo que para o mercado brasileiro, os maiores valores são os mais desejáveis (THÉ et al., 2001). Foi observado que o *Ratio* foi influenciado pela temperatura e pelo período de armazenamento, que refletiram diretamente a variação nos teores de sólidos solúveis e acidez titulável (Tabela 20).

Nos frutos mantidos a 12 °C o *Ratio* (SS/AT) aumentou durante o armazenamento como consequência do aumento nos teores de sólidos solúveis e de redução nos de acidez. Nos frutos armazenados a 2 °C ou 5 °C estes valores não variaram indicando retenção no amadurecimento, o que também foi verificado por MORAIS & ASSIS (2004) em mangas 'Tommy Atkins' mantidas a 6 °C, 7 °C ou 8 °C.

A variação nos teores de açúcares redutores (AR) foi significativamente afetada pela temperatura e pela extensão do armazenamento refrigerado (Tabela 21). Os frutos mantidos a 2 °C e 5 °C apresentaram menores teores, com diminuição até o 14º ou 21º dia, enquanto os mantidos a 12 °C apresentaram aumento significativo nestes teores a

partir do 14º dia, o que é concordante com o incremento na atividade respiratória observado nesse período e, ao mesmo tempo, reafirma o amadurecimento normal das mangas armazenadas na temperatura recomendada (NUNES et al., 2007). GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001) relataram que mangas que sofreram dano pelo frio podem não amadurecer normalmente e não alcançar níveis normais de açúcares solúveis, concordando com o verificado neste trabalho.

Tabela 21. Teores de açúcares redutores (AR) e solúveis (AS) e atividade das enzimas peroxidase (POD), polifenoloxidase (PPO) e fenilalanina amônia-liase (PAL) na polpa de mangas 'Palmer', em função da temperatura e do tempo de armazenamento.

Temperatura	Tempo de armazenamento (dia)				
	0	7	14	21	28
AR (g glicose 100 g⁻¹)					
2 °C	2,16 aA	1,66 bB	1,10 cC	1,82 abB	2,13 aB
5 °C	2,16 abA	1,52 cB	1,82 bcB	2,11 abB	2,40 aB
12 °C	2,16 cA	2,38 cA	2,36 cA	3,21 bA	4,08 aA
AS (g glicose 100 g⁻¹)					
2 °C	4,62 aA	5,48 aA	6,26 aA	6,75 aB	6,23 aC
5 °C	4,62 cA	6,07 bcA	6,43 bcA	8,03 abB	9,96 aB
12 °C	4,62 cA	6,45 bcA	7,18 bA	10,39 aA	12,26 aA
POD (µmol H₂O₂ degradado g⁻¹ min⁻¹)					
2 °C	0,0004 cA	0,0004 cA	0,0022 bA	0,0018 bA	0,0027 aA
5 °C	0,0004 cA	0,0004 cA	0,0016 bB	0,0015 bA	0,0027 aA
12 °C	0,0004 cA	0,0006 bcA	0,0013 bB	0,0014 bA	0,0027 aA
PPO (µmol fenol degradado g⁻¹ min⁻¹)					
2 °C	3,400 cA	2,748 cA	10,748 bA	13,775 bA	20,368 aA
5 °C	3,400 cA	3,426 cA	10,530 bA	11,061 bA	22,004 aA
12 °C	3,400 bA	5,367 bA	11,517 aA	11,345 aA	12,807 aB
PAL (nmol h⁻¹ mg proteína⁻¹)					
2 °C	102,78 aA	88,77 bA	72,96 cA	64,37 cA	24,44 dB
5 °C	102,78 aA	66,24 bB	74,47 abA	64,77 bA	34,05 cA
12 °C	102,78 aA	62,95 bB	53,71 cB	51,63 cB	25,15 dB

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Nos teores de açúcares solúveis (AS) observou-se aumento progressivo nos frutos armazenados a 5 °C e a 12 °C, porém tal incremento ocorreu de forma mais intensa nas temperaturas mais altas (Tabela 21), o que pode ser atribuído à atuação negativa da injúria por *chilling* na quebra de amido em açúcares, conforme o relatado

por CHHATPAR et al. (1971) em mangas 'Alphonso' previamente armazenadas a 2-5 °C e, cujo comportamento reflete a atividade metabólica, ou seja, o perfil respiratório apresentado pelos mesmos (Figura 6).

A atividade da peroxidase (POD) não foi influenciada pela temperatura de armazenamento, cujas diferenças encontradas podem ser atribuídas à amostragem, enquanto a da polifenoloxidase (PPO) foi maior nos frutos mantidos à baixas temperaturas (2 °C e a 5 °C) por 28 dias (Tabela 21). A atividade destas enzimas aumentou significativamente durante o período de refrigeração, indicando a presença de reações oxidativas, que no caso das mangas armazenadas a 2 °C e a 5 °C, pode ser atribuída aos efeitos da injúria pelo frio no seu metabolismo (PARKING et al., 1989) e à proteção às podridões ou ao amadurecimento, nas mantidas a 12 °C (ROBINSON, 1991).

A atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) foi influenciada pela temperatura e diminuiu durante o armazenamento refrigerado (Tabela 21). Nos frutos armazenados a 5 °C e a 2 °C ela se manteve maior que nos conservados a 12 °C, até o 21º dia. Esta variação na atividade enzimática pode ser devida à resposta do vegetal aos danos sofridos pelo frio, uma vez que no 7º dia os frutos já tinham entre 35,1-55% da superfície afetada, o que vai ao encontro do relatado por SOUZA et al. (1999). Resultados semelhantes foram descritos por SALA et al. (2005) em laranjas 'Navelate' sob condição de injúria pelo frio, ou seja, que mesmo com decréscimo na atividade desta enzima, os sintomas de dano pelo frio progrediram. O comportamento da PAL também pode ser atribuído ao fato desta atividade ter sido quantificada na polpa, onde os sintomas de injúria são pouco intensos (CHHATPAR et al., 1971).

4.2.2. Avaliação da qualidade dos frutos após transferência à condição de ambiente

Deve-se deixar registrado que os dados foram analisados até o 21º dia do armazenamento refrigerado, que corresponde ao período em que se tinham os frutos com polpa com coloração característica, apesar da aparência inadequada.

Observou-se que os frutos previamente armazenados a 2 °C por 7 dias, apresentaram sinais de murchamento (nota 2), enquanto os armazenados por 14 dias já se apresentavam murchos no 3º dia (nota 1). Os conservados a 5 °C por até 14 dias mostraram somente sinais de perda de turgidez (nota 2) ao longo dos sete dias de armazenamento ao ambiente, assim como os armazenados a 12 °C por 7 dias (Tabela 22). O murchamento dos frutos armazenados nas três temperaturas testadas limitou a aceitação dos mesmos, principalmente nos armazenados por 21 dias.

Tabela 22. Murchamento* de mangas 'Palmer' armazenadas a 2 °C (75,7% UR), 5 °C (73,8% UR) e 12 °C (82% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,9 °C (62,3% UR), por 1, 3, 5 e 7 dias.

Período no ambiente (dia)	Temperatura de armazenamento								
	2 °C			5 °C			12 °C		
	7	14	21	7	14	21	7	14	21
1	2	2	1	2	2	2	3	3	2
3	2	1	1	2	2	1	2	2	1
5	2	1	1	2	2	1	2	2	1
7	2	1	1	2	2	1	2	1	1

*Notas: 3= frutos túrgidos; 2= frutos com sinais de murchamento; 1= frutos murchos.

Os sintomas de danos pelo frio se agravaram após transferência ao ambiente (Figura 7), com os frutos mantidos a 2 °C ou 5 °C por 7 dias, apresentando de 35,1-55% da superfície da casca injuriada (notas 6-7) (Tabela 23). As mangas previamente armazenadas por 14 dias ou mais, a 2 °C ou 5 °C apresentavam mais de 55% da superfície com danos (nota 8). NUNES et al. (2007) também observaram efeito semelhante em mangas desta cultivar e descreveram que os sintomas se agravaram

drasticamente em dois dias após sua transferência para a condição de ambiente e que em 9 dias já não se apresentavam comercializáveis.

Tabela 23. Danos pelo frio* em mangas 'Palmer' armazenadas a 2 °C (75,7% UR), 5 °C (73,8% UR) e 12 °C (82% UR), por 7,14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,9 °C (62,3% UR), por 1, 3, 5 e 7 dias.

Período no ambiente (dia)	Temperatura de armazenamento								
	2 °C			5 °C			12 °C		
	7	14	21	7	14	21	7	14	21
1	7	8	8	6	8	8	1	1	1
3	7	8	8	6	8	8	1	1	1
5	7	8	8	6	8	8	1	1	1
7	7	8	8	7	8	8	1	1	1

*Notas de danos pelo frio: 1= sem sintomas visíveis de injúria; 2= 2-5% da superfície danificada; 3= 5,1-15% da superfície injuriada; 4= 15,1-25% da superfície injuriada; 5= 25,1-35% da superfície injuriada; 6= 35,1-45% da superfície injuriada; 7= 45,1-55% da superfície injuriada; 8= >55% da superfície dos frutos contendo depressões e escaldadura.

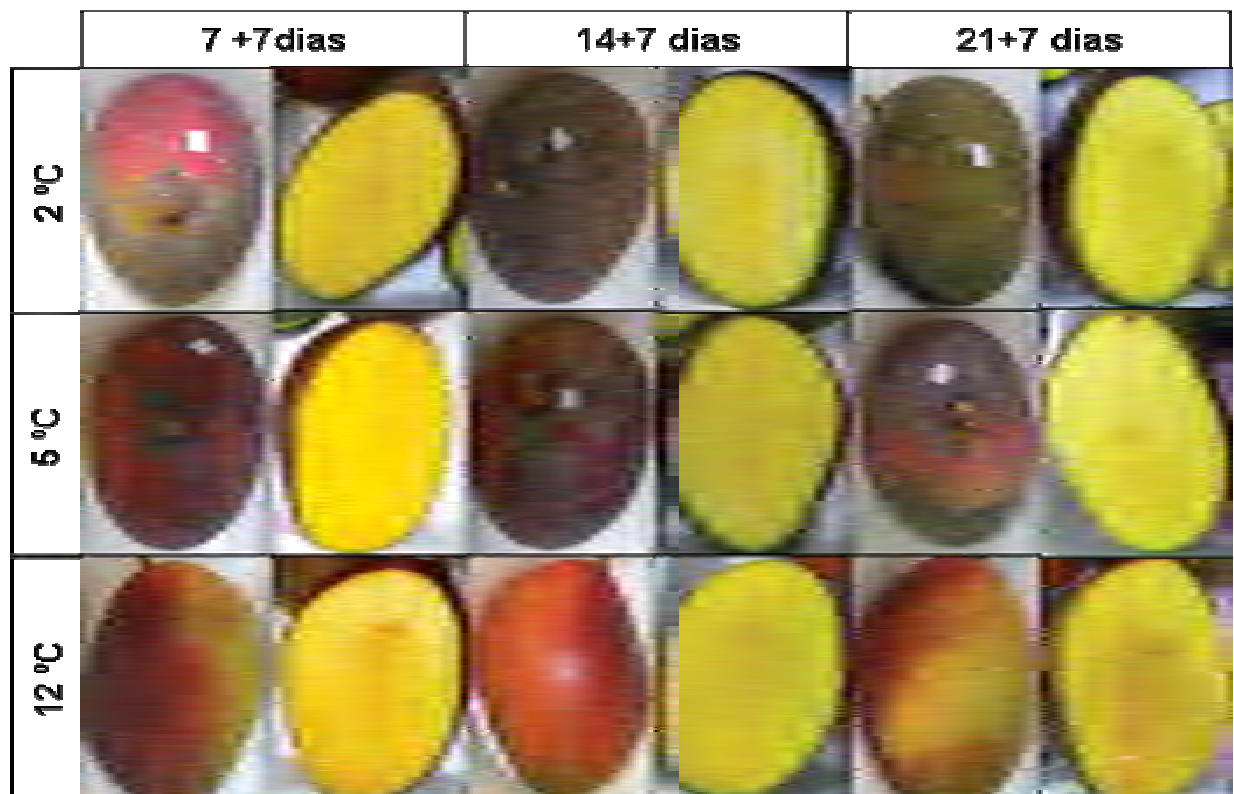


Figura 7. Aspecto da casca e da polpa de mangas 'Palmer' armazenadas a 2 °C (75,7% UR), 5 °C (73,8% UR) e 12 °C (82% UR), por até 21 dias, seguido de armazenamento a 22,9 °C (62,3% UR), por 7 dias.

A atividade respiratória dos frutos, quando transferidos para a condição de ambiente mostrou comportamento distinto em função do período sob armazenamento refrigerado (Figura 8). Frutos armazenados por 7 dias a 5 °C ou 12 °C (Figura 8A) apresentaram redução na taxa respiratória até o 4º dia, seguido de aumento e resposta menos pronunciada nos frutos mantidos a 5 °C, indicando o efeito da redução na temperatura no metabolismo destes frutos. Nos frutos armazenados a 2 °C, a atividade respiratória que era a mais reduzida, aumentou nos primeiros dois dias para depois decrescer.

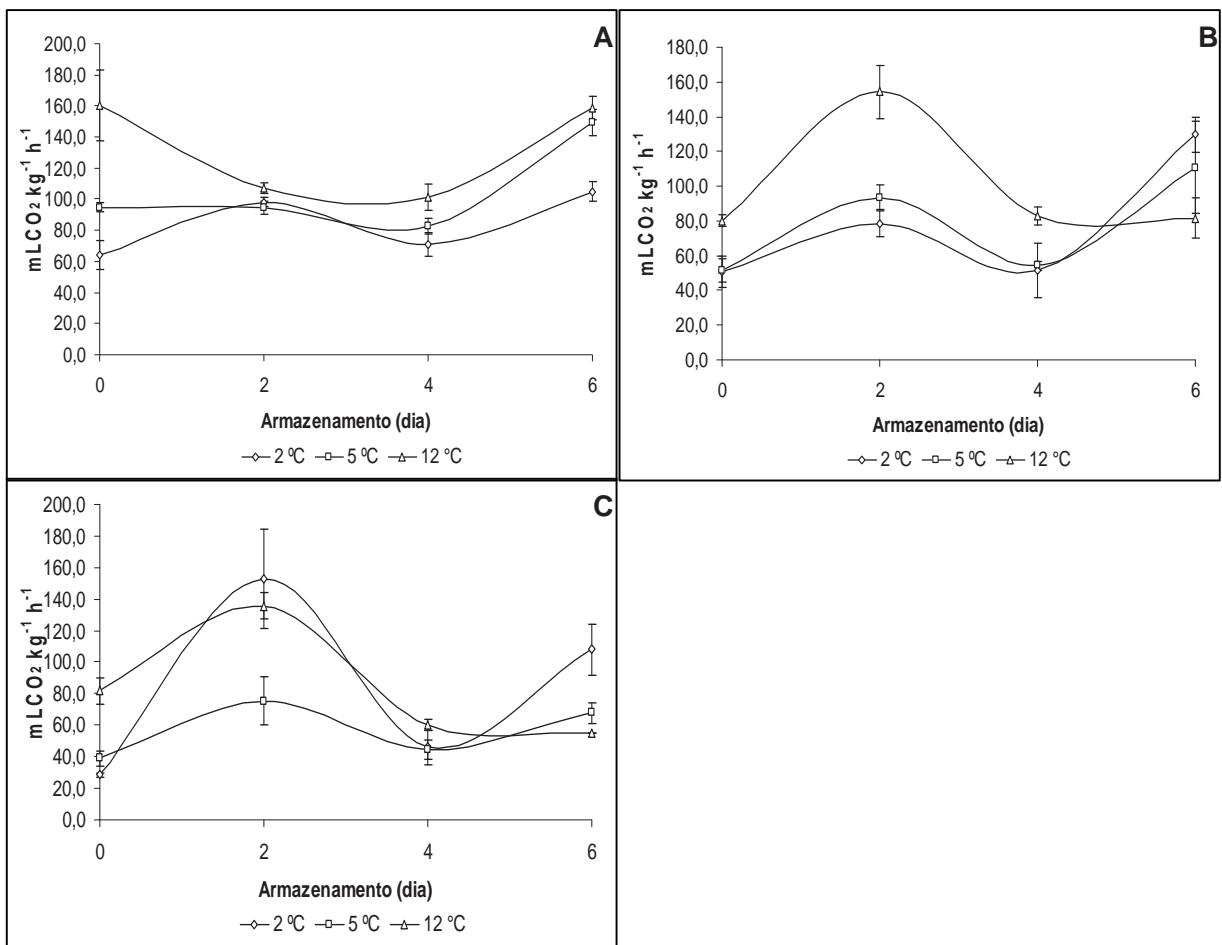


Figura 8. Atividade respiratória em mangas 'Palmer' armazenadas a 2 °C (75,7% UR), 5 °C (73,8% UR) e 12 °C (82% UR) por 7(A), 14(B) e 21(C) dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,9 °C (62,3% UR) por até 6 dias. Barras verticais representam o erro padrão da média.

Frutos armazenados por 14 ou 21 dias a 12 °C apresentaram elevação da taxa respiratória, em dois dias depois de levados para a condição de ambiente, seguido de redução, o que indica a ocorrência de pico climatérico (Figuras 8B, 8C). Nos armazenados a 2 °C por 21 dias (Figura 8C) observou-se aumento na intensidade do pico climatérico.

A perda de massa fresca somente foi afetada pelos tempos de refrigeração e ao ambiente, cujo comportamento se caracterizou por aumento significativo nos percentuais de perda com o avanço do período de conservação (Tabela 24). Estes resultados concordam com os relatados por NUNES et al. (2007) em mangas ‘Palmer’ mantidas em condições semelhantes.

Verificou-se que quanto maior a temperatura de armazenamento e mais extenso os períodos de refrigeração e de ambiente, maior é a incidência de podridões (Tabela 24), o que limitou a conservação dos frutos conservados a 12 °C durante o armazenamento refrigerado (Figura 9A) e, é distinto do observado por SANTOS (2008), que não detectou estes sintomas em mangas desta cultivar mantidas a 12 °C (65% UR), por 21 dias.

A luminosidade da casca (L_c) foi significativamente afetada pela temperatura do armazenamento refrigerado e pelo tempo sob refrigeração (Tabela 24). Os frutos mantidos previamente sob condição de injúria pelo frio (2 °C e a 5 °C) exibiram casca mais escurecida que os conservados a 12 °C, o que pode ser atribuído à ocorrência dos sintomas de dano por *chilling*, que se caracterizam pela formação de manchas escuras na casca (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Com o avanço do período de refrigeração houve aumento nos valores de luminosidade, sendo esta tendência significativa apenas na temperatura de 12 °C ($y = 37,6427778 + 0,63791667x$; $R^2 = 0,9518^{**}$), o que reforça a ausência de visualização de danos.

Tabela 24. Parâmetros de qualidade em mangas 'Palmer' armazenadas a 2 °C (75,7% UR), 5 °C (73,8% UR) e 12 °C (82% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,9 °C (62,3% UR), por 1, 3, 5 e 7 dias.

<i>Temperatura (Temper)</i>	PM¹	Podridão¹	L_c¹	Hue_c¹	Croma_c¹	L_p¹	Hue_p¹	Croma_p¹	Firmeza¹
2 °C	3,76 a	18,06 b	40,64 c	59,26 b	14,69 c	80,13 a	98,81 a	39,19 b	94,80 a
5 °C	4,11 a	19,44 b	42,48 b	64,38 ab	17,97 b	79,02 b	97,31 b	41,70 a	82,90 b
12 °C	4,96 a	51,39 a	46,57 a	67,22 a	23,56 a	75,78 c	93,74 c	42,74 a	52,42 c
F	NS	**	**	*	**	**	**	**	**
<i>Tempo de refrigeração (Tarm)</i>									
7 dias	3,62 b	15,28 b	40,42 b	43,56 b	17,26 b	78,48 a	98,05 a	40,20 a	83,99 a
14 dias	4,02 ab	20,83 b	44,57 a	75,67 a	19,96 a	78,60 a	95,79 b	41,68 a	78,84 a
21 dias	5,19 a	52,78 a	44,70 a	71,63 a	18,99 ab	77,84 a	96,02 b	41,74 a	67,30 b
F	*	**	**	**	*	NS	**	NS	**
<i>Tempo ao ambiente (Tamb)</i>									
1 dia	0,00 d	3,70 b	43,19 a	66,79 a	16,54 b	82,59 a	100,79 a	35,52 c	116,39 a
3 dias	2,48 c	16,67 b	42,87 a	62,72 a	15,80 b	80,01 b	99,93 a	38,17 c	91,36 b
5 dias	6,03 b	40,74 a	43,76 a	64,23 a	20,47 a	77,94 c	96,58 b	42,15 b	72,97 c
7 dias	8,59 a	57,41 a	43,10 a	60,74 a	22,15 a	72,69 d	89,18 c	49,00 a	26,11 d
F	**	**	NS	NS	**	**	**	**	**
<i>Interações</i>									
Temper x Tarm	NS	NS	**	NS	**	**	**	**	**
Temper x Tamb	NS	NS	**	NS	NS	**	**	NS	**
Tarm x Tamb	NS	**	NS	**	NS	NS	**	**	**
Temper x Tarm x Tamb	NS	NS	NS	NS	NS	**	*	NS	**

¹ PM = perda de massa (%); Podridão (%); L_c = luminosidade da casca; Hue_c = ângulo hue da casca; Croma_c = cromaticidade da casca; L_p = luminosidade da polpa; Hue_p = ângulo hue da polpa; Croma_p = cromaticidade da polpa; Firmeza (N).

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey. NS = não significativo; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O ângulo Hue da casca (Hue_c) foi influenciado pela temperatura e pelos tempos de refrigeração, cujo comportamento se caracterizou por aumento nos valores com o avanço do período de conservação, indicando que a casca se tornou amarela, independente da condição de armazenamento, porém com intensidades distintas (Tabela 24). NUNES et al. (2007) relataram que as alterações na coloração da casca de mangas 'Tommy Atkins' e 'Palmer' ocorrem mais rapidamente quando armazenadas a temperaturas acima de 5 °C, o que vai ao encontro do constatado neste trabalho.

A cromaticidade da casca (Croma_c) foi significativamente influenciada pela temperatura, pelo tempo de refrigeração e pelo período de conservação ao ambiente (Tabela 24). Os frutos previamente armazenados a 12 °C apresentaram aumento expressivo na síntese de pigmentos ao longo dos 21 dias de armazenamento sob refrigeração, cuja tendência continuou após sua transferência à temperatura ambiente e, é característica do amadurecimento (Figuras 9B, 9C). Os conservados a 2 °C tiveram a pigmentação da casca comprometida durante o armazenamento refrigerado, enquanto nos mantidos a 5 °C, a síntese de pigmentos não apresentou alteração significativa durante o período de refrigeração, porém após serem levados ao ambiente, ocorreram mudanças na pigmentação.

A análise conjunta das variáveis que compõem a coloração da casca indicou que as mangas armazenadas a 12 °C se caracterizaram pela cor amarelo escurecido, a qual foi diferente da observada nas mantidas a 2 °C e a 5 °C, que tendeu para o amarelo acinzentado (Figura 7). Mudanças nos parâmetros que definem a coloração também são indicadores da perda de qualidade, pois alterações na coloração original, escurecendo e/ou adquirindo outra tonalidade, levam à menor aceitação do produto no mercado (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

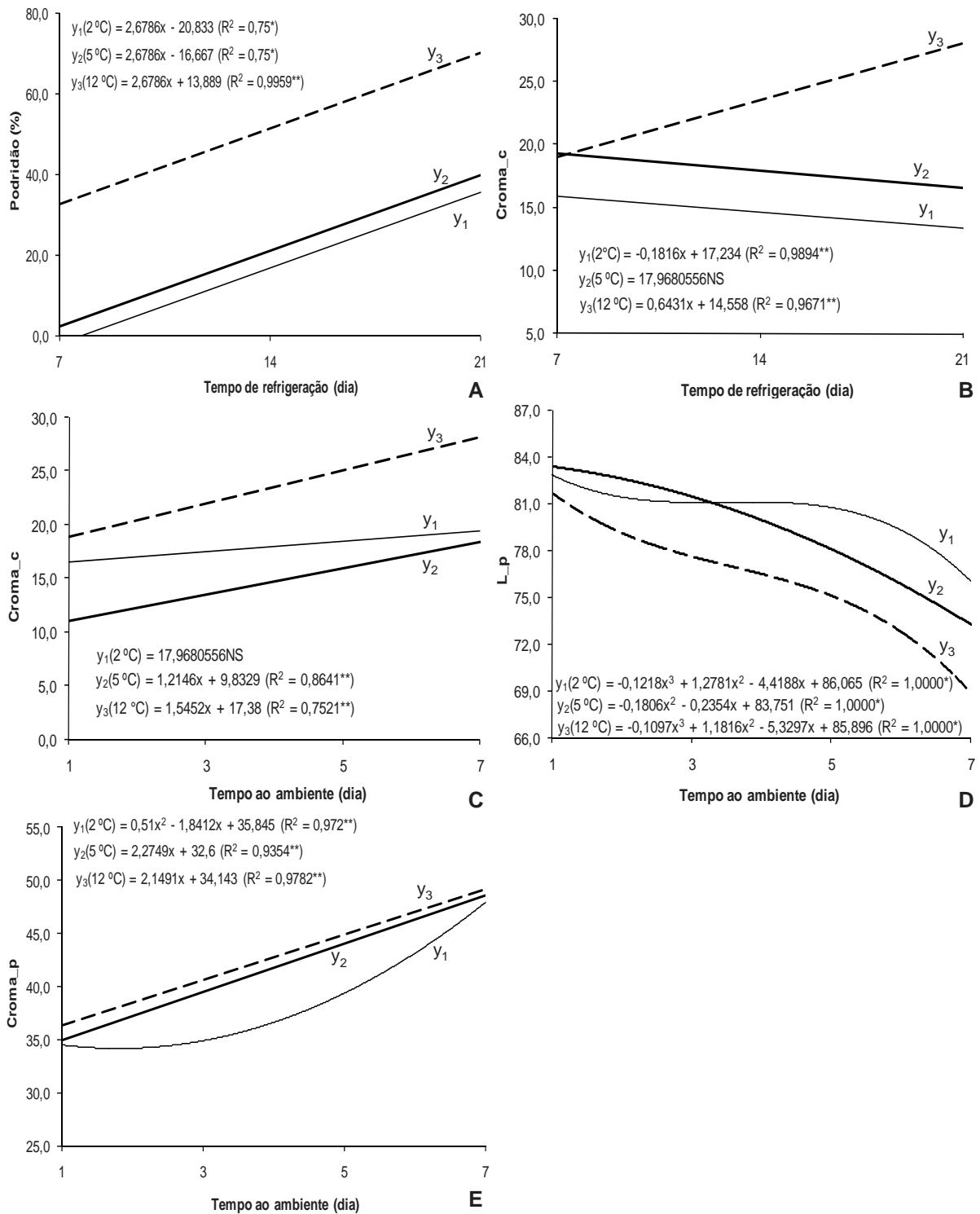


Figura 9. Variação nos atributos de qualidade em mangas 'Palmer' armazenadas a 2 °C (75,7% UR), 5 °C (73,8% UR) e 12 °C (82% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,9 °C (62,3% UR), por 1, 3, 5 e 7 dias.

A luminosidade da polpa (L_p) foi significativamente influenciada pela temperatura do armazenamento prévio e pelo tempo de conservação ao ambiente (Tabela 24). Mangas armazenadas a 12 °C se caracterizaram pelos menores valores de L^* na polpa, indicando ocorrência de escurecimento, cujo comportamento se prolongou após sua transferência ao ambiente, enquanto as mantidas a 2 °C e a 5 °C apresentaram polpa mais clara e escureceram significativamente, depois de levadas ao ambiente (Figura 9D).

O ângulo Hue da polpa (Hue_p) foi influenciado pela temperatura e pela duração do período de conservação sob refrigeração e ao ambiente (Tabela 24). Durante o armazenamento refrigerado, não houve evolução da coloração dos frutos mantidos a 2 °C ou a 5 °C, os quais se caracterizaram pela polpa de coloração amarela, enquanto nos armazenados a 12 °C ocorreu diminuição significativa nos valores (Tabela 25). Entretanto após a transferência para condição de ambiente, independentemente da temperatura e da extensão do período de refrigeração, a coloração da polpa tornou-se mais amarela.

A temperatura de refrigeração afetou significativamente a cromaticidade da polpa ($Croma_p$), com as mangas armazenadas a 5 °C ou a 12 °C destacando-se pela maior síntese de pigmentos (Tabela 24). Contudo, após serem levadas à condição de ambiente verificou-se que houve aumento na síntese nos pigmentos da polpa, independentemente do tipo de conservação prévio (Figura 9E).

Esses resultados indicam que a coloração da polpa desenvolveu-se normalmente em todas as temperaturas do armazenamento sob refrigeração e que a manifestação dos sintomas de injúria pelo frio se restringe à casca, o que é concordante com o relatado por MORAIS & ASSIS (2004).

Tabela 25. Desdobramento das interações dos parâmetros Ângulo Hue (Hue_p) e firmeza da polpa de mangas 'Palmer' armazenadas a 2 °C (75,7% UR), 5 °C (73,8% UR) e 12 °C (82% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,9 °C (62,3% UR), por 1, 3, 5 e 7 dias.

Ângulo Hue da polpa			
Temperatura de armazenamento	Tempo de refrigeração (dia)		
	7	14	21
2 °C	99,11 aA	98,22 aA	99,09 aA
5 °C	97,44 aA	96,53 aA	97,96 aA
12 °C	97,59 aA	92,62 bB	91,01 bB
Tempo ao ambiente (dia)	Temperatura de armazenamento		
	2 °C	5 °C	12 °C
1	101,09 aA	101,86 aA	99,42 aA
3	101,97 aA	100,86 aA	96,97 bAB
5	99,28 aA	96,12 bB	94,33 bB
7	92,89 aB	90,41 aC	84,24 bC
Tempo ao ambiente (dia)	Tempo de refrigeração (dia)		
	7	14	21
1	103,12 aA	100,22 bA	99,03 bA
3	103,19 aA	96,95 cB	99,65 bAB
5	96,86 aB	96,66 aB	96,21 aB
7	89,01 aC	89,34 aC	89,19 aC
Firmeza (N)			
Temperatura de armazenamento	Tempo de refrigeração (dia)		
	7	14	21
2 °C	75,79 bA	103,33 aA	105,28 aA
5 °C	66,46 cAB	81,83 bB	100,41 aA
12 °C	59,64 aB	51,34 abC	46,29 bB
Tempo ao ambiente (dia)	Temperatura de armazenamento		
	2 °C	5 °C	12 °C
1	126,88 aA	124,97 aA	97,34 bA
3	109,99 aB	104,75 aB	59,32 bB
5	105,62 aB	72,59 bC	40,69 cC
7	36,70 aC	29,29 aD	12,34 bD
Tempo ao ambiente (dia)	Tempo de refrigeração (dia)		
	7	14	21
1	119,57 aA	126,44 aA	103,17 bA
3	77,62 bB	88,02 bB	108,43 aAB
5	55,81 cC	72,27 bC	90,82 aB
7	16,19 bD	28,61 abD	33,54 aC

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey.

Observou-se que a firmeza foi significativamente influenciada pelas temperaturas de armazenamento e pelos tempos sob refrigeração e ao ambiente (Tabela 24). Frutos mantidos a 12 °C apresentaram polpa mais macia a partir do 7º dia (Tabela 25), como consequência da maior atividade das enzimas hidrolíticas, cuja atividade é modulada pela temperatura (DILLEY, 1970). Ao longo do armazenamento refrigerado houve retenção da firmeza da polpa das mangas armazenadas a 2 °C ou a 5 °C, porém após transferidas à condição de ambiente ocorreu o amolecimento da mesma, mas com menor intensidade que as mantidas a 12 °C. Isto é um indicativo que a polpa amadureceu independente da temperatura de armazenamento, o que foi semelhante ao verificado por NUNES et al. (2007), em mangas 'Palmer' armazenadas sob as mesmas condições, por 14 dias.

Analisando-se o efeito da interação entre os períodos de refrigeração e ao ambiente observou-se que também houve amolecimento da polpa, porém este ocorreu de forma mais lenta nas mangas armazenadas por 21 dias (Tabela 25).

Os teores de sólidos solúveis (SS) foram influenciados pela temperatura do armazenamento refrigerado e pelos tempos de conservação sob refrigeração e ao ambiente (Tabela 26), com os frutos armazenados a 12 °C apresentando teores significativamente maiores que os mantidos a 2 °C e a 5 °C a partir do 7º dia (Tabela 27), pois esta atividade metabólica é função da condição de armazenamento (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Contudo, após a transferência dos mesmos ao ambiente, os teores de sólidos solúveis aumentaram independentemente da condição de armazenamento prévio e da duração do período refrigerado, o que é um indicativo que a polpa das mangas amadureceu e, reforça a observação de que os prejuízos da ocorrência de danos pelo frio se limitaram à casca.

Tabela 26. Parâmetros de qualidade em mangas 'Palmer' armazenadas a 2 °C (75,7% UR), 5 °C (73,8% UR) e 12 °C (82% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,9 °C (62,3% UR), por 1, 3, 5 e 7 dias.

<i>Temperatura (Temper)</i>	SS¹	AS¹	AR¹	AT¹	Ratio¹	AA¹	POD¹	PAL¹	PPO¹
2 °C	9,93 b	6,18 c	2,48 c	1,336 a	9,41 b	47,49 a	0,0014 a	64,87 b	10,450 a
5 °C	10,37 b	6,82 b	2,80 b	1,213 b	11,01 b	47,97 a	0,0013 a	86,26 a	9,315 b
12 °C	12,26 a	8,22 a	3,66 a	0,834 c	21,87 a	48,71 a	0,0013 a	58,07 b	5,750 c
F	**	**	**	**	**	NS	NS	**	**
<i>Tempo de refrigeração (Tarm)</i>									
7 dias	10,95 a	6,66 b	3,57 a	0,906 c	17,04 a	47,65 a	0,0010 b	64,85 b	4,985 c
14 dias	10,95 a	6,39 b	2,58 b	1,349 a	11,07 c	47,56 a	0,0012 b	90,29 a	8,683 b
21 dias	10,67 a	8,18 a	2,78 b	1,127 b	14,19 b	48,95 a	0,0017 a	54,05 c	11,848 a
F	NS	**	**	**	**	NS	**	**	**
<i>Tempo ao ambiente (Tamb)</i>									
1 dia	7,51 d	7,03 b	2,38 d	1,453 a	6,23 c	51,00 a	0,0011 b	86,18 a	3,472 d
3 dias	9,91 c	6,33 b	2,73 c	1,333 b	8,66 c	52,93 a	0,0013 b	77,29 ab	6,234 c
5 dias	11,91 b	6,77 b	3,12 b	1,071 c	12,62 b	46,93 b	0,0011 b	74,29 b	9,834 b
7 dias	14,092 a	8,17 a	3,68 a	0,653 d	28,89 a	41,36 c	0,0018 a	41,17 c	14,481 a
F	**	**	**	**	**	**	**	**	**
<i>Interações</i>									
Temper x Tarm	**	**	NS	**	**	NS	*	**	**
Temper x Tamb	**	NS	NS	NS	**	NS	**	*	**
Tarm x Tamb	**	NS	**	**	**	**	NS	**	**
Temper x Tarm x Tamb	**	NS	NS	**	NS	NS	NS	**	**

¹ SS = sólidos solúveis (°Brix); AS = açúcares solúveis (g glicose 100 g⁻¹); AR = açúcares redutores (g glicose 100 g⁻¹); AT = acidez titulável (g ácido cítrico 100 g⁻¹); Ratio = SS/AT; AA = teor de ácido ascórbico (mg 100 g⁻¹); PAL = atividade da fenilalanina amônia-liase (nmol h⁻¹ mg proteína⁻¹); POD = atividade da peroxidase (μmol de H₂O₂ degradado g⁻¹ min⁻¹); PPO = atividade da polifenoloxidase (μmol de fenol degradado g⁻¹ min⁻¹).

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey. NS = não significativo; ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade; * = significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 27. Desdobramento das interações dos teores de sólidos solúveis (°Brix) da polpa de mangas 'Palmer' armazenadas a 2 °C (75,7% UR), 5 °C (73,8% UR) e 12 °C (82% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,9 °C (62,3% UR), por 1, 3, 5 e 7 dias.

Temperatura de armazenamento	Tempo de refrigeração (dia)		
	7	14	21
2 °C	10,50 aA	10,11 aB	9,18 bB
5 °C	11,22 aA	10,38 abB	9,52 bB
12 °C	11,13 cA	12,35 bA	13,32 aA
Tempo ao ambiente (dia)	Temperatura de armazenamento		
	2 °C	5 °C	12 °C
1	6,13 bD	6,46 bD	9,96 aC
3	8,41 bC	9,04 bC	12,27 aB
5	11,10 bB	12,07 abB	12,56 aB
7	14,08 aA	13,92 aA	14,28 aA
Tempo ao ambiente (dia)	Tempo de refrigeração (dia)		
	7	14	21
1	7,04 bD	6,99 bC	8,51 aB
3	9,78 abC	10,71 aB	9,23 bB
5	12,24 aB	11,52 aB	11,96 aA
7	14,72 aA	14,57 aA	12,99 bA

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey.

Verificou-se que quanto maior a temperatura de armazenamento, maiores os teores de açúcares solúveis (AS) e que estes aumentaram significativamente com o prolongamento dos períodos sob refrigeração e ao ambiente (Tabela 26, Figura 10A). Estes resultados reafirmam que houve o amadurecimento da polpa em todas as condições de armazenamento, independente da detecção dos sintomas de *chilling injury* na casca e concordam com os constatados por NAIR & SINGH (2009) que observaram incremento no teor de AS em mangas 'Kensington Pride' previamente armazenadas a 5 °C por 14 dias, porém de menor magnitude que nos frutos mantidos a 15 °C.

O teor de açúcares redutores (AR) foi significativamente influenciado pela temperatura de armazenamento e pela duração dos tempos de refrigeração e ao ambiente, com os frutos armazenados a 12 °C apresentando os maiores teores (Tabela 26), o que pode ser atribuído ao efeito das baixas temperaturas na redução do metabolismo dos frutos e corroboram com os resultados encontrados na avaliação da respiração (Figura 8). Todavia, observou-se que com a extensão do período refrigerado

e após a transferência ao ambiente houve aumento significativo dos níveis de AR, independentemente da temperatura de armazenamento prévio, sendo que os valores mais elevados foram alcançados pelos frutos armazenados por menor tempo (Figura 10B).

Houve influência significativa de todos os fatores estudados na acidez titulável (Tabela 26), indicando que os frutos armazenados em temperaturas mais altas apresentavam-se menos ácidos e se caracterizaram pela diminuição expressiva nos níveis de acidez durante o armazenamento refrigerado (Figura 10C), como consequência do processo de amadurecimento que é modulado pela condição de armazenamento (CHITARRA & CHITARRA, 2005), enquanto nos mantidos a 2 °C ou a 5 °C ocorreu o contrário, o que é condizente com o reportado por VASQUEZ-SALINAS & LAKSHMINARAYANA (1985). Todavia, após a transferência para condição de ambiente, ocorreu redução significativa nos teores de acidez da polpa das mangas, independentemente da condição de armazenamento prévio.

Observou-se que o *Ratio* (SS/AT) foi significativamente influenciado pelas temperaturas de armazenamento e pelos tempos sob refrigeração e ao ambiente (Tabela 26). Frutos mantidos a 12 °C foram os que apresentaram os maiores valores, como resultado dos maiores conteúdos de açúcares e dos menores de acidez, enquanto os armazenados a 2 °C ou a 5 °C tiveram diminuição significativa nos valores com o avanço do armazenamento refrigerado, devido ao aumento da acidez (Figura 10D). Entretanto, após a transferência à condição de ambiente, houve aumento significativo, independente da temperatura de armazenamento (Figura 10E), indicando que a polpa amadureceu, porém com intensidades distintas, dado ao efeito retardador das baixas temperaturas no metabolismo vegetal (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Observou-se também que os maiores valores do *Ratio* (SS/AT), foram registrados no 7º dia de armazenamento refrigerado, seguido da transferência ao ambiente (Figura 10F).

Os teores de ácido ascórbico (AA) somente foram influenciados pelo tempo de armazenamento ao ambiente (Tabela 26), cujo comportamento foi caracterizado por redução significativa nesses teores, independentemente da duração do período de refrigeração (Figura 10G). Estes resultados indicam que a transferência para a temperatura de ambiente proporcionou aceleração no metabolismo e consumo de

ácidos orgânicos, dentre os quais o ascórbico, em reações oxidativas, que caracterizam o processo de amadurecimento (NEVES et al., 2008).

A atividade da peroxidase (POD) foi influenciada duração dos períodos sob refrigeração e condição de ambiente (Tabela 26), a qual se caracterizou por comportamento crescente com o avanço dos dias, o que está relacionado com os processos de amadurecimento e deterioração da polpa, nos quais esta enzima participa catalisando reações oxidativas (ROBINSON, 1991).

Houve efeito significativo de todos os fatores estudados na atividade da PAL ou fenilalanina amônia-liase (Tabela 26). Durante o armazenamento refrigerado, esta enzima foi mais ativa na polpa das mangas mantidas a 5 °C, porém com o avanço deste período ocorreu diminuição na atividade enzimática nesses frutos, assim como nas conservadas a 12 °C (Tabela 28), cujo comportamento se prolongou após a transferência para a condição de ambiente. Observou-se também que, o armazenamento prévio por 14 dias, independentemente da temperatura, resultou em atividade mais intensa ao longo dos dias ao ambiente, com diminuição nesta atividade apenas no 7º dia, cuja tendência se repetiu no 21º dia de refrigeração.

Neste experimento, diferentemente do constatado para a cv. Tommy Atkins não foi observada uma relação clara entre a temperatura de armazenamento e a atividade da PAL na polpa.

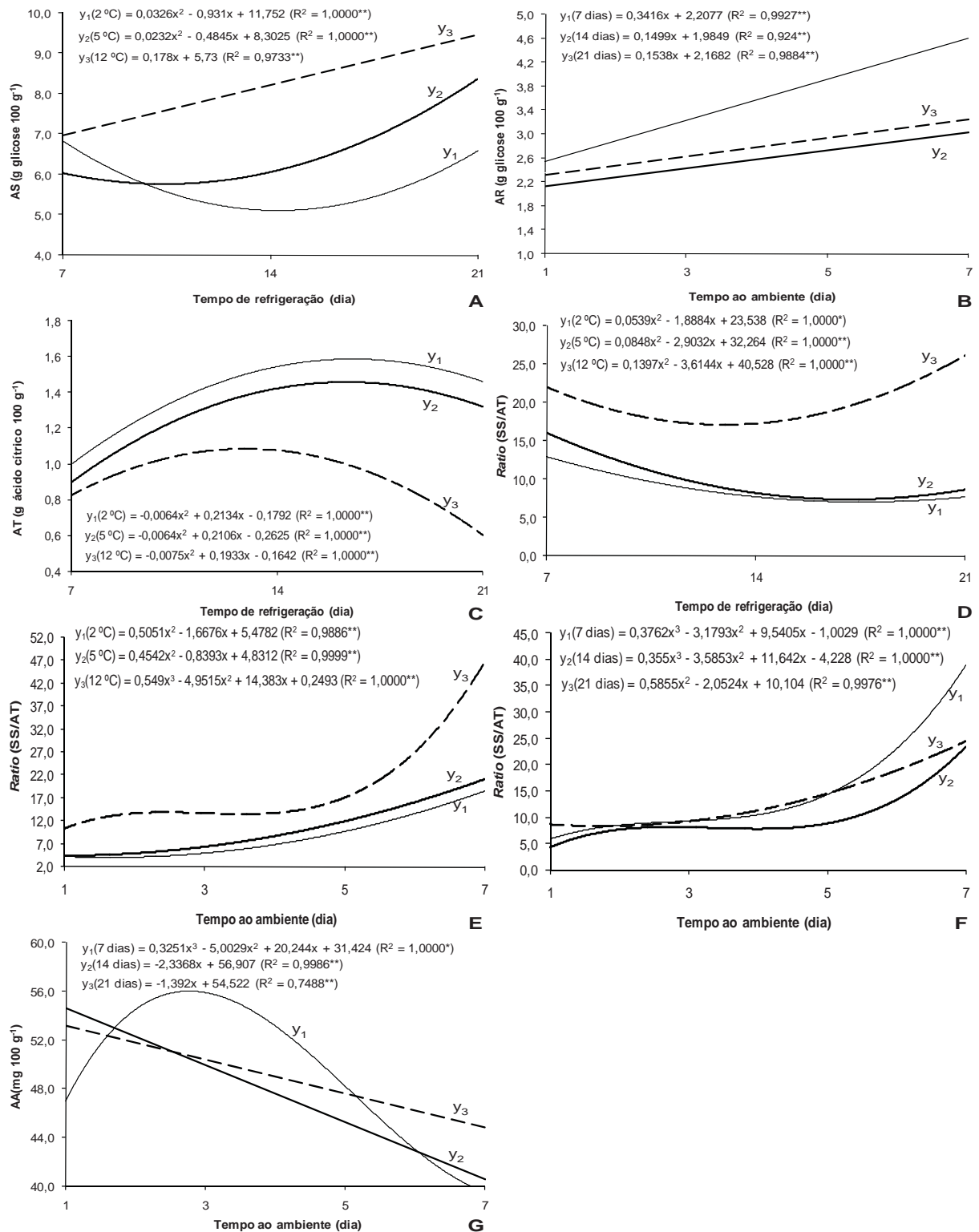


Figura 10. Variação nos atributos de qualidade em mangas 'Palmer' armazenadas a 2 °C (75,7% UR), 5 °C (73,8% UR) e 12 °C (82% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,9 °C (62,3% UR), por 1, 3, 5 e 7 dias.

Tabela 28. Desdobramento das interações das atividades da fenilalanina amônia-liase (PAL) e da polifenoloxidase (PPO) na polpa de mangas ‘Palmer’ armazenadas a 2 °C (75,7% UR), 5 °C (73,8% UR) e 12 °C (82% UR) por 7, 14 e 21 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,9 °C (62,3% UR), por 1, 3, 5 e 7 dias.

PAL (nmol h⁻¹ mg proteína⁻¹)			
Temperatura de armazenamento	Tempo de refrigeração (dia)		
	7	14	21
2 °C	57,81 bB	73,33 aB	63,46 abA
5 °C	73,76 bA	123,42 aA	61,60 cA
12 °C	62,98 aAB	74,11 aB	37,11 bB
Tempo ao ambiente (dia)	Temperatura de armazenamento		
	2 °C	5 °C	12 °C
1	64,39 Bbc	100,46 aA	93,67 aA
3	65,84 bAB	100,44 aA	65,60 bB
5	79,97 bA	98,08 aA	44,81 cC
7	49,28 aC	46,06 aB	28,18 bD
Tempo ao ambiente (dia)	Tempo de refrigeração (dia)		
	7	14	21
1	70,01 bA	109,53 aA	78,99 bA
3	61,30 bA	104,74 aA	65,84 bAB
5	70,60 bA	100,34 aA	51,92 cB
7	57,50 aA	46,54 aB	19,47 bC
PPO (µmol fenol degradado min⁻¹ g⁻¹)			
Temperatura de armazenamento	Tempo de refrigeração (dia)		
	7	14	21
2 °C	6,546 cA	9,577 bA	15,228 aA
5 °C	5,106 cA	9,754 bA	13,086 aB
12 °C	3,301 bB	6,718 aB	7,231 aC
Tempo ao ambiente (dia)	Temperatura de armazenamento		
	2 °C	5 °C	12 °C
1	4,422 aD	3,411 aC	2,582 aC
3	6,988 aC	8,655 aB	3,058 bC
5	12,125 aB	10,919 aB	6,457 bB
7	18,267 aA	14,276 bA	10,902 cA
Tempo ao ambiente (dia)	Tempo de refrigeração (dia)		
	7	14	21
1	2,378 bB	3,200 abD	4,837 aD
3	3,389 cB	6,506 bC	8,805 aC
5	6,095 cA	9,768 bB	13,639 aB
7	8,075 cA	15,258 bA	20,111 aA

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey.

A atividade da polifenoloxidase (PPO) foi afetada pela temperatura e pelos tempos de refrigeração e ao ambiente (Tabela 26). Observou-se que esta enzima foi mais ativa na polpa dos frutos mantidos a 2 °C ou a 5 °C e que com a extensão do período refrigerado ocorreu o incremento da atividade, independentemente da temperatura (Tabela 28), cujo comportamento se prolongou após sua transferência à condição de ambiente. Resultados semelhantes foram relatados por VELA et al. (2003) em mangas 'Manila' previamente armazenadas a 6 °C e a 12 °C.

Analisando-se o efeito da interação entre a duração do armazenamento refrigerado e o tempo ao ambiente, verificou-se que quanto mais longo o período de refrigeração, mais intensa foi a atividade da PPO e, que ela aumentou com o avanço dos dias ao ambiente, o que pode ser indicativo do processo de amadurecimento, conforme o relatado por WANG (1982).

Os resultados obtidos neste experimento permitem afirmar que, em mangas 'Palmer', recomenda-se o armazenamento a 5 °C por período inferior a uma semana, dada à menor resistência desta cultivar aos danos pelo frio. Apesar da severidade dos sintomas dos frutos mantidos sob condição promotora de injúria, observou-se que o impacto no metabolismo foi menos acentuado nos conservados a 5 °C e que mesmo nessas condições a polpa amadureceu porém com menor intensidade que nas mangas mantidas a 12 °C. Mangas desta cultivar podem ser conservadas sob refrigeração a 12 °C por 21 dias, sem prejuízos ao amadurecimento, porém esta conservação foi limitada pela ocorrência de podridões.

4.3. Experimento 3: Inibição de danos pelo frio em mangas ‘Tommy Atkins’ com uso do tratamento térmico e da radiação ultravioleta (UV-C)

4.3.1. Avaliação da qualidade dos frutos durante o armazenamento refrigerado

Durante o período de armazenamento a 5 °C, independentemente do tratamento, não foi detectado sinais de muchamento e ocorrência de podridões nos frutos. Resultados semelhantes foram constatados por ACEDO et al. (2001) em mangas ‘Carabao’ tratadas hidrotérmicamente e por GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001) em mangas ‘Tommy Atkins’ expostas à radiação UV-C/4,93 kJ m⁻².

Os tratamentos hidrotérmico e a radiação ultravioleta (UV-C) mostraram-se eficientes no controle de danos pelo frio (Tabela 29). Os frutos não tratados tiveram, ao final dos 14 dias de armazenamento, entre 15,1 e 25% de sua superfície lesionada (nota 4), o que também foi observado por GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001) em mangas ‘Tommy Atkins’ expostas à radiação UV-C e por WOOLF et al. (1995) em abacates ‘Hass’ tratados hidrotérmicamente.

Tabela 29. Danos pelo frio* em mangas ‘Tommy Atkins’ submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) e a 12 °C (82% UR) por 14 dias.

Tempo (dia)	5 °C	UV-C/1,14 kJ m ⁻²	UV-C/2,28 kJ m ⁻²	46,1 °C/90 min	55 °C/5 min	12 °C
0	1	1	1	1	1	1
14	4	1	1	1	1	1

*Notas de danos pelo frio: 1= sem sintomas visíveis de injúria; 2= 2-5% da superfície danificada; 3= 5,1-15% da superfície injuriada; 4= 15,1-25% da superfície injuriada; 5= 25,1-35% da superfície injuriada; 6= 35,1-45% da superfície injuriada; 7= 45,1-55% da superfície injuriada; 8= >55% da superfície dos frutos contendo depressões e escaldadura.

Os tratamentos utilizados para minimizar ou inibir os danos pelo frio não afetaram a atividade fisiológica dos frutos, sendo as diferenças observadas na intensidade respiratória atribuídas ao efeito da temperatura de armazenamento (Figura 11). Segundo CHITARRA & CHITARRA (2005), temperaturas mais baixas reduzem o metabolismo dos vegetais, diminuindo a taxa respiratória e a atividade enzimática.

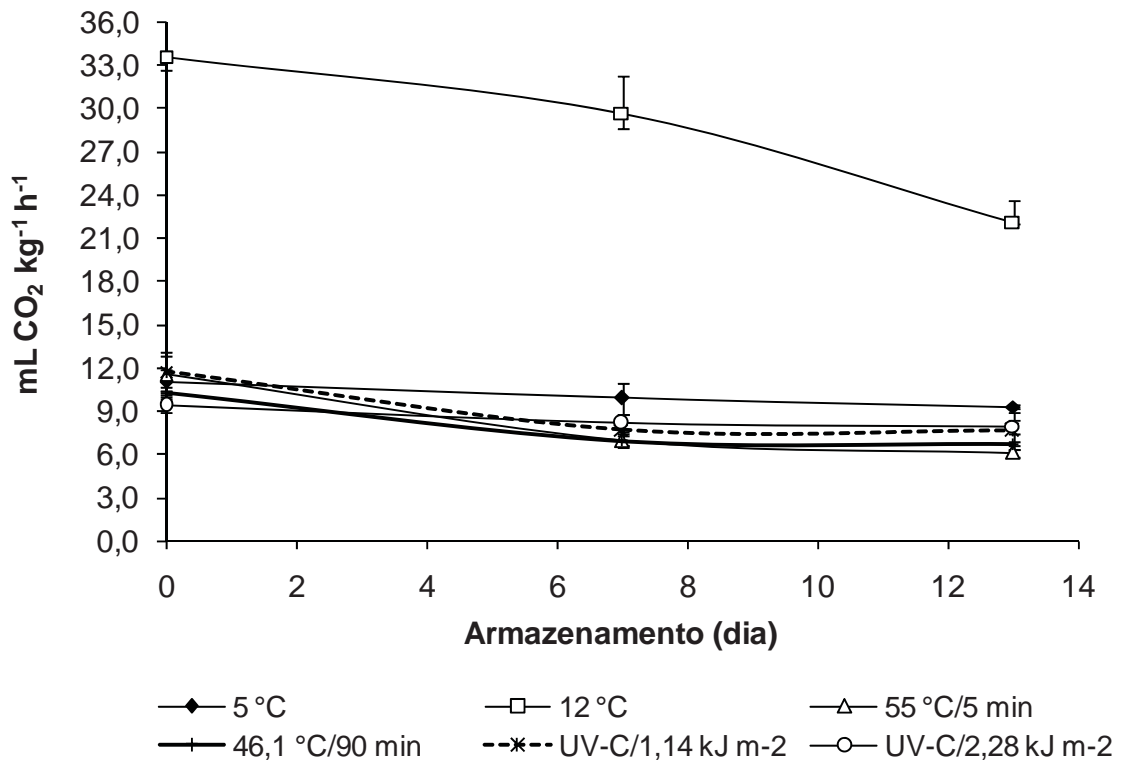


Figura 11. Atividade respiratória de mangas 'Tommy Atkins' submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) ou a 12 °C (82% UR) por 14 dias. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Os frutos de todos os tratamentos perderam massa durante os 14 dias de armazenamento refrigerado, sem atingir o valor crítico de 9% indicado por NUNES et al. (2007). O armazenamento a 12 °C levou à maior intensidade de perda (4,18%), que diferiu significativamente dos outros tratamentos (Tabela 30). A maior perda nas mangas mantidas a 12 °C também pode ser atribuída à respiração (HARDENBURG et al., 1986).

Tabela 30. Perda de massa fresca por mangas 'Tommy Atkins' submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) e a 12 °C (82% UR), por 14 dias.

Tratamentos	Perda de massa fresca (%)
5 °C	2,39 B
55 °C/5 min	1,99 B
46,1 °C/90 min	1,80 B
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	2,72 B
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	2,56 B
12 °C	4,18 A
C.V. (%)	13,02

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Observou-se escurecimento da casca nos frutos de todos os tratamentos após os 14 dias de armazenamento, indicado por diminuição nos valores iniciais de luminosidade ($L^*=48,50$), com os tratados hidrotérmicamente e os expostos à radiação ultravioleta (UV-C) não diferindo do testemunha (5 °C). As mangas mantidas a 12 °C apresentaram casca significativamente mais clara (Tabela 31). Resultados distintos foram relatados por SANTOS (2008), que verificou que mangas desta cultivar tratadas, termicamente a 53 °C/5 min e armazenadas a 23 °C por 15 dias, não apresentaram escurecimento da casca.

Constatou-se diminuição nos valores iniciais do ângulo Hue (53,31) na casca dos frutos de todos os tratamentos, com exceção dos do controle (12 °C), os quais se caracterizaram por manutenção nos valores e pela casca de coloração vermelho-amarelada (Tabela 31). As mangas expostas à radiação ultravioleta (UV-C) apresentaram desenvolvimento da coloração vermelha similar à das frutas tratadas hidrotérmicamente e às do tratamento testemunha (5 °C).

Verificou-se também que houve aumento nos valores iniciais de cromaticidade da casca (10,27), independente do tratamento, porém os frutos tratados hidrotérmicamente foram os que apresentaram os menores valores, indicando coloração escurecida (Tabela 31), enquanto os frutos expostos à radiação ultravioleta (UV-C) apresentaram coloração de intensidade semelhante à dos mantidos a 12 °C. Estes resultados indicam que o tratamento hidrotérmico interferiu negativamente nas mudanças de cor da casca das mangas 'Tommy Atkins', o que não foi o relatado por ACEDO et al. (2001) em mangas 'Carabao'.

Tabela 31. Coloração da casca e ângulo Hue da polpa de mangas 'Tommy Atkins' submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) e a 12 °C (82% UR), por 14 dias.

Tratamentos	L* da casca	Ângulo Hue da casca	Cromaticidade da casca	Ângulo Hue da polpa
<i>Inicial</i>	<i>48,50</i>	<i>53,31</i>	<i>10,27</i>	<i>103,51</i>
5 °C	39,70 AB	35,98 AB	20,56 B	104,16 A
55 °C/5 min	37,87 B	25,55 B	14,11 C	100,45 ABC
46,1 °C/90 min	35,98 B	23,37 B	16,81 C	101,97 AB
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	38,75 B	30,86 AB	26,27 A	98,58 BC
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	36,62 B	29,06 B	28,57 A	100,73 ABC
12 °C	43,48 A	44,34 A	28,95 A	87,61 C
C.V. (%)	8,71	19,95	16,41	2,23

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os tratamentos não influíram na luminosidade ($77,32 \pm 0,85$) e na cromaticidade da polpa ($40,63 \pm 3,16$), porém se observou que o valor inicial do ângulo Hue (103,51), só não se alterou nos frutos do testemunha (5 °C) e nos tratados a 46,1 °C/90 min, mas diminuiu nos outros tratamentos, indicando polpa mais amarela (Tabela 31).

A firmeza dos frutos, que inicialmente era de 60,50 N, não foi significativamente afetada pelos tratamentos, mas o período de armazenamento levou ao amolecimento da polpa ($51,63 \pm 2,81$ N), da ordem de 14,66%. SANTOS et al. (2010) não observaram diferenças significativas na firmeza de mangas 'Palmer' tratadas ou não hidrotérmicamente e conservadas sob condição ambiente a 23 °C por 12 dias, porém GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2004) verificaram que a aplicação de radiação ultravioleta, em doses superiores às utilizadas nesse trabalho ($8,22 \text{ kJ m}^{-2}$), retardaram o amolecimento da polpa de pêssegos 'Jefferson' mantidos a 5 °C por 14 dias.

O teor de ácido ascórbico inicial ($18,51 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) foi significativamente modificado pelos tratamentos aplicados (Tabela 32), pois ao final dos catorze dias de armazenamento os teores nos frutos tratados com radiação ultravioleta eram menores que nos do testemunha (5 °C), do controle (12 °C) e nos do tratamento a 46,1 °C/90 min. O armazenamento a 5 °C não levou à degradação deste nutriente, apesar dos frutos do testemunha já apresentarem 15,1-25% da sua superfície injuriada no 14º dia, nota 4 (Tabela 29). TEIXEIRA et al. (2007b) também não constataram mudanças nos teores de ácido ascórbico em carambolas 'Fwang Tung' tratadas hidrotérmicamente,

enquanto GONZÁLEZ-AGUILAR et al (2007b) detectaram efeito redutor da radiação UV-C sobre esses teores, em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas.

Durante o armazenamento refrigerado, os teores iniciais de sólidos solúveis (6,78°Brix) aumentaram nos frutos submetidos a todos os tratamentos (Tabela 32) e com maior intensidade nos conservados a 12 °C, o que pode ser atribuído à maior atividade metabólica nos mesmos, indicada pela respiração (Figura 11).

Tabela 32. Teores de ácido ascórbico (AA), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e *Ratio* (SS/AT) em mangas 'Tommy Atkins' submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) e a 12 °C (82% UR), por 14 dias.

Tratamentos	AA mg 100 g ⁻¹	SS °Brix	AT g ácido cítrico 100 g ⁻¹	<i>Ratio</i>
<i>Inicial</i>	18,51	6,78	1,180	5,80
5 °C	19,69 A	7,08 B	1,319 AB	5,39 BC
55 °C/5 min	17,11 BC	7,48 B	1,293 AB	5,79 BC
46,1 °C/90 min	18,15 AB	7,10 B	1,367 A	5,21 C
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	15,19 C	7,67 AB	1,222 ABC	6,34 B
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	15,72 C	7,50 B	1,178 BC	6,43 B
12 °C	20,34 A	9,93 A	1,081 C	9,22 A
C.V. (%)	7,55	4,73	5,78	8,92

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

A acidez titulável inicial (1,180 g ácido cítrico 100 g⁻¹) aumentou nos frutos mantidos a 5 °C (testemunha; tratamento térmico ou UV-C/1,14 kJ m⁻²) e diminuiu nos conservados a 12 °C (Tabela 32), sendo esta diferença atribuída ao efeito da temperatura de armazenamento (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O *Ratio* inicial (5,80) refletiu o balanço entre os teores de sólidos solúveis e os de acidez titulável, e aumentou consideravelmente nas mangas armazenadas a 12 °C (Tabela 32). Considerando a indicação de MEDLICOTT & REYNOLDS (1988), de que mangas estão maduras quando o *Ratio* está entre 10,0 e 12,3, observa-se que apenas os frutos do controle (12 °C) amadureceram durante o período de armazenamento e atingiram no 14º dia, valores próximos a esta faixa.

O teor de açúcares solúveis (6,31 g glicose 100 g⁻¹) aumentou significativamente após 14 dias de armazenamento, nas mangas do controle (12 °C) e nas tratadas com radiação UV-C/2,28 kJ m⁻² (Tabela 33). Os frutos que receberam banho térmico a 55

°C/5 min foram os que apresentaram ao final deste período refrigerado os menores teores de açúcares solúveis, enquanto os mantidos a 12 °C os maiores, o que foi semelhante ao observado nos teores de sólidos solúveis (Tabela 32). O incremento nestes teores indica que houve o amadurecimento da polpa a 12 °C, devido principalmente, à hidrólise de carboidratos de reserva acumulados durante o crescimento do fruto na planta (WILLS et al., 2007).

Observou-se que os teores iniciais de açúcares redutores (3,07 g glicose 100 g⁻¹) só não aumentaram nas mangas submetidas à banho térmico, que apresentaram decréscimo e chegaram ao final dos 14 dias de armazenamento refrigerado, com os menores teores (Tabela 33). ZAMBRANO & MATERANO (1998) também relataram que a aplicação de tratamento hidrotérmico a 46 °C e a 54 °C em mangas ‘Palmer’ armazenadas a 5 °C por 6 semanas afetou negativamente a hidrólise do amido a açúcares, conforme o constatado neste trabalho.

Tabela 33. Teores de açúcares solúveis (AS) e redutores (AR) em mangas ‘Tommy Atkins’ submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) e a 12 °C (82% UR), por 14 dias.

Tratamentos	AS (g glicose 100 g ⁻¹)	AR (g glicose 100 g ⁻¹)
<i>Inicial</i>	6,31	3,07
5 °C	7,50 AB	3,27 B
55 °C/5 min	6,42 B	2,86 C
46,1 °C/90 min	7,50 AB	2,98 C
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	9,14 AB	3,63 A
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	7,80 AB	3,48 AB
12 °C	9,86 A	3,72 A
C.V. (%)	13,59	2,66

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

A atividade inicial da polifenoloxidase (PPO) na casca da manga (120,29 µmol fenol degradado mg proteína⁻¹ min⁻¹) não foi significativamente afetada pelos tratamentos ou pelo período de armazenamento refrigerado (Tabela 34). Na polpa, observou-se que a atividade inicial (12,46 µmol fenol degradado mg proteína⁻¹ min⁻¹) diminuiu nos frutos expostos à radiação UV-C/1,14 kJ m⁻² e nos do controle (12 °C), enquanto os tratados hidrotermicamente a 55 °C/ 5 min se destacaram pela atividade mais intensa, sugerindo que este tratamento favoreceu a ocorrência de reações

oxidativas na polpa. Também se observou que a atividade da PPO foi mais intensa na casca, o que é concordante com o verificado por KETSA & CHIDTRAGOOL (2005) em mangas 'Nam Dok Mai' armazenadas a 4 °C por 30 dias.

Tabela 34. Atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD), fenilalanina amônia-liase (PAL) e teores de polifenóis extraíveis totais (PExT) na casca e na polpa de mangas 'Tommy Atkins' submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) e a 12 °C (82% UR), por 14 dias.

Tratamentos	PPO ($\mu\text{mol fenol degradado mg proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$)	POD ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ degradado mg $\text{proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$)	PAL ¹	PExT (mg ác. gálico 100 g ⁻¹)
Casca				
<i>Inicial</i>	120,29	0,015	587,90	402,84
5 °C	196,38 A	0,028 A	117,10 A	621,94 A
55 °C/5 min	144,05 A	0,021 BC	83,31 B	529,71 AB
46,1 °C/90 min	121,11 A	0,013 D	95,44 AB	474,49 BC
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	166,42 A	0,021 BC	71,19 BC	402,18 CD
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	193,60 A	0,016 CD	50,39 CD	479,37 BC
12 °C	128,28 A	0,022 B	36,24 D	363,42 D
C.V. (%)	40,37	12,56	25,68	23,32
Polpa				
<i>Inicial</i>	12,46	0,0013	68,96	23,92
5 °C	13,96 AB	0,0022 AB	13,96 B	23,30 B
55 °C/5 min	17,64 A	0,0028 A	16,31 AB	22,57 B
46,1 °C/90 min	12,57 AB	0,0013 BC	14,10 B	31,37 A
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	9,15 bBC	0,0011 BC	8,45 C	32,35 A
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	14,95 AB	0,0023 AB	17,38 A	27,23 AB
12 °C	3,99 C	0,0005 C	3,99 D	24,06 B
C.V. (%)	22,02	32,90	7,36	11,02

¹ A atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) na casca foi expressa em $\mu\text{mol h}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$ e, na polpa em $\text{nmol h}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$.

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A atividade inicial da peroxidase (POD) na casca ($0,015 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ degradado $\text{mg proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$) também foi maior que na polpa ($0,0013 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ degradado $\text{mg proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$). Após os 14 dias de armazenamento, as mangas do testemunha (5 °C) se caracterizaram pela atividade mais intensa da POD na casca (Tabela 34), o que pode ser atribuído ao desenvolvimento dos sintomas de dano pelo frio, cuja resposta é o aumento na atividade das enzimas oxidativas, dentre as quais se destaca a POD (SIEGEL & SIEGEL, 1986). Na polpa, esta atividade aumentou nas mangas do

testemunha (5 °C), nas tratadas hidrotêrmicamente a 55 °C por 5 min e nas expostas à radiação ultravioleta (UV-C) por 7 min, ou 2,28 kJ m⁻² (Tabela 34).

A atividade inicial da fenilalanina amônia-liase (PAL) também foi maior na casca (597,90 μmol h⁻¹ mg proteína⁻¹) em relação à polpa (68,96 nmol h⁻¹ mg proteína⁻¹) e diminuiu durante o período de armazenamento, com os frutos do controle (12 °C) apresentando atividade inferior à dos demais tratamentos (Tabela 34), o que pode estar associado com tolerância ao *chilling* (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Os teores iniciais de polifenóis extraíveis totais (PEXT) foram maiores na casca (402,84 mg ác. gálico 100 g⁻¹) e só aumentaram, durante o armazenamento refrigerado, nos frutos do testemunha (5 °C), que se destacaram pelos maiores níveis de polifenóis no 14º dia (Tabela 34), o que é semelhante ao observado para as enzimas POD e PAL. Isto sugere que o estresse causado pelo armazenamento refrigerado a 5 °C, exteriorizado pelas injúrias nestes frutos, pode ter ativado o metabolismo secundário das células, que é uma das rotas formadoras de compostos fenólicos (DING et al., 2002).

Na polpa dos frutos o valor inicial de 23,92 mg ác. gálico 100 g⁻¹, só aumentou durante o período refrigerado nos expostos à radiação ultravioleta (UV-C) por 3,5 min ou 1,14 kJ m⁻² e nos tratados hidrotêrmicamente a 46,1 °C por 90 min (Tabela 34). Resultados semelhantes foram reportados por SOONG & BARLOW (2006) em mangas submetidas à tratamento térmico e por CAMPOS (2008) em tomates 'Pitenza' tratados com radiação ultravioleta (UV-C) na dose de 2,27 kJ m⁻² e armazenados a 12 °C por 21 dias.

A atividade antioxidante total da polpa, determinada pelo método ABTS, que inicialmente era de 2,89 μM Trolox g⁻¹ diminuiu significativamente nos frutos do testemunha (5 °C), nos tratados hidrotêrmicamente a 55 °C/5 min e nos expostos à radiação UV-C/2,28 kJ m⁻² (Tabela 35), evidenciando a menor capacidade de inibição de radicais livres pelas mangas destes tratamentos (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006).

Tabela 35. Atividade antioxidante total pelo método ABTS e no sistema β -caroteno/ácido linoléico da polpa de mangas 'Tommy Atkins' submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) e a 12 °C (82% UR), por 14 dias.

Tratamentos	ABTS ($\mu\text{M Trolox g}^{-1}$)	β -caroteno/ác. linoléico (% inibição da oxidação)
<i>Inicial</i>	2,89	48,49
5 °C	2,13 C	35,61 B
55 °C/5 min	2,42 B	50,00 A
46,1 °C/90 min	2,79 AB	53,36 A
UV-C/1,14 kJ m^{-2}	2,79 AB	53,53 A
UV-C/2,28 kJ m^{-2}	2,20 C	53,70 A
12 °C	2,97 A	43,07 AB
C.V. (%)	7,74	9,09

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Comportamento distinto foi constatado quando se avaliou a capacidade antioxidante no sistema β -caroteno/ácido linoléico, que inicialmente era de 48,49%, e só diminuiu significativamente durante o armazenamento refrigerado nas mangas do testemunha (5 °C) (Tabela 35). Isto indica que os tratamentos aplicados para inibir a manifestação de danos pelo frio conferiram maior proteção contra a oxidação do β -caroteno. YAHIA & PEDRO-CAMPOS (2000) também verificaram que mangas 'Keitt' submetidas à banho térmico, 46,1 °C por 60 ou 90 min, e armazenadas por 21 dias a 10 °C apresentaram incremento nos teores de β -caroteno, com níveis superiores aos encontrados nas não tratadas.

4.3.2. Avaliação da qualidade dos frutos após transferência à condição de ambiente

Depois de transferidos ao ambiente, os frutos do testemunha (5 °C) e os tratados hidrotermicamente, no primeiro dia já apresentavam sinais de murchamento (nota 2); os tratados com radiação UV-C/1,14 kJ m^{-2} , apresentaram perda de turgidez no 3º dia e no 7º dia já se mostravam murchos; enquanto os tratados com radiação UV-C/2,28 kJ m^{-2} e os mantidos a 12 °C (controle) exibiram ao longo de todo o período de

armazenamento apenas sinais de murchamento (Tabela 36, Figura 12). Estes resultados indicam que o tratamento hidrotérmico não conteve o murchamento das mangas.

Tabela 36. Murchamento* de mangas 'Tommy Atkins' levadas a condição de ambiente (21,9 °C; 55% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) ou a 12 °C (82% UR) por 14 dias.

Tempo (dia)	5 °C	55 °C/5 min	46,1 °C/90 min	UV-C/1,14 kJ m ⁻²	UV-C/2,28 kJ m ⁻²	12 °C
1	2	2	2	3	3	3
3	2	2	1	2	3	3
5	2	1	1	2	2	2
7	1	1	1	1	2	2

*Notas: 3= frutos túrgidos; 2= frutos com sinais de murchamento; 1= frutos totalmente murchos.

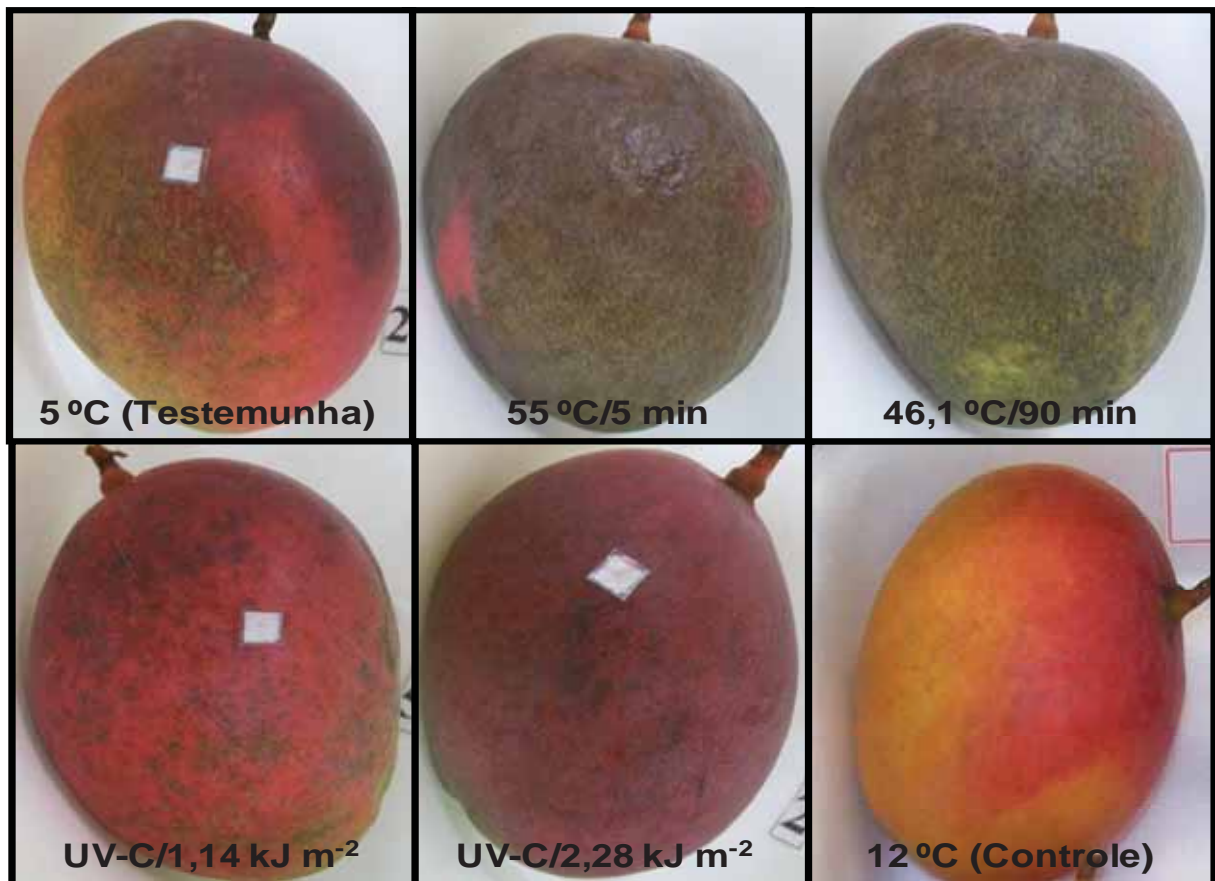


Figura 12. Aspecto de mangas 'Tommy Atkins' levadas a condição de ambiente por 7 dias (21,9 °C; 55% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração por 14 dias.

Os sintomas de dano pelo frio se manifestaram rapidamente após a transferência para o ambiente, com os frutos do testemunha (5 °C) apresentando no 3º dia, 25,1-35% da superfície injuriada (nota 5), que corresponde ao limite de comercialização, enquanto os tratados com radiação ultravioleta (UV-C) apresentavam percentagens de ocorrência de 13,6% (UV-C/1,14 kJ m⁻²) a 7,5% (UV-C/2,28 kJ m⁻²) (Tabela 37). Esta avaliação não foi feita nos frutos tratados hidrotermicamente, dada a grande incidência de escaldadura (CHITARRA & CHITARRA, 2005). GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001; 2007a) também constataram que os sintomas de *chilling* foram minimizados em mangas ‘Tommy Atkins’ e ‘Haden’ expostas à radiação ultravioleta, 4,11 kJ m⁻² e 8,22 kJ m⁻², e que as exposições por períodos mais prolongados se mostraram mais eficientes.

Tabela 37. Danos pelo frio* em mangas ‘Tommy Atkins’ levadas a condição de ambiente (21,9 °C; 55% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) ou a 12 °C (82% UR) por 14 dias.

Tempo (dia)	5 °C	UV-C/1,14 kJ m ⁻²	UV-C/2,28 kJ m ⁻²	46,1 °C/90 min	55 °C/5 min	12 °C
1	4	3	2	-	-	1
3	5	3	3	-	-	1
5	5	4	3	-	-	1
7	6	4	3	-	-	1

*Notas de danos pelo frio: 1= sem sintomas visíveis de injúria; 2= 2-5% da superfície danificada; 3= 5,1-15% da superfície injuriada; 4= 15,1-25% da superfície injuriada; 5= 25,1-35% da superfície injuriada; 6= 35,1-45% da superfície injuriada; 7= 45,1-55% da superfície injuriada; 8= >55% da superfície dos frutos contendo depressões e escaldadura.

Os frutos submetidos aos diferentes tratamentos apresentaram padrão respiratório semelhante, com pico climatérico no 2º dia, porém com diferentes magnitudes (Figura 13). Os frutos tratados hidrotermicamente foram os que exibiram as menores taxas respiratórias, seguidos dos tratados com radiação ultravioleta (UV-C), do testemunha (5 °C) e dos previamente armazenados a 12 °C (controle). JACOBI et al. (1995) verificaram que o tratamento térmico não influenciou no padrão, nem na intensidade do pico respiratório em mangas ‘Kensington’, o que difere do encontrado neste trabalho.

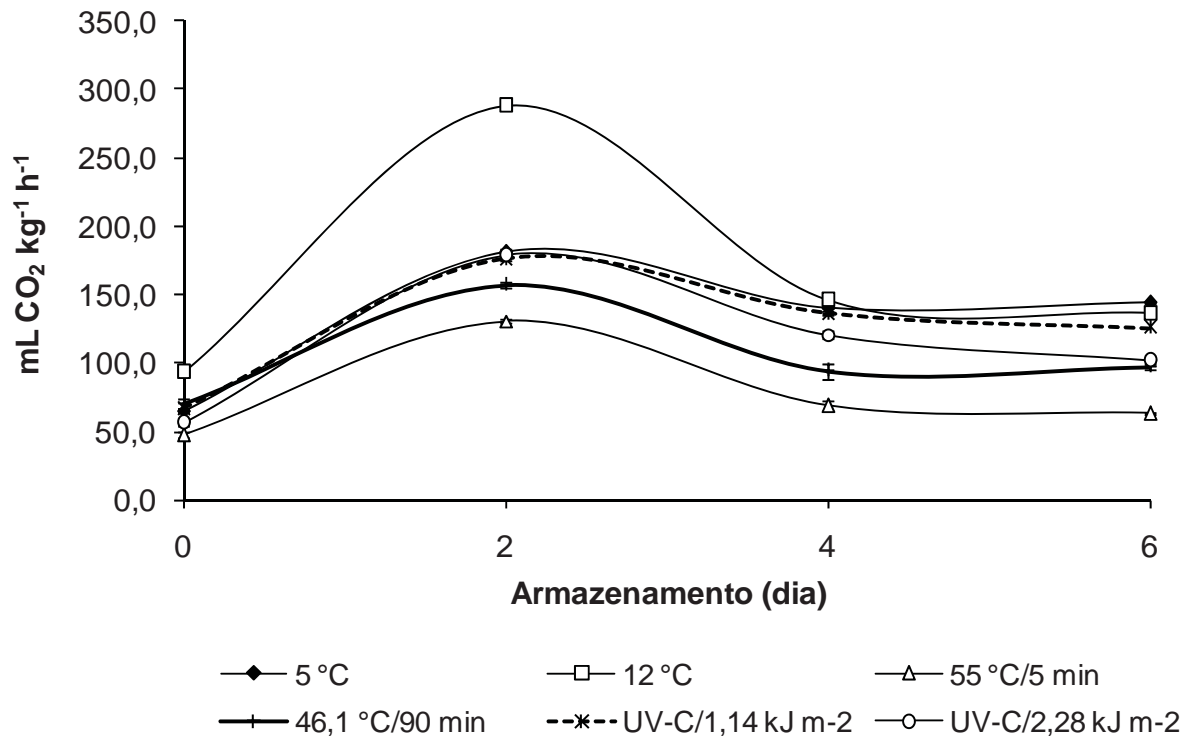


Figura 13. Atividade respiratória de mangas 'Tommy Atkins' levadas a condição de ambiente (21,9 °C; 55% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) ou a 12 °C (82% UR) por 14 dias. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Os tratamentos apresentaram efeitos diferentes no controle de podridões, com os frutos do controle (12 °C) apresentando as maiores ocorrências, em 3 dias, seguido dos tratados com radiação ultravioleta (UV-C/1,14 e UV-C/2,28 kJ m⁻²), dos armazenados a 5 °C ou testemunha e dos tratados hidrotérmicamente a 46,1 °C/90 min (Tabela 38). O tratamento térmico a 55 °C/5 min, mostrou-se efetivo no controle de podridões, por ter contido o aparecimento desses sintomas durante todo o período de avaliação, reafirmando o relatado por DIAS et al. (2005), em mangas 'Van Dyke'. A radiação ultravioleta (UV-C), nas doses utilizadas, não conteve o aparecimento de podridões, diferindo do relatado por GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001) em mangas 'Tommy Atkins' tratadas com altas doses de UV-C (8,22 kJ m⁻²).

Tabela 38. Ocorrência de podridões (%) em mangas 'Tommy Atkins' levadas a condição de ambiente (21,9 °C; 55% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) ou a 12 °C (82% UR) por 14 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
5 °C	0,00 bA	33,33 aBC	33,33 aBC	33,33 aBC
55 °C/5 min	0,00 aA	0,00 aC	0,00 aC	0,00 aC
46,1 °C/90 min	0,00 bA	16,67 abC	50,00 aABC	50,00 aABC
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	0,00 bA	83,33 aAB	83,33 aAB	83,33 aAB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	0,00 bA	33,33 abBC	66,67 aAB	66,67 aAB
12 °C	16,67 bA	100,00 aA	100,00 aA	100,00 aA

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os frutos tratados hidrotêrmicamente a 55 °C apresentaram a maior perda de massa, após transferência à condição de ambiente, enquanto os expostos à radiação UV-C/2,28 kJ m⁻², a menor (Tabela 39). Apesar dessas diferenças, os frutos submetidos aos diferentes tratamentos não apresentaram comportamento significativamente diferente do testemunha (5 °C), nem dos previamente conservados a 12 °C (controle). Resultados semelhantes foram relatados por GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001) em mangas 'Tommy Atkins' mantidas sob condição ambiente, depois de armazenadas a 5 °C por 14 dias.

Tabela 39. Perda de massa fresca em mangas 'Tommy Atkins' levadas a condição de ambiente (21,9 °C; 55% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) ou a 12 °C (82% UR) por 14 dias.

Tratamentos	Perda de massa fresca (%)
5 °C	3,06 AB
55 °C/5 min	3,42 A
46,1 °C/90 min	3,20 AB
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	3,21 AB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	2,99 B
12 °C	3,24 AB
Armazenamento (dia)	
1	0,00 D
3	2,15 C
5	4,27 B
7	6,32 A
C.V. (%)	10,54

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os tratamentos hidrotérmicos afetaram o desenvolvimento da coloração na casca, expressa pela manutenção nos valores de cromaticidade e pela redução nos de L^* (Tabela 40), indicando que os frutos submetidos à estes tratamentos exibiam casca de coloração amarelo acinzentado, devido à baixa intensidade de pigmentos. As mangas expostas à radiação UV-C se caracterizaram pela casca de cor vermelha, enquanto as do testemunha (5 °C) apresentavam coloração amarelo-avermelhado, porém ambas com tonalidade acinzentada, devido aos baixos valores de luminosidade. Nos frutos a 12 °C esta coloração evoluiu para vermelho-amarelado vivo, devido ao incremento nos parâmetros L^* , ângulo Hue e cromaticidade. A interferência do tratamento hidrotérmico nas mudanças de cor da casca das mangas, não reafirma o relatado por ACEDO et al. (2001) em mangas 'Carabao' tratadas hidrotermicamente.

A luminosidade da polpa só foi influenciada pelo tempo de armazenamento, e diminuiu de 78,87 para 71,94. Tendência semelhante foi encontrada para o ângulo Hue (Tabela 40), com diminuição mais intensa nos frutos previamente armazenados a 12 °C e menos pronunciada nos tratados hidrotermicamente, indicando que o aumento da cor amarela ocorreu com intensidades distintas.

Quanto à cromaticidade da polpa apesar de ter sido detectado efeito significativo dos tratamentos aplicados e do período de armazenamento, observou-se que os frutos apresentaram no 7º dia, coloração de mesma intensidade (Tabela 40), o que é um indicativo que os tratamentos não impediram que a polpa se pigmentasse.

SANTOS (2008) não observou prejuízos à coloração da polpa de mangas 'Tommy Atkins' submetidas à tratamento hidrotérmico e armazenadas a temperatura ambiente por 15 dias. D'HALLEWIN et al. (2000) relataram que a radiação ultravioleta não influenciou na coloração de pomelos 'Star Ruby' armazenados a 7 °C por 30 dias, seguido de sete dias a 20 °C.

Tabela 40. Coloração da casca e da polpa de mangas 'Tommy Atkins' levadas a condição de ambiente (21,9 °C; 55% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) ou a 12 °C (82% UR), por 14 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
L* da casca				
5 °C	41,02 aAB	37,85 aBC	41,55 aAB	39,11 aB
55 °C/5 min	43,47 aAB	40,68 abAB	39,03 bB	38,83 bB
46,1 °C/90 min	45,23 aA	41,15 bAB	40,27 bB	38,98 bB
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	40,69 aB	35,81 bC	38,80 abB	40,63 aB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	39,61 aB	37,34 aBC	38,23 aB	39,59 aB
12 °C	41,88 bAB	42,18 bA	45,30 abA	49,05 aA
Ângulo Hue da casca				
5 °C	13,94 cC	24,92 bcC	25,97 bB	50,85 aA
55 °C/5 min	72,47 aA	59,19 bA	63,40 abA	59,50 bA
46,1 °C/90 min	53,10 bB	53,89 bB	75,34 aA	63,51 bA
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	20,79 bC	21,06 bC	31,93 abB	35,04 aBC
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	17,33 aC	17,27 aC	19,83 aB	27,84 aC
12 °C	24,38 bC	25,02 bC	28,97 bB	43,66 aB
Cromaticidade da casca				
5 °C	17,17 bAB	17,40 bCD	19,3 abB	22,40 aB
55 °C/5 min	13,07 aBC	15,23 aDE	13,32 aC	11,08 aC
46,1 °C/90 min	10,61 aC	12,12 aE	14,36 aC	10,69 aC
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	16,27 bAB	21,38 aBC	24,01 aB	20,16 aB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	18,07 bA	22,71 aB	21,09 abB	24,25 aB
12 °C	17,61 cAB	29,88 bA	33,74 bA	40,40 aA
Ângulo Hue da polpa				
5 °C	99,24 aB	96,76 aBC	92,42 bA	90,66 bB
55 °C/5 min	101,60 aAB	99,94 aA	94,29 bA	93,51 bAB
46,1 °C/90 min	102,36 aAB	99,49 bAB	92,39 cA	94,53 cA
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	102,54 aA	93,35 bD	92,09 bA	91,11 bB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	99,67 aAB	94,48 bCD	92,11 bcA	90,66 cB
12 °C	102,08 aAB	96,96 bABC	92,91 cA	87,00 dC
Cromaticidade da polpa				
5 °C	45,06 bA	48,27 abA	51,10 aA	49,53 abA
55 °C/5 min	40,31 bAB	47,67 aA	43,87 abB	48,03 aA
46,1 °C/90 min	37,33 bB	45,82 aA	46,68 aAB	47,24 aA
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	38,89 bAB	46,70 aA	45,82 aAB	48,56 aA
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	43,06 bAB	46,83 abA	48,09 abAB	49,40 aA
12 °C	38,61 bAB	46,19 aA	47,20 aAB	49,50 aA

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os frutos previamente armazenados a 12 °C (controle) apresentaram os maiores teores de sólidos solúveis, seguidos do testemunha (5 °C) e dos expostos à radiação ultravioleta (UV-C) e dos tratados hidrotermicamente (Tabela 41). Observou-se também que independentemente dos tratamentos houve aumento nos teores sólidos solúveis, durante o armazenamento, conforme o indicado por COCOZZA (2003) e por MORAIS et al. (2000).

Tabela 41. Teores médios de sólidos solúveis (SS) em mangas 'Tommy Atkins' levadas a condição de ambiente (21,9 °C; 55% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) ou a 12 °C (82% UR), por 14 dias.

Tratamentos	SS (°Brix)
5 °C	11,06 B
55 °C/5 min	10,06 C
46,1 °C/90 min	9,85 C
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	10,45 BC
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	10,93 B
12 °C	12,03 A
Armazenamento (dia)	
1	7,94 D
3	10,37 C
5	11,92 B
7	12,68 A
C.V. (%)	8,12

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

A variação nos teores de acidez titulável (AT) é mostrada na Tabela 42 e indica que durante o armazenamento ao ambiente houve redução nestes teores nos frutos de todos os tratamentos, mas com menor intensidade nos tratados hidrotermicamente a 46,1 °C/90 min. JABBAR et al. (2011) também verificaram que mangas 'Samar Bahisht Chaunsa' submetidas à tratamento hidrotérmico apresentaram maior acidez que as não tratadas.

Estes resultados implicaram em aumento no *Ratio* (SS/AT), durante o período de armazenamento (Tabela 42), indicando o amadurecimento das mangas de todos os tratamentos, porém com menor intensidade nas submetidas à banho térmico a 46,1 °C/90 min, o que é diferente do registrado por ANWAR & MALIK (2007) em mangas 'Sindhri'.

Tabela 42. Acidez titulável (AT), *Ratio* (SS/AT) e firmeza da polpa de mangas Tommy Atkins' levadas a condição de ambiente (21,9 °C; 55% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) ou a 12 °C (82% UR), por 14 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
AT (g ácido cítrico 100 g⁻¹)				
5 °C	1,304 aA	0,983 bA	0,900 bBC	0,601 cB
55 °C/5 min	1,317 aA	1,050 bA	0,912 bAB	0,647 cB
46,1 °C/90 min	1,389 aA	0,989 bA	1,086 bA	0,946 bA
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	1,236 aA	1,046 bA	0,956 bAB	0,654 cB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	1,277 aA	1,028 bA	0,729 cC	0,539 dB
12 °C	1,020 aB	0,882 aA	0,881 aBC	0,587 bB
Ratio (SS/AT)				
5 °C	6,43 cA	10,34 bcAB	13,71 bAB	23,54 aAB
55 °C/5 min	5,54 cA	8,87 bcB	12,19 bAB	20,25 aAB
46,1 °C/90 min	5,08 bA	9,74 abAB	10,29 aB	12,36 aC
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	6,32 cA	9,87 bcAB	12,69 bAB	19,06 aB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	5,96 cA	10,58 cAB	17,51 bA	25,21 aA
12 °C	9,46 cA	15,07 bA	14,74 bAB	23,98 aAB
Firmeza (N)				
5 °C	56,90 aA	51,19 aA	19,02 bA	7,71 cA
55 °C/5 min	56,61 aA	42,37 bA	15,20 cAB	3,15 dA
46,1 °C/90 min	55,01 aA	52,49 aA	18,13 bA	4,75 cA
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	54,83 aA	50,86 aA	8,49 bAB	7,71 bA
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	58,31 aA	50,19 aA	11,20 bAB	8,90 bA
12 °C	60,06 aA	42,93 bA	5,86 cB	2,59 cA

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A firmeza foi mantida nos três primeiros dias e a partir desse período ela diminuiu nos frutos de todos os tratamentos, com os tratados hidrotermicamente ou armazenados a 12 °C apresentando as maiores reduções (Tabela 42). Resultados semelhantes foram relatados por ESGUERRA et al. (2006) em mangas 'Carabao' tratadas hidrotermicamente, e por GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001), que trataram mangas 'Tommy Atkins' com radiação UV-C e armazenaram-nas a 5 °C por 14 dias, antes de transferí-las para condição de ambiente.

Os teores de açúcares solúveis (AS) e redutores (AR) aumentaram durante o tempo de armazenamento ao ambiente e foram significativamente influenciados pelos tratamentos (Tabela 43). Os frutos tratados hidrotermicamente apresentaram os menores teores, o que pode estar associado à baixa atividade metabólica exibida pelos

mesmos (Figura 13), enquanto os previamente armazenados a 12 °C (controle) destacaram-se pelos maiores níveis de açúcares, o que refletiu a tendência dos teores de sólidos solúveis (Tabela 41). Comportamento invariável nestes teores foi relatado por TEIXEIRA et al. (2007b) em carambolas 'Fwang Tung' submetidas à banho térmico, 49 °C ou 52 °C, e armazenadas a 11,8 °C por 12 dias, antes de serem levadas ao ambiente por 3 dias. Por outro lado, ZAMBRANO & MATERANO (1998) constataram que o tratamento térmico a 46 °C ou 54 °C de mangas 'Palmer' resultou em menores teores de AR, devido à menor degradação do amido.

Tabela 43. Teores de açúcares solúveis (AS) e redutores (AR) de mangas 'Tommy Atkins' levadas a condição de ambiente (21,9 °C; 55% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas a 5 °C (80% UR) ou a 12 °C (82% UR), por 14 dias.

.Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
AS (g glicose 100 g⁻¹)				
5 °C	6,79 cD	10,25 bB	13,05 aA	12,95 aBC
55 °C/5 min	7,80 bBCD	11,01 aB	10,96 aC	12,17 aC
46,1 °C/90 min	7,66 cCD	10,34 bB	11,53 abBC	12,33 aC
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	8,56 cBC	13,69 aA	12,16 bABC	12,83 abBC
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	9,09 dAB	10,99 cB	12,57 bAB	13,82 aAB
12 °C	9,95 cA	12,95 bA	13,24 bA	14,88 aA
AR (g glicose 100 g⁻¹)				
5 °C	3,39 cC	3,76 bBC	4,01 aB	4,18 aB
55 °C/5 min	3,48 bC	3,80 aBC	3,90 aBC	3,95 aBC
46,1 °C/90 min	3,42 bC	3,65 aC	3,70 aC	3,81 aC
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	3,74 bAB	3,93 abAB	3,96 aB	4,12 aB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	3,53 cBC	3,94 bAB	3,98 abB	4,16 aB
12 °C	3,94 cA	4,15 bcA	4,34 bA	4,64 aA

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Não houve efeito diferenciado dos tratamentos nos teores de ácido ascórbico, porém verificou-se que estes diminuíram de 20,63 mg 100 g⁻¹ para 7,97 mg 100 g⁻¹ com o avanço do armazenamento ao ambiente, como consequência do processo de amadurecimento (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A atividade da polifenoloxidase (PPO) na casca (Figura 14A) não variou significativamente, ao longo do armazenamento ao ambiente, nos frutos tratados hidrotérmicamente a 55 °C/5 min e nos expostos à radiação UV-C/2,28 kJ m⁻²,

enquanto nos do testemunha (5 °C) esta atividade já estava diminuída no 3º dia, nos do controle (12 °C) no 5º dia e nos que receberam banho a 46,1 °C, no 7º dia. É importante destacar que as mangas do testemunha (5 °C) foram as que apresentaram atividade mais intensa até o 3º dia.

Com o agravamento dos sintomas de danos pelo frio nos frutos do testemunha (5 °C) e nos expostos à radiação UV-C, além da visualização de escaldadura nos tratados hidrotermicamente, esperava-se aumento na atividade da PPO na casca, o que não foi observado. TREJO-MÁRQUEZ et al. (2010) relataram que a atividade desta enzima esteve diretamente relacionada com o desenvolvimento de *chilling injury* em mangas 'Kent', 'Keitt' e 'Manila' previamente armazenadas a 5 °C por 25 dias, depois de levadas ao ambiente.

A atividade da peroxidase (POD) na casca diminuiu em todos os tratamentos (Figura 14B), com exceção dos frutos tratados com radiação UV-C/2,28 kJ m⁻², os quais chegaram ao último dia com atividade semelhante à inicial, o que é indicativo que esta dose induziu a ocorrência de oxidações (BARKA et al., 2000b). Mangas do tratamento testemunha (5 °C) apresentaram atividade mais intensa até o 3º dia, o que é coincidente com o comportamento observado para a PPO.

Observou-se que, com o avanço dos dias, a atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) na casca aumentou nos frutos tratados hidrotermicamente a 46,1 °C/90 min e nos expostos à radiação UV-C/1,14 kJ m⁻², enquanto nos do tratamento controle (12 °C) e nos tratados com radiação UV-C/2,28 kJ m⁻², esta tendência foi detectada até o 3º e 5º dias, respectivamente (Figura 14C). As mangas que receberam banho térmico a 55 °C/5 min se distinguiram dos demais tratamentos pelo aumento crescente na atividade desta enzima, ao longo de todo o período de armazenamento e, por se destacar, no 7º dia, pela maior atividade, o que explica a ausência de podridões nesses frutos, uma vez que a referida enzima está envolvida com mecanismos de resistência e controle de doenças (LIU et al., 2005).

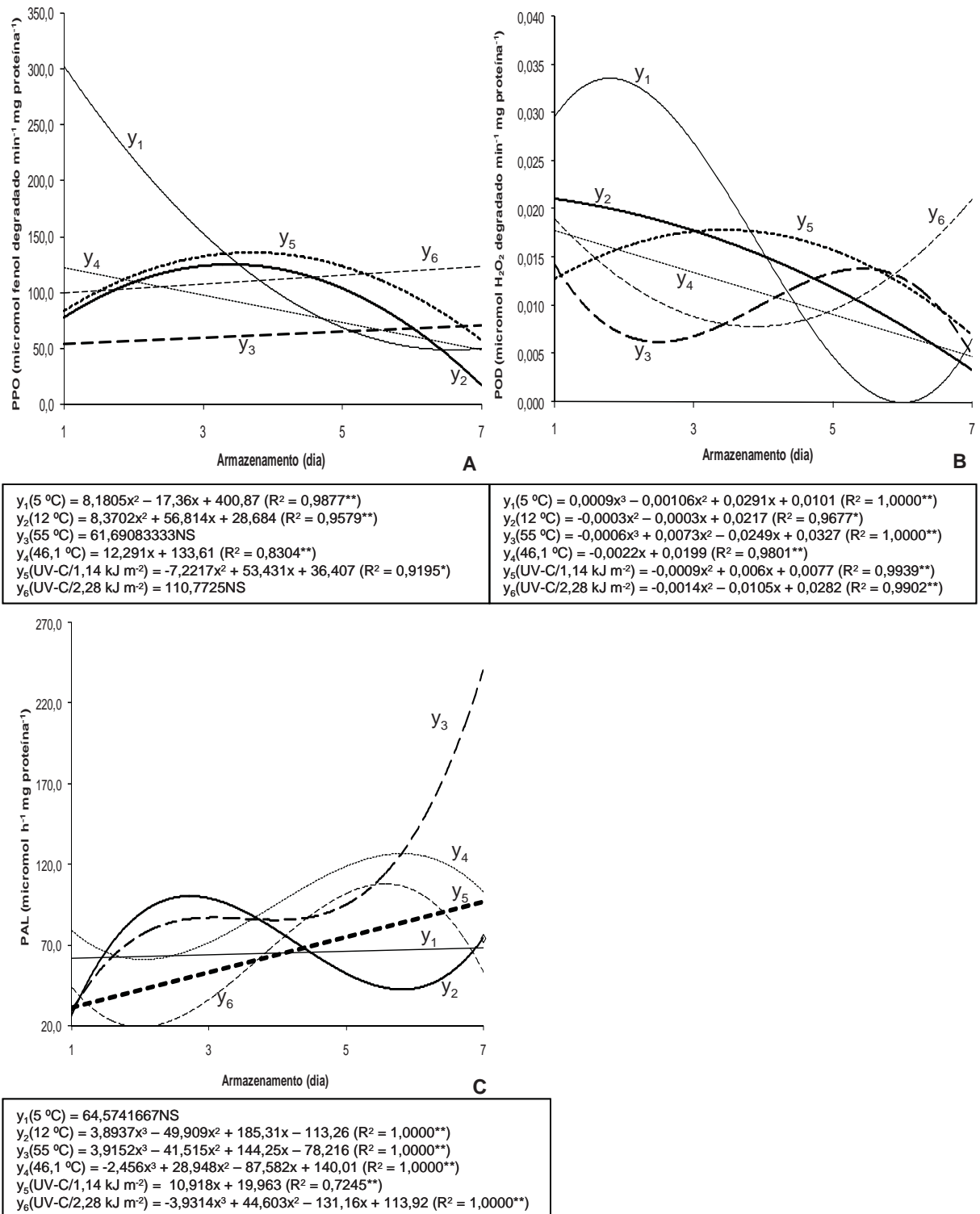


Figura 14. Atividade das enzimas polifenoloxidase (A), peroxidase (B) e fenilalanina amônia-liase (C) na casca de mangas 'Tommy Atkins' levadas a condição de ambiente (21,9 °C; 55% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração.

Os teores de polifenóis na casca não foram influenciados pelo tempo de armazenamento ao ambiente ($437,59 \pm 9,43$ mg ác. gálico 100 g^{-1}) ou pelos tratamentos, exceção feita às mangas do testemunha ($5 \text{ }^\circ\text{C}$) que apresentaram os maiores teores ($620,15$ mg ác. gálico 100 g^{-1}), o que vai ao encontro do agravamento dos sintomas de dano pelo frio nestes frutos (Tabela 37), os quais se caracterizam pelo escurecimento da casca devido a oxidação de compostos fenólicos (AGILLON & LIZADA, 2010).

A atividade da polifenoloxidase (PPO) na polpa dos frutos diminuiu, quando estes foram levados ao ambiente, porém com menor intensidade na dos testemunha ($5 \text{ }^\circ\text{C}$) (Figura 15A). Tendência distinta foi verificada na atividade da peroxidase (POD), que se caracterizou por aumento nas mangas do testemunha ($5 \text{ }^\circ\text{C}$), do controle ($12 \text{ }^\circ\text{C}$), nas tratadas a $55 \text{ }^\circ\text{C}/5$ min e com radiação UV-C/ $1,14 \text{ kJ m}^{-2}$, enquanto nas do tratamento térmico a $46,1 \text{ }^\circ\text{C}$ e nas expostas à radiação UV-C/ $2,28 \text{ kJ m}^{-2}$ ela diminuiu (Figura 15B).

A atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) na polpa apresentou aumento até o 3º dia nos frutos tratados com radiação UV-C/ $1,14 \text{ kJ m}^{-2}$, enquanto nos demais tratamentos tal tendência se estendeu até o 5º dia, com posterior redução (Figura 15C). GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2007a) obtiveram resultados similares em mangas 'Haden' tratadas com radiação ultravioleta (UV-C) e armazenadas a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ por 18 dias.

Os teores de polifenóis (PEXT) diminuíram na polpa dos frutos de todos os tratamentos, com exceção dos tratados com radiação UV-C/ $1,14 \text{ kJ m}^{-2}$ e dos do testemunha ($5 \text{ }^\circ\text{C}$), os quais se caracterizaram por comportamento estável (Figura 16A). GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2007a) relataram aumento nesses teores em mangas 'Haden' armazenadas a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ por 18 dias, após tratamento com radiação UV-C.

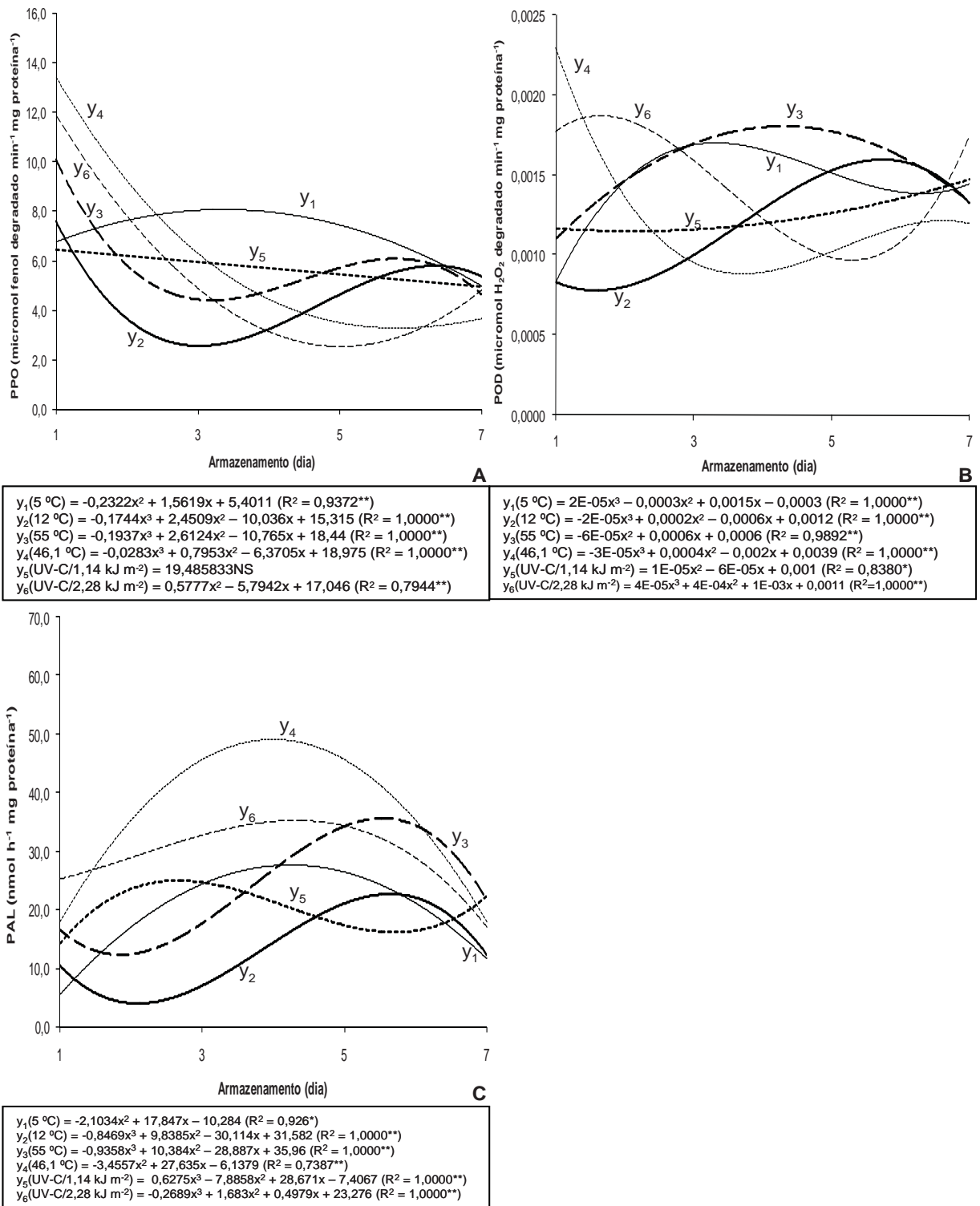


Figura 15. Atividade das enzimas polifenoloxidase (A), peroxidase (B) e fenilalanina amônia-liase (C) na polpa de mangas ‘Tommy Atkins’ levadas a condição de ambiente (21,9 °C; 55% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração.

A atividade antioxidante total, segundo o método ABTS, manteve-se estável na polpa dos frutos do controle (12 °C), apresentou leve tendência de aumento nos do testemunha (5 °C), enquanto nos demais tratamentos ela diminuiu significativamente durante o armazenamento ao ambiente (Figura 16B). Apesar da redução na capacidade antioxidante das mangas expostas à radiação UV-C/2,28 kJ m⁻², estas foram as que mantiveram alta atividade por mais tempo. GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2007b) constataram que a aplicação do mesmo tipo de radiação teve um efeito positivo na capacidade antioxidante de mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas.

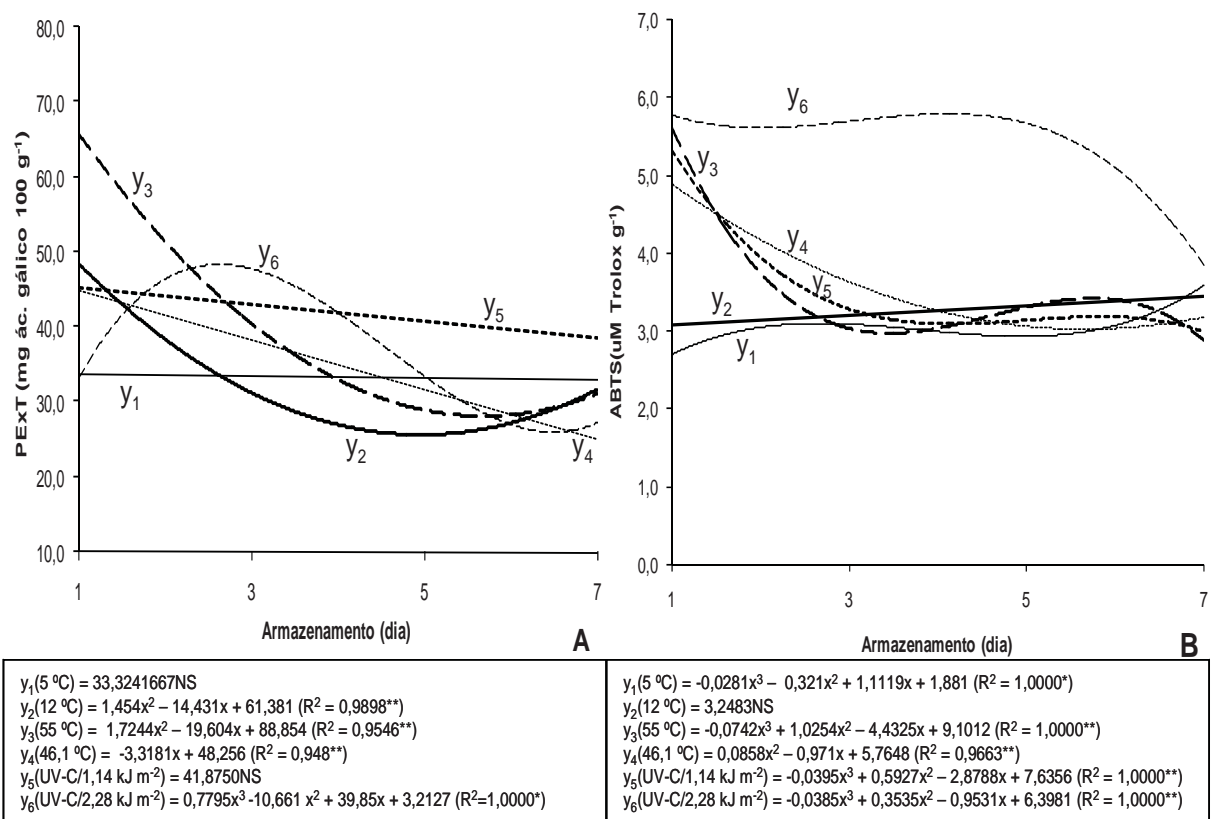


Figura 16. Teores de polifenóis extraíveis totais (A) e atividade antioxidante total pelo método ABTS (B) na polpa de mangas ‘Tommy Atkins’ levadas a condição de ambiente (21,9 °C; 55% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração.

A atividade antioxidante no sistema β -caroteno/ác. linoléico também foi quantificada na polpa dos frutos, porém esta não apresentou comportamento definido ($53,15 \pm 12,74\%$ de inibição da oxidação).

Os resultados obtidos neste experimento permitem dizer que o tratamento hidrotérmico acelerou o murchamento nos frutos da cv. Tommy Atkins após a transferência dos mesmos à condição de ambiente e conferiu à casca a coloração amarelo acinzentada. A coloração da polpa se desenvolveu normalmente e os frutos submetidos à este tratamento foram caracterizados pelos menores teores de açúcares. A vida útil das mangas tratadas a 46,1 °C/90 min foi de um dia ao ambiente, enquanto as que receberam banho a 55 °C/5 min se conservaram por até 3 dias ao ambiente depois de mantidas a 5 °C por 14 dias.

A radiação ultravioleta (UV-C), embora não tenha inibido o aparecimento de injúria pelo frio, minimizou os sintomas, especialmente nos frutos submetidos à dose de 2,28 kJ m⁻². Este tratamento não impediu o desenvolvimento da coloração característica ou causou prejuízos ao amadurecimento, além de ter promovido a manutenção da atividade antioxidante da polpa por mais tempo. A vida útil desses frutos foi limitada pelo murchamento, sendo que o tratamento UV-C/2,28 kJ m⁻² possibilitou a extensão do período de conservação por período superior a 7 dias, enquanto para o tratamento UV-C/1,14 kJ m⁻² este período foi de 5 dias, depois de mantidos a 5 °C por 14 dias.

4.4. Experimento 4: Inibição de danos pelo frio em mangas ‘Palmer’ com uso do tratamento térmico e da radiação ultravioleta (UV-C)

4.4.1. Avaliação da qualidade dos frutos durante o armazenamento refrigerado

Durante o período de armazenamento refrigerado, por 4 dias, não foi observado murchamento (nota 3) independentemente do tratamento aplicado. Resultados semelhantes também foram observados por ACEDO et al. (2001) em mangas ‘Carabao’ tratadas hidrotermicamente e por GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001) em mangas ‘Tommy Atkins’ expostas à radiação UV-C por 10 minutos.

Detectou-se ocorrência de podridões apenas nas mangas do controle (12 °C), em cerca de 33,33% dos frutos, o que pode ser atribuído ao efeito da temperatura, uma vez que as mangas de todos os tratamentos foram tratadas com fungicida. Segundo FELÍCIO et al. (2006), o uso de baixas temperaturas pode contribuir para a supressão do desenvolvimento de patógenos.

Observou-se que as doses de radiação ultravioleta (UV-C) testadas mostraram-se eficientes na minimização da ocorrência de danos pelo frio, pois as mangas submetidas à estes tratamentos apresentaram ao final do armazenamento refrigerado 2-5% da superfície da casca injuriada (nota 2), enquanto os frutos do testemunha (5 °C) ou submetidos ao banho térmico exibiram casca com lesões de áreas semelhantes, ou seja, entre 5,1 e 15% (nota 3). Estes resultados evidenciam que os tratamentos hidrotérmicos testados não conseguiram conter o desenvolvimento dos sintomas de *chilling*, ao contrário do relatado por ZAMBRANO & MATERANO (1998) em mangas da mesma cultivar.

Os tratamentos utilizados não afetaram a atividade fisiológica dos frutos, sendo as diferenças observadas na intensidade respiratória atribuídas ao efeito da temperatura de armazenamento (Figura 17), pois segundo CHITARRA & CHITARRA (2005), temperaturas mais baixas reduzem o metabolismo dos vegetais, diminuindo a taxa respiratória e a atividade enzimática dos mesmos.

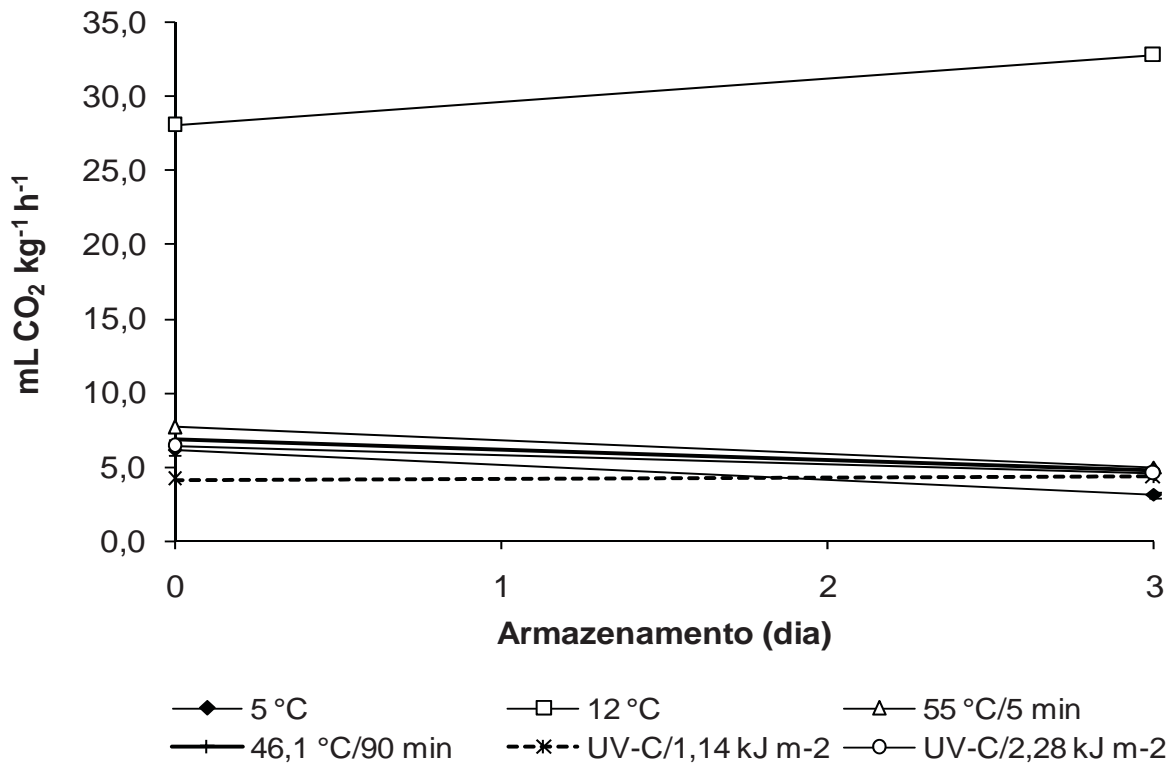


Figura 17. Atividade respiratória de mangas 'Palmer' submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas 5 °C (80% UR) e 12 °C (73,5% UR), por 4 dias. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Os frutos de todos os tratamentos perderam massa durante os 4 dias de armazenamento refrigerado, sendo que a temperatura de 12 °C foi a que levou à maior intensidade de perda, diferindo dos frutos do testemunha (5 °C), dos tratados hidrotermicamente e dos expostos à radiação ultravioleta (Tabela 44). Este comportamento ratifica a maior atividade respiratória apresentada pelas mangas mantidas sob temperaturas mais altas (12 °C), o que implicou em metabolismo mais intenso (PORTER et al., 2003)

Tabela 44. Perda de massa fresca em mangas 'Palmer' submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas 5 °C (80% UR) e 12 °C (73,5% UR), por 4 dias.

Tratamentos	Perda de massa (%)
5 °C	1,90 B
55 °C/5 min	1,25 B
46,1 °C/90 min	2,12 B
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	1,68 B
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	1,61 B
12 °C	3,58 A
C.V. (%)	16,56

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Quanto aos parâmetros que compõem a coloração da casca, verificou-se que ocorreu redução significativa na luminosidade (L*) inicial (41,44), dos frutos armazenados por quatro dias sob condição injuriante (5 °C), independentemente do tratamento, indicando casca mais escurecida que a das mangas conservadas a 12 °C, o que pode ser atribuído à manifestação dos sintomas de danos pelo frio, que se caracterizam pela formação de manchas escurecidas (Tabela 45).

As modificações observadas nos valores iniciais do ângulo Hue (25,03) e da cromaticidade (13,70) após os quatro dias de armazenamento refrigerado, conforme mostrado na Tabela 45, indicam que os frutos de todos os tratamentos se caracterizaram pela casca de coloração vermelho acinzentado. Tal comportamento é um indicativo que não houve o comprometimento da pigmentação da casca.

Tabela 45. Coloração da casca e da polpa de mangas 'Palmer' submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas 5 °C (80% UR) e 12 °C (73,5% UR), por 4 dias.

Tratamentos	L*	Ângulo Hue	Cromaticidade
Casca			
<i>Inicial</i>	<i>41,44</i>	<i>25,03</i>	<i>13,70</i>
5 °C	33,64 B	13,16 C	15,68 C
55 °C/5 min	34,12 B	22,66 AB	16,70 BC
46,1 °C/90 min	32,49 B	20,09 BC	14,21 C
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	35,81 B	21,74 ABC	19,87 AB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	35,81 B	22,99 AB	22,91 A
12 °C	40,48 A	30,39 A	20,98 A
C.V. (%)	7,10	22,26	14,79
Polpa			
<i>Inicial</i>	<i>83,23</i>	<i>96,50</i>	<i>45,83</i>
5 °C	81,05 A	96,17 BC	46,39 A
55 °C/5 min	80,50 A	99,58 AB	42,13 A
46,1 °C/90 min	81,17 A	99,80 A	42,31 A
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	80,03 A	96,69 ABC	43,23 A
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	80,50 A	97,07 ABC	42,15 A
12 °C	79,49 A	95,48 C	50,19 A
C.V. (%)	2,86	2,14	13,12

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

A luminosidade da polpa (L*) não foi influenciada pelos tratamentos aplicados, porém observou-se redução nos valores iniciais (83,23) com o avanço do tempo sob refrigeração, indicando ocorrência de escurecimento (Tabela 45). Os valores iniciais do ângulo Hue (96,50) aumentaram expressivamente nos frutos tratados hidrotermicamente, enquanto nos demais tratamentos não se observaram alterações significativas. Comportamento distinto foi verificado em relação à cromaticidade, o qual foi caracterizado pela estabilidade durante o armazenamento refrigerado.

A análise conjunta desses resultados indica que as mangas tratadas hidrotermicamente exibiram polpa de coloração menos amarela comparativamente às do controle (12 °C), o que é concordante com o relatado por BATISTA et al. (2001) em mangas 'Tommy Atkins' tratadas de forma semelhante.

Verificou-se que a firmeza inicial da polpa (55,35 N) diminuiu em todos os frutos, com intensidade significativa nos do controle (12 °C) e dos expostos à radiação UV-C (Tabela 46). GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001) também observaram diferenças significativas na firmeza de mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação ultravioleta

(UV-C) por 10 min e mantidas a 5 °C por 14 dias, assim como YAHIA & PEDRO-CAMPOS (2000), em mangas 'Keitt' tratadas hidrotermicamente e conservadas a 10 °C por 21 dias.

Tabela 46. Firmeza da polpa de mangas 'Palmer' submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas 5 °C (80% UR) e 12 °C (73,5% UR), por 4 dias.

Tratamentos	Firmeza (N)
<i>Inicial</i>	55,35
5 °C	51,71 A
55 °C/5 min	51,60 A
46,1 °C/90 min	52,64 A
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	46,04 AB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	44,85 AB
12 °C	37,44 B
C.V. (%)	11,53

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Constatou-se que o conteúdo inicial de ácido ascórbico nos frutos (46,19 mg 100 g⁻¹) não foi afetado pelo tempo de armazenamento, mas pelos tratamentos aplicados (Tabela 47), com as mangas expostas à radiação UV-C/1,14 kJ m⁻² apresentando teores significativamente maiores que as do testemunha (5 °C), que sofreram degradação deste nutriente. Resultados semelhantes foram relatados por SANTOS (2008) que não constatou mudanças nos teores de ácido ascórbico em mangas 'Palmer' tratadas hidrotermicamente, enquanto GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2007b) detectaram que a radiação UV-C acelerou as perdas deste ácido em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas e armazenadas a 5 °C por 15 dias.

Durante o armazenamento refrigerado, os teores iniciais de sólidos solúveis (7,72°Brix) aumentaram nos frutos do testemunha (5 °C) e nos do controle (12 °C) (Tabela 47). A conservação a 12 °C propiciou os maiores aumentos, indicando que estes frutos estavam mais amadurecidos, o que pode ser atribuído à sua maior atividade metabólica (Figura 17), reafirmando o observado por MORAIS & ASSIS (2004), ou seja, que o conteúdo de sólidos solúveis em mangas 'Tommy Atkins' tem relação direta com a temperatura de armazenamento.

Tabela 47. Teores de ácido ascórbico (AA), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e *Ratio* (SS/AT) em mangas 'Palmer' submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas 5 °C (80% UR) e 12 °C (73,5% UR), por 4 dias.

Tratamentos	AA mg 100 g ⁻¹	SS °Brix	AT g ácido cítrico 100 g ⁻¹	<i>Ratio</i>
<i>Inicial</i>	46,19	7,72	0,808	10,01
5 °C	41,71 B	9,70 AB	0,623 B	17,09 B
55 °C/5 min	45,00 AB	7,17 B	0,787 AB	9,51 BC
46,1 °C/90 min	45,98 AB	7,45 B	1,034 A	7,78 C
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	46,68 A	9,08 B	0,789 AB	11,92 BC
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	43,13 AB	8,83 B	0,666 B	13,22 BC
12 °C	45,23 AB	12,60 A	0,523 B	24,91 A
C.V. (%)	5,94	19,13	23,39	37,36

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os teores iniciais de acidez titulável, 0,808 g ác. cítrico 100 g⁻¹, diminuíram significativamente nos frutos do controle (12 °C), porém aumentaram nos que receberam banho térmico a 46,1 °C/90 min (Tabela 47), o que difere do encontrado por ZAMBRANO & MATERANO (1998) em mangas 'Palmer' submetidas à diferentes tratamentos hidrotérmicos.

O sabor dos frutos é devido, em grande parte, ao balanço de ácidos e açúcares, o qual pode ser estimado pelo *Ratio* (SS/AT), sendo que para o mercado brasileiro, os valores mais elevados são os mais desejáveis (THÉ et al., 2001). Nesse trabalho observou-se que o *Ratio* foi influenciado pela temperatura e pelos tratamentos aplicados (Tabela 47) e que houve aumento no valor inicial (10,01) somente nas mangas do testemunha (5 °C) e nas do controle (12 °C). O armazenamento a 12 °C implicou em frutos com maiores valores de *Ratio* (SS/AT), como consequência da redução na acidez e dos elevados teores de açúcares, devido ao amadurecimento. A radiação UV-C e o armazenamento a 5 °C (testemunha) retardaram a intensidade nas alterações desses teores, enquanto o tratamento hidrotérmico promoveu desequilíbrio no balanço entre açúcares e acidez, que se refletiu negativamente no sabor.

MORAIS & ASSIS (2004) também verificaram que o armazenamento de mangas 'Tommy Atkins' a 6 °C levou ao atraso do seu amadurecimento, enquanto GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001) relataram que a aplicação de radiação ultravioleta (UV-C) em

mangas da mesma cultivar não implicou em alterações negativas nos níveis de açúcares e de acidez.

Os teores iniciais de açúcares solúveis (8,93 g glicose 100 g⁻¹) aumentaram significativamente nos quatro dias de armazenamento somente nas mangas do controle (12 °C) (Tabela 48). Os frutos que receberam banho térmico a 55 °C/5 min apresentaram redução nesses teores e se caracterizaram pelos menores níveis, enquanto nos tratados com radiação UV-C e nos armazenados a 5 °C (testemunha) eles se mantiveram estáveis.

Observou-se diminuição nos teores iniciais de açúcares redutores (3,69 g glicose 100 g⁻¹), nas mangas tratadas hidrotérmicamente e nas expostas à radiação UV-C/2,28 kJ m⁻², enquanto nas mantidas a 12 °C (controle) houve aumento (Tabela 48). No 4º dia de armazenamento sob refrigeração, os frutos do controle foram os que se destacaram pelos maiores teores, seguido dos do testemunha (5 °C), dos expostos à radiação UV-C e dos submetidos à banho térmico. ZAMBRANO & MATERANO (1998) também relataram que a aplicação de tratamento hidrotérmico a 46 °C e a 54 °C em mangas 'Palmer' armazenadas a 5 °C por 6 semanas implicou em menores teores de açúcares.

Tabela 48. Teores de açúcares solúveis (AS) e redutores (AR) em mangas 'Palmer' submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas 5 °C (80% UR) e 12 °C (73,5% UR), por 4 dias.

Tratamentos	AS (g glicose 100 g ⁻¹)	AR (g glicose 100 g ⁻¹)
<i>Inicial</i>	8,93	3,69
5 °C	9,13 B	3,73 B
55 °C/5 min	5,46 C	2,94 C
46,1 °C/90 min	8,36 B	3,10 C
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	8,97 B	3,59 B
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	8,89 B	3,48 B
12 °C	11,06 A	4,06 A
C.V. (%)	4,17	2,58

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

A atividade inicial da polifenoloxidase (PPO) na casca (200,92 µmol fenol degradado mg proteína⁻¹ min⁻¹) diminuiu durante o armazenamento refrigerado em todos os tratamentos, com exceção das mangas expostas à radiação UV-C/2,28 kJ m⁻²,

que apresentaram estabilidade nos valores e se diferenciaram pela maior atividade (Tabela 49), indicando o favorecimento da ocorrência de reações oxidativas.

Redução na atividade inicial da PPO (10,55 μmol fenol degradado mg proteína⁻¹ min^{-1}) foi verificada na polpa, exceto nas mangas tratadas hidrotermicamente a 46,1 °C por 90 min, em que a atividade desta enzima se manteve durante o armazenamento refrigerado (Tabela 49). Os frutos expostos à radiação UV-C/2,28 kJ m^{-2} e os armazenados a 12 °C apresentaram as menores atividades.

Tabela 49. Atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD), fenilalanina amônia-liase (PAL) e teores de polifenóis extraíveis totais (PExT) na casca e na polpa de mangas 'Palmer' submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas 5 °C (80% UR) e 12 °C (73,5% UR), por 4 dias.

Tratamentos	PPO (μmol fenol degradado mg proteína ⁻¹ min^{-1})	POD ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ degradado mg proteína ⁻¹ min^{-1})	PAL ¹	PExT (mg ác. gálico 100 g^{-1})
Casca				
<i>Inicial</i>	200,92	0,021	83,98	863,86
5 °C	134,60 B	0,016 BC	77,24 B	777,73 AB
55 °C/5 min	138,49 B	0,019 B	137,89 A	664,67 AB
46,1 °C/90 min	85,75 B	0,008 D	74,23 B	797,43 AB
UV-C/1,14 kJ m^{-2}	108,73 B	0,012 D	134,22 A	556,23 B
UV-C/2,28 kJ m^{-2}	232,46 A	0,027 A	140,15 A	861,36 A
12 °C	98,60 B	0,012 CD	112,05 AB	665,17 AB
C.V. (%)	13,96	9,76	15,55	14,19
Polpa				
<i>Inicial</i>	10,55	0,0022	48,73	62,63
5 °C	8,52 B	0,0020 AB	23,79 BC	67,13 BC
55 °C/5 min	8,71 B	0,0015 C	32,83 AB	63,38 CD
46,1 °C/90 min	11,89 A	0,0025 A	44,13 A	74,73 AB
UV-C/1,14 kJ m^{-2}	6,76 B	0,0016 BC	30,89 BC	57,53 D
UV-C/2,28 kJ m^{-2}	3,04 C	0,0012 C	23,92 BC	75,25 A
12 °C	3,92 C	0,0016 BC	18,91 C	61,30 CD
C.V. (%)	11,91	10,08	12,34	4,81

¹ A atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) na casca foi expressa em $\mu\text{mol h}^{-1} \text{mg}$ proteína⁻¹ e, na polpa em $\text{nmol h}^{-1} \text{mg}$ proteína⁻¹.

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A atividade inicial da peroxidase (POD) na casca (0,021 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ degradado mg proteína⁻¹ min^{-1}) só não diminuiu nos tratados por hidrotermia a 55 °C, que apresentaram manutenção na atividade, e nos expostos à radiação UV-C/2,28 kJ m^{-2} ,

que se caracterizaram por aumento (Tabela 49). Tal qual o observado para a PPO na casca, a dose de $2,28 \text{ kJ m}^{-2}$ intensificou a atividade da POD, sugerindo que este tratamento provocou estresse ao tecido vegetal, pois estas enzimas estão envolvidas na resposta a essa condição.

Na polpa a atividade inicial da POD ($0,0022 \text{ } \mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ degradado mg proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$) diminuiu, exceto nas mangas do testemunha ($5 \text{ } ^\circ\text{C}$) que apresentaram estabilidade e nas tratadas hidrotermicamente a $46,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ por 90 min, que se caracterizaram pela atividade mais intensa (Tabela 49). Estes resultados vão ao encontro do relatado por JAGGER (1965), ou seja, que a radiação UV-C tem efeito superficial, pois só penetra 50-300 nm no tecido.

A atividade inicial da fenilalanina amônia-liase (PAL), $83,98 \text{ } \mu\text{mol h}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$, aumentou na casca dos frutos submetidos ao tratamento térmico ($55 \text{ } ^\circ\text{C}/5 \text{ min}$), à radiação UV-C e nos armazenados a $12 \text{ } ^\circ\text{C}$ (controle), mas diminuiu nos tratados hidrotermicamente a $46,1 \text{ } ^\circ\text{C}/90 \text{ min}$ e nos do testemunha, $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ (Tabela 49). Na polpa a atividade inicial ($48,73 \text{ nmol h}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$) decresceu, exceto nos frutos que receberam tratamento hidrotérmico a $46,1 \text{ } ^\circ\text{C}$, que chegaram ao 4º dia com atividade elevada, o que é indicativo que ele favoreceu a atividade desta enzima.

Os teores iniciais de polifenóis extraíveis totais (PEXT) na casca ($863,86 \text{ mg } \acute{\text{a}}\text{c. gálico } 100 \text{ g}^{-1}$) diminuíram nos frutos de todos os tratamentos (Tabela 49), com exceção dos tratados com radiação UV-C/ $2,28 \text{ kJ m}^{-2}$, cujo teor se manteve. Este comportamento é semelhante ao observado para as enzimas POD e PPO e, evidencia o fato dos polifenóis serem substrato para a atuação destas enzimas e ressalta o caráter oxidativo das mesmas (EDAGI et al., 2009).

Verificou-se que houve aumento nos teores iniciais de polifenóis ($62,63 \text{ mg } \acute{\text{a}}\text{c. gálico } 100 \text{ g}^{-1}$) na polpa dos frutos, expostos à radiação UV-C/ $2,28 \text{ kJ m}^{-2}$ e na dos tratados hidrotermicamente a $46,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ por 90 min e, redução na dos submetidos aos outros tratamentos (Tabela 49). Resultados semelhantes foram reportados por SOONG & BARLOW (2006) em mangas submetidas à tratamento térmico e por CAMPOS (2008) em tomates 'Pitenza' tratados com radiação ultravioleta (UV-C) na dose de $2,27 \text{ kJ m}^{-2}$ e armazenados a $12 \text{ } ^\circ\text{C}$ por 21 dias.

A atividade antioxidante total inicial, determinada pelo método ABTS ($7,00 \mu\text{M Trolox g}^{-1}$) diminuiu na polpa dos frutos de todos os tratamentos, mas com menor intensidade nos armazenados a $12 \text{ }^\circ\text{C}$ (controle) (Tabela 50), evidenciando boa capacidade de inibição de radicais livres por essas mangas (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006). Não se observou aumento nesta atividade devido à aplicação de radiação UV-C conforme o relatado por GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2007b) em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas e armazenadas a $5 \text{ }^\circ\text{C}$ por 15 dias.

Quando se avaliou a capacidade antioxidante no sistema β -caroteno/ácido linoléico, a porcentagem de inibição inicial (38,74%) diminuiu durante o armazenamento refrigerado nas mangas do testemunha ($5 \text{ }^\circ\text{C}$), do controle ($12 \text{ }^\circ\text{C}$) e nas tratadas hidrotérmicamente a $55 \text{ }^\circ\text{C}$ por 5 min (Tabela 50). Os frutos expostos à radiação UV-C e do tratamento hidrotérmico ($46,1 \text{ }^\circ\text{C}/90 \text{ min}$) apresentaram manutenção da capacidade antioxidante, indicando que estes tratamentos conferiram maior proteção contra a oxidação do β -caroteno, o que não foi o relatado por GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2007b) em mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas.

Tabela 50. Atividade antioxidante total pelos métodos ABTS e no sistema β -caroteno/ácido linoléico da polpa de mangas 'Palmer' submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas $5 \text{ }^\circ\text{C}$ (80% UR) e $12 \text{ }^\circ\text{C}$ (73,5% UR), por 4 dias.

Tratamentos	ABTS ($\mu\text{M Trolox g}^{-1}$)	β -caroteno/ác. linoléico (% inibição da oxidação)
<i>Inicial</i>	<i>7,00</i>	<i>38,74</i>
5 $^\circ\text{C}$	6,00 ABC	32,96 CD
55 $^\circ\text{C}/5 \text{ min}$	6,33 AB	28,95 D
46,1 $^\circ\text{C}/90 \text{ min}$	5,33 C	40,27 AB
UV-C/1,14 kJ m^{-2}	6,00 ABC	38,19 ABC
UV-C/2,28 kJ m^{-2}	5,67 BC	42,73 A
12 $^\circ\text{C}$	6,67 A	33,57 BCD
C.V. (%)	5,13	7,18

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

4.4.2. Avaliação da qualidade dos frutos após transferência à condição de ambiente

Observou-se que os frutos do testemunha (5 °C), do controle (12 °C) e os tratados hidrotermicamente a 46,1 °C/90 min, já apresentavam sinais de murchamento (nota 2) logo no primeiro dia. Os tratados com radiação UV-C/2,28 kJ m⁻² apresentaram perda de turgidez no 3º dia e no 7º dia estavam murchos. Por outro lado, os expostos à radiação UV-C/1,14 kJ m⁻² apresentaram sinais de murchamento (nota 2) somente no 5º dia e mantiveram esta aparência ao longo de todo o período de avaliação (Tabela 51). Estes resultados indicam que a perda de turgidez foi mais intensa nos frutos tratados hidrotermicamente por maior tempo, enquanto o tratamento UV-C/1,14 kJ m⁻² mostrou-se eficiente na contenção do murchamento (Figura 18). GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001) também constataram que mangas ‘Tommy Atkins’ submetidas à radiação UV-C por 10 minutos apresentaram melhor aparência, que os não tratados e os expostos à radiação por 20 minutos.

Tabela 51. Murchamento* de mangas ‘Palmer’ levadas a condição de ambiente (20,6 °C; 52,3% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração por 4 dias.

Tempo (dia)	5 °C	55 °C/5 min	46,1 °C/90 min	UV-C/1,14 kJ m ⁻²	UV-C/2,28 kJ m ⁻²	12 °C
1	2	3	2	3	3	2
3	2	2	1	3	2	2
5	2	2	1	2	2	2
7	1	1	1	2	1	1

*Notas: 3= frutos túrgidos; 2= frutos com sinais de murchamento; 1= frutos totalmente murchos.

Os sintomas de dano pelo frio se manifestaram rapidamente após a transferência ao ambiente, com os frutos do testemunha (5 °C) apresentando no 1º dia, 25,1-35% da superfície injuriada (nota 5), que corresponde ao limite de comercialização, enquanto os tratados com radiação ultravioleta, UV-C/1,14 kJ m⁻² e UV-C/2,28 kJ m⁻², apresentavam porcentagens de ocorrência de 10,94% e 12,59%, respectivamente (Tabela 52). As mangas que receberam a dose de 1,14 kJ m⁻² foram as únicas que, após o armazenamento prévio a 5 °C, se mantiveram comercializáveis ao longo dos sete dias

de armazenamento ao ambiente. Os tratamentos hidrotérmicos aplicados não se mostraram eficientes na contenção dos sintomas de dano pelo frio após a transferência dos frutos à condição de ambiente (Figura 18). GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001; 2007a) também constataram que os sintomas de *chilling injury* foram minimizados em mangas 'Tommy Atkins' e 'Haden' expostas à radiação ultravioleta por 10 minutos ($8,22 \text{ kJ m}^{-2}$) e por 5 minutos ($4,11 \text{ kJ m}^{-2}$), respectivamente e, que exposições por períodos mais prolongados se mostraram mais eficientes. BEN-YEHOSHUA et al. (2000) verificaram que o tratamento térmico reduziu a sensibilidade de frutos de citros à danos pelo frio, diferindo do observado neste trabalho.

Tabela 52. Danos pelo frio* em mangas 'Palmer' levadas a condição de ambiente ($20,6 \text{ }^\circ\text{C}$; 52,3% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração por 4 dias.

Tempo (dia)	5 °C	55 °C/5 min	46,1 °C/90 min	UV-C/1,14 kJ m ⁻²	UV-C/2,28 kJ m ⁻²	12 °C
1	5	3	5	3	3	1
3	6	5	6	4	5	1
5	6	6	8	4	5	1
7	7	7	8	4	6	1

*Notas de danos pelo frio: 1= sem sintomas visíveis de injúria; 2= 2-5% da superfície danificada; 3= 5,1-15% da superfície injuriada; 4= 15,1-25% da superfície injuriada; 5= 25,1-35% da superfície injuriada; 6= 35,1-45% da superfície injuriada; 7= 45,1-55% da superfície injuriada; 8= >55% da superfície dos frutos contendo depressões e escaldadura.

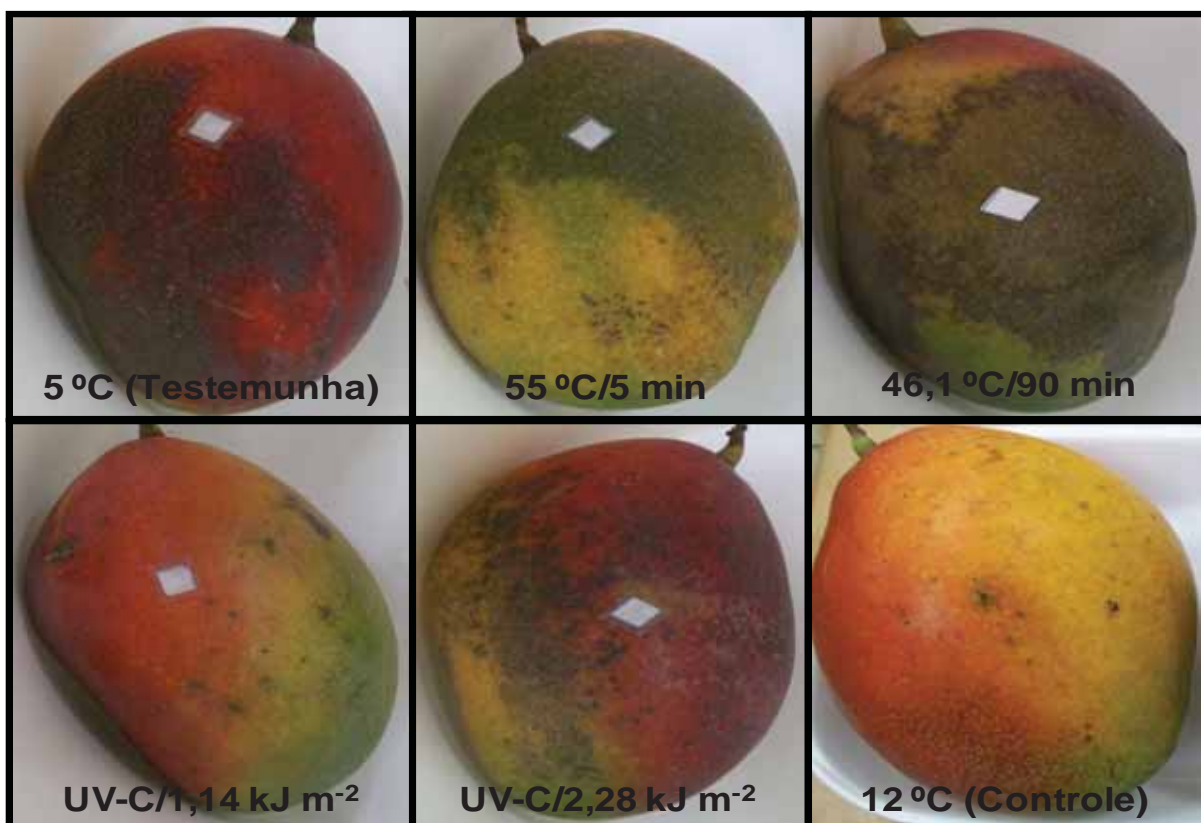


Figura 18. Aspecto de mangas 'Palmer' levadas a condição de ambiente por 7 dias (20,6 °C; 52,3% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração por 4 dias.

Os tratamentos mostraram diferentes efeitos no controle de podridões, com os frutos armazenados a 12 °C (controle), seguido dos do testemunha (5 °C) apresentando os maiores índices. O tratamento hidrotérmico a 55 °C/5 min conteve o aparecimento de podridões por três dias, porém aos 7 dias a ocorrência de podridões era semelhante à encontrada nos frutos tratados a 46,1 °C/90 min e aos expostos à radiação UV-C/2,28 kJ m⁻² (Tabela 53), que foram menores que os índices encontrados nos não tratados. Estes resultados são concordantes com os relatados por YAHIA & PEDRO-CAMPOS (2000) em mangas 'Keitt' tratadas hidrotermicamente e por GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2007a) em mangas 'Haden' expostas à radiação ultravioleta.

Tabela 53. Ocorrência de podridões (%) em mangas 'Palmer' levadas a condição de ambiente (20,6 °C; 52,3% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração por 4 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
5 °C	0,00 bB	66,67 aAB	66,67 aAB	83,33 aA
55 °C/5 min	0,00 bB	0,00 bB	16,67 bB	50,00 aB
46,1 °C/90 min	16,67 bB	50,00 aAB	50,00 aA	50,00 aB
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	0,00 bB	33,33 abAB	33,33 abAB	66,67 aAB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	0,00 bB	16,67 bB	33,33 abAB	50,00 aB
12 °C	66,67 bA	83,33 aA	83,33 aA	100,00 aA

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os frutos submetidos aos diferentes tratamentos apresentaram padrões respiratórios distintos. As mangas armazenadas a 12 °C (controle) exibiram pico climatérico no 4º dia, enquanto as demais mostraram atividade crescente (Figura 19). Os frutos tratados com radiação UV-C/1,14 kJ m⁻² chegaram ao final do período ao ambiente com as menores taxas respiratórias, indicando redução na atividade metabólica dos frutos, concordando com o relatado por GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001), ou seja, que o uso de baixas doses de radiação UV-C retarda a ocorrência dos processos de amadurecimento e senescência, os quais são acompanhados por incremento na respiração.

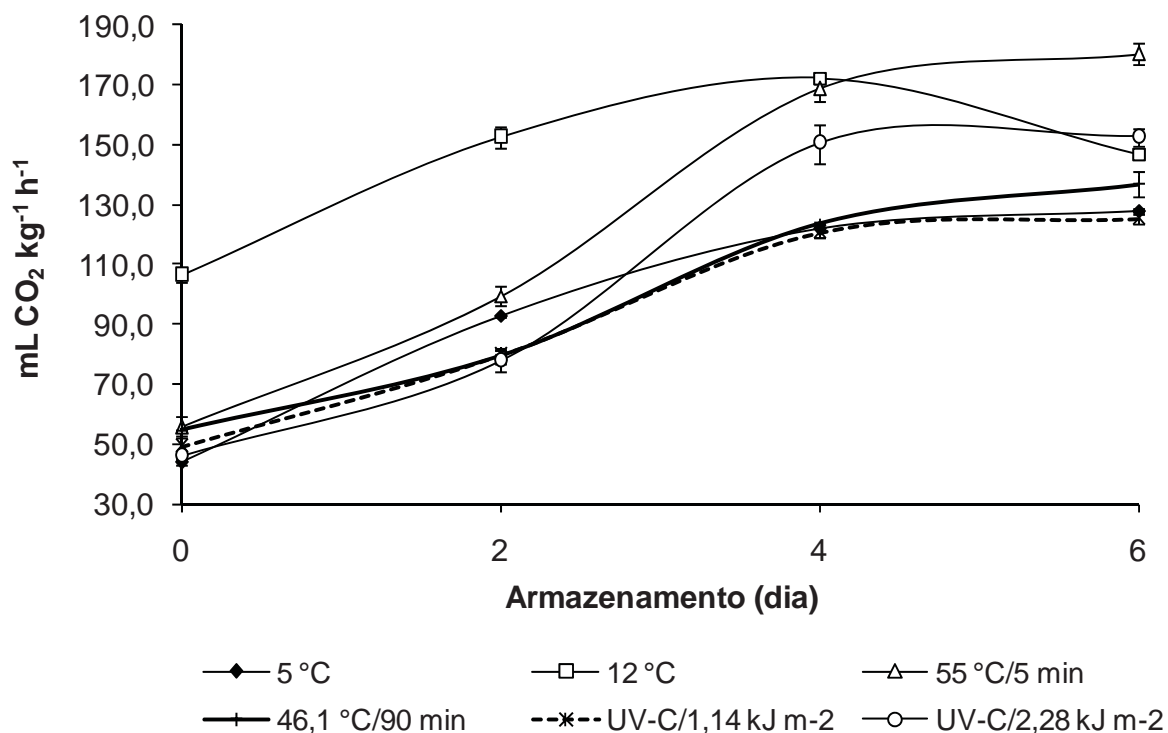


Figura 19. Atividade respiratória de mangas 'Palmer' levadas a condição de ambiente (20,6 °C; 52,3% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração por 4 dias. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Os tratamentos diferiram entre si, quanto à perda de massa, somente após 7 dias de armazenamento, com as mangas tratadas hidrotermicamente a 46,1 °C apresentando as maiores perdas percentuais e as expostas à radiação ultravioleta (UV-C/1,14 kJ m⁻²) e as armazenadas a 12 °C (controle), as menores (Tabela 54). LIMA et al. (2007) não verificaram efeito diferenciado na perda de massa de mangas 'Haden' tratadas termicamente, assim como GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001) em mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C por 10 e 20 minutos, depois de transferidas à condição ambiente.

Tabela 54. Perda de massa fresca (%) em mangas 'Palmer' levadas a condição de ambiente (20,6 °C; 52,3% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração por 4 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
5 °C	0,00 dA	2,79 cA	5,49 bA	8,01 aB
55 °C/5 min	0,00 dA	3,19 cA	6,11 bA	8,91 aAB
46,1 °C/90 min	0,00 dA	3,47 cA	6,46 bB	9,35 aA
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	0,00 dA	2,66 cA	5,13 bA	7,55 aC
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	0,00 dA	2,69 cA	5,19 bA	7,67 aBC
12 °C	0,00 dA	2,68 cA	5,16 bA	7,39 aC

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Observou-se que os valores de luminosidade (L*) da casca se mantiveram inalterados ao longo do período de armazenamento (Tabela 55), sendo verificada diferenças a partir do 5º dia de conservação, com os frutos previamente armazenados a 12 °C (controle) apresentando casca mais clara. Todavia, após 7 dias constatou-se que os frutos tratados com radiação UV-C/1,14 kJ m⁻² e os armazenados a 12 °C exibiram casca significativamente mais clara que os do testemunha (5 °C), o que pode ser atribuído à minimização dos sintomas de *chilling injury* nas mangas (Tabela 52).

O ângulo Hue da casca foi significativamente afetado pelo tempo ao ambiente e pelos tratamentos testados (Tabela 55). Durante o período ao ambiente, os frutos tratados com radiação ultravioleta (UV-C) exibiram casca com coloração tão avermelhada quanto os armazenados a 5 °C (testemunha) e os tratados a 55 °C/5 min, enquanto nos submetidos à banho térmico a 46,1 °C/90 min, a casca mostrou-se mais amarelada, devido aos maiores valores. Tais resultados diferem dos relatados por ESGUERRA et al. (2006) e por SANTOS et al. (2010) em mangas 'Carabao' e 'Palmer' tratadas hidrotermicamente e armazenadas sob condição de ambiente por 8 e 12 dias, respectivamente.

Tabela 55. Coloração da casca e da polpa de mangas 'Palmer' levadas a condição de ambiente (20,6 °C; 52,3% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração por 4 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
L* da casca				
5 °C	38,45 aA	39,57 aA	39,91 aB	39,48 aB
55 °C/5 min	37,90 aA	38,52 aA	39,81 aB	40,70 aAB
46,1 °C/90 min	39,06 aA	37,22 aA	38,01 aB	40,48 aAB
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	40,54 abA	41,24 abA	38,74 bB	44,21 aA
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	39,45 abA	41,03 aA	36,52 bB	42,65 aAB
12 °C	40,26 bA	40,45 bA	45,38 aA	44,50 abA
Ângulo Hue da casca				
5 °C	5,60 bC	18,29 aAB	20,71 aB	28,13 aC
55 °C/5 min	12,64 bB	21,82 abAB	23,75 aB	26,86 aC
46,1 °C/90 min	28,07 cA	31,34 cA	55,20 bA	67,25 aA
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	9,16 bC	19,29 abAB	20,67 aB	25,16 aC
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	14,26 bB	18,75 abAB	23,40 abB	26,34 aC
12 °C	19,54 bB	17,88 bB	23,68 bB	36,94 aB
Cromaticidade da casca				
5 °C	25,17 aA	19,09 bB	15,74 bC	16,08 bC
55 °C/5 min	20,18 aB	16,30 abB	17,24 abC	15,81 bC
46,1 °C/90 min	16,88 aB	10,41 bcB	14,03 abC	6,60 cD
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	20,66 bcB	17,22 cB	22,54 abB	25,37 aAB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	17,15 cB	18,23 bcB	22,08 abB	23,12 aB
12 °C	17,63 bB	25,83 aA	28,12 aA	29,03 aA
L* da polpa				
5 °C	81,55 aA	78,84 abAB	75,36 bAB	77,73 abA
55 °C/5 min	80,75 aA	80,95 aAB	76,18 bAB	79,33 abA
46,1 °C/90 min	80,72 aA	81,54 aA	75,34 cAB	76,69 bAB
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	79,50 aA	78,62 aAB	78,53 aA	70,06 bC
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	81,37 aA	77,91 bAB	73,72 bcB	72,38 cB
12 °C	77,46 aA	76,31 aB	73,80 abB	70,65 bC
Ângulo Hue da polpa				
5 °C	95,86 aA	95,36 aABC	92,59 aAB	94,40 aB
55 °C/5 min	95,14 abA	97,17 abAB	93,78 bAB	98,61 aA
46,1 °C/90 min	95,76 abA	98,26 aA	93,85 bAB	94,64 bB
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	94,27 aA	93,14 aC	95,17 aA	83,92 bC
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	95,94 aA	96,04 aABC	90,69 bB	86,07 cC
12 °C	94,60 aA	94,36 aBC	92,44 aAB	84,70 bC
Cromaticidade da polpa				
5 °C	47,59 abA	46,78 bAB	53,20 aA	50,38 abBC
55 °C/5 min	48,52 abA	43,45 bAB	49,22 aA	48,47 abC
46,1 °C/90 min	45,75 bcAB	40,54 cB	50,13 abA	53,94 aABC
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	45,41 bAB	47,37 bA	50,49 bA	59,00 aA
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	40,54 bB	44,23 bAB	55,38 aA	55,51 aAB
12 °C	48,51 bA	45,93 bAB	51,56 bA	58,73 aA

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

A cromaticidade da casca também foi afetada diferentemente pelos tratamentos, com diminuição nos valores dos frutos do testemunha (5 °C) e nos tratados hidrotermicamente, indicando diminuição na intensidade da coloração. Todavia, as mangas submetidas à banho térmico a 46,1 °C/90 min apresentaram valores muito baixos, implicando em tonalidade escurecida. Enquanto nos previamente armazenados a 12 °C (controle) e nos expostos à radiação ultravioleta (UV-C), observou-se aumento significativo nos valores, o que é um indicativo de que a cor da casca tornou-se mais intensa (Tabela 55).

A coloração da polpa foi influenciada pelo tempo de armazenamento e pelos tratamentos testados (Tabela 55). A luminosidade (L^*) diminuiu em todos os tratamentos, exceto nos do testemunha (5 °C) e nos tratados termicamente a 55 °C/5 min, cujo comportamento se caracterizou pela estabilidade. As mangas expostas à radiação UV-C/1,14 kJ m⁻² e as previamente armazenadas a 12 °C (controle) foram as que exibiram, no último dia de avaliação, polpa mais escurecida.

Os valores do ângulo Hue diminuíram significativamente na polpa dos frutos armazenados a 12 °C (controle) e na dos expostos à radiação UV-C, que se caracterizaram pelos menores valores no último dia de armazenamento (Tabela 55). Nas mangas do testemunha (5 °C) e nas tratadas hidrotermicamente houve manutenção dos valores. Tendência semelhante foi observada para a cromaticidade da polpa (Tabela 55), cujos valores tenderam a aumentar significativamente em todos os tratamentos, exceto nos frutos do testemunha (5 °C) e nos tratados hidrotermicamente a 55 °C/5 min. Os valores encontrados, ao final do período de armazenamento, nas mangas armazenadas a 12 °C (controle) e nas expostas à radiação UV-C/1,14 kJ m⁻² foram semelhantes e se caracterizaram pelos maiores valores, enquanto nos tratados a 55 °C/5 min, pelos menores.

A análise conjunta desses resultados indica que os frutos previamente armazenados a 12 °C (controle) e os expostos à radiação UV-C exibiram polpa de coloração alaranjada brilhante, que é a característica das mangas e, os tratados hidrotermicamente, bem como os provenientes do armazenamento prévio a 5 °C (testemunha) apresentavam polpa amarelo menos brilhante. SANTOS et al. (2010) relataram que mangas desta cultivar submetidas à tratamento hidrotérmico e

armazenadas a temperatura ambiente por 15 dias não apresentaram prejuízos à coloração da polpa, enquanto AMARAL (2010) constatou que a aplicação de radiação ultravioleta (UV-C) não influenciou na coloração de melões ‘Amarelo’ armazenados a 5 °C por 10 dias.

Houve decréscimo dos valores da firmeza das mangas de todos os tratamentos quando levadas ao ambiente (Tabela 56), como consequência do amadurecimento, quando ocorrem alterações na estrutura da parede celular e nas moléculas de amido (AWAD, 1993). Nos frutos previamente armazenados a 12 °C (controle) e nos submetidos à banho térmico a 55 °C/5 min ou 46,1 °C/90 min esta perda ocorreu de forma mais lenta nos três primeiros dias, para a partir deste período igualar-se à dos demais tratamentos. A aplicação da radiação UV-C ou do tratamento hidrotérmico não tiveram efeito na redução dos valores da firmeza, o que não reafirma o relatado por GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001) em mangas ‘Tommy Atkins’ expostas à radiação ultravioleta (UV-C), porém vai ao encontro do comportamento observado por SANTOS et al. (2010) em mangas ‘Palmer’ tratadas hidrotermicamente.

Tabela 56. Firmeza (N) em mangas ‘Palmer’ levadas a condição de ambiente (20,6 °C; 52,3% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração por 4 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
5 °C	51,86 aA	20,02 bBC	4,23 cA	3,85 cA
55 °C/5 min	52,16 aA	46,19 aA	6,82 bA	3,93 bA
46,1 °C/90 min	52,20 aA	48,27 aA	5,12 bA	3,71 bA
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	46,60 aAB	22,47 bB	5,23 cA	2,37 cA
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	43,04 aB	19,31 bBC	4,08 cA	3,22 cA
12 °C	15,94 aC	12,27 aC	2,44 bA	2,41 bA

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os teores de ácido ascórbico diminuíram durante o período de armazenamento ao ambiente (Tabela 57), com exceção dos frutos tratados com radiação UV-C/1,14 kJ m⁻². No entanto, SANTOS (2008) não constatou mudanças nos teores de ácido ascórbico em mangas ‘Palmer’ tratadas hidrotermicamente, enquanto GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2007b) detectaram que a radiação UV-C acelerou as perdas nesses teores em mangas ‘Tommy Atkins’ minimamente processadas.

Tabela 57. Teores de ácido ascórbico, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e *Ratio* (SS/AT) em mangas 'Palmer' levadas a condição de ambiente (20,6 °C; 52,3% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração por 4 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
Ácido ascórbico (mg 100 g⁻¹)				
5 °C	46,37 aA	41,60 bB	36,31 cC	36,21 cB
55 °C/5 min	41,21 abB	43,63 aAB	39,16 bBC	37,14 bAB
46,1 °C/90 min	41,26 bB	45,71 aAB	40,15 bBC	37,94 bAB
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	44,91 aAB	43,34 aAB	45,38 aA	41,55 aA
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	47,10 aA	46,14 aAB	41,61 bB	36,05 cB
12 °C	48,18 aA	46,42 abA	42,97 bB	35,75 cB
SS (°Brix)				
5 °C	8,18 bB	13,68 aA	14,98 aB	15,07 aB
55 °C/5 min	8,13 bB	9,45 bB	13,10 aC	14,05 aB
46,1 °C/90 min	8,95 bB	9,70 bB	14,47 aBC	14,92 aB
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	10,65 bAB	11,53 bAB	12,68 bC	19,72 aA
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	8,70 cB	12,67 bA	16,53 aAB	18,63 aA
12 °C	12,03 bA	13,78 bA	17,55 aA	19,62 aA
AT (g ácido cítrico 100 g⁻¹)				
5 °C	0,719 abA	0,802 aA	0,537 abB	0,500 bB
55 °C/5 min	0,914 aA	0,902 aA	0,770 aA	0,852 aA
46,1 °C/90 min	0,760 aA	0,714 abB	0,453 bcB	0,549 cB
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	0,767 aA	0,818 aA	0,625 aAB	0,247 bD
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	0,848 aA	0,550 bBC	0,465 bcB	0,309 cC
12 °C	0,738 aA	0,484 bC	0,417 bB	0,217 cD
Ratio (SS/AT)				
5 °C	11,49 bA	17,23 bABC	30,84 aABC	31,21 aC
55 °C/5 min	9,10 bA	10,57 bC	19,28 aC	17,94 aC
46,1 °C/90 min	12,01 bA	14,68 bBC	32,98 aABC	29,93 aC
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	14,31 bA	14,25 bBC	21,16 bBC	83,33 aA
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	9,71 cA	26,56 bAB	35,64 bAB	63,06 aB
12 °C	16,56 dA	30,21 cA	44,68 bA	91,30 aA

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os teores de sólidos solúveis (SS) aumentaram em todos os frutos, com destaque para os previamente armazenados a 12 °C (controle) e os tratados com radiação UV-C que apresentaram os maiores teores (Tabela 57).

Durante o período ao ambiente os teores de acidez titulável (AT) diminuíram nos frutos de todos os tratamentos, com menor intensidade nos do testemunha (5 °C) e nos

tratados hidrotermicamente a 46,1 °C/90 min, enquanto nos do tratamento 55 °C/5 min estes teores se mantiveram (Tabela 57).

O *Ratio* (SS/AT) aumentou significativamente durante o armazenamento ao ambiente (Tabela 57), como consequência do aumento nos teores de SS e da redução nos de AT, indicando que as mangas de todos os tratamentos amadureceram, com os frutos tratados hidrotermicamente e os previamente armazenados a 5 °C (testemunha) apresentando a maior acidez e conseqüentemente os menores valores. Por outro lado, as mangas expostas à radiação ultravioleta (UV-C) e as armazenadas a 12 °C (controle) apresentaram valores elevados, ao final do período de armazenamento, sugerindo sabor mais doce. HEMMATY et al. (2007) também verificaram que o tratamento térmico afetou negativamente o balanço entre os teores de sólidos solúveis e acidez titulável em maçãs 'Red Delicious', conservadas por até seis meses a 1 °C, quando transferidas à temperatura ambiente (25 °C).

Os teores de açúcares solúveis (AS) e redutores (AR) foram significativamente influenciados pelos tratamentos e pelo tempo de armazenamento ao ambiente, cujo comportamento se caracterizou por incremento (Tabela 58), com os frutos armazenados a 12 °C (controle) apresentando os maiores teores de açúcares. ZAMBRANO & MATERANO (1998) atribuíram os menores teores em mangas 'Palmer' tratadas termicamente a 46 °C ou 54 °C à menor degradação do amido.

Tabela 58. Teores de açúcares solúveis (AS) e redutores (AR) de mangas ‘Palmer’ levadas a condição de ambiente (20,6 °C; 52,3% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração por 4 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
AS (g glicose 100 g⁻¹)				
5 °C	6,77 bD	13,55 bB	15,34 aDE	15,74 aE
55 °C/5 min	7,62 dCD	9,88 cD	14,01 bE	17,19 aD
46,1 °C/90 min	7,81 dC	8,29 cE	15,98 bD	16,54 aDE
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	10,71 dA	11,72 cC	16,94 bC	21,58 aC
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	8,80 dB	13,26 cB	18,45 bB	24,21 aB
12 °C	10,59 cA	14,94 bA	22,23 aA	24,93 aA
AR (g glicose 100 g⁻¹)				
5 °C	3,45 cC	3,56 bD	4,17 aC	4,83 aB
55 °C/5 min	3,64 cB	4,00 bC	4,13 abC	4,29 aC
46,1 °C/90 min	3,56 cBC	3,86 bC	3,87 abD	4,03 aD
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	3,73 cB	4,24 bB	4,44 aB	4,47 aC
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	3,24 cD	4,02 bC	4,03 bCD	4,36 aC
12 °C	4,00 cA	4,52 cA	5,08 bA	5,18 aA

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

A atividade da polifenoloxidase (PPO) na casca diminuiu significativamente em todos os tratamentos, porém os frutos do testemunha (5 °C) foram os que se destacaram pelos maiores níveis iniciais, seguido dos tratados hidrotérmicamente, dos expostos à radiação UV-C e dos armazenados a 12 °C (controle) (Figura 20A). Tal comportamento refletiu a manifestação de danos pelo frio, pois as mangas com maior porcentagem de superfície da casca injuriada apresentaram atividade da PPO mais intensa (WILLS et al., 2007).

Tendência semelhante foi observada para a enzima peroxidase (POD) na casca, que também se caracterizou por atividade decrescente (Figura 20B), com os frutos do testemunha (5 °C) apresentando as maiores atividades iniciais, enquanto os expostos à radiação UV-C/1,14 kJ m⁻² e os armazenados a 12 °C (controle), as menores. Esta redução também mostrou relação com a exteriorização dos sintomas de dano pelo frio, conforme o encontrado por TREJO-MÁRQUEZ et al. (2010) em mangas ‘Kent’ e ‘Manila’.

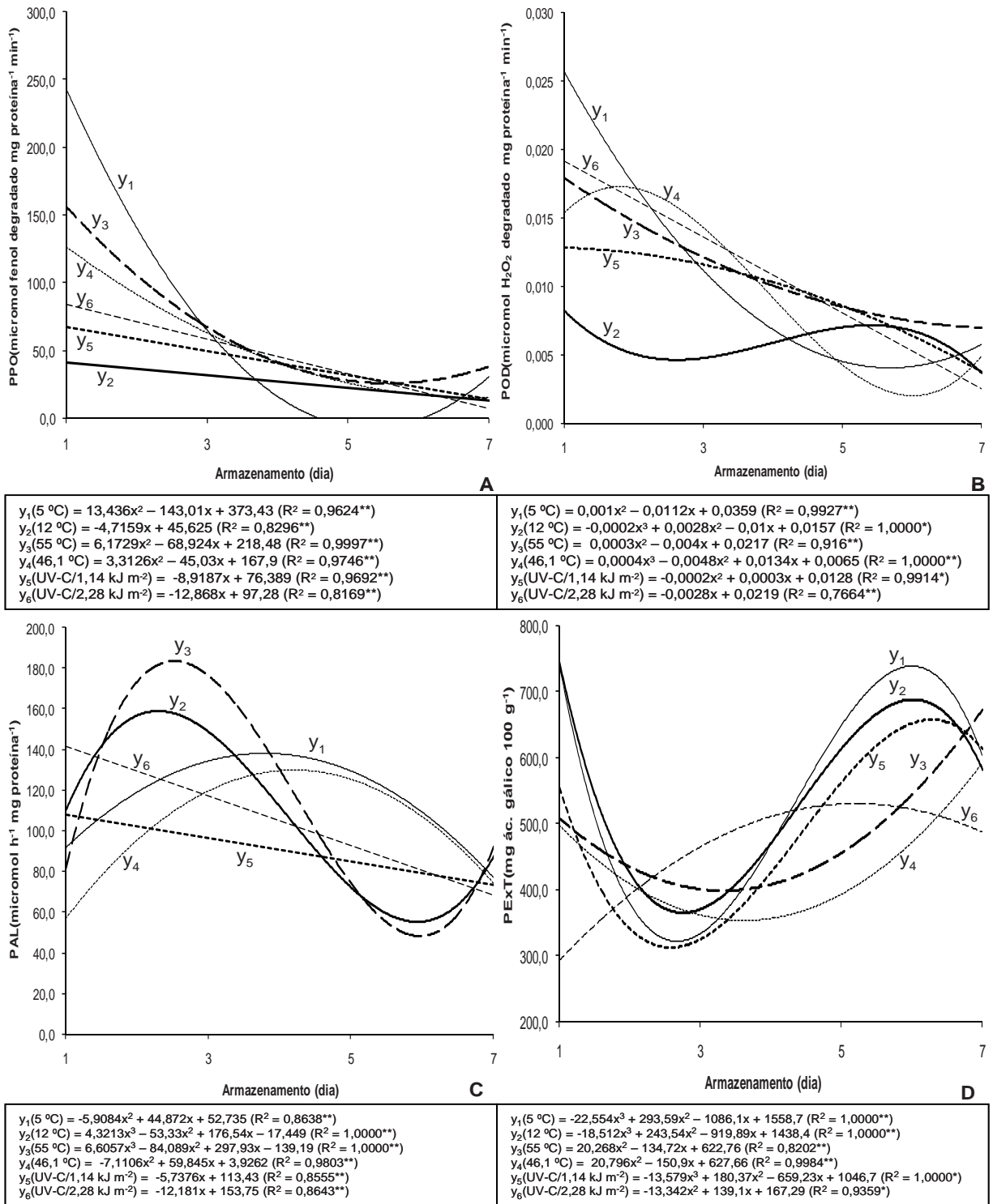


Figura 20. Atividade das enzimas polifenoloxidase (A), peroxidase (B) e fenilalanina amônia-liase (C) e teores de polifenóis extraíveis totais (D) na casca de mangas ‘Palmer’ levadas a condição de ambiente (20,6 °C; 52,3% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração por 4 dias.

A atividade máxima da fenilalanina amônia-liase (PAL) na casca foi observada no 3º dia, nas mangas dos tratamentos hidrotérmico, controle (12 °C) e do testemunha (5 °C). Nos tratados com radiação UV-C se constatou redução significativa nestes valores (Figura 20C). Esses resultados indicam que as doses de radiação UV-C utilizadas não induziram a atividade da PAL, diferindo do relatado por GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2007a) em mangas 'Haden' tratadas com doses de 2,46 kJ m⁻² e de 4,93 kJ m⁻².

Os teores de polifenóis na casca dos frutos do testemunha (5 °C), dos armazenados a 12 °C (controle), dos tratados hidrotérmicamente ou com radiação UV-C/1,14 kJ m⁻² apresentaram comportamento decrescente até o 3º dia, com posterior aumento, enquanto nos tratados com radiação UV-C/2,28 kJ m⁻² o aumento foi observado até o 5º dia (Figura 20D). Segundo NACZK & SHAHIDI (2004) condições de estresse, tais como armazenamento sob condição promotora de injúria, aplicação de radiação ultravioleta e o ataque de microrganismos podem levar a modificações no metabolismo fenólico, pelo aumento na síntese de monômeros ou polímeros e oxidação de compostos preexistentes.

Na polpa, a atividade da polifenoloxidase (PPO) apresentou variação diferente entre os tratamentos testados (Figura 21A). Os frutos expostos à radiação UV-C e os tratados hidrotérmicamente a 46,1 °C por 90 min exibiram redução nesta atividade, enquanto os tratados a 55 °C por 5 min, os do testemunha (5 °C) e os do controle (12 °C) se caracterizaram pela máxima atividade no 3º dia, antes da diminuição.

A atividade da peroxidase (POD) na polpa aumentou até o 3º-5º dia, antes de reduzir-se (Figura 20B).

A atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) na polpa dos frutos expostos à radiação UV-C/2,28 kJ m⁻² diminuiu ao longo do armazenamento ao ambiente, enquanto na dos tratados hidrotérmicamente ou com radiação UV-C/1,14 kJ m⁻², a máxima atividade foi verificada no 3º e no 5º dia, respectivamente (Figura 21C). Tendência distinta foi verificada nas mangas do testemunha (5 °C), as quais apresentaram atividade crescente durante todo o período de conservação, sugerindo que este tratamento alterou a estabilidade das membranas celulares, favorecendo a atividade desta enzima (WANG, 1993).

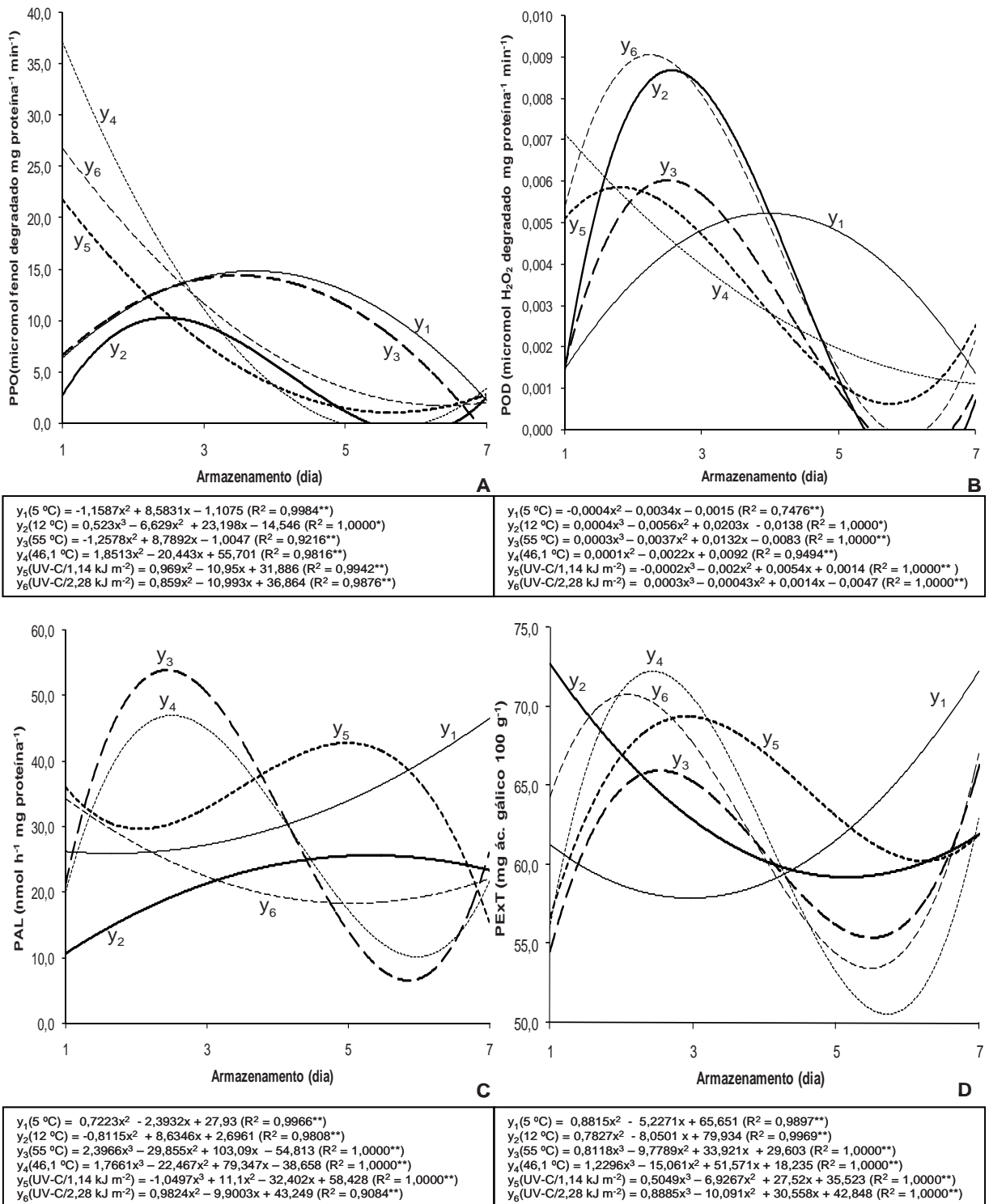


Figura 21. Atividade das enzimas polifenoloxidase (A), peroxidase (B) e fenilalanina amônia-liase (C) e teores de polifenóis extraíveis totais (D) na polpa de mangas ‘Palmer’ levadas a condição de ambiente (20,6 °C; 52,3% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração por 4 dias.

Observou-se diminuição nos teores iniciais de polifenóis (PE_{XT}) na polpa dos frutos do testemunha (5 °C) até o 3º dia, seguido de incremento nos valores até o final do período de conservação (Figura 21D), o que foi coincidente com o aumento na atividade da PAL, indicando que este tratamento ativou a rota dos fenilpropanóides, ou seja, potencializou os mecanismos envolvidos na síntese de compostos fenólicos (FORNEY, 2003). Comportamento semelhante foi verificado na polpa das mangas armazenadas a 12 °C (controle), o qual foi caracterizado por decréscimo até o 5º dia, mas diferente nas tratadas com radiação UV-C e termicamente, que tiveram seus teores aumentados até o 3º dia. GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2007a) verificaram forte correlação entre os conteúdos de polifenóis e a atividade da fenilalanina amônia-liase na polpa de mangas 'Haden' expostas à radiação ultravioleta, o que não foi constatado nesse trabalho.

A atividade antioxidante total segundo o método ABTS manteve-se estável na polpa dos frutos armazenados a 12 °C (controle), tratados com radiação UV-C e hidrotêrmicamente (55 °C/5 min), porém diminuiu significativamente nos tratados hidrotêrmicamente a 46,1 °C por 90 min (Figura 22A), indicando que este tratamento favoreceu o desencadeamento do processo oxidativo, diferindo do relatado por TALCOTT et al. (2005) em mangas 'Tommy Atkins'.

A atividade antioxidante total no sistema β-caroteno/ácido linoléico diminuiu (Figura 22B), com o avanço dos dias ao ambiente, em todos os tratamentos, cuja capacidade de inibição da oxidação obedeceu a seguinte ordem: 5 °C (testemunha) > UV-C/1,14 kJ m⁻² > UV-C/2,28 kJ m⁻² > 55 °C/5 min > 46,1 °C/90 min > 12 °C (controle). A menor capacidade de inibição da oxidação pelos frutos armazenados a 12 °C (controle) deve-se ao estágio mais avançado de amadurecimento dos mesmos, enquanto nos tratados hidrotêrmicamente a 46,1 °C este comportamento coincidiu com o observado quando se utilizou o método ABTS, reforçando o efeito negativo deste tratamento na capacidade antioxidante. KIM et al. (2009) também constataram que o tratamento térmico a 46,1 °C por 70, 90 e 110 min reduziu a capacidade antioxidante de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 23 °C por 4 dias.

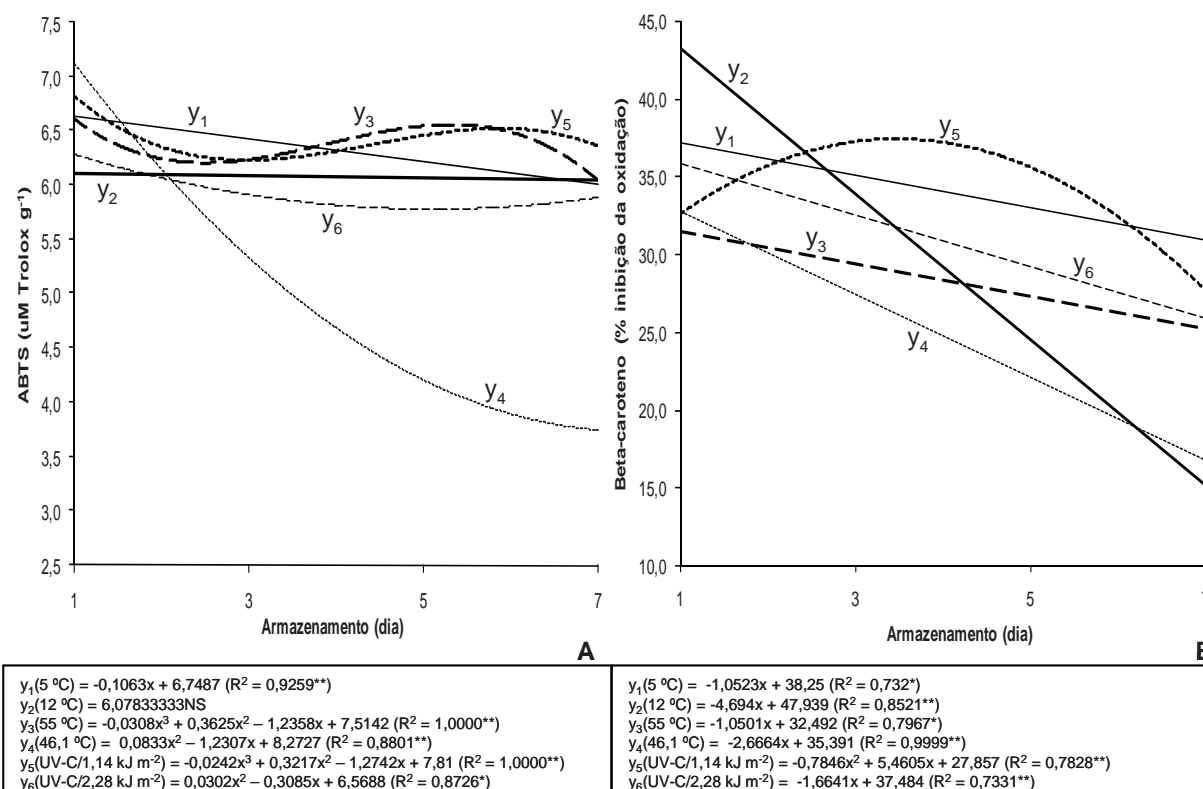


Figura 22. Atividade antioxidante total pelos métodos ABTS (A) e no sistema β -caroteno/ácido linoléico (B) na polpa de mangas 'Palmer' levadas a condição de ambiente (20,6 °C; 52,3% UR), depois de submetidas à diferentes tratamentos e armazenadas sob refrigeração por 4 dias.

Os resultados obtidos indicam que os tratamentos hidrotérmicos não inibiram o aparecimento dos sintomas de injúria pelo frio, além de terem acelerado o murchamento dos frutos, sob condição de ambiente, prejudicaram seu amadurecimento. O tratamento a 46,1 °C/90 min conferiu a casca à coloração amarelo escurecido, acelerou a perda de ácido ascórbico e restringiu a atividade antioxidante. Estes tratamentos limitaram a vida útil dos frutos para 1-3 dias, depois de levados ao ambiente.

Por outro lado, a aplicação de radiação ultravioleta (UV-C) não impediu o desenvolvimento da coloração característica da casca e da polpa ou causou prejuízos ao amadurecimento das mangas, sendo que a dose de 1,14 kJ m⁻², foi a que se mostrou mais eficiente na minimização do surgimento dos sintomas de dano, além de ter propiciado a manutenção da aparência dos frutos por sete dias de armazenamento ao ambiente.

4.5. Experimento 5: Conservação de mangas 'Tommy Atkins' com uso de cera de carnaúba e de revestimentos a base de quitosana

4.5.1. Avaliação da qualidade dos frutos durante o armazenamento refrigerado

Durante o período de armazenamento refrigerado, não foi observado sintomas de murchamento e/ou ocorrência de podridões, independentemente da presença de revestimento, o que pode ser atribuído ao efeito do uso de baixas temperaturas (5 °C), o qual além de reduzir o metabolismo (CHITARRA & CHITARRA, 2005), limita o desenvolvimento de doenças (RIBEIRO et al., 2005).

Não se visualizou sintomas de danos pelo frio tanto nos frutos que receberam radiação ultravioleta (UV-C), como naqueles em que se associou este tratamento ao uso de revestimentos. As mangas do testemunha tinham até 25% da sua superfície lesionada (nota 4), após 14 dias de armazenamento refrigerado, o que é concordante com o constatado por GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001) em mangas 'Tommy Atkins' que receberam o mesmo tipo de radiação.

Os frutos submetidos aos diferentes tratamentos apresentaram padrão respiratório semelhante e caracterizado por redução até o 7º dia e incremento até o 13º dia (Figura 23). É importante mencionar que a respiração foi mais intensa nos frutos tratados com quitosana a 1,5%. Estes resultados diferem dos relatados por ZHU et al. (2008), em que o revestimento de mangas 'Tainong' com quitosana a 1% e 1,5% minimizou a taxa de respiração durante o armazenamento a 15 °C por 17 dias.

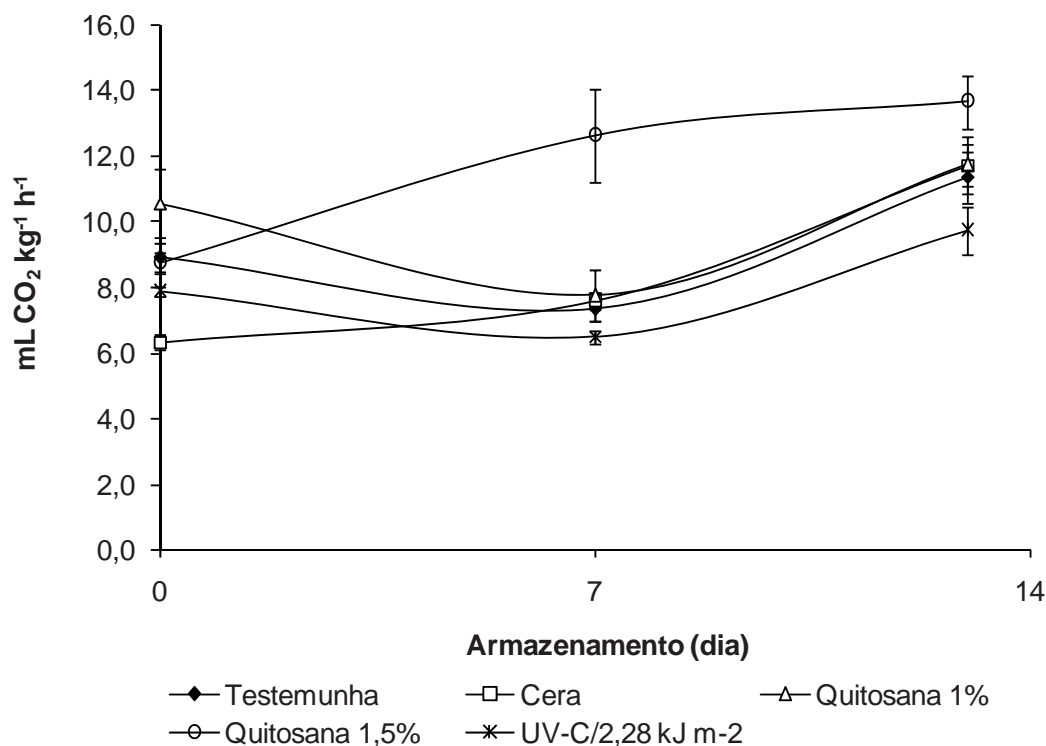


Figura 23. Atividade respiratória em mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por até 14 dias. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Observou-se que os frutos do testemunha foram os que perderam mais massa, seguido dos somente expostos à radiação UV-C e dos revestidos com quitosana e com cera (Tabela 59). Verificou-se ausência de efeito protetor da quitosana contra a perda de umidade, o que também foi observado por SANTOS et al. (2008) em pêssegos 'Douradão' revestidos com quitosana e armazenados a 3 °C por 28 dias. Por outro lado, a cera mostrou-se boa barreira contra perda de água, uma vez que foram registrados ao longo dos catorze dias de armazenamento, índices inferiores a 0,5%, cujo comportamento coincide com o relatado por OLIVEIRA et al. (2000) em abacates 'Fuerte' cobertos com revestimentos semelhantes.

Tabela 59. Perda de massa fresca (%) em mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias.

Tratamentos	Perda de massa (%)
5 °C	3,03 A
Cera	0,41 C
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	2,20 B
Quitosana 1%	1,93 B
Quitosana 1,5%	1,92 B
C.V. (%)	29,35

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os valores iniciais de luminosidade (46,80) da casca foram afetados pelo tempo de armazenamento refrigerado, mas não pela presença de revestimento nos frutos (Tabela 60). Observou-se que ao final dos 14 dias de armazenamento, os frutos apresentavam casca mais escurecida, dada à diminuição nos valores de L*. Este escurecimento da casca pode ser atribuído, ao desenvolvimento da coloração vermelha e aos baixos valores de cromaticidade (Tabela 60).

Houve aumento nos valores iniciais de cromaticidade (18,31) na casca dos frutos de todos os tratamentos, com os cobertos com cera se destacando no 14º dia pelos maiores valores, enquanto os revestidos com quitosana e os somente tratados com radiação UV-C, pelos menores (Tabela 60). Estes resultados indicam que os frutos que receberam cera se caracterizaram pela casca com coloração vermelho forte comparativamente aos revestidos com quitosana. ZHU et al. (2008) observaram que a aplicação de quitosana em mangas 'Tainong' atrasou as mudanças na coloração da casca.

Em relação à coloração da polpa, observou-se que a luminosidade inicial (76,07) não foi afetada pelo uso de coberturas ou pelo tempo de conservação (Tabela 60). Estes resultados são semelhantes aos obtidos por HOA & DUCAMP (2008) em mangas 'cat Hoa loc' revestidas com cera, porém distintos dos encontrados por SANTOS et al. (2008), que relataram escurecimento na polpa, em pêsegos 'Douradão' revestidos com película a base de quitosana.

Tabela 60. Coloração da casca e da polpa de mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias.

Tratamentos	L*	Ângulo Hue	Cromaticidade
Casca			
<i>Inicial</i>	46,80	20,53	18,31
Testemunha	42,73 A	26,68 B	32,81 AB
Cera	42,51 A	23,57 B	35,21 A
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	42,11 A	26,49 B	29,51 BC
Quitosana 1%	44,33 A	36,63 A	28,26 C
Quitosana 1,5%	42,59 A	31,18 A	29,77 BC
C.V. (%)	6,11	23,69	9,49
Polpa			
<i>Inicial</i>	76,07	94,56	47,47
Testemunha	75,71 A	94,23 AB	52,74 A
Cera	75,85 A	96,38 A	45,53 BC
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	75,61 A	91,16 B	47,99 B
Quitosana 1%	75,98 A	94,65 A	43,30 C
Quitosana 1,5%	76,02 A	94,29 AB	43,20 C
C.V. (%)	2,35	2,25	5,93

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Quanto ao ângulo Hue da polpa, o valor inicial (94,56) não se alterou significativamente durante o período de armazenamento refrigerado em todos os tratamentos, exceto nos frutos expostos à radiação UV-C, que se caracterizaram pela polpa mais amarelada (Tabela 60). Ao se analisar o efeito da presença de revestimento, observou-se que os frutos revestidos com cera, com quitosana e os do testemunha apresentaram polpa de coloração amarela.

Em relação à cromaticidade, notou-se que o valor inicial (47,47) foi afetado pelos diferentes tratamentos durante o período de refrigeração, que se caracterizou por incremento significativo nos valores dos frutos do testemunha, diminuição nos revestidos com quitosana e manutenção nos cobertos com cera ou somente expostos à radiação UV-C (Tabela 60). Estes resultados indicam que os frutos do testemunha (5 °C) exibiram ao final do armazenamento polpa amarelo mais brilhante que os tratados com quitosana ou cera. HOA & DUCAMP (2008) relataram que mangas 'cat Hoa loc' que não receberam cobertura exibiram polpa de coloração significativamente menos amarela que as revestidas com cera de carnaúba.

A análise conjunta do ângulo Hue e da cromaticidade, permite indicar que a evolução da coloração da polpa ocorreu normalmente, independente dos tratamentos.

Verificou-se que durante o período de armazenamento houve redução na firmeza inicial da polpa (50,19 N) e que esta redução não foi significativamente afetada pelos revestimentos ($47,06 \pm 1,67$ N). Resultados diferentes foram obtidos por WANG et al. (2009) em mangas 'Tainong' revestidas com quitosana e por SANTOS (2008) em frutos da cv. Palmer cobertos com cera. Segundo SIGRIST (1992), o amaciamento da polpa, com o avanço dos dias de armazenamento, complementa a textura típica da manga, a qual tem grande importância para sua aceitação sensorial.

O teor de ácido ascórbico inicial ($20,19 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) apresentou pequena diminuição durante o armazenamento refrigerado, sem efeito dos tratamentos ($19,13 \pm 0,48 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), o que também foi relatado por SANTOS (2008) durante o armazenamento de mangas 'Tommy Atkins'. Os teores encontrados são superiores aos obtidos por SOUSA et al. (2002) em frutos da mesma cultivar, que decresceram de $18,56 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ para $10,18 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. A estabilidade no conteúdo de ácido ascórbico pode ser um indicativo de retardo do amadurecimento dos frutos (CHITARRA & CHITARRA, 2005) e que a presença de danos nas mangas do testemunha não influenciou nesse conteúdo.

Ao longo do armazenamento refrigerado observou-se que o teor inicial de sólidos solúveis ($8,57^\circ\text{Brix}$) nos frutos que receberam revestimento se manteve estável, enquanto nos sem cobertura (testemunha, $\text{UV-C}/2,28 \text{ kJ m}^{-2}$) apresentaram aumento significativo (Tabela 61). Este fato, provavelmente, foi devido à modificação na atmosfera interna dos frutos, promovida pelas coberturas, que retardaram o amadurecimento dos frutos e, que também foi reportado por ZHU et al. (2008) em mangas 'Tainong' tratadas com quitosana e por YUNIARTI (1992) em mangas 'Arumanis' revestidas com cera.

A acidez titulável (AT) inicial ($0,896 \text{ g ácido cítrico } 100 \text{ g}^{-1}$) diminuiu durante o período de armazenamento sem ser afetada pelos tratamentos (Tabela 61), o que vem ao encontro do enunciado por MITRA & BALDWIN (1997), ou seja, que os ácidos orgânicos diminuem com o amadurecimento na maioria dos frutos, dentre eles o ácido cítrico, predominante em mangas.

Tabela 61. Teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e *Ratio* (SS/AT) em mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76 %UR) por 14 dias.

Tratamentos	SS (°Brix)	AT (g ácido cítrico 100 g⁻¹)	<i>Ratio</i>
<i>Inicial</i>	8,57	0,896	9,81
Testemunha	9,37 A	0,881 A	10,27 A
Cera	8,20 B	0,845 A	9,95 A
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	9,53 A	0,867 A	10,47 A
Quitosana 1%	8,03 B	0,861 A	9,74 A
Quitosana 1,5%	8,53 B	0,861 A	10,05 A
C.V. (%)	4,73	10,30	11,72

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

O *Ratio* (SS/AT), que inicialmente era de 9,81, não foi influenciado pelos tratamentos testados, porém aumentou no decorrer do período de armazenamento (Tabela 61). Segundo CHITARRA & CHITARRA (2005) o *Ratio* é indicativo do sabor e aumenta à medida que ocorre o amadurecimento, o que vai ao encontro da tendência constatada e, coincide com o relatado por WICKMAN & MOHAMMED (1999).

O teor inicial de açúcares solúveis (6,43 g glicose 100 g⁻¹) aumentou durante os 14 dias de armazenamento refrigerado, nos frutos de todos os tratamentos, exceto naqueles em que se associou a radiação UV-C e a aplicação de cera, os quais apresentaram manutenção dos níveis iniciais de açúcares e se caracterizaram pelos menores teores (Tabela 62). Em relação aos açúcares redutores, observou-se que o teor inicial (3,00 g glicose 100 g⁻¹) também aumentou em todos os tratamentos (Tabela 62). Essa é uma indicação que os tratamentos aceleraram a solubilização dos açúcares, o que não foi o verificado por ABBASI et al. (2009) em mangas 'Summer Bahisht Chaunsa' cobertas com o mesmo revestimento e armazenadas a 15 °C por 6 semanas.

Tabela 62. Teores de açúcares solúveis (AS) e redutores (AR) em mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias.

Tratamentos	AS (g glicose 100 g⁻¹)	AR (g glicose 100 g⁻¹)
<i>Inicial</i>	6,43	3,00
Testemunha	8,07 A	3,64 A
Cera	6,45 B	3,50 AB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	7,88 AB	3,33 B
Quitosana 1%	7,82 AB	3,40 B
Quitosana 1,5%	8,61 A	3,65 A
C.V. (%)	6,17	2,39

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

A atividade inicial da PPO na casca (137,20 $\mu\text{mol fenol degradado mg prote\u00edna}^{-1} \text{ min}^{-1}$) se manteve estável nos frutos revestidos com cera ou quitosana a 1,5%, que chegaram ao final do armazenamento refrigerado, com as menores atividades, enquanto as mangas do testemunha com as maiores (Tabela 63), o que pode ser atribuído à presença de sintomas de danos pelo frio, os quais são caracterizados pela formação de manchas de coloração marrom na casca. WILLS et al. (2007) relataram que este escurecimento está associado à ação da PPO sobre os compostos fenólicos liberados do vacúolo, por ocasião da ocorrência da injúria.

Diferentemente do observado na casca, na polpa a atividade inicial da PPO, (16,82 $\mu\text{mol fenol degradado mg prote\u00edna}^{-1} \text{ min}^{-1}$) diminuiu, porém com intensidades diferentes entre os tratamentos. As mangas do testemunha e naquelas em que se associou a aplicação de radiação UV-C e as películas de quitosana apresentaram as menores atividades, enquanto as tratadas com UV-C, os maiores valores, indicando atividade oxidativa mais intensa (Tabela 63). Apesar dessas diferenças, não foi detectado escurecimento da polpa, indicado pelo parâmetro L* (luminosidade).

Os tratamentos não influenciaram significativamente a atividade da peroxidase (POD) na casca, que inicialmente era de 0,014 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ degradado mg prote\u00edna}^{-1} \text{ min}^{-1}$, mas que se reduziu com intensidade variável (Tabela 63). Na polpa também foi observado diminuição na atividade inicial (0,0023 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ degradado mg prote\u00edna}^{-1} \text{ min}^{-1}$) em todos os tratamentos, com exceção dos frutos revestidos com cera e dos expostos à radiação UV-C, os quais apresentaram manutenção desta atividade inicial. Nas mangas somente tratadas com radiação UV-C a atividade mais intensa da POD

pode ser atribuída ao efeito estimulador da produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) pela radiação ultravioleta (A-H-MACKERNESS et al., 1999).

Tabela 63. Atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD) e teores de polifenóis extraíveis totais (PEXT) na casca e na polpa de mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias.

Tratamentos	PPO	POD	PEXT
	($\mu\text{mol fenol degradado mg proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$)	($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ degradado mg proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$)	(mg ác. gálico 100 g ⁻¹)
Casca			
<i>Inicial</i>	<i>137,20</i>	<i>0,014</i>	<i>459,44</i>
Testemunha	183,66 A	0,011 A	656,42 A
Cera	125,47 C	0,008 A	434,50 B
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	164,43 B	0,008 A	494,93 AB
Quitosana 1%	160,67 B	0,009 A	456,04 AB
Quitosana 1,5%	120,84 C	0,013 A	448,67 B
C.V. (%)	7,41	19,11	12,26
Polpa			
<i>Inicial</i>	<i>16,82</i>	<i>0,0023</i>	<i>27,46</i>
Testemunha	4,77 C	0,0008 C	26,79 B
Cera	11,77 AB	0,0018 B	25,48 aB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	12,74 A	0,0022 A	32,39 A
Quitosana 1%	6,20 C	0,0016 B	26,67 B
Quitosana 1,5%	8,00 BC	0,0011 C	26,75 B
C.V. (%)	14,95	29,66	5,60

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

A atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) não foi afetada pelos tratamentos aplicados, porém se observou que na casca houve redução da atividade inicial de 91,78 $\mu\text{mol h}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$ para 27,03 \pm 4,64 $\mu\text{mol h}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$, durante os 14 dias de armazenamento refrigerado, enquanto na polpa ocorreu incremento, de 7,25 $\text{nmol h}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$ para 17,08 $\text{nmol h}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$. EL GHAOUTH et al. (2003) verificaram que a radiação ultravioleta (UV-C) induziu à atividade da PAL em pêssegos, enquanto ROMANAZZI et al. (2002) relataram comportamento semelhante em uvas revestidas com película a base de quitosana.

O teor inicial de polifenóis (459,44 mg ác. gálico 100 g⁻¹) na casca só aumentou nos frutos do testemunha, que apresentaram ao final do armazenamento refrigerado, os maiores teores (Tabela 63), o que foi semelhante ao verificado na atividade da PPO. Segundo TALCOTT et al. (2005), o polifenol predominante na casca e na polpa de

mangas é o ácido gálico, o qual é substrato da enzima polifenoloxidase, o que pode explicar o comportamento observado.

Na polpa, os teores iniciais de polifenóis (27,46 mg ác. gálico 100 g⁻¹) se mantiveram ao longo do armazenamento refrigerado, com exceção das mangas expostas à radiação ultravioleta (UV-C) que tiveram estes teores incrementados e se destacaram pelos maiores níveis, o que também foi coincidente com o observado quanto às atividades da PPO e da POD (Tabela 63). GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2007a) também relataram que a aplicação de radiação UV-C em mangas 'Haden' resultou em incremento nos teores de polifenóis.

A atividade antioxidante total, segundo o método ABTS, não foi afetada pelos tratamentos aplicados, porém observou-se que ela aumentou de 2,18 µM Trolox g⁻¹ para 3,24 18 µM Trolox g⁻¹ durante o armazenamento refrigerado. Comportamento distinto foi verificado quando se quantificou esta atividade no sistema β-caroteno/ácido linoléico (Tabela 64). Observou-se que a capacidade inicial de inibição da oxidação que era de 26,18% aumentou na polpa das mangas do testemunha, das revestidas com cera e quitosana a 1,5%, enquanto naquelas que somente foram expostas à radiação UV-C se caracterizaram pela maior oxidação do β-caroteno, o que concordou com a atividade mais intensa da POD na polpa das mesmas. Segundo SHAMI & MOREIRA (2004), o beta-caroteno exerce funções antioxidantes em fases lipídicas, bloqueando os radicais livres que danificam as membranas lipoprotéicas.

Tabela 64. Atividade antioxidante total no sistema β-caroteno/ácido linoléico (% inibição da oxidação) da polpa de mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias.

Tratamentos	β-caroteno/ác. linoléico (% inibição da oxidação)
<i>Inicial</i>	26,18
Testemunha	30,66 A
Cera	31,75 A
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	22,93 B
Quitosana 1%	25,95 AB
Quitosana 1,5%	31,84 A
C.V. (%)	9,97

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

4.5.2. Avaliação da qualidade dos frutos após transferência à condição de ambiente

Depois de transferidos para o ambiente, os frutos do testemunha apresentaram sinais de murchamento (nota 2) no primeiro dia, enquanto os só tratados com radiação UV-C/2,28 kJ m⁻² mostraram perda de turgidez no 3º dia e os revestidos com quitosana no 5º dia (Tabela 65). Verificou-se também que as mangas revestidas com cera se mantiveram túrgidas ao longo de todo o período de armazenamento (nota 3). SANTOS (2008) também detectou manutenção da turgidez em mangas ‘Palmer’ protegidas com cera e armazenadas sob condição de ambiente por 12 dias.

Tabela 65. Murchamento* de mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22 °C (46% UR), por até 7 dias.

Tempo (dia)	Testemunha	UV-C/2,28 kJ m ⁻²	Cera	Quitosana 1%	Quitosana 1,5%
1	2	3	3	3	3
3	2	2	3	3	3
5	2	2	3	2	2
7	1	1	3	1	1

*Notas: 3= frutos túrgidos; 2= frutos com sinais de murchamento; 1= frutos murchos.

Os sintomas de dano pelo frio se manifestaram rapidamente durante o armazenamento ao ambiente, com os frutos do testemunha atingindo o limite de comercialização (nota 5) no 3º dia, devido à presença de injúrias em 25,1-35% da superfície da casca (Tabela 66). A aplicação somente de radiação UV-C retardou o agravamento dos danos (nota 5) para o 7º dia, enquanto sua combinação com os revestimentos a base de quitosana prejudicou este retardo. Os frutos em que se associou este tratamento com a aplicação de cera, chegaram ao final do período com 5,1-15% da superfície injuriada (nota 3), indicando sua maior eficiência na minimização dos sintomas de *chilling*, a qual é resultado da barreira física criada em torno da manga pela aplicação deste revestimento (Figura 24).

Tabela 66. Danos pelo frio* em mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22 °C (46% UR), por até 7 dias.

Tempo (dia)	Testemunha	UV-C/2,28 kJ m ⁻²	Cera	Quitosana 1%	Quitosana 1,5%
1	4	2	1	3	3
3	5	3	2	3	5
5	6	4	3	5	6
7	6	5	3	5	7

*Notas de danos pelo frio: 1= sem sintomas visíveis de injúria; 2= 2-5% da superfície danificada; 3= 5,1-15% da superfície injuriada; 4= 15,1-25% da superfície injuriada; 5= 25,1-35% da superfície injuriada; 6= 35,1-45% da superfície injuriada; 7= 45,1-55% da superfície injuriada; 8= >55% da superfície dos frutos contendo depressões e escaldadura.

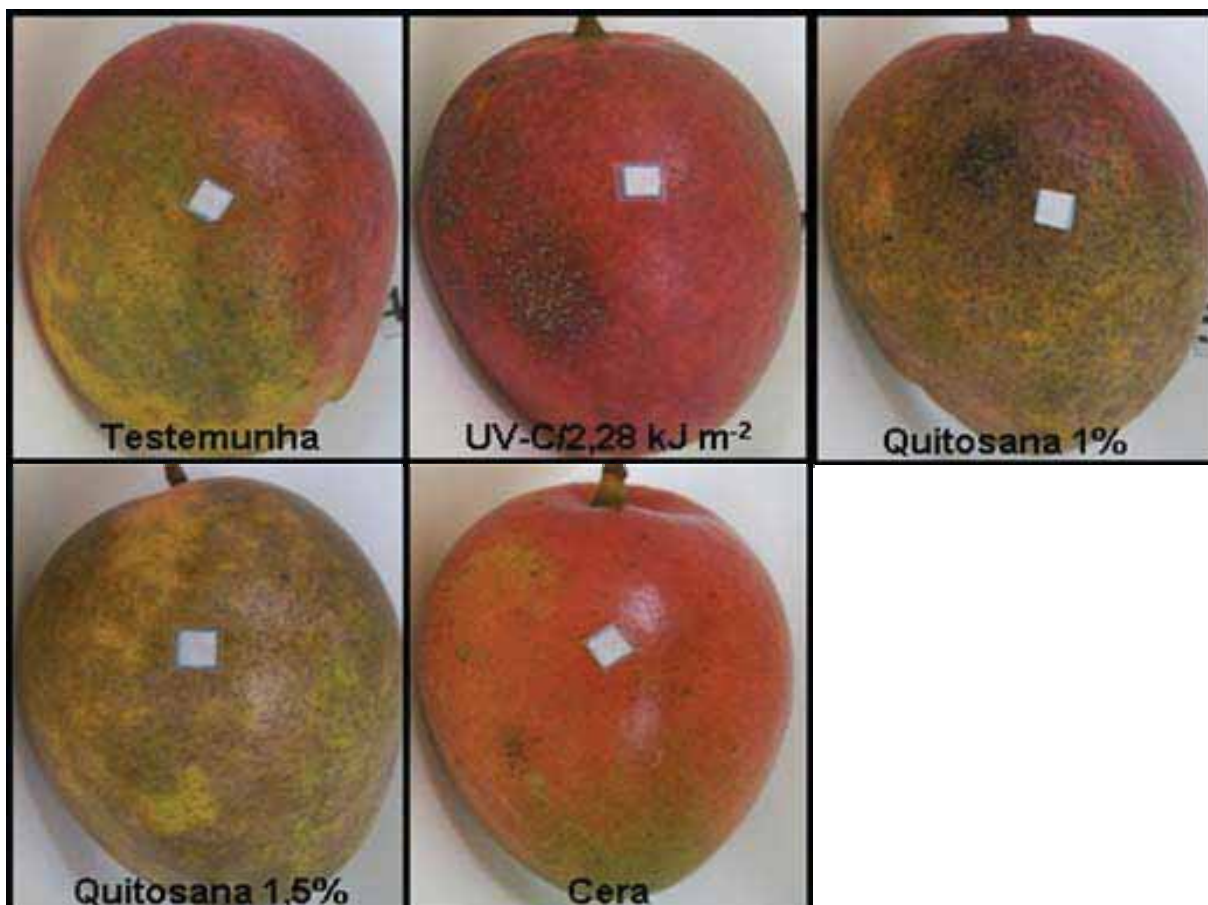


Figura 24. Aspecto de mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22 °C (46% UR), por 7 dias.

ASSIS & LEONI (2003) relataram que a quitosana pode causar reação adversa na epiderme do fruto devido aos reagentes químicos utilizados na sua extração e à formulação comercial, que neste trabalho combinou-se com o efeito injuriante do armazenamento prévio em baixa temperatura e favoreceu o desenvolvimento dos sintomas de danos pelo frio, comprometendo o aspecto visual das mangas.

Observou-se que os frutos submetidos aos diferentes tratamentos apresentaram comportamento semelhante da atividade respiratória ao longo do período de armazenamento, que se caracterizou por incremento até o 2º dia, seguido de decréscimo no quarto dia e de estabilização (Figura 25). Apesar disso, verificaram-se diferenças na intensidade da taxa respiratória, com os frutos tratados com radiação ultravioleta em associação com cera exibindo as menores taxas, seguido dos expostos somente à radiação UV-C, dos revestidos com quitosana a 1%, dos do testemunha e dos recobertos com quitosana a 1,5%. A respiração é um indicativo da atividade metabólica dos frutos e se reflete diretamente em sua conservação pós-colheita (CHITARRA & CHITARRA, 2005). BAUTISTA-BAÑOS et al. (2006), em mangas revestidas com quitosana, e OLIVEIRA & CEREDA (2003), em pêsegos 'Biuti' tratados com cera, observaram redução e estabilidade na intensidade respiratória, respectivamente.

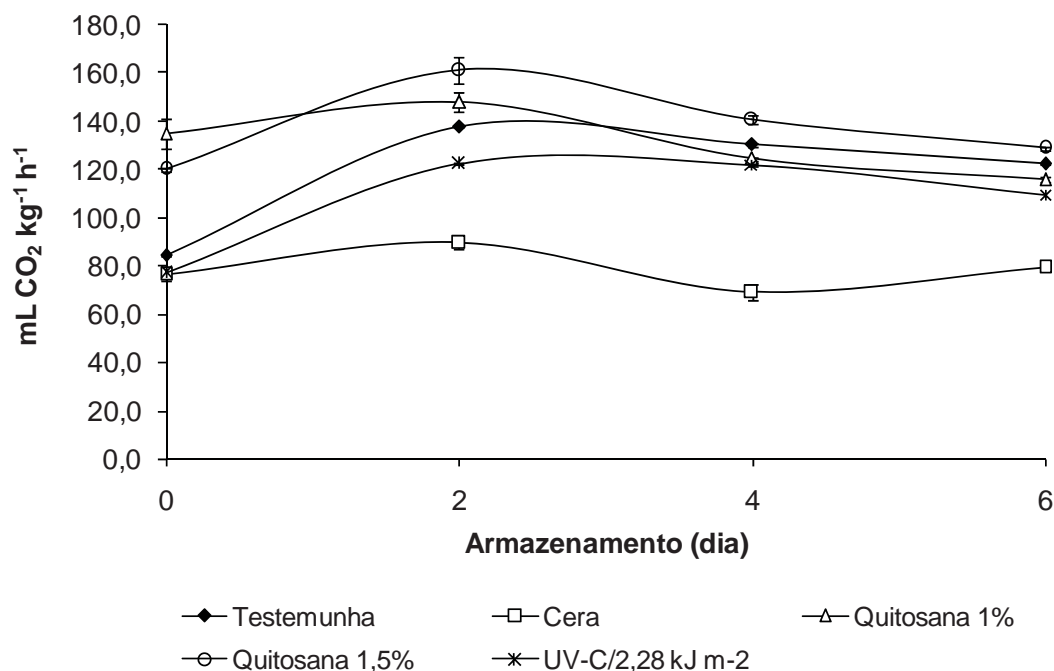


Figura 25. Atividade respiratória em mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias, depois de transferidas ao ambiente (22 °C; 46% UR). As barras verticais representam o erro padrão da média.

A ocorrência de podridões aumentou durante o período de armazenamento ao ambiente, porém os tratamentos apresentaram diferentes controles, com os frutos do testemunha e os tratados com UV-C apresentando as maiores incidências, seguido dos revestidos com quitosana a 1% e dos recobertos com cera (Tabela 67). O uso de quitosana a 1,5% mostrou-se efetivo na contenção do aparecimento de podridões, dada à baixa porcentagem de frutos infectados. ZHU et al. (2008) verificaram que a incidência de doenças em mangas ‘Tainong’ tratadas com quitosana a 1% e 2% foi 35,1% e 71,3% menor que em frutos que não receberam nenhum tipo de revestimento.

Tabela 67. Ocorrência de podridões (%) em mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22 °C (46% UR), por até 7 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
Testemunha	0,00 cA	16,67 bAB	83,33 abA	100,00 aA
Cera	0,00 bA	0,00 bB	50,00 aAB	50,00 aAB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	0,00 bA	16,67 bAB	50,00 abAB	83,33 aA
Quitosana 1%	0,00 bA	33,33 abA	33,33 abAB	66,67 aAB
Quitosana 1,5%	0,00 bA	0,00 bB	16,67 aB	16,67 aB

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Verificou-se aumento significativo na perda de massa, com os frutos tratados com cera apresentando a menor intensidade, seguido dos revestidos com quitosana e dos sem cobertura, testemunha e UV-C (Tabela 68). Isto indica que a quitosana reduziu a perda de massa, porém de forma menos eficiente que a cera, reafirmando o observado na avaliação do murchamento. A diferença de ação entre os recobrimentos é que os a base de polissacarídeos, tal qual a quitosana, devido à sua natureza hidrofílica, formam barreira pouco efetiva à umidade (KESTER & FENNEMA, 1988), diferentemente daqueles a base de lipídeos, como a cera de carnaúba.

Tabela 68. Perda de massa fresca (%) em mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22 °C (46% UR), por até 7 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
Testemunha	0,00 dA	2,45 cA	4,24 bAB	6,02 aA
Cera	0,00 bA	0,37 abB	0,72 abC	1,04 aC
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	0,00 dA	2,64 cA	4,61 bA	6,64 aA
Quitosana 1%	0,00 dA	1,98 cA	3,60 bB	5,18 aB
Quitosana 1,5%	0,00 dA	1,93 cA	3,49 bB	5,02 aB

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Não se observou efeito significativo do tempo de armazenamento e da presença de revestimento na luminosidade da casca (42,10±0,92), o que também foi registrado

por SANTOS (2008) em mangas 'Palmer' revestidas com cera e armazenadas sob condição de ambiente, durante 12 dias.

O ângulo Hue da casca aumentou em todos os tratamentos, com exceção das mangas do testemunha, que se caracterizaram pela manutenção dos valores (Tabela 70). Em relação ao efeito dos tratamentos, observou-se que no 7º dia, os frutos revestidos com quitosana a 1,5% apresentaram casca de coloração menos vermelha que a das mangas do testemunha. CERQUEIRA (2007) relatou que goiabas 'Kumagai' cobertas com quitosana a 2% não diferiram quanto à coloração da casca das não revestidas, enquanto a aplicação de quitosana a 6%, promoveu retenção da cor.

A cromaticidade da casca somente foi influenciada pelos tratamentos, com os frutos revestidos com cera apresentando valores significativamente maiores que os cobertos com quitosana (Tabela 70), indicando casca de coloração mais intensa. Além disso, os valores observados nos frutos revestidos com quitosana indicam que a casca dos mesmos tornou-se acinzentada, prejudicando o desenvolvimento da coloração característica (AWAD, 1993).

Com o avanço do período de armazenamento ocorreu escurecimento da polpa dos frutos, em todos os tratamentos, exceção feita às mangas cobertas com cera (Tabela 70). Este escurecimento aconteceu de forma mais intensa nos frutos revestidos com quitosana a 1,5%, com redução da ordem de 16,64% nos valores iniciais, o que não foi o constatado por CHIEN et al. (2007) em mangas 'Irwin' minimamente processadas e revestidas com quitosana. Verificou-se também que a cera conteve o escurecimento da polpa, expresso pela manutenção dos valores de luminosidade, diferindo do relatado por SANTOS (2008).

Observou-se durante o período de armazenamento, diminuição nos valores do ângulo Hue indicando que a polpa se tornou mais alaranjada (Tabela 70). O uso da cera atrasou o desenvolvimento da coloração da polpa, pois os frutos chegaram ao final do período com a polpa mais amarela. A cromaticidade foi pouco afetada pelos tratamentos ou pelo período de armazenamento, sendo verificadas apenas diferenças pontuais (Tabela 70).

Tabela 70. Coloração da casca e da polpa de mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente (22 °C; 46% UR), por até 7 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
Ângulo Hue da casca				
Testemunha	21,87 aA	24,03 aAB	29,68 aB	30,22 aB
Cera	26,78 bA	30,76 abAB	31,48 abB	39,24 aAB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	24,43 bA	22,19 bB	26,10 abB	35,15 aAB
Quitosana 1%	21,48 cA	27,55 cAB	55,59 aA	39,36 bAB
Quitosana 1,5%	27,78 cA	32,56 cA	58,31 aA	43,34 bA
Cromaticidade da casca				
Testemunha	24,55 aAB	27,68 aA	28,30 aA	27,51 aAB
Cera	29,04 abA	26,57 bAB	30,45 abA	32,99 aA
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	25,43 aAB	27,70 aA	26,42 aAB	27,73 aAB
Quitosana 1%	22,99 aB	21,31 aB	21,70 aBC	23,04 aB
Quitosana 1,5%	25,95 aAB	24,87 aAB	19,34 bC	22,52 abB
L* da polpa				
Testemunha	77,39 aA	75,86 aA	69,78 bB	66,89 bB
Cera	75,26 abA	76,35 aA	74,52 abA	72,25 bA
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	77,06 aA	75,54 aA	69,15 bB	66,59 bB
Quitosana 1%	77,19 aA	74,87 aA	68,98 bB	65,77 bB
Quitosana 1,5%	76,65 aA	75,72 aA	68,76 bB	64,20 cB
Ângulo Hue da polpa				
Testemunha	94,76 aA	91,98 bB	88,49 cB	85,65 dC
Cera	94,13 aB	94,83 aA	91,76 bA	91,66 bA
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	91,97 aB	91,12 aB	87,20 bB	87,71 bB
Quitosana 1%	93,73 aB	92,22 bB	87,64 cB	86,50 cBC
Quitosana 1,5%	95,11 aB	90,76 bB	88,33 cB	87,03 cBC
Cromaticidade da polpa				
Testemunha	53,18 aA	52,32 aA	47,68 bB	52,80 aA
Cera	51,55 aAB	48,82 aAB	49,20 aAB	50,22 aA
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	53,14 aA	51,52 abAB	48,19 bB	51,59 abA
Quitosana 1%	49,27 abB	47,92 bB	48,04 bB	51,71 aA
Quitosana 1,5%	48,65 bB	49,28 abAB	52,20 abA	52,52 aA

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

A análise conjunta do ângulo Hue e da cromaticidade, permite indicar que a coloração da polpa se desenvolveu normalmente, independente dos tratamentos e que a cera apenas promoveu atraso na evolução da mesma, o que pode ser atribuído à menor atividade metabólica apresentada por estes frutos.

A firmeza da polpa foi afetada pela interação entre os tratamentos e o período de armazenamento (Tabela 71). Ao longo do tempo observou-se redução na firmeza, indicando amaciamento, o que é atribuído à modificações na composição da parede celular pela ação de enzimas (CHITARRA, 1999). Em relação aos tratamentos verificou-se que até o 5º dia, os frutos protegidos com cera apresentaram menor redução, indicando atraso no amolecimento, o que também foi relatado por HOA & DUCAMP (2008) em mangas 'cat Hoa loc'.

Tabela 71. Firmeza (N) da polpa de mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22 °C (46% UR), por até 7 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
Testemunha	47,30 aA	6,30 bB	2,89 bB	2,22 bA
Cera	43,00 aA	33,21 bA	12,90 cA	3,89 dA
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	39,00 aA	9,71 bB	3,11 bB	2,78 bA
Quitosana 1%	44,71 aA	6,08 bB	3,04 bB	2,22 bA
Quitosana 1,5%	38,70 aA	11,86 bB	2,67 cB	2,37 cA

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Ocorreu diminuição expressiva no teor de ácido ascórbico em todos os tratamentos (Tabela 72). No primeiro dia de avaliação constatou-se que os frutos expostos à radiação UV-C apresentavam os maiores teores, contudo ao longo do armazenamento este efeito foi perdido, indicando que os tratamentos não foram capazes de minimizar esta redução. HOA & DUCAMP (2008), também registraram perda de ácido ascórbico em mangas 'cat Hoa loc' revestidas com cera de carnaúba, enquanto SOUZA et al. (2011) relataram que o uso de quitosana a 1,5% possibilitou a melhor contenção das perdas desta vitamina em mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 23 °C por 9 dias.

Houve incremento significativo nos teores de sólidos solúveis (Tabela 72), em todos os tratamentos, porém de forma menos intensa nos frutos revestidos com cera, o que reafirma os resultados da atividade respiratória (Figura 25). Por outro lado, os frutos revestidos com quitosana, apesar de terem apresentado oscilações ao longo do período de armazenamento, chegaram ao 7º dia com níveis semelhantes aos das mangas sem

cobertura, indicando que este revestimento não retardou o amadurecimento. A degradação de polissacarídeos contribuiu para o aumento no teor de SS durante o armazenamento, pela liberação de hexoses (AWAD, 1993), que superou o consumo de açúcares na respiração. Além disso, a perda de massa pode ter contribuído para a concentração dos sólidos (CHITARRA & CHITARRA, 2005; TUCKER, 1993).

Tabela 72. Teores de ácido ascórbico (AA), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e *Ratio* (SS/AT) em mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente (22 °C, 46% UR), por até 7 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
AA (mg 100 g⁻¹)				
Testemunha	17,65 aB	13,48 bB	9,89 cB	9,04 cA
Cera	16,36 aB	14,75 abAB	13,22 bA	10,35 cA
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	19,89 aA	14,77 bAB	12,17 cA	10,42 cA
Quitosana 1%	17,99 aAB	14,66 bAB	12,19 cA	10,37 cA
Quitosana 1,5%	16,85 aB	15,79 aA	13,68 bA	10,07 cA
SS (°Brix)				
Testemunha	10,17 cAB	12,48 bA	14,60 aAB	15,23 aA
Cera	10,35 cAB	10,72 bcB	11,98 bC	13,57 aB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	10,93 cA	13,40 bA	15,02 aA	15,40 aA
Quitosana 1%	9,95 cAB	13,35 bA	14,97 aA	16,13 aA
Quitosana 1,5%	9,17 cB	12,20 bA	13,25 bBC	15,00 aA
AT (g ácido cítrico 100 g⁻¹)				
Testemunha	1,040 aA	0,621 bA	0,469 cA	0,344 dB
Cera	0,869 aB	0,621 bA	0,450 cA	0,458 cA
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	0,972 aA	0,604 bA	0,437 cA	0,399 dB
Quitosana 1%	0,880 aB	0,637 bA	0,450 cA	0,410 cAB
Quitosana 1,5%	0,896 aB	0,630 bA	0,485 cA	0,409 dAB
Ratio (SS/AT)				
Testemunha	11,48 dA	20,11 cAB	31,36 bAB	44,47 aA
Cera	12,08 dA	17,27 cB	24,00 bC	29,71 aC
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	11,26 dA	22,21 cA	34,49 bA	45,52 aA
Quitosana 1%	11,33 dA	21,04 cAB	33,34 bA	39,44 aB
Quitosana 1,5%	8,84 dA	20,86 cAB	27,65 bBC	36,74 aB

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

O teor de acidez titulável (AT) foi caracterizado por diminuição em seus valores (Tabela 72), sendo que os frutos em que se associou a radiação UV-C à cera

mostraram-se significativamente mais ácidos, revelando o estágio de maturação menos avançado, o que é concordante com a baixa atividade metabólica indicada pela respiração. ABBASI et al. (2009), estudando o efeito de revestimentos na qualidade de mangas 'Summer Bahisht Chaunsa' mantidas a 15 °C, também verificaram que as cobertas com película a base de quitosana apesar de terem apresentado os maiores teores de açúcares, não diferiram dos frutos do controle, quanto à acidez. No entanto, WANG et al. (2009) observaram que o uso deste revestimento em mangas 'Tainong' implicou em menores teores de açúcares e, em maiores teores de acidez.

O *Ratio* (SS/AT) é um importante parâmetro qualitativo para indicação do sabor de mangas, pois é o resultado do balanço entre os teores de açúcares e de ácidos na fruta (SCANAVACA JÚNIOR et al., 2007). Ele refletiu o aumento nos teores de sólidos solúveis ao longo do período de armazenamento e a redução nos de acidez titulável, que foram menos intensos nos frutos revestidos com cera (Tabela 72), indicando que somente esta cobertura retardou o amadurecimento das mangas. Resultados semelhantes foram relatados por JACOMINO et al. (2003) em goiabas 'Pedro Sato' tratadas com emulsões de cera de carnaúba.

BLEINROTH (1981) afirma que a manga está apta ao consumo quando o *Ratio* (SS/AT) for superior a 21, indicando que as mangas tratadas com radiação UV-C e as revestidas com quitosana a 1% estavam amadurecidas no 3º dia, enquanto as dos demais tratamentos, no 5º dia.

Os teores de açúcares solúveis (AS) e de redutores (AR) aumentaram durante o armazenamento, independente da presença de revestimento. As mangas, em que se associou a radiação UV-C à aplicação de cera, chegaram ao 7º dia com os menores valores refletindo as variações nos teores de sólidos solúveis e a atividade metabólica menos intensa (Tabela 73). WANG et al. (2009) verificaram que a aplicação de quitosana a 1% e a 2% em mangas 'Tainong' retardou a solubilização dos açúcares, o que foi distinto do constatado neste trabalho.

Tabela 73. Teores de açúcares solúveis (AS) e redutores (AR) de mangas 'Tommy Atkins' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente (22 °C, 46% UR), por até 7 dias.

Tratamentos	Armazenamento (dia)			
	1	3	5	7
AS (g glicose 100 g⁻¹)				
Testemunha	8,41 cC	10,38 bA	10,56 bB	12,93 aA
Cera	6,93 bC	10,32 aA	10,37 aB	10,72 aB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	10,23 bA	10,51 bA	10,97 bB	13,00 aA
Quitosana 1%	9,07 bAB	10,43 bA	11,93 aAB	12,27 aA
Quitosana 1,5%	8,23 cBC	10,24 bA	12,93 aA	13,09 aA
AR (g glicose 100 g⁻¹)				
Testemunha	3,91 bA	4,12 abA	4,28 aA	4,32 aA
Cera	3,48 aB	3,55 aC	3,62 aC	3,74 aB
UV-C/2,28 kJ m ⁻²	3,59 bAB	4,02 aAB	4,08 aAB	4,14 aA
Quitosana 1%	3,26 cB	3,69 bBC	3,84 bBC	4,22 aA
Quitosana 1,5%	3,30 bB	3,79 aABC	3,85 aBC	3,99 aAB

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

A atividade da polifenoloxidase (PPO) na casca dos frutos do testemunha apresentou comportamento caracterizado por aumento até o 3º dia, seguido de decréscimo no 5º dia e de estabilização, enquanto nos tratados com UV-C e naqueles em que se associou este tratamento com a aplicação de cera ou de quitosana foi detectado diminuição nos valores (Figura 26A).

Com o agravamento dos sintomas de dano pelo frio na casca dos frutos expostos somente à radiação UV-C e nos revestidos com quitosana esperava-se aumento na atividade da PPO tal qual o verificado nos do testemunha, o que não foi observado. TREJO-MÁRQUEZ et al. (2010) no entanto, relataram que a atividade desta enzima está diretamente relacionada com o desenvolvimento de *chilling injury* em mangas 'Kent', 'Keitt' e 'Manila' previamente armazenadas a 5 °C por 25 dias, depois de levadas ao ambiente.

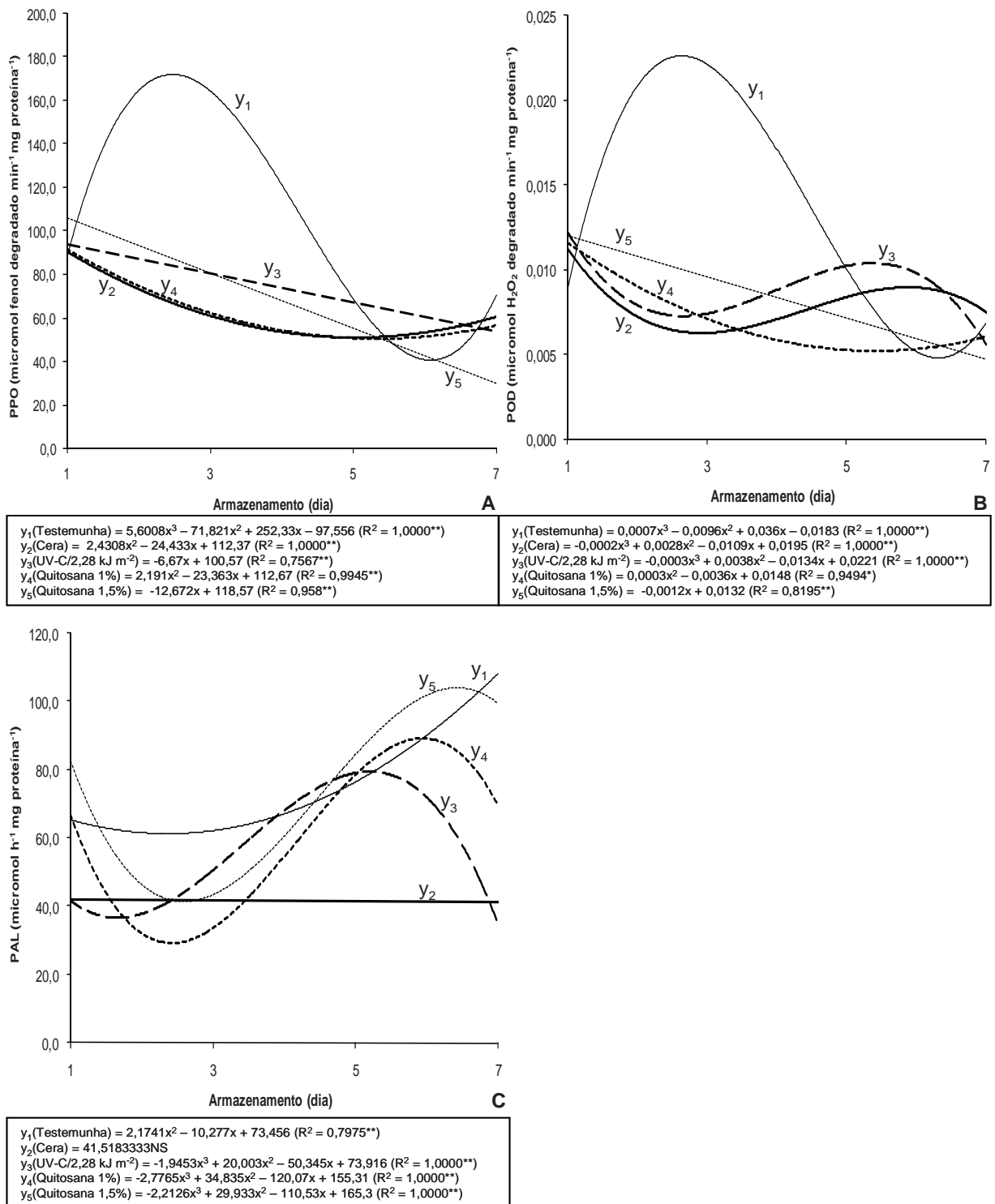


Figura 26. Atividade das enzimas polifenoloxidase (A), peroxidase (B) e fenilalanina amônia-liase (C) na casca de mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente (22 °C, 46% UR), por até 7 dias.

A atividade da peroxidase (POD) na casca refletiu a tendência observada para a PPO (Figura 26B), indicando que o desenvolvimento dos sintomas de *chilling injury* na casca das mangas tratadas não levou ao incremento na atividade oxidativa. TREJO-MÁRQUEZ et al. (2010) também relataram que a atividade desta enzima não mostrou correlação com o desenvolvimento de danos pelo frio em mangas 'Keitt' previamente armazenadas a 5 °C por 25 dias, depois de levadas ao ambiente.

Os frutos do testemunha apresentaram incremento na atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) na casca ao longo do período de armazenamento ao ambiente (Figura 26C). Nos somente tratados com radiação UV-C e naqueles em que se associou este tratamento com a aplicação de quitosana a 1% houve incremento na atividade enzimática até o 5º dia, seguido de decréscimo, enquanto nos revestidos com quitosana a 1,5% esta atividade diminuiu nos três primeiros dias, para depois aumentar e nos cobertos com cera ela se manteve estável. Estes resultados indicam que o estresse ocasionado nos tecidos, exteriorizado pelo agravamento dos sintomas de danos pelo frio, implicou em ativação da PAL, o que é concordante com o explicado por FORNEY (2003).

Os teores de polifenóis (PEXT) na casca dos frutos não foram influenciados pelos tratamentos aplicados, porém com o avanço do armazenamento ao ambiente ocorreu diminuição no teor inicial ($385,26 \pm 13,39$ mg ác. gálico 100 g^{-1}). Isto pode ser um indicativo de que a ocorrência de injúrias promoveu a liberação destes compostos do vacúolo, e por conseguinte a oxidação e polimerização dos mesmos, formando pigmentos marrons (LIMA, 1997).

A atividade da polifenoloxidase (PPO) na polpa variou de maneira diferente para os diversos tratamentos, após a transferência dos frutos para a condição de ambiente (Figura 27A). A tendência inicial foi de redução, com aumento após o 3º dia nas mangas do testemunha e nas revestidas com quitosana, permaneceu estável nas tratadas com radiação UV-C e decresceu nas cobertas com cera.

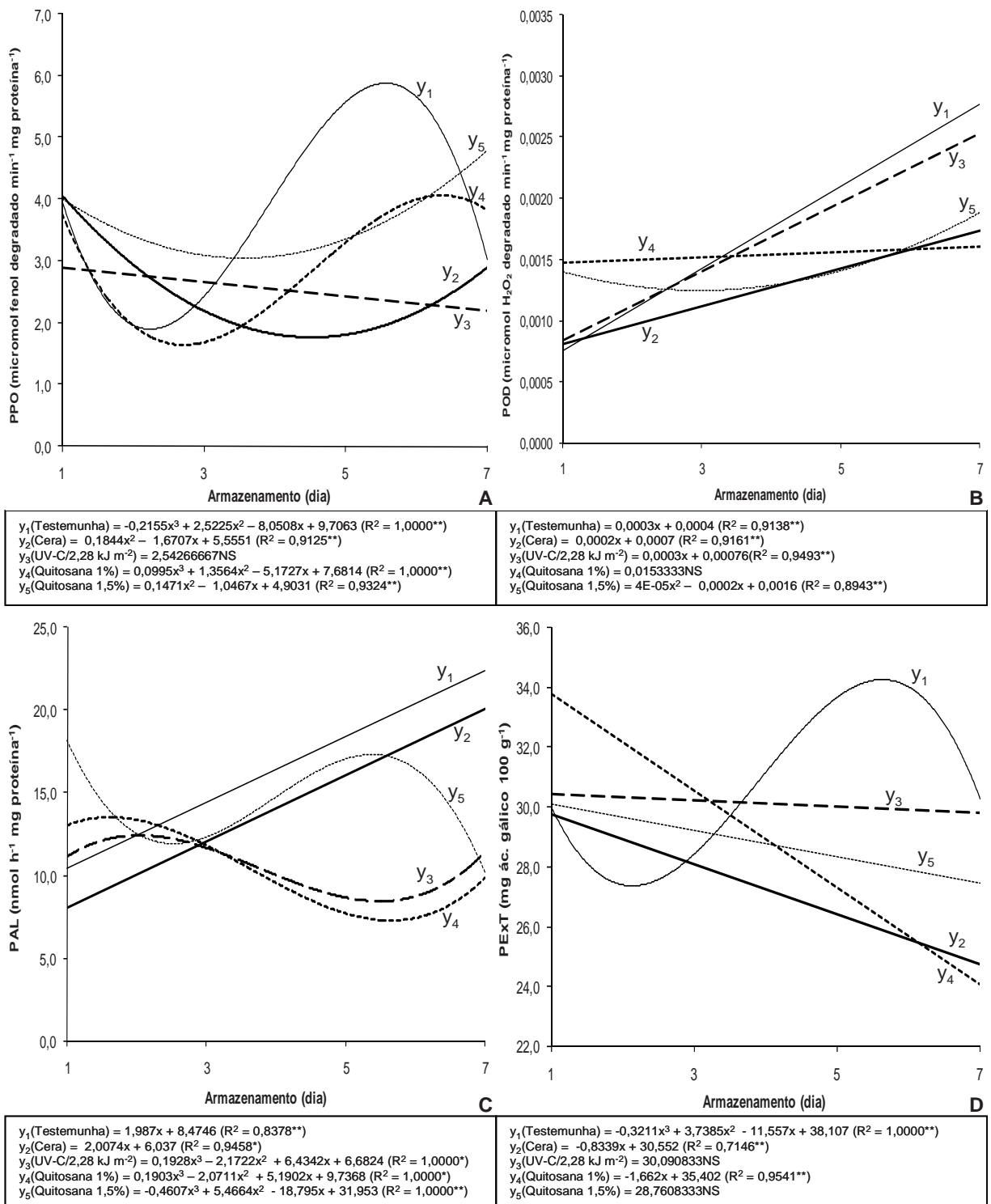


Figura 27. Atividade das enzimas polifenoloxidase (A), peroxidase (B) e fenilalanina amônia-liase (C) e teores de polifenóis extraíveis totais (D) na polpa de mangas ‘Tommy Atkins’ tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (76% UR) por 14 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente (22 °C, 46% UR), por até 7 dias.

A atividade da peroxidase (POD) na polpa aumentou durante o período ao ambiente em todos os tratamentos, exceto naquele em que se testou a aplicação de quitosana a 1% (Figura 27B). Os maiores aumentos nesta atividade foram constatados nos frutos do testemunha (5 °C) e nos expostos à radiação UV-C, seguido dos revestidos com quitosana a 1,5% ou com cera. CERQUEIRA (2007) relatou atividade constante desta enzima em goiabas 'Kumagai' que receberam cobertura de quitosana (2% e 6%) e de fécula de mandioca (2% e 3%) e que foram armazenadas a 22 °C por 8 dias.

Para a atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) na polpa observou-se incremento nos frutos do testemunha e nos revestidos com cera, enquanto nos tratados com quitosana a 1,5% a tendência foi de redução até o 3º dia seguido de aumento até o 5º dia e de redução. Nos expostos à radiação UV-C e nos cobertos com quitosana a 1% observou-se comportamento decrescente (Figura 27C). GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2007a) e ROMANAZZI et al. (2002), no entanto, observaram que tais tratamentos induziram a atividade da PAL.

Os teores de polifenóis (PE_{xT}) não foram significativamente alterados na polpa das mangas só expostas à radiação ultravioleta (UV-C) e nas revestidas com quitosana a 1,5% (Figura 27D). Nas que receberam cera ou quitosana a 1% a variação foi decrescente, enquanto nas do tratamento testemunha a tendência coincidiu com a observada na atividade da PPO (Figura 27A). Estes resultados indicam que a quitosana não promoveu aumento nos níveis de compostos fenólicos (BAUTISTA-BAÑOS et al., 2006).

A atividade antioxidante total segundo os métodos ABTS e no sistema β -caroteno/ác. linoléico não foi influenciada pela aplicação de radiação UV-C, bem como pela presença ou ausência de revestimento, porém observou-se que ocorreu diminuição na capacidade antioxidante com o avanço do armazenamento ao ambiente (ABTS, de 24,15 $\mu\text{M Trolox g}^{-1}$ para 20,04 $\mu\text{M Trolox g}^{-1}$; sistema β -caroteno/ác. linoléico, de 24,15% para 20,04% de inibição da oxidação), como consequência do amadurecimento e da senescência da polpa, cujos processos são caracterizados pelo comprometimento do sistema antioxidante frente às reações oxidativas que ocorrem em cascata (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Os resultados obtidos neste experimento indicam que a associação entre a radiação UV-C na dose de $2,28 \text{ kJ m}^{-2}$ e o revestimento com cera foi eficiente na minimização das injúrias pelo frio, na redução das perdas de massa em mangas 'Tommy Atkins', além de ter contribuído para o retardo do amadurecimento, a manutenção da turgidez e conservação por período superior a sete dias sob condição de ambiente. Por outro lado, as películas a base de quitosana aceleraram o aparecimento dos sintomas de danos, prejudicaram o desenvolvimento da coloração característica das mangas e restringiram a vida útil dos frutos para 14 dias a $5 \text{ }^\circ\text{C}$, seguido de 3-5 dias ao ambiente. Os revestimentos testados não afetaram a capacidade antioxidante da polpa destes frutos.

4.6. Experimento 6: Conservação de mangas 'Palmer' com uso de cera de carnaúba e de revestimentos a base de quitosana

4.6.1. Avaliação da qualidade dos frutos durante o armazenamento refrigerado

Durante o armazenamento refrigerado não se detectou sinais de murchamento e/ou ocorrência de podridões nos frutos, independentemente da presença ou não de revestimento, o que pode ser atribuído ao efeito das baixas temperaturas, as quais retardam o processo de amadurecimento e limitam o crescimento de patógenos (CHITARRA & CHITARRA, 2005; KADER, 2002).

Visualizaram-se sintomas de danos pelo frio nos frutos de todos os tratamentos, porém estes ocorreram de forma menos intensa nos tratados somente com radiação UV-C (nota 3 = 5,46% superfície injuriada) e naqueles em que se associou a radiação à aplicação de cera (nota 2 = 4,14% superfície com injúria), o que é concordante com o constatado por GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2001) em mangas 'Tommy Atkins' que receberam o mesmo tipo de radiação. As mangas do testemunha já se encontravam no limite de comercialização no 4º dia de armazenamento refrigerado, pois tinham 27,25%

da sua superfície lesionada (nota 5), enquanto as revestidas com película a base de quitosana apresentavam porcentagens entre 23,85% e 22,12% (nota 4), indicando que este revestimento acelerou o aparecimento dos sintomas. ASSIS & LEONI (2003) alertam que a quitosana pode causar reação adversa na epiderme do fruto devido aos reagentes químicos utilizados na sua extração e na formulação comercial.

Observou-se que os frutos submetidos aos diferentes tratamentos apresentaram padrão respiratório distinto, caracterizado por redução nos expostos à radiação UV-C e nos revestidos com quitosana e por estabilidade nos do testemunha e nos cobertos com cera (Figura 28). A respiração foi mais intensa nos frutos tratados com radiação ultravioleta e quitosana. Estes resultados diferem dos relatados por KITTUR et al. (2001), em que o revestimento com quitosana a 1% e armazenamento a 27 °C por 8 dias, minimizou a taxa de respiração. Estes autores também mencionaram que a aplicação de cera não influenciou na atividade respiratória, o que vem ao encontro do encontrado neste trabalho.

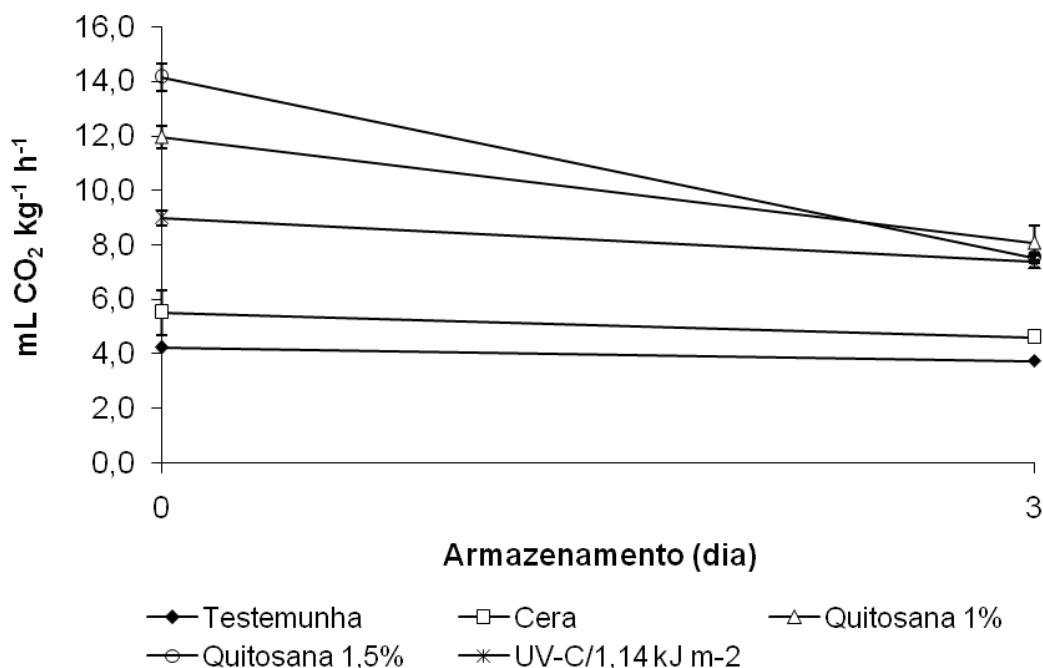


Figura 28. Atividade respiratória em mangas 'Palmer' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Durante o armazenamento refrigerado, observou-se que os frutos do testemunha, os expostos à radiação ultravioleta (UV-C) e os revestidos com quitosana a 1,5% foram os que perderam mais massa, seguido dos cobertos com quitosana a 1% e com cera (Tabela 74). Verificou-se ausência de efeito protetor da quitosana contra a perda de umidade, diferindo do registrado por SOUZA et al. (2011) em mangas 'Tommy Atkins' revestidas com quitosana e armazenadas a 23 °C por 9 dias. Por outro lado, a cera mostrou-se boa barreira contra perda de água, uma vez que foram registrados ao longo dos quatro dias de armazenamento, índices inferiores a 0,5%, cujo comportamento coincide com o afirmado por HAGENMAIER & BAKER (1994).

Tabela 74. Perda de massa fresca em mangas 'Palmer' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias.

Tratamentos	Perda de massa (%)
Testemunha	1,85 A
Cera	0,37 C
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	1,87 A
Quitosana 1%	1,02 B
Quitosana 1,5%	1,53 A
C.V. (%)	13,89

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

A luminosidade inicial da casca (42,95) reduziu-se ao longo dos quatro dias de armazenamento refrigerado (Tabela 75) e foi significativamente afetada pelos revestimentos. As mangas revestidas com cera apresentaram casca mais escurecida, o que vai ao encontro do constatado por SANTOS (2008) em frutos da mesma cultivar tratados com esta cobertura.

Em relação ao ângulo Hue, verificou-se aumento no valor inicial (6,88), na casca das mangas submetidas aos diferentes tratamentos (Tabela 75). Esta variável foi significativamente influenciada pelos revestimentos aplicados, com os frutos revestidos com quitosana a 1,5% apresentando os maiores valores ou casca menos avermelhada comparativamente aos demais tratamentos. O constatado também foi observado por ZHU et al. (2008) em mangas 'Tainong' cobertas com quitosana e por HOA & DUCAMP (2008) em mangas 'Cat Hoa Loc' revestidas com cera.

Ao final do período de armazenamento, houve pequeno aumento na intensidade da coloração da casca dos frutos do testemunha, dos revestidos com cera e dos somente expostos à radiação UV-C, expresso pelo aumento nos valores iniciais de cromaticidade (15,15) (Tabela 75), o que indica que estas mangas apresentavam casca de coloração vermelho menos escurecida que as revestidas com quitosana.

Apesar das diferenças de intensidade da coloração entre os tratamentos, os frutos apresentavam coloração vermelha, que é a típica das mangas (AWAD, 1993). A coloração é um dos principais parâmetros para a caracterização da qualidade de mangas, pois os consumidores mantêm uma relação positiva entre esses dois fatores (KAYS, 1997).

Tabela 75. Coloração da casca e da polpa de mangas 'Palmer' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias.

Tratamentos	L*	Ângulo Hue	Cromaticidade
Casca			
<i>Inicial</i>	42,95	6,88	15,15
Testemunha	34,95 A	24,34 BC	20,05 ABC
Cera	33,63 A	28,60 BC	23,94 A
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	34,44 A	30,97 B	16,31 C
Quitosana 1%	34,29 A	41,12 A	16,94 BC
Quitosana 1,5%	36,91 A	20,73 C	21,11 AB
C.V. (%)	6,75	28,75	15,74
Polpa			
<i>Inicial</i>	82,29	164,11	33,90
Testemunha	81,01 A	168,46 A	39,26 A
Cera	81,77 A	164,46 AB	33,91 AB
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	81,09 A	163,00 B	33,14 B
Quitosana 1%	81,23 A	164,66 AB	32,96 B
Quitosana 1,5%	80,58 A	166,04 AB	36,76 AB
C.V. (%)	6,75	1,84	10,62

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Observou-se que a luminosidade inicial (82,29) da polpa não foi afetada pelo uso de coberturas ou pelo tempo de conservação (Tabela 75). Resultados semelhantes foram encontrados por HOA & DUCAMP (2008) em mangas 'cat Hoa loc' revestidas com cera, porém distintos dos encontrados por SANTOS et al. (2008), que relataram

escurecimento da polpa, em pêssegos ‘Douradão’ que receberam película a base de quitosana.

Os valores iniciais do ângulo Hue (164,11) e de cromaticidade (33,90) na polpa somente aumentaram, ao longo do armazenamento refrigerado, nos frutos do testemunha (Tabela 75), os quais se caracterizaram pela coloração verde claro. As mangas revestidas com cera, quitosana assim como as expostas à radiação UV-C também tinham polpa de cor verde, porém menos claro.

Verificou-se que o armazenamento a 5 °C não influenciou na redução da firmeza inicial da polpa (57,50 N) e que esta redução não foi significativamente afetada pelos revestimentos (56,79±0,8 N). Tal comportamento pode ser atribuído à baixa porcentagem de perda de massa e à reduzida atividade metabólica apresentada pelos frutos, quando se avaliou a respiração, que reafirma o encontrado por RIBEIRO et al. (2005) em goiabas ‘Pedro Sato’ revestidas com cera e armazenadas sob refrigeração.

Não se observou efeito do tempo de armazenamento refrigerado no teor inicial de ácido ascórbico (50,04 mg 100 g⁻¹), porém os tratamentos apresentaram diferentes intensidades de perda, com os frutos do testemunha apresentando a maior e os cobertos com cera a menor (Tabela 76). Esta variação também foi relatada por ABBASI et al. (2009) em mangas ‘Summer Bahisht Chaunsa’ e é indicativo de que a presença de danos pode influenciar nesse conteúdo. Os teores encontrados são maiores que os obtidos por SANTOS (2008) em frutos da mesma cultivar, que se reduziram de 37,27 mg 100 g⁻¹ para 30,56 mg 100 g⁻¹.

Tabela 76. Teor de ácido ascórbico em mangas ‘Palmer’ tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias.

Tratamentos	mg 100 g⁻¹
<i>Inicial</i>	<i>50,04</i>
Testemunha	46,61 B
Cera	52,85 A
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	50,37 AB
Quitosana 1%	50,52 AB
Quitosana 1,5%	47,91 AB
C.V. (%)	5,73

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Ao longo do armazenamento refrigerado não se observou variação significativa nos teores iniciais de sólidos solúveis ($6,52 \pm 0,10$ Brix) e de acidez titulável ($1,122 \pm 0,06$ g ác. cítrico 100 g^{-1}), assim como no *Ratio* ($5,84 \pm 0,2$), indicando que estes parâmetros não foram afetados pelos tratamentos. Este comportamento pode ser atribuído à baixa atividade metabólica apresentada por estes frutos quando mantidos sob refrigeração (Figura 28). O observado concorda com os resultados relatados por BALDWIN et al. (1999) e ZHU et al. (2008) em mangas da cv. Tommy Atkins revestidas com cera e em frutos da cv. Tainong cobertas com quitosana a 0,5%, respectivamente.

O teor inicial de açúcar solúvel ($11,46 \text{ g glicose } 100 \text{ g}^{-1}$) aumentou após os quatro dias de armazenamento refrigerado, nos frutos de todos os tratamentos (Tabela 77). As mangas do testemunha chegaram ao final do período de conservação com os maiores teores de açúcares solúveis, enquanto as revestidas com quitosana a 1%, com os menores. WANG et al. (2009) verificaram efeito semelhante em mangas 'Tainong' tratadas com quitosana a 2% e armazenadas a $15 \text{ }^\circ\text{C}$ por 5 dias.

O teor inicial de açúcares redutores ($3,23 \text{ g glicose } 100 \text{ g}^{-1}$) só não aumentou nos frutos tratados com cera (Tabela 77), que permaneceu estável. KITTUR et al. (2001) verificaram em mangas 'Summer Bahisht Chaunsa', que o revestimento com quitosana a 1,5% e o armazenamento a $15 \text{ }^\circ\text{C}$ por seis semanas, levou a menores teores de açúcares redutores.

Tabela 77. Teores de açúcares solúveis (AS) e redutores (AR) em mangas 'Palmer' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a $5 \text{ }^\circ\text{C}$ (86% UR) por 4 dias.

Tratamentos	AS (g glicose 100 g^{-1})	AR (g glicose 100 g^{-1})
<i>Inicial</i>	11,46	3,23
Testemunha	15,17 A	3,49 A
Cera	14,03 AB	3,18 B
UV-C/ $1,14 \text{ kJ m}^{-2}$	13,65 AB	3,30 AB
Quitosana 1%	12,20 B	3,48 A
Quitosana 1,5%	12,91 AB	3,55 A
C.V. (%)	6,11	2,43

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Observou-se que a atividade inicial da polifenoloxidase ($165,06 \text{ } \mu\text{mol fenol degradado mg proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$), na casca, aumentou em todos os tratamentos durante o

armazenamento refrigerado, com observação para as mangas revestidas com cera, as quais se caracterizaram pela baixa atividade (Tabela 78), o que pode ser atribuído à presença de danos em 4,14% superfície da casca (nota 2). TREJO-MÁRQUEZ et al. (2010) também verificaram que a atividade desta enzima mostrou relação direta com o desenvolvimento dos sintomas de *chilling injury* na casca, em mangas 'Kent', 'Keitt' e 'Manila' armazenadas a 5 °C por 25 dias.

Tal qual o observado na casca, a atividade inicial da PPO (12,74 $\mu\text{mol fenol degradado mg proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$) na polpa também aumentou, exceto nos frutos revestidos com quitosana, os quais apresentaram manutenção desta atividade inicial e chegaram ao 4º dia do armazenamento refrigerado com as menores atividades (Tabela 78). O aumento na atividade da PPO e as diferenças entre os tratamentos, não implicou em escurecimento da polpa, indicado pela luminosidade (Tabela 75).

A atividade inicial da POD (0,000017 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ degradado $\text{mg proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$) na casca, também aumentou durante o armazenamento, com exceção das tratadas com cera (Tabela 78), em que esta atividade se manteve estável, as quais apresentaram as menores atividades no 4º dia. Esses resultados indicam que a cera protegeu os frutos contra os danos pelo frio, evidenciando sua relação com a atividade de enzimas oxidativas (TREJO-MÁRQUEZ et al., 2010).

Na polpa, a atividade inicial da POD (0,0000019 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ degradado $\text{mg proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$) aumentou em todos os tratamentos, com as mangas somente expostas à radiação UV-C apresentando a maior atividade, enquanto aquelas em que se associou este tratamento com a aplicação de cera ou de quitosana, apresentaram as menores (Tabela 78). CERQUEIRA (2007) encontrou atividade constante em goiabas 'Kumagai' revestidas com quitosana a 2% ou 6%.

Observou-se redução na atividade inicial da fenilalanina amônia-liase (PAL), 134,92 $\mu\text{mol h}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$, na casca dos frutos revestidos com cera, enquanto nos outros tratamentos ocorreu aumento (Tabela 78). A aplicação de quitosana a 1,5% levou à maior atividade, o que é indicativo de sua indução à atividade da PAL (ROMANAZZI et al., 2002).

Tabela 78. Atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD), fenilalanina amônia-liase (PAL) e teores de polifenóis extraíveis totais (PExT) na polpa e na casca de mangas 'Palmer' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias.

Tratamentos	PPO ($\mu\text{mol fenol degradado mg proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$)	POD ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ degradado mg proteína}^{-1} \text{ min}^{-1}$)	PAL ¹	PExT (mg ác. gálico 100 g ⁻¹)
Casca				
<i>Inicial</i>	165,06	0,00001,7	134,92	703,68
Testemunha	404,75 A	0,000052 A	155,32 B	717,20 A
Cera	156,17 E	0,000015 E	40,60 C	516,46 A
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	306,30 C	0,000029 C	142,89 B	561,66 A
Quitosana 1%	338,64 B	0,000035 B	157,29 B	716,33 A
Quitosana 1,5%	223,93 D	0,000025 D	224,54 A	598,66 A
C.V. (%)	4,87	5,62	9,13	16,21
Polpa				
<i>Inicial</i>	12,74	0,0000019	98,63	55,01
Testemunha	16,38 B	0,0000028 AB	168,77 A	50,92 B
Cera	16,04 B	0,0000026 B	36,25 D	53,78 B
UV-C/1,14 kJ m ⁻²	20,01 A	0,0000033 A	84,55 BC	53,11 B
Quitosana 1%	13,89 BC	0,0000025 B	92,17 B	56,51 AB
Quitosana 1,5%	11,15 C	0,0000024 B	67,18 C	63,09 A
C.V. (%)	9,31	10,27	9,50	5,88

¹A atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) na casca foi expressa em $\mu\text{mol h}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$ e, na polpa em $\text{nmol h}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$.

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Na polpa, a resposta da atividade da PAL, que inicialmente era de $98,63 \text{ nmol h}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$, foi diferente entre os tratamentos, pois aumentou nos frutos do testemunha, diminuiu nos revestidos com cera ou com quitosana a 1% e manteve-se estável nos somente expostos à radiação UV-C e nos tratados com quitosana a 1,5% (Tabela 78). A menor atividade nas frutas revestidas com cera é coincidente com a presença de menor porcentagem de injúrias na casca.

O teor inicial de polifenóis na casca ($703,68 \text{ mg ác. gálico } 100 \text{ g}^{-1}$) diminuiu durante o armazenamento refrigerado nos frutos tratados com radiação UV-C e nos revestidos com cera ou com quitosana a 1,5% (Tabela 78). Na polpa o teor de fenóis, que inicialmente era de $55,01 \text{ mg ác. gálico } 100 \text{ g}^{-1}$, só aumentou nas mangas revestidas com quitosana a 1,5%, o que também foi observado por LIU et al. (2007) em tomates armazenados a 2 °C, após serem cobertos com quitosana.

A atividade antioxidante total segundo o método ABTS foi afetada pelo tempo de armazenamento refrigerado e pelos tratamentos aplicados (Tabela 79), com diminuição da atividade inicial ($8,96 \mu\text{M Trolox g}^{-1}$). As mangas do testemunha e as cobertas com cera foram as que se destacaram pela maior atividade de compostos antioxidantes de natureza hidrofílica.

Quando se quantificou esta atividade no sistema β -caroteno/ácido linoléico (Tabela 79), observou-se que a capacidade de inibição da oxidação, que inicialmente era de 50,89%, diminuiu somente na polpa das mangas expostas à radiação UV-C, o que é concordante com a atividade mais intensa da POD na polpa das mesmas. Segundo SHAMI & MOREIRA (2004), o beta-caroteno exerce funções antioxidantes em fases lipídicas, bloqueando os radicais livres que danificam as membranas lipoprotéicas.

Tabela 79. Atividade antioxidante total pelos métodos ABTS e no sistema β -caroteno/ácido linoléico na polpa de mangas 'Palmer' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias.

Tratamentos	ABTS ($\mu\text{M Trolox g}^{-1}$)	β-caroteno/ác. linoléico (% inibição da oxidação)
<i>Inicial</i>	8,96	50,89
Testemunha	6,88 A	48,52 AB
Cera	6,95 A	51,79 A
UV-C/1,14 kJ m^{-2}	6,29 BC	41,75 B
Quitosana 1%	5,76 C	49,67 AB
Quitosana 1,5%	6,61 AB	50,41 A
C.V. (%)	3,31	6,89

Nas colunas dos diferentes parâmetros, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

4.6.2. Avaliação da qualidade dos frutos após transferência à condição de ambiente

Após a transferência para condição de ambiente, observou-se que os frutos do testemunha e os revestidos com quitosana apresentaram sinais de murchamento (nota 2) logo no primeiro dia, enquanto os só tratados com radiação ultravioleta (UV-C/1,14 kJ m⁻²) no 3º dia, e os revestidos com cera se mantiveram túrgidos (nota 3) até o 10º dia (Tabela 80, Figura 29). Estes resultados indicam que a associação entre a radiação UV-C e a cera retardou o murchamento dos frutos, o foi relatado por SANTOS (2008) em mangas desta cultivar que receberam revestimento semelhante. A reação adversa na epiderme do fruto devido aos reagentes químicos utilizados na extração e na formulação comercial da quitosana pode ter contribuído para prejudicar a manutenção da turgidez dos frutos (ASSIS & LEONI, 2003).

Tabela 80. Murchamento* de mangas 'Palmer' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,6 °C (52,3% UR), por até 12 dias.

Tempo (dia)	Testemunha	UV-C/1,14 kJ m ⁻²	Cera	Quitosana 1%	Quitosana 1,5%
1	2	3	3	2	2
3	2	2	3	2	2
5	1	2	3	2	1
7	1	1	3	1	1
10	1	1	3	-	-
12	-	-	2	-	-

*Notas: 3= frutos túrgidos; 2= frutos com sinais de murchamento; 1= frutos murchos.

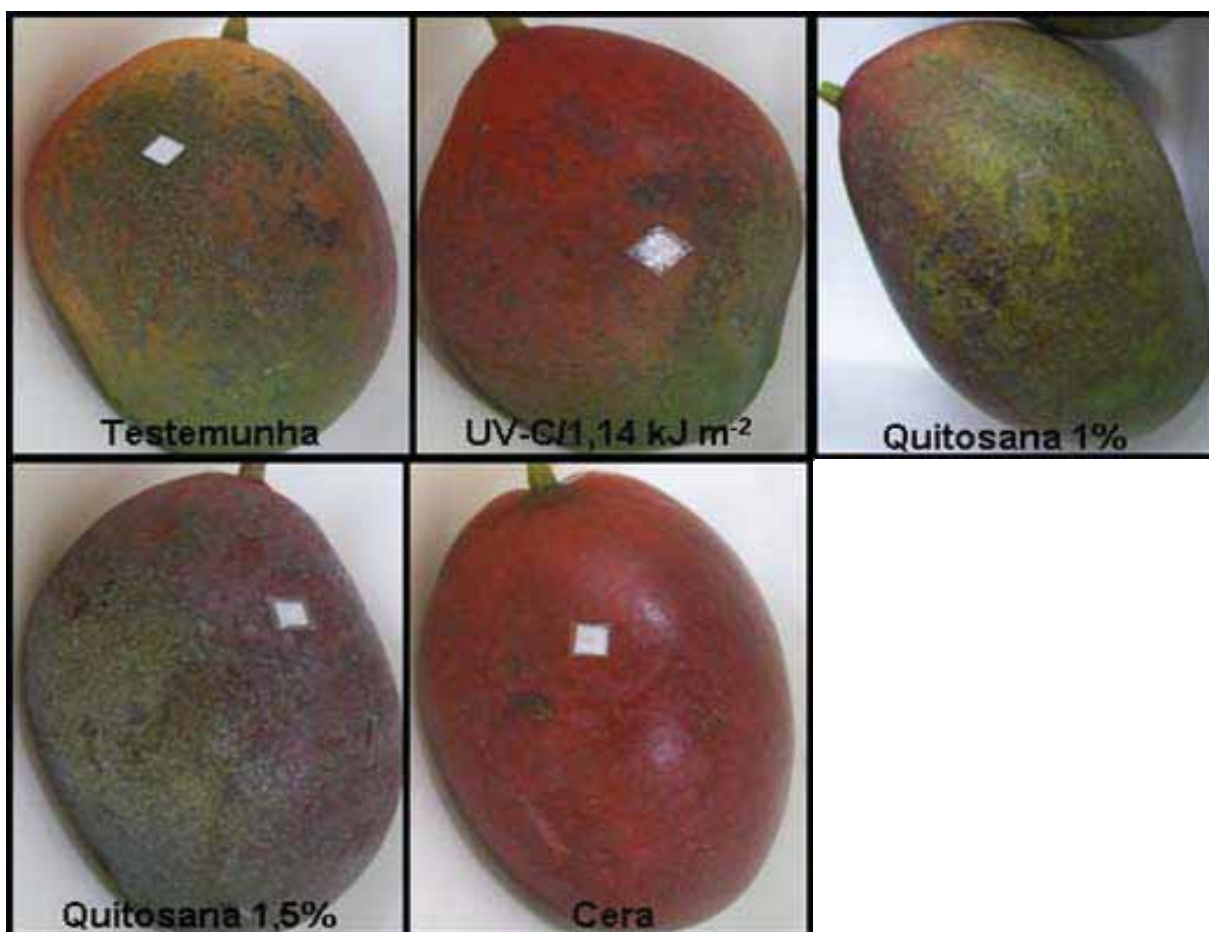


Figura 29. Aspecto de mangas 'Palmer' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,6 °C (52,3% UR), por 7 dias.

Os tratamentos apresentaram efeitos diferentes no controle de podridões, com os frutos do testemunha e os tratados com radiação UV-C apresentando as maiores ocorrências, seguido dos revestidos com quitosana a 1% (Tabela 81). O uso de quitosana a 1,5% conteve o aparecimento de podridões até o 5º dia de armazenamento ao ambiente, porém a cera foi mais eficiente nesse controle. Este efeito da cera foi atribuído à modificação da atmosfera causada nos tecidos dos frutos, com retardo no amadurecimento e senescência, além de reduzir a susceptibilidade dos tecidos à infecção por patógenos (MALGARIM et al., 2007).

Tabela 81. Ocorrência de podridões (%) em mangas 'Palmer' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,6 °C (52,3% UR), por até 12 dias.

Tempo (dia)	Testemunha	UV-C/1,14 kJ m ⁻²	Cera	Quitosana 1%	Quitosana 1,5%
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	33,33	66,67	0,00	33,33	0,00
7	83,33	83,33	0,00	66,67	66,67
10	100,00	100,00	0,00	-	-
12	-	-	83,33	-	-

Os sintomas de danos pelo frio se manifestaram rapidamente após a transferência para o ambiente, com os frutos do testemunha e os revestidos com quitosana se apresentando inaceitáveis no 1º dia, dada à presença de injúrias em mais de 35% da superfície da casca (Tabela 82, Figura 29). O uso isolado da radiação ultravioleta (UV-C) retardou em três dias, a ocorrência de danos em 25,1-35% da superfície da casca (nota 5), enquanto nos frutos em que se associou este tratamento com a aplicação de cera, este efeito foi prolongado até o 10º dia, atingindo o limite para a comercialização no 12º dia (nota 5), indicando a eficiência desta barreira física na minimização dos sintomas de *chilling*.

Tabela 82. Danos pelo frio* em mangas 'Palmer' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,6 °C (52,3% UR), por até 12 dias.

Tempo (dia)	Testemunha	UV-C/1,14 kJ m ⁻²	Cera	Quitosana 1%	Quitosana 1,5%
1	6	4	3	6	8
3	7	5	3	8	8
5	8	5	4	8	8
7	8	5	4	8	8
10	8	6	4	-	-
12	-	-	5	-	-

*Notas de danos pelo frio: 1= sem sintomas visíveis de injúria; 2= 2-5% da superfície danificada; 3= 5,1-15% da superfície injuriada; 4= 15,1-25% da superfície injuriada; 5= 25,1-35% da superfície injuriada; 6= 35,1-45% da superfície injuriada; 7= 45,1-55% da superfície injuriada; 8= >55% da superfície dos frutos contendo depressões e escaldadura.

Observou-se que os frutos submetidos aos diferentes tratamentos apresentaram atividade respiratória com comportamento semelhante ao longo do período de armazenamento, o qual foi caracterizado por incremento (Figura 30). Verificou-se também, menor intensidade nos frutos tratados com radiação ultravioleta em associação com cera, seguido do testemunha, dos somente expostos à radiação UV-C e dos revestidos com quitosana. Este dado é um indicativo da atividade metabólica dos frutos, a qual reflete, diretamente, na conservação (CHITARRA & CHITARRA, 2005). DANG et al. (2008) também constataram que a aplicação de cera diminuiu significativamente a taxa respiratória em mangas ‘Kensigton Pride’ armazenadas a 21 °C por 19 dias, enquanto ZHU et al. (2008) detectaram que o uso de quitosana reduziu a atividade metabólica de mangas ‘Tainong’ mantidas a 15 °C por dezessete dias, o que não foi o observado neste trabalho.

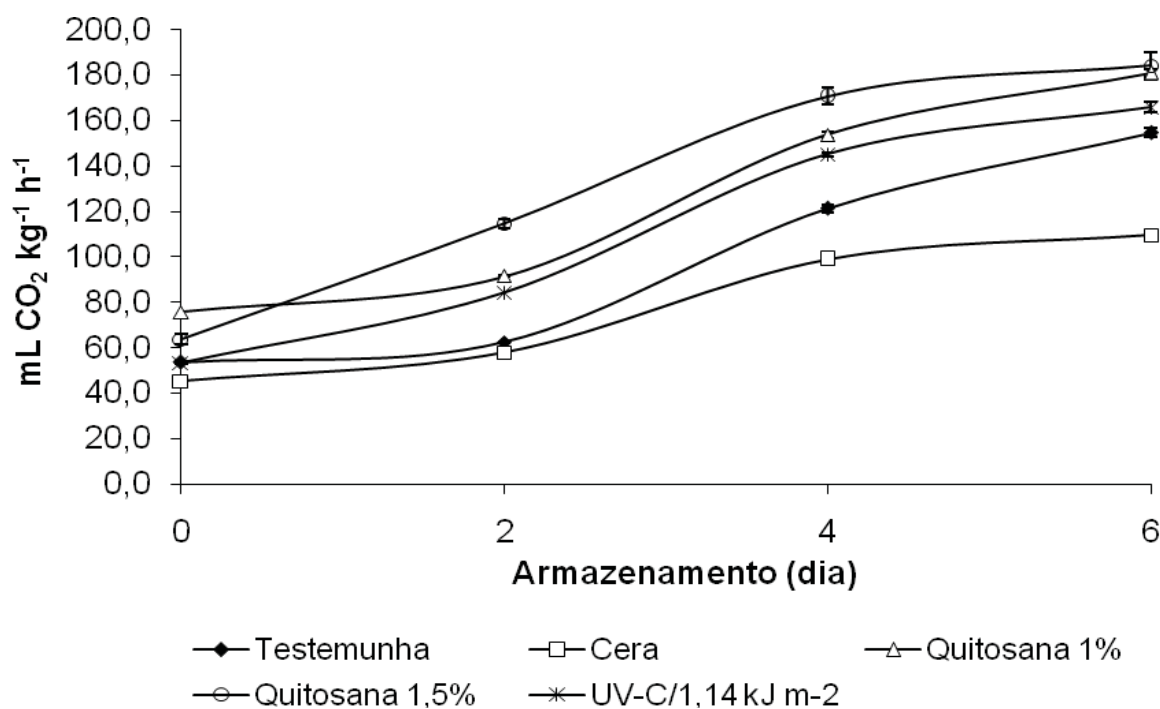


Figura 30. Atividade respiratória em mangas 'Palmer' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86 %UR) por 4 dias, depois de transferidas ao ambiente (22,6 °C, 52,3% UR). As barras verticais representam o erro padrão da média.

A perda de massa aumentou significativamente ao longo dos dias de armazenamento ao ambiente, sendo observada menor perda nos frutos revestidos com cera, seguido dos cobertos com quitosana e dos sem cobertura, testemunha e UV-C (Figura 31A). Isto indica que a quitosana reduziu a perda de massa, porém de forma menos eficiente que a cera, reafirmando o relatado na avaliação do murchamento e que recobrimentos a base de polissacarídeos, como a quitosana, devido à sua natureza hidrofílica, formam uma barreira pouco efetiva à perda de umidade (KESTER & FENNEMA, 1988), diferentemente daqueles a base de lipídeos, como a cera de carnaúba.

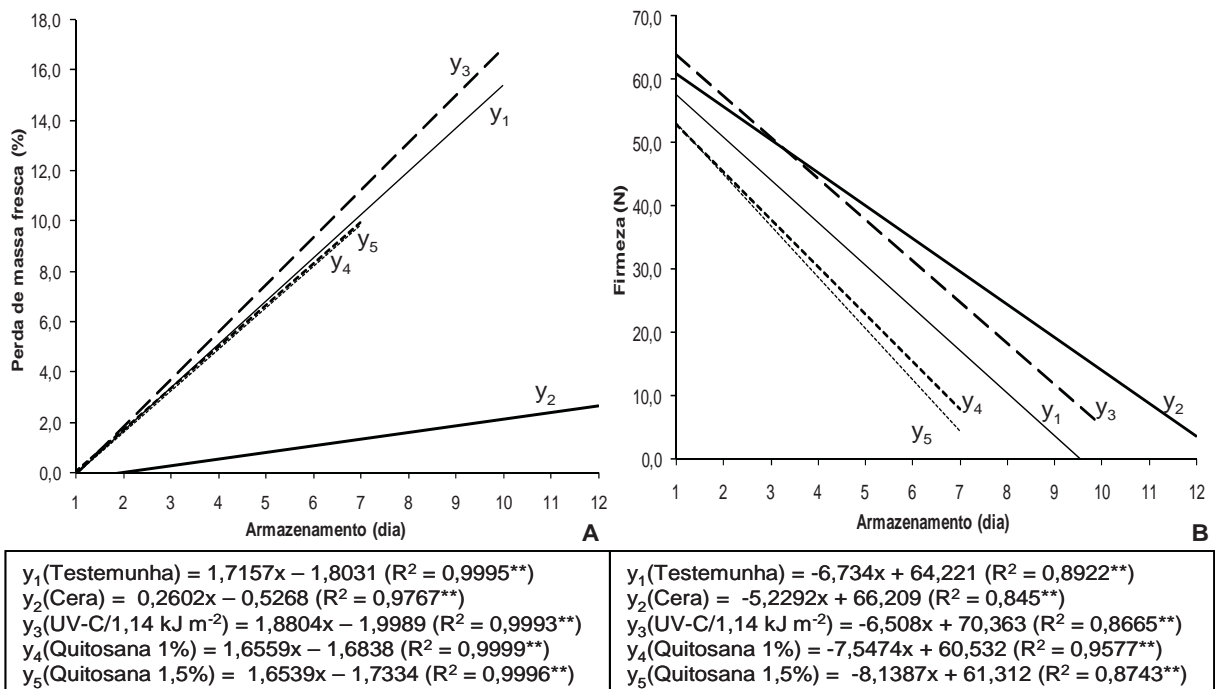


Figura 31. Perda de massa fresca (A) e firmeza da polpa (B) de mangas ‘Palmer’ tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,6 °C (52,3% UR), por até 12 dias.

Houve redução significativa na firmeza nos frutos de todos os tratamentos (Figura 31B), indicando que ocorreu o amaciamento da polpa. As mangas protegidas com cera apresentaram a menor redução, indicando retenção da firmeza, que provavelmente foi devido à menor perda de massa e retardo no amadurecimento, o que também foi comprovado por FONSECA (1999) em mangas ‘Haden’.

A luminosidade (L^*) da casca não foi afetada significativamente pelos tratamentos ou pelo período de armazenamento ($38,17 \pm 0,73$). O ângulo não sofreu alteração expressiva nos frutos somente expostos à radiação UV-C e nos revestidos com quitosana a 1%, porém nos do tratamento testemunha e naqueles em que se aplicou quitosana a 1,5%, ele aumentou, enquanto nos cobertos com cera ele diminuiu, indicando que a casca destes frutos tornou-se mais vermelha (Figura 32A). Em relação à cromaticidade, observou-se que nas mangas do testemunha e nas expostas à radiação UV-C houve aumento significativo nos valores ao longo do armazenamento, assim como nas revestidas com quitosana a 1,5%, porém de menor magnitude (Figura 32B). Nos frutos revestidos com quitosana a 1% foi verificado comportamento contrário, indicado pela redução nos valores, enquanto nas cobertas com cera detectou-se estabilidade nos valores.

A análise conjunta dos parâmetros que compõem a coloração indica que os frutos do testemunha, os expostos à radiação UV-C e os revestidos com cera foram caracterizados pela casca de coloração vermelho escurecido, a qual foi diferente da observada nos que receberam quitosana como cobertura que exibiram casca vermelho acinzentado, devido aos baixos valores de cromaticidade e de luminosidade. Mudanças nos parâmetros que definem a coloração também são indicadores da perda de qualidade, pois alterações na coloração original, escurecendo e/ou adquirindo outra tonalidade, levam à menor aceitação do produto no mercado (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

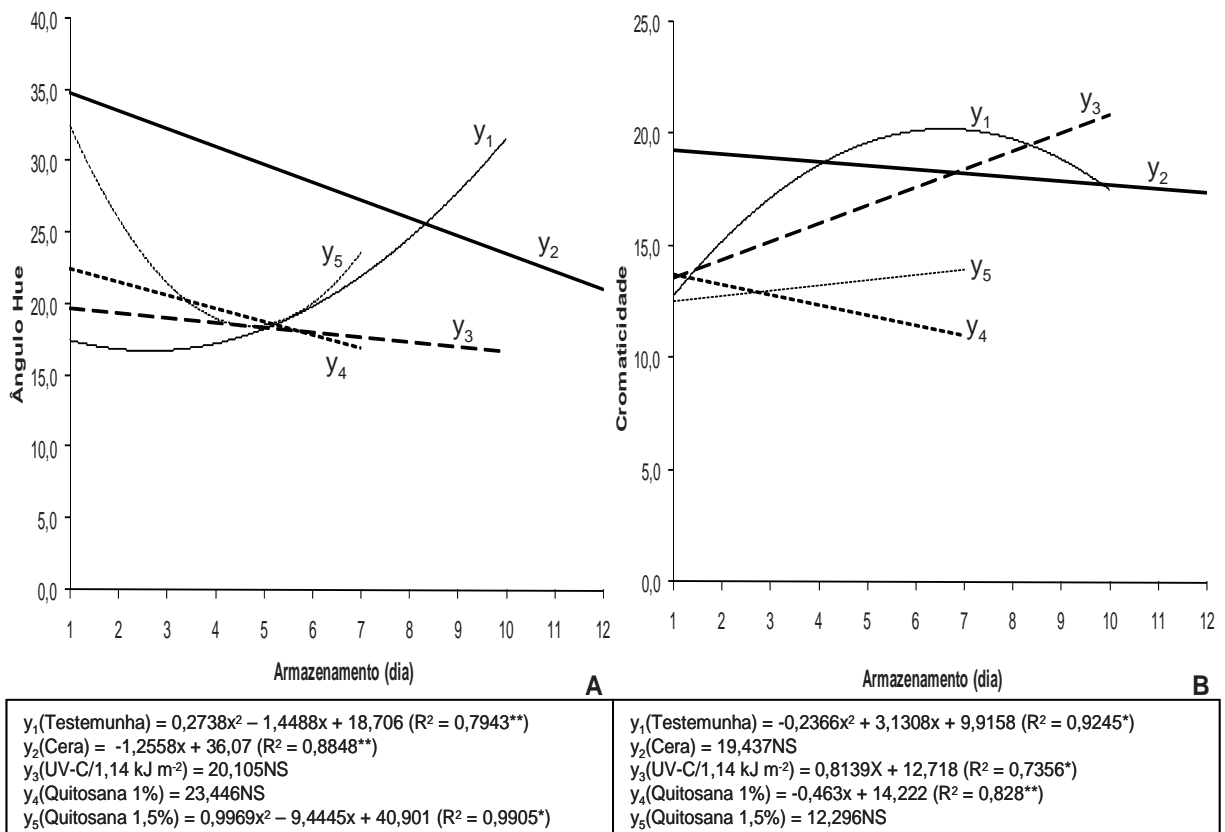


Figura 32. Ângulo Hue (A) e cromaticidade (B) da casca de mangas ‘Palmer’ tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,6 °C (52,3% UR), por até 12 dias.

Quanto aos parâmetros que compõem a coloração da polpa, observou-se que, durante o armazenamento, ocorreu escurecimento da mesma, independente dos tratamentos aplicados, expressa pela diminuição significativa nos valores de L^* (Figura 33A). Este escurecimento aconteceu de forma menos intensa nos frutos revestidos com cera, conforme o relatado por CHIEN et al. (2007) em mangas ‘Irwin’ minimamente processadas.

Em relação ao ângulo Hue observou-se que durante o armazenamento, diminuiu expressivamente, independentemente da presença de revestimento, indicando que a polpa tornou-se mais amarela (Figura 33B). SOUZA et al. (2011) verificaram que mangas ‘Tommy Atkins’ revestidas com quitosana a 1%, 1,5% e a 2% e armazenadas a 23 °C por 9 dias apresentaram polpa de coloração menos amarela que as não revestidas, o que é concordante com o observado no 7º dia de armazenamento.

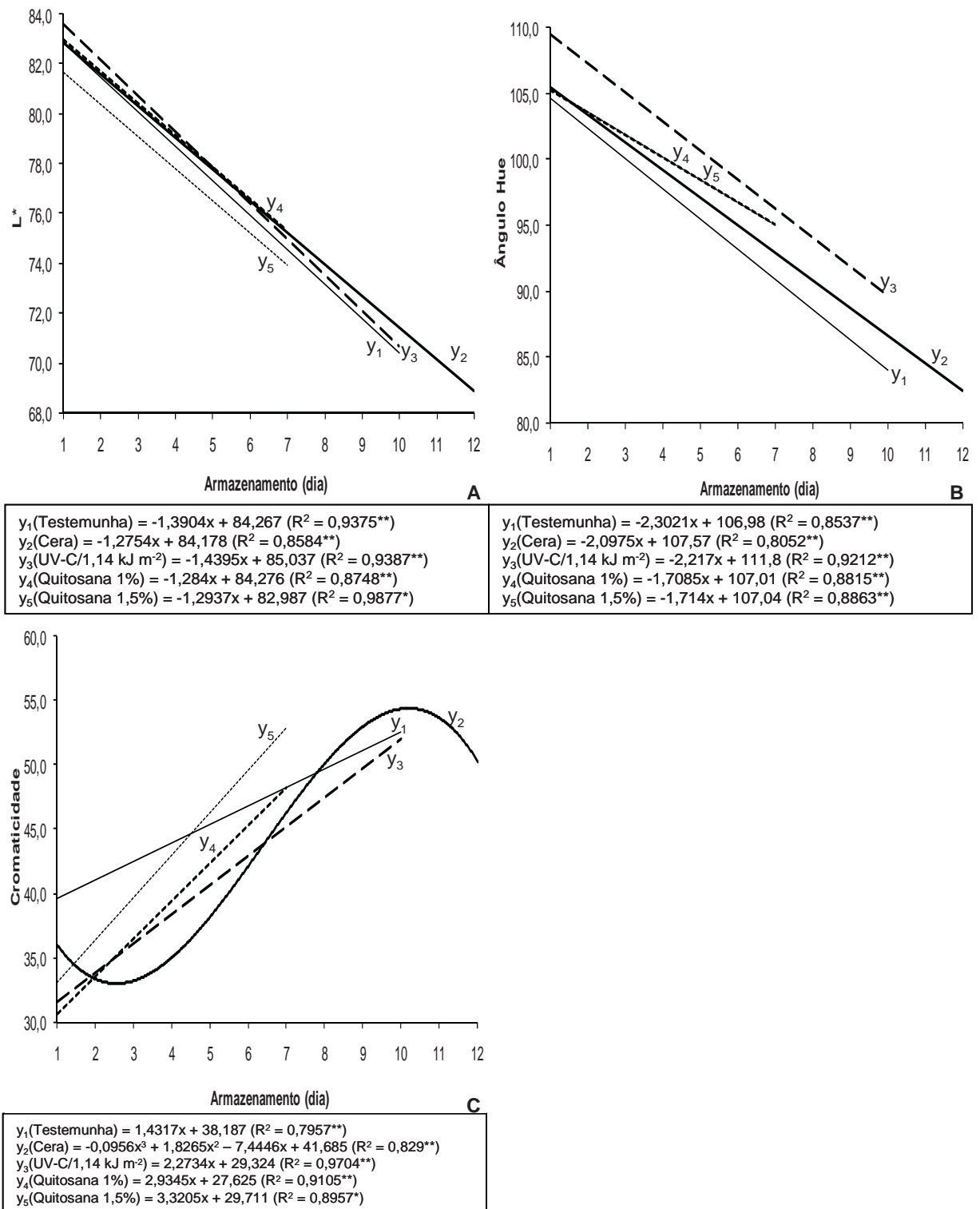


Figura 33. Luminosidade (A), Ângulo Hue (B) e cromaticidade (C) da polpa de mangas ‘Palmer’ tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,6 °C (52,3% UR), por até 12 dias.

Observou-se aumento significativo nos valores de cromaticidade com o avanço dos dias em todos os tratamentos, indicando incremento na intensidade da coloração, porém esta evolução ocorreu de forma mais lenta nos cobertos com cera (Figura 33C).

A análise conjunta dos componentes L^* , ângulo Hue e cromaticidade, permite indicar que a coloração da polpa se desenvolveu normalmente, independente dos tratamentos e que a cera apenas promoveu atraso na evolução da mesma, o que pode ser atribuído à menor atividade metabólica apresentada por estes frutos. Este efeito da cera foi enunciado por CHITARRA & CHITARRA (2005), ou seja, que seu recobrimento modifica a atmosfera interna dos frutos, reduzindo seus níveis de O_2 e aumentando os de CO_2 e, conseqüentemente, retardando o metabolismo do vegetal, bem como as alterações de coloração que caracterizam o amadurecimento.

Ocorreu diminuição no teor de ácido ascórbico dos frutos, durante o período de armazenamento ao ambiente (Figura 34A), como consequência do amadurecimento (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Os tratamentos apresentaram intensidades de perda distintas, com os frutos do testemunha exibindo as maiores perdas e os revestidos com cera as menores, o que é um indicativo que este tipo de revestimento retardou a senescência das mangas, pela indução à baixa atividade metabólica das mesmas. Este comportamento também pode estar atribuído à menor ocorrência de reações oxidativas resultantes da menor manifestação de injúrias pelo frio, nas quais o ácido ascórbico é consumido. CARRILLO-LOPEZ et al. (2000) também constataram que a cera foi a que propiciou melhor manutenção do conteúdo desse ácido em mangas 'Haden'. Por outro lado, SOUZA et al. (2011) afirmaram que a aplicação de quitosana a 1,5% foi a que melhor conteve as perdas desta vitamina em mangas 'Tommy Atkins' armazenadas a 23 °C por 9 dias, o que difere do observado neste trabalho.

Houve incremento significativo no teor de sólidos solúveis (SS) ao longo do armazenamento, independentemente do tratamento (Figura 34B). Os frutos do testemunha, os revestidos com quitosana e os somente tratados com radiação UV-C chegaram ao 7º dia de armazenamento com teores semelhantes e, ao mesmo tempo, superiores aos verificados nos cobertos com cera, indicando que esta cobertura retardou o amadurecimento, reafirmando os resultados encontrados na avaliação da atividade respiratória (Figura 30). A eficiência da aplicação de cera em atrasar a

solubilização dos açúcares em mangas 'Tainong', também foi relatada por WANG et al. (2009), mas a eficácia da quitosana em retardar o aumento de sólidos solúveis, como o relatado por ZHU et al. (2008) em mangas 'Tainong' não foi detectado.

Os teores de acidez titulável (AT) diminuíram acentuadamente (Figura 34C), sendo que os frutos cobertos com cera apresentaram a maior acidez após sete dias de armazenamento, que se igualou à dos outros tratamentos em 12 dias, indicando redução na acidez de forma mais lenta, o que também indica que a cera retardou o processo de amadurecimento das mangas, reafirmando o observado para os teores de sólidos solúveis. De acordo com CHITARRA & CHITARRA (2005), o decréscimo na acidez em mangas está associado ao consumo de vários substratos, dentre eles os ácidos orgânicos, no processo respiratório, em decorrência da maturação.

O *Ratio* (SS/AT) aumentou significativamente nas mangas de todos os tratamentos, como resultado do aumento dos teores de sólidos solúveis e da redução dos de acidez titulável (Figura 34D). Os frutos revestidos com cera chegaram ao final do período de armazenamento com os menores valores, indicando que esta cobertura reduziu a velocidade de amadurecimento das mangas, o que vai ao encontro do constatado por HOA et al. (2002) em mangas 'Lirfa'.

BLEINROTH (1981) afirma que a manga está apta ao consumo quando o *Ratio* (SS/AT) for superior a 21, indicando que as mangas da testemunha e as revestidas com quitosana a 1,5% estavam maduras no 7º dia, as somente expostas à radiação UV-C e as cobertas com cera no 10º dia, enquanto as tratadas com quitosana a 1% não chegaram a se tornarem aptas ao consumo (*Ratio* = 19,64).

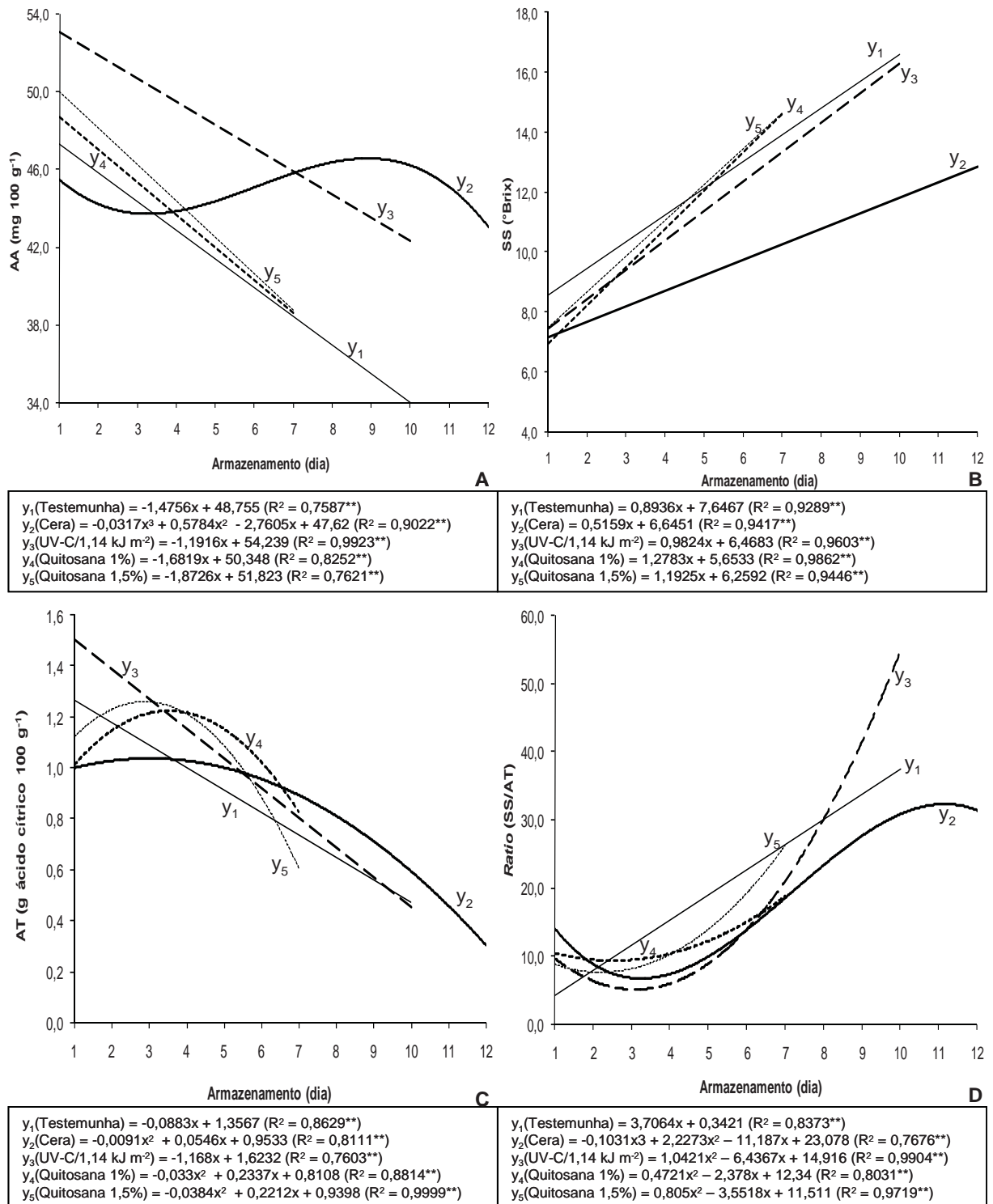


Figura 34. Teores de ácido ascórbico (A), sólidos solúveis (B), acidez titulável (C) e *Ratio* (D) em mangas 'Palmer' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,6 °C (52,3% UR), por até 12 dias.

Estes resultados indicam que a aplicação de cera, cobertura já aplicada comercialmente, prolongou o período de conservação das mangas e se mostrou o revestimento mais recomendável para a conservação de frutos da cv. Palmer previamente armazenados sob condição de *chilling*, coincidindo com o observado por KADER (1986), ou seja, que os revestimentos de natureza polissacarídica, como a quitosana, são mais afetados pelo armazenamento sob baixas temperaturas e pela condensação de umidade após a remoção dos frutos para condição de ambiente, que as coberturas a base de lipídios, como a cera, devido à sua natureza hidrofílica.

Os teores de açúcares solúveis (AS) e de redutores (AR) aumentaram ao longo do armazenamento ao ambiente, independentemente da presença de revestimento (Figura 35A, 35B). Nos frutos que receberam cera como cobertura este incremento foi menos intenso, reafirmando seu efeito retardador ao amadurecimento e à solubilização dos açúcares, observado por WANG et al (2009) em mangas ‘Tainong’. Não se detectou o relatado por KITTUR et al. (2001), ou seja, que a aplicação de quitosana a 1% retardou o amadurecimento de mangas ‘Alphonso’ armazenadas a temperatura ambiente (27 °C).

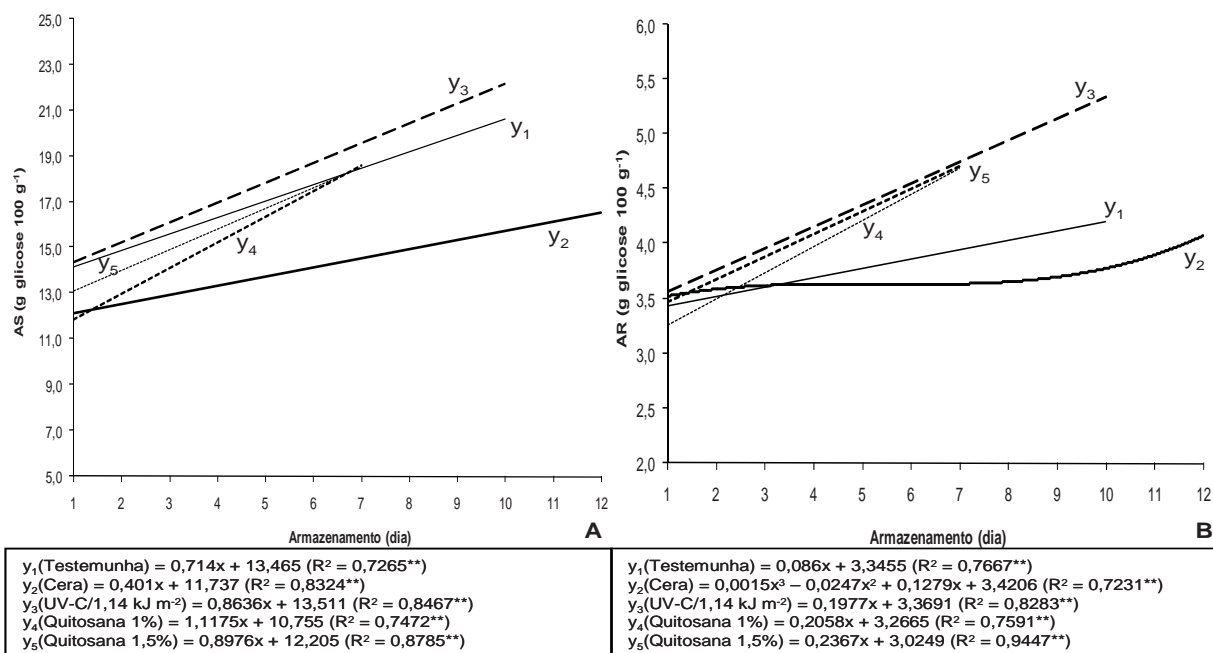


Figura 35. Teores de açúcares solúveis (A) e de redutores (B) em mangas ‘Palmer’ tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,6 °C (52,3% UR), por até 12 dias.

A atividade da polifenoloxidase (PPO) na casca diminuiu ao longo do período de armazenamento ao ambiente em todos os tratamentos, porém os frutos do testemunha foram os que se destacaram pela maior atividade inicial, indicando atividade oxidativa mais intensa (Figura 36A). No 7º dia, observou-se níveis distintos da PPO, com as mangas somente expostas à radiação UV-C/1,14 kJ m⁻² apresentando atividade mais intensa, seguido das revestidas com cera, das do tratamento testemunha e das cobertas com quitosana. LIU et al. (2007) verificaram que a aplicação de quitosana em tomates armazenados a 25 °C, induziu o aumento da atividade da polifenoloxidase.

A atividade da peroxidase (POD) na casca aumentou nos três primeiros dias de armazenamento nos frutos do testemunha e revestidos com quitosana a 1%, para então decrescer, enquanto nos cobertos com cera ou com quitosana a 1,5% e nos expostos somente à radiação UV-C, a atividade diminuiu significativamente (Figura 36B). Estes resultados indicam que não houve relação desta enzima com o desenvolvimento dos sintomas de danos pelo frio, o que também foi detectado por TREJO-MÁRQUEZ et al. (2010) em mangas 'Keitt'.

A atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) na casca aumentou, atingindo seu máximo em 3 dias nas revestidas com quitosana, para então diminuir (Figura 36C), enquanto nos frutos do testemunha ou nos expostos à radiação UV-C e nos revestidos com cera, a tendência de redução foi detectada no 5º e no 7º dia, respectivamente. O observado refletiu o agravamento dos sintomas de dano pelo frio, uma vez que nas mangas revestidas com cera, o pico na atividade ocorreu tardiamente.

Os teores de polifenóis (PExT) na casca não foram alterados significativamente nos frutos expostos à radiação UV-C e nos revestidos com cera (Figura 36D). Nas mangas do testemunha observou-se diminuição significativa nesses teores, enquanto nas que receberam quitosana como cobertura, ocorreu diminuição nos três dias iniciais para então aumentar e reduzir-se. LIU et al. (2007) relataram que o tratamento de tomates, armazenados a 25 °C, com cobertura de quitosana levou ao aumento no conteúdo de compostos fenólicos.

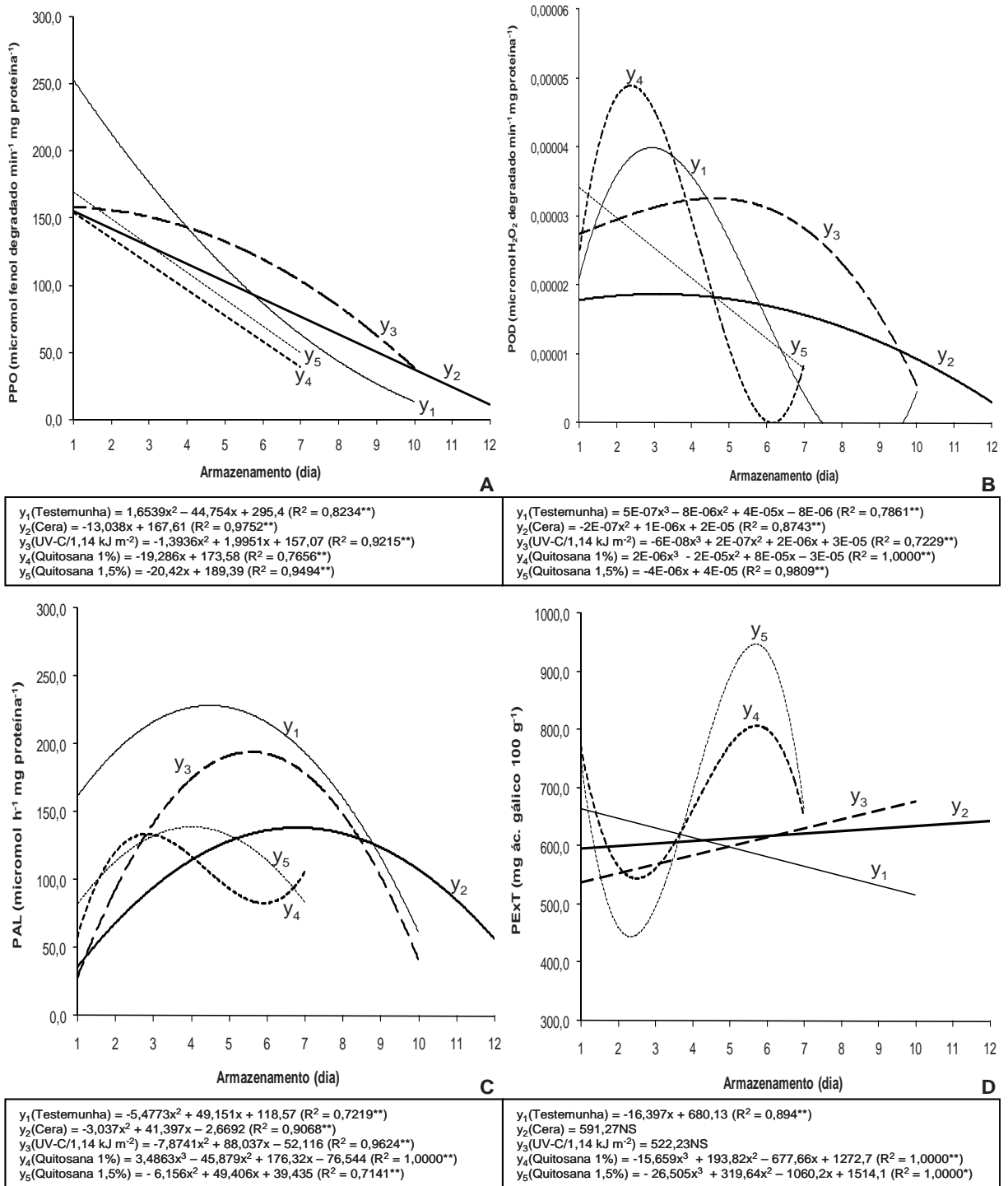


Figura 36. Atividade das enzimas polifenoloxidase (A), peroxidase (B), fenilalanina amônia-liase (C) e teores de polifenóis extraíveis totais (D) na casca de mangas ‘Palmer’ tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,6 °C (52,3% UR), por até 12 dias.

Após a transferência dos frutos para condição de ambiente verificou-se que a atividade da polifenoloxidase (PPO) na polpa diminuiu rapidamente em todos os tratamentos (Figura 37A), o que coincidiu com o escurecimento detectado (Figura 33A).

A atividade da peroxidase (POD) na polpa mostrou comportamento diferenciado entre os tratamentos (Figura 37B) e se caracterizou por aumento nos três primeiros dias nos frutos revestidos com quitosana a 1,5%, seguido de diminuição. As mangas do testemunha apresentaram atividade decrescente até o 7º dia, seguido de aumento, enquanto nas cobertas com cera a tendência de redução foi observada até o 5º dia, com posterior aumento até o 10º dia e diminuição. Nas somente expostas à radiação UV-C observou-se atividade decrescente até o 5º dia, seguido de aumento e nas revestidas com quitosana a 1% verificou-se aumento, sugerindo que esta concentração favoreceu a ocorrência de atividade oxidativa. CERQUEIRA (2007) não relatou alteração nesta atividade enzimática em goiabas 'Kumagai' cobertas com quitosana a 2% e a 6%.

Houve redução na atividade da fenilalanina amônia-liase (PAL) na polpa dos frutos tratados com radiação ultravioleta (UV-C) e nos revestidos com quitosana a 1,5% (Figura 37C). Nas mangas do testemunha e nas cobertas com cera esta atividade não foi significativamente alterada, ao passo que as que receberam quitosana a 1% apresentaram pico na atividade no 3º dia. GONZÁLEZ-AGUILAR et al. (2007a) registraram que a aplicação isolada de radiação UV-C induziu o aumento da atividade da PAL em mangas 'Haden' expostas às doses de 2,46 kJ m⁻² e de 4,93 kJ m⁻².

Os teores de polifenóis (PEXT) na polpa apresentaram comportamento distinto entre os tratamentos, pois nos frutos do testemunha estes teores não foram alterados significativamente, nos tratados com radiação UV-C e nos revestidos com cera ou com quitosana a 1,5%, eles diminuíram e, nos cobertos com quitosana a 1% ocorreu diminuição até o 5º dia, seguido de aumento (Figura 37D). Estes resultados indicam que a quitosana não promoveu o aumento dos níveis de compostos fenólicos como o reportado por BAUTISTA-BAÑOS et al. (2006).

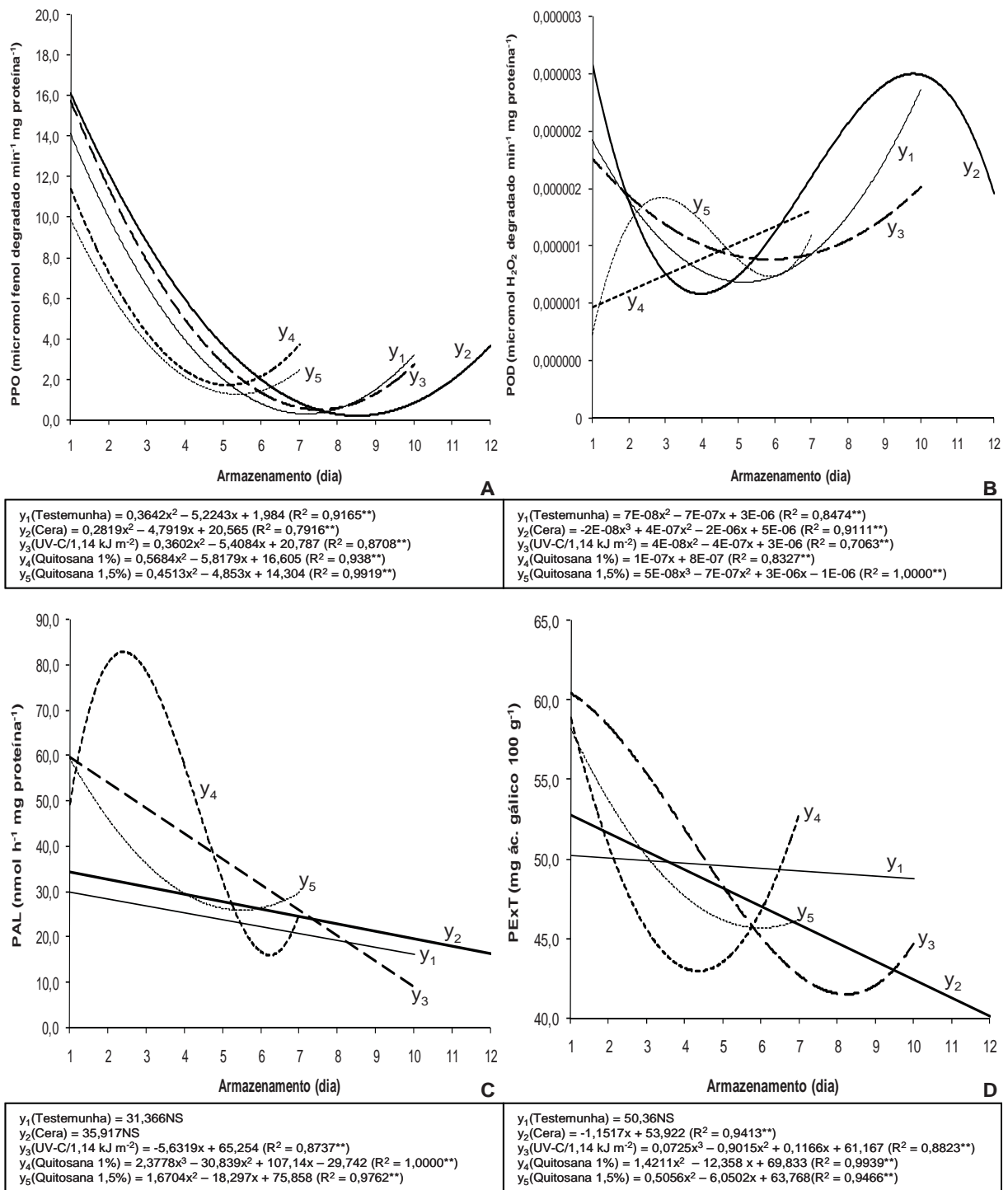


Figura 37. Atividade das enzimas polifenoloxidase (A), peroxidase (B), fenilalanina amônia-liase (C) e teores de polifenóis extraíveis totais (D) na polpa de mangas 'Palmer' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,6 °C (52,3% UR), por até 12 dias.

A atividade antioxidante total segundo o método ABTS não foi alterada de forma significativa nos frutos somente tratados com radiação UV-C, enquanto nos revestidos com quitosana a 1% ela aumentou (Figura 38A). Nas mangas do testemunha e nas cobertas com quitosana a 1,5% ou com cera esta atividade decresceu. Apesar disso, os frutos que receberam cera se destacaram pela maior capacidade antioxidante, sugerindo maior atividade de compostos antioxidantes de natureza hidrofílica, dentre os quais o ácido ascórbico.

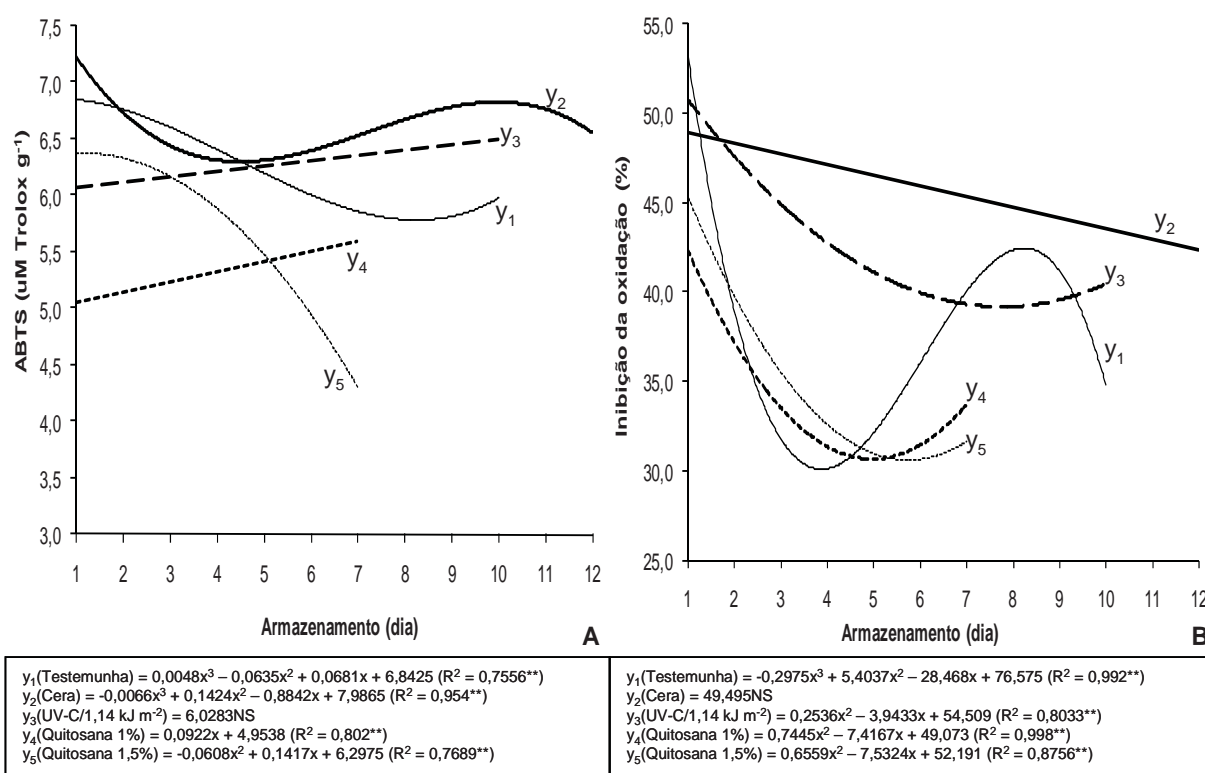


Figura 38. Atividade antioxidante total pelos métodos ABTS (A) e no sistema β -caroteno/ácido linoléico (B) da polpa de mangas 'Palmer' tratadas com radiação UV-C, revestidas com cera ou quitosana e armazenadas a 5 °C (86% UR) por 4 dias, seguido de armazenamento em condição de ambiente a 22,6 °C (52,3% UR), por até 12 dias.

Comportamento distinto foi verificado quando se quantificou esta atividade no sistema β -caroteno/ácido linoléico (Tabela 38B). Observou-se que a capacidade de inibição da oxidação diminuiu significativamente na polpa das mangas de todos os tratamentos, com exceção das revestidas com cera, que se caracterizaram por

manutenção na atividade. ZHENG & YANG (1991) mencionaram que o estresse por baixa temperatura favorece a formação de radicais livres, que desempenham papel significativo na peroxidação dos lipídios da membrana. Para proteger os vegetais contra os altos níveis desses compostos, as plantas apresentam um complexo sistema antioxidante, no qual se destaca o β -caroteno, que está associado à membrana, o que pode explicar a redução da inibição da oxidação observada.

Os resultados obtidos neste experimento indicam que a associação entre a radiação UV-C na dose de $1,14 \text{ kJ m}^{-2}$ e a cera, é a mais indicada para a conservação de mangas 'Palmer' sob baixas temperaturas ($5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) por ter minimizado a ocorrência de injúrias pelo frio e a perda de massa fresca, além de ter retardado o amadurecimento, mantido a turgidez dos frutos e de ter possibilitado a extensão do período de comercialização por até 12 dias, com polpa tendo maior capacidade antioxidante. As películas a base de quitosana não contiveram o aparecimento dos danos, de podridões e a perda de massa, além de terem conferido à casca a coloração vermelho acinzentado.

5. CONCLUSÕES

- **Experimentos 1 e 2: Determinação dos binômios tempo x temperatura capazes de ocasionar injúria pelo frio em mangas ‘Tommy Atkins’ e ‘Palmer’**

Mangas ‘Tommy Atkins’ podem ser conservadas por até 14 dias a 5 °C, mais 3 dias ao ambiente ou por até 7 dias a 2 °C, mais 5 dias ao ambiente, sem comprometimento do amadurecimento da polpa, enquanto para a cv. ‘Palmer’, recomenda-se o armazenamento a 5 °C por um período inferior a uma semana, dada à sua menor resistência aos danos pelo frio. A conservação sob baixa temperatura foi limitada pelo agravamento dos sintomas de *chilling injury*. Frutos, independente da cultivar, podem ser armazenados sob refrigeração a 12 °C por 21 dias, sem prejuízos ao amadurecimento, porém esta conservação foi limitada pela ocorrência de podridões.

- **Experimentos 3 e 4: Inibição de danos pelo frio em mangas ‘Tommy Atkins’ e ‘Palmer’ com uso de tratamento térmico e da radiação ultravioleta (UV-C)**

O tratamento hidrotérmico comprometeu a aparência de mangas ‘Tommy Atkins’ armazenadas a 5 °C por 14 dias, depois de transferidas para a condição de ambiente e conferiu à casca a coloração amarelo acinzentado. A coloração da polpa se desenvolveu normalmente e os frutos submetidos a este tratamento se caracterizaram pelos menores teores de açúcares. A vida útil das mangas tratadas a 46,1 °C/90 min foi de um dia ao ambiente, enquanto as que receberam banho a 55 °C/5 min se conservaram por até 3 dias ao ambiente depois de mantidas a 5 °C por 14 dias.

A radiação ultravioleta (UV-C), embora não tenha inibido o aparecimento de injúria pelo frio, minimizou os sintomas, especialmente nos frutos submetidos à dose de 2,28 kJ m⁻². Este tratamento não impediu o desenvolvimento da coloração característica ou causou prejuízos ao amadurecimento, além de ter promovido a manutenção da

atividade antioxidante da polpa por mais tempo. A vida útil desses frutos foi limitada pelo murchamento, sendo que o tratamento UV-C/2,28 kJ m⁻² possibilitou a extensão do período de conservação por período superior a 7 dias, enquanto para o tratamento UV-C/1,14 kJ m⁻² este período foi de 5 dias, depois de mantidos a 5 °C por 14 dias.

Na cv. Palmer, os tratamentos hidrotérmicos também não inibiram o aparecimento dos sintomas de injúria pelo frio nos frutos armazenados a 5 °C, além de terem acelerado o murchamento dos frutos, sob condição de ambiente, prejudicaram o amadurecimento. O tratamento a 46,1 °C/90 min conferiu à casca coloração amarelo escurecido, acelerou a perda de ácido ascórbico e restringiu a atividade antioxidante. Estes tratamentos limitaram a vida útil dos frutos para 1-3 dias, depois de levados ao ambiente.

A aplicação de radiação ultravioleta não impediu o desenvolvimento da coloração característica da casca e da polpa ou causou prejuízos ao amadurecimento das mangas, sendo que a dose de 1,14 kJ m⁻², foi a que se mostrou mais eficiente na minimização dos sintomas de danos pelo frio, além de ter propiciado a manutenção da aparência dos frutos por sete dias de armazenamento ao ambiente.

- **Experimentos 5 e 6: Conservação de mangas ‘Tommy Atkins’ e ‘Palmer’ com uso de cera de carnaúba e de revestimentos a base de quitosana**

Para a cv. Tommy Atkins, a associação entre a radiação ultravioleta (2,28 kJ m⁻²) e o revestimento com cera foi eficiente na minimização das injúrias pelo frio, na redução da perda de massa, além de contribuir para o retardo do amadurecimento, a manutenção da turgidez e conservação por período superior a sete dias sob condição de ambiente. As películas a base de quitosana aceleraram o aparecimento dos sintomas de dano, prejudicaram o desenvolvimento da coloração característica das mangas e restringiram a vida útil dos frutos para 14 dias a 5°C, seguido de 3-5 dias ao ambiente. Os revestimentos testados não afetaram a capacidade antioxidante da polpa destes frutos.

Para a 'Palmer', a associação entre a radiação UV-C/1,14 kJ m⁻² e o revestimento com cera reduziu as injúrias pelo frio e a perda de massa fresca, além de retardar o amadurecimento, manter a turgidez dos frutos e de possibilitar a extensão do período de comercialização por até 12 dias, com polpa tendo maior capacidade antioxidante. As películas a base de quitosana não contiveram o aparecimento dos danos, de podridões e a perda de massa, além de conferirem à casca a coloração vermelho acinzentado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cultivares Tommy Atkins e Palmer exibiram comportamentos distintos quanto à sensibilidade à injúria pelo frio, sendo que a segunda se mostrou mais susceptível. Este resultado define a capacidade/potencial de exportação e, por conseguinte determina a via de transporte a ser utilizada, aérea ou marítima. Além disso, indica que devem ser desenvolvidos estudos específicos para a recomendação de temperaturas de armazenamento adequadas para cada cultivar.

Estudos devem ser dedicados à avaliação do efeito entre o controle fitossanitário na pré-colheita e o uso de tratamentos físicos e químicos na pós-colheita, visto que a conservação das mangas está relacionada com o uso de boas práticas agrícolas.

Não existe um método capaz de evitar completamente o desenvolvimento de danos pelo frio. O tratamento hidrotérmico, apesar de ser um método quarentenário estabelecido e eficiente no controle de doenças, exige controle rigoroso do regime temperatura/tempo de imersão, a fim de evitar a ocorrência de injúria hipertérmica. Além disso, ele não se mostrou eficiente na minimização dos danos pelo frio e causou prejuízos à qualidade visual e ao amadurecimento dos frutos.

A radiação ultravioleta (190-280 nm) mostrou-se bastante promissora e eficiente na minimização dos sintomas de danos pelo frio, além de ser um processo a seco e a frio. Todavia, mais estudos precisam ser realizados para que sejam definidas as doses adequadas, uma vez que as cultivares apresentam respostas diferentes.

A quitosana utilizada neste trabalho não apresentou efeito positivo na qualidade das mangas quando associada à baixas temperaturas. Entretanto, este revestimento deve ser melhor explorado, uma vez que existem quitosanas de características distintas e que concentrações superiores a 1,5%, como verificado em testes preliminares, podem levar a anaerobiose, além de dificultar a secagem e a manipulação dos frutos.

A aplicação de cera de carnaúba, prática empregada comercialmente, como tratamento pós-colheita em mangas, quando associada com a radiação UV-C mostrou-se eficiente na prevenção de danos causados por baixas temperaturas, além de ter retardado o amadurecimento e prolongado a conservação pós-colheita das mesmas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASI, N.A.; IQBAL, Z.; MAQBOOL, M.; HAFIZ, I.A. Postharvest quality of mango (*Mangifera Indica* L.) fruit as affected by chitosan coating. **Pakistan Journal of Botany**, Pakistan, v. 41, n. 1, p. 343-357, 2009.

ACEDO, A.L.; BENETIZ, M.M.; MILLAN, L.A. Heat treatment effects on ripening and disease infection of philippine bananas and mangoes. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 553, p. 417-419, 2001.

ACOSTA, R.M.; NEITO, A.D.; MENA, N.G.; TELIZ, O.D.; VAQUERA, H.H.; NIETO, A.R. Effect of post-harvest temperatures on the development of internal darkening in mango fruits (*Mangifera indica* L.) cv. Haden and their quality. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 509, p. 401-412, 2000.

AGILLON, A.B.; LIZADA, M.C.C. Responses of 'Carabao' mango (*Mangifera indica*) fruit to chilling stress. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 877, p. 467-474, 2010.

A-H-MACKERNESS, S.; SURPLUS, S.L.; BLAKE, P.; JOHN, C.F.; BUCHANAN-WOLLASTON, V.; JORDAN, B.R.; THOMAS, B. Ultraviolet-B induced stress and changes in gene expression in *Arabidopsis thaliana*: role of signaling pathways controlled by jasmonic acid, ethylene and reactive oxygen species. **Plant Cell Environment**, United Kingdom, v. 22, p. 1413-1423, 1999.

ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; MENEZES, J.B.; ASSIS, J.S.; LIMA, M.A.C.; AMORIM, T.B.F.; MARTINS, A.G. Colheita e pós-colheita. In: GENÚ, P.J.C.; PINTO, A.C.Q. (Eds.). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 381-406.

AMARAL, R.D.A. **Utilização de água ozonizada e radiação ultravioleta C na sanitização de melão minimamente processado**. 2010. 68 f. Dissertação (Mestrado

em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

ANWAR, R.; MALIK, A. U. Hot water treatment affects ripening quality and storage life of mango (*Mangifera indica* L.). **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, Pakistan, v. 44, n. 2, p. 304-311, 2007.

AOAC. **Official methods of analysis**. 18th ed. Gaithersburg: AOAC, 2005. chap. 37; 42, p. 7, 10-11; 2-3.

ASSIS, O.B.G.; LEONI, A.M. Filmes comestíveis de quitosana. **Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, Uberlândia, n. 30, p.33-38, 2003.

ASSIS, J.S. **Colheita e pós-colheita**. In: MOUCO, M.A.C. (Ed.). Cultivo da Mangueira. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, Sistemas de Produção, 2. Versão eletrônica, 2004.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

BALDWIN, E.A.; BURNS, J.K.; KAZOKAS, J.K.; BRECHT, J.K.; HAGENMAIER, R.D.; BENDER, R.J.; PESIS, E. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 17, p. 215-226, 1999.

BARKA, E.A.; KALANTARI, S.; MAKHLOUF, J.; ARUL, J. Impact of UV-C irradiation on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 48, n. 3, p. 667-671, 2000a.

BARKA, E.A.; KALANTARI, S.; MAKHLOUF, J.; ARUL, J. Effects of UV-C irradiation on lipid peroxidation markers during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits. **Australian Journal of Plant Physiology**, Australia, v. 27, p. 147-152, 2000b.

BARKA, E.A. Protective enzymes against reactive oxygen species during ripening tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits in response to low amounts of UV-C.

Australian Journal of Plant Physiology, Australia, v. 28, p. 785-791, 2001.

BATISTA, J.L.; BORTOLI, S.A.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C. **Tratamentos pós-colheita para o controle de moscadas-frutas**. Jaboticabal: Funep, 2001. 30 p.

BAUTISTA-BAÑOS, S. HERNÁNDEZ-LAUZARDO, A.N.; VELÁZQUEZ-DEL VALLE, M.G.; HERNÁNDEZ-LOPEZ, M.; AIT BARKA, E.; BOSQUEZ-MOLINA, E.; WILSON, C.L. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. **Crop Protection**, Guildford, v. 25, p. 108-118, 2006.

BEN-YEHOSHUA, S.; PERETZ, J.; RODOV, V.; NAFUSSI, B. Postharvest application of hot water in citrus fruits: the road from the laboratory to the parking house. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 518, p. 19-28, 2000.

BISCEGLI, C.I.; FRANCO, R.W.A.; TANNUS, A.; NASCIMENTO, A.S.; COLNAGO, L.A. Uso da espectroscopia e tomografia de ressonância magnética para monitorar o amadurecimento e fatores de qualidade em manga e mamão. **Comunicado Técnico Embrapa Instrumentação Agropecuária**, São Carlos, n. 35, p. 1-6, 2000.

BLEINROTH, E.W. Matéria prima. In: ITAL. **Manga**: da cultura ao processamento e comercialização. Campinas, 1981. cap. 2, p.243-292. (Frutas tropicais, 8)

BOUDET, A.M. Lignins and lignification: selected issues. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 38, p. 81-96, 2000.

BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, San Diego, v. 72, n. 1, p. 248-254, 1976.

BRASIL. Secretaria de Comércio Exterior – SECEX. **Aliceweb**. Disponível em: <<http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 2 dez. 2011.

BRODY, A.L. **Envasado de alimentos em atmosferas controladas, modificadas y a vacio**. Zaragoza: Acribia, 1996. p. 220.

CAHILL, D.M.; McCOMB, J.A. A comparison of changes in phenylalanine ammonia-lyase activity, lignin and phenolic synthesis in the roots of *Eucalyptus calophylla* (field resistant) and *E. marginata* (susceptible) when infected with *Phytophthora cinnamomi*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 40, n. 2, p. 315-332, 1992.

CAMPOS, A.J. de. **Radiação gama, ultravioleta (UV-C) e atmosfera controlada na conservação da qualidade de tomate 'Débora Plus' e 'Pitenza'**. 2008. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.

CARDOSO, C.F. **Avaliação da esterilização de filme de polietileno com peróxido de hidrogênio e radiação ultravioleta**. 2007. 111 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

CARRILLO-LOPEZ, A.; RAMIREZ-BUSTAMANTE, F.; VALDEZ-TORRES, J.B.; ROJAS-VILLEGAS, R.; YAHIA, E.M. Ripening and quality changes in mango fruit as affected by coating with an edible film. **Journal of Food Quality**, Westport, v.23, n.1, p.479-486, 2000.

CASTRO NETO, M.T.; REINHARDT, D.H. Relações entre parâmetros de crescimento do fruto de manga cv. Haden. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 35-37, 2003.

CERQUEIRA, T.S. **Recobrimentos comestíveis em goiabas 'Kumagai'**. 2007. 69 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CHHATPAR, H.S.; MATOO, A.K.; MODI, V.V. Biochemical studies on chilling injury in mangoes. **Phytochemistry**, England, v. 10, p. 1007-1009, 1971.

CHIEN, P.; SHEU, F.; YANG, F. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. **Journal of Food Engineering**, London, v. 78, n.1, p. 225-229, 2007.

CHITARRA, M.I.F. Alterações bioquímicas do tecido vegetal com o processamento mínimo. In: SEMINÁRIO SOBRE HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS, 1999, Piracicaba. **Palestra...** Piracicaba: ESALQ-USP, 1999. 9 p.

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

COCOZZA, F. DEL M. **Maturação e conservação de manga 'Tommy Atkins' submetida à aplicação pós-colheita de 1-metilciclopropeno**. 2003. 226 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Pós-Colheita) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CORREIA, R.C.; ARAUJO, J.L.P. **Mercado**. In: Cultivo da Mangueira. Petrolina: Embrapa Semiárido, Sistemas de Produção, 2. Versão eletrônica, 2010.

COSTA, J.G. da; SANTOS, C.A.F. **Cultivares**. In: MOUCO, M.A.C. (Ed.). Cultivo da Mangueira. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, Sistemas de Produção, 2. Versão eletrônica, 2004.

COUTINHO, E.F.; SILVA JUNIOR, J.L.; HAERTER, J.A.; NACHTIGAL, G.R.; CANTILLANO, R.F.F. Aplicação pós-colheita de luz ultravioleta (uv-c) em pêssegos cultivar Jade, armazenados em condição ambiente. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 663-666, 2003.

DANG, K.T.H.; SINGH, Z.; SWINNY, E.E. Edible coatings influence fruit ripening, quality, and aroma biosynthesis in mango fruit. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Oxford, v. 56, n. 4, p. 1361-1370, 2008.

DEVLIEGHERE, F.; VERMEULEN, A.; DEBEVERE, J. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. **Food Microbiology**, Chicago, v. 21, n. 6, p. 703–714, 2004.

D'HALLEWIN, G.; SCHIRRA, M.; PALA, M.; BEN-YEHOSHUA, S. Ultraviolet C Irradiation at 0,5 kJ m⁻² reduces decay without causing damage or affecting postharvest quality of Star Ruby grapefruit (*C. paradisi* Macf.). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Oxford, v. 48, p. 4571-4575, 2000.

DIAS, M.S.C.; LIMA, L.C.; CASTRO, M.V.; JÚNIOR RIBEIRO, P.M.; SILVA, E. de B. Controle da antracnose e qualidade de mangas (*Mangifera indica* L.) cv. Van Dyke, após tratamento hidrotérmico e químico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 289-295, 2005.

DILLEY, D.R. Enzymes. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. p. 159-178.

DING, C.K.; WANG, Y.C.; GROSS, K.C.; SMITH, D.L. Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related-protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. **Planta**, Berlin, v. 214, p. 895-901, 2002.

DING, Z.S.; TIAN, S.P.; ZHENG, X.L.; ZHOU, Z.W.; XU, Y. Responses of reactive oxygen metabolism and quality in mango fruit to exogenous oxalic acid or salicylic acid under chilling temperature stress. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 130, n. 1, p. 112-121, 2007.

DUARTE-ALMEIDA, J.M.; DANTOS, R.J.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

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.

DUTTA, P.K.; TRIPATHI, S.; MEHROTRA, G.K.; DUTTA, J. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. **Food Chemistry**, London, v. 114, p. 1173-1182, 2007.

EDAGI, F.K.; SESTARI, I.; SASAKI, F.F.; CABRAL, S.M.; MENEGHINI, J.; KLUGE, R.A. Aumento do potencial de armazenamento refrigerado de nêspersas 'Fukuhara' com o uso de tratamento térmico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1270-1276, 2009.

EL GHAOUTH, A.; WILSON, C.L.; CALLAHAN, A.M. Induction of chitinase, beta-1,3-glucanase, and phenylalanine ammonia-lyase in peach fruit by UV-C treatment. **Phytopathology**, United States, v. 93, p. 349-355, 2003.

ESGUERRA, E.B.; CHAVEZ, S.M.; TRAYA, R. A modified and rapid heat treatment for the control of postharvest diseases of mango (*Mangifera indica* Linn. cv. Carabao) fruits. **The Philippine Agricultural Scientist**, Laguna, v. 89, n. 2, p. 125-133, 2006.

FALLIK, E. Prestorage hot water treatments (immersion, rising and brushing). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 32, p. 125-134, 2004.

FAO. **ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA**. Disponível em: <<http://www.fas.fao.org/>>. Acesso em: 01 mar. 2011.

FELÍCIO, A.H.; JOMORI, M.L.L.; LIMA, G.P.P.; BERNUSSI, A.A.V.; ALVES, R.M.; SASAKI, F.F.; KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P. Condicionamento térmico e fungicida na conservação refrigerada de tangor 'Murcott'. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 3, p. 333-339, 2006.

FERGUSON, I.B.; BEN-YEHOSHUA, S.; MITCHAM, E.J.; MCDONALD, R.E.; LURIE, S. Postharvest heat treatments: introduction and workshop summary. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 21, n. 1, p. 1-6, 2000.

FILGUEIRAS, H.A.C. **Manga: pós-colheita**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 40 p. (Frutas do Brasil, 2).

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Manga. In: _____. **Agrianual 2011**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2011. p. 338-344.

FONSECA, M.J.O. **Efeito de fungicidas e cera na conservação pós-colheita de manga (*Mangifera indica* L.) Haden**. 1999. 87 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

FORNEY, C.F. Postharvest response of horticultural products to ozone. In: HODGES, D.M. (Ed.). **Postharvest oxidative stress in horticultural crops**. New York: Food Products Press, 2003. cap. 2. p. 30.

GARDNER, D.W.; SHAMA, G. Modeling UV-induced irradiation of microorganisms on surfaces. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 63, n. 1 p. 63-70, 2000.

GHASEMNEZHAD, M.; MARSH, K.; SHILTON, R.; BABALAR, M.; WOOLF, A. Effect of hot water treatments on chilling injury and heat damage in 'Satsuma' mandarins: Antioxidant enzymes and vacuolar ATPase and pyrophosphatase. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 48, p. 364-371, 2008.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A.; WANG, C.Y.; BUTA, J.G. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. **International Journal of Food Science and Technology**, Wagga Wagga, v. 36, n. 7, p. 775-782, 2001.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A.; WANG, C.Y.; BUTA, J.G. UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 84, p. 415-422, 2004.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A.; ZAVALA-GATICA, R.; TIZNADO-HERNÁNDEZ, M.E. Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 45, n. 1, p. 108-116, 2007a.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A.; VILLEGAS-OCHOA, M.A.; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M.A.; GARDEA, A.A.; AYALA-ZAVALA, J.F. Improving antioxidant capacity of fresh-cut mangoes treated with UV-C. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 72, n. 3, p. 197-202, 2007b.

GTZ – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT.
Manual de exportación: frutas tropicales y hortalizas. Eschborn: GTZ, 1992. 34 p.

HAGENMAIER, R.D.; BAKER, R.A. Wax microemulsions and emulsions as citrus coating. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 42, p. 899-902, 1994.

HAGENMAIER, R.D.; BAKER, R.A. Wax microemulsions and emulsions as citrus coating. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 42, p. 899-902, 1994.

HARDENBURG, R.E., WATADA, A.E., WANG, C.Y. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks.** Washington: U.S. Department of Agriculture, 1986. 130 p. (Agriculture Handbook, n. 66).

HEMMATY, S.; MOALLEMI, N.; NASERI, L. Effect of UV-C radiation and hot water on the calcium content and postharvest quality of apples. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 4, p. 559-568, 2007.

HIDALGO, M.; D.L.; DE LA CRUZ, J.; PARKIN, K.L.; GARCIA, H.S. Refrigerated storage and chilling injury development of Manila mangoes (*Mangifera indica* L.). **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 455, p. 718-725, 1997.

HOA, T.T.; DUCAMP, M.N.; LEBRUN, M.; BALDWIN, E.A. Effect of different coating treatments on the quality of mango fruit. **Journal of Food Quality**, Chicago, v. 25, n. 6, p. 471-486, 2002.

HOA, T.T.; DUCAMP, M.N. Effects of different coatings on biochemical changes of 'cat Hoa loc' mangoes in storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.48, n.1, p.150-152, 2008.

İPEKÇİ, Z.; OĞRAS, T.; BAJROVIC, K.; KAZAN, K.; GÖZÜKIRMIZI, N.; BOYDAK, M.; TANK, T.; AKALP, T.; ÖZDEN, Ö.; ÇALIKOĞLU, M.; TUNÇTANER, K.; TULUKÇU, M.; BALKAN, H.; TANRIYAR, H. Reduced leaf peroxidase activity is associated with reduced lignin content in transgenic poplar. **Plant Biotechnology**, Tokyo, v. 16, p. 381-387, 1999.

JABBAR, A; MALIK, A. U.; DIN, I. U.; ANWAR, R. AYUB, M.; RAJWANA, I. A.; AMIN, M.; KHAN, A. S.; SAEED, M. Effect of combined application of fungicides and hot water quarantine treatment on postharvest diseases and quality of mango fruit, **Pakistan Journal of Botany**, Pakistan, v. 43, n. 1, p. 65-73, 2011.

JACOBI, K.K.; WONG, L.S.; GILES, J.E. Effect of fruit maturity on quality and physiology of high-humidity hot air-treated 'Kensington' mango (*Mangifera indica* Linn.). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 149-159, 1995.

JACOBI, K.K.; MACRAE, E.A.; HETHERINGTON, S.E. Postharvest heat disinfestation treatments of mango fruit. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 89, n. 3, p. 171-193, 2001.

- JACOMINO, A.P.; OJEDA, R.M.; KLUGE, R.A.; SCARPARE FILHO, J.A. Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 401-405, 2003.
- JAGGER, J. Photoprotection from far ultraviolet effects in cells. In: DUCHESNE, J. (Ed.). **The structure and properties of biomolecules in biological systems**. New York: Interscience, 1965. p. 548-601. (Advances in chemical physics, 7)
- JHA, S.N.; CHOPRA, S.; KINGSLY, A.R.P. Determination of sweetness of intact mango using visual spectral analysis. **Biosystems Engineering**, London, v. 91, n. 2, p. 157–161, 2005.
- JIANG, Y.M.; LI, Y.B. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. **Food Chemistry**, Chicago, v. 73, n. 1, p. 139-143, 2001.
- JITAREERAT, P.; PAUMCHAI, S.; KANLAYANARAT, S.; SANGCHOTE, S. Effect of chitosan on ripening, enzymatic activity, and disease development in mango (*Mangifera indica*) fruit. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, New Zealand, v. 35, n. 2, p. 211-218, 2007.
- KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 5, p. 99-104, 1986.
- KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. USA: University of California Agriculture and Natural Resources Communications Services, 2002. 535 p.
- KADER, A.A.; ARPAIA, M.L. Postharvest handling systems: subtropical fruit. In: KADER, A.A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland, 2002. p. 375-384.
- KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens: AVI, 1997. 532 p.

KESTER, J.J.; FENNEMA, O.R. Edible films and coatings: A review. **Food Technology**, Chicago, v. 42, p. 47-59, 1988.

KETSA, S.; CHIDTRAGOOL, S. Changes of phenolics content and activities of phenylalanine ammonia lyase and polyphenol oxidase in relation to discoloration of mango fruit during low temperature storage. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 687, p. 343-345, 2005.

KIM, Y.; BRECHT, J.K.; TALCOTT, S.T. Antioxidant phytochemical and fruit quality changes in mango (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage. **Food Chemistry**, Chicago, v. 105, 1327-1334, 2007.

KIM, Y.; LOUNDS-SINGLETON, A. J.; TALCOTT, S. T. Antioxidant phytochemical and quality changes associated with hot water immersion treatment of mangoes (*Mangifera indica* L.). **Food Chemistry**, Chicago, v. 115, p. 989–993, 2009.

KITTUR, F.S.; SAROJA, N.; HABIBUNNISA, R.N. Polysaccharide-based composite coating formulations for shelf-life extension of fresh banana and mango. **European Food Research of Technology**, Germany, p. 213-306, 2001.

KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELO, J.C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Campinas: Editora Rural, 2002. 214 p.

KNEE, M.; BARTLEY, I.M. Composition and metabolism of cell wall polysaccharides in ripening fruits. In: FRIED, J.; RHODES, M.J.C. (Ed.). **Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables**. New York: Academic Press, 1981. p. 131-146.

KRATSCH, H.A.; WISE, R.R. The ultra structure of chilling stress. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 23, p. 337-350, 2000.

LEE, J.Y.; PARK, H.J.; LEE, C.Y.; CHOI, W.Y. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. **Lebensmittel - Wissenschaft und Technologie**, London, v. 36, n. 3, p. 323-329, 2003.

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

LIMA, G.P.P.; BRASIL, O.G.; OLIVEIRA, A.M. de. Poliaminas e atividade da peroxidase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado sob estresse salino. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 21-26, 1999.

LIMA, L.C. de O. **Tecido esponjoso em manga 'Tommy Atkins'**: transformações químicas e bioquímicas no mesocarpo durante o armazenamento. 1997. 147 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

LIMA, M.A.C. de; SILVA, A.L. da; AZEVEDO, S.S.N.; SANTOS, P. de S. Tratamentos pós-colheita com 1-metilciclopropeno em manga 'Tommy Atkins': efeito de doses e número de aplicações. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 64-68, 2006.

LIMA, L.C.; DIAS, M.S.C.; CASTRO, M.V.; JÚNIOR RIBEIRO, P.M.; SILVA, E. de B. Controle da antracnose e qualidade de mangas (*Mangifera indica* L.) cv. Haden, após tratamento hidrotérmico e armazenamento refrigerado em atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 298-304, 2007.

LIU, H.; JIANG, W.; BI, Y.; LUO, Y. Postharvest BTH treatment induces resistance of peach (*Prunus persica* L. cv. Jiubao) fruit to infection by *Penicillium expansum* and enhances activity of fruit defense mechanisms. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 35, p. 263-269, 2005.

LIU, J.; TIAN, S.; MENG, X.; XU, Y. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological response of tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 44, n. 3, p. 300-306, 2007.

LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E. Ultraviolet light and food preservation. In: BARBOSA-CÁNOVAS, G; TAPIA, M.S.; CANO, M.P. **Novel food processing Technologies**. Boca Raton: CRC, 2005. 692 p.

LUCAFÓ, B.H.S.; BOTEON, M. **Potencial da manga no mercado internacional**. Disponível em: <<http://www.fearp.usp.br/egna/resumos/Lucafo.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2010.

LUCENA, E.M.P. **Desenvolvimento e maturidade fisiológica de manga 'Tommy Atkins' no Vale do São Francisco**. 2006.152 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

LUCENA, E.M.P.; ASSIS, J.S.; ALVES, R.E.; SILVA, V.C.M.; FILHO, J.E. Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento de mangas 'Tommy Atkins' no Vale do São Francisco, Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 096-101, 2007.

LURIE, S. Postharvest heat treatments. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 14, p. 257-269, 1998.

MALGARIM, M.B.; CANTILLANO, R.F.F.; TREPTOW, R. de O.; FERRI, V.C. Concentrações de cera de carnaúba na qualidade de pêssegos cv. Esmeralda armazenados sob refrigeração. **Acta Scientia Agronômica**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 469-473, 2007.

MANICA, I. Colheita - Embalagem - Armazenamento. In: _____ **Manga: Tecnologia, produção, pós-colheita, agroindústria e exportação**. Porto Alegre: Cinco continentes, 2001. p. 435-543.

MATTIUZ, B.H. **Efeitos de injúrias mecânicas e do processamento mínimo na fisiologia pós-colheita de goiabas.** 2002. 120 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

MEDLICOTT, A.P.; REYNOLDS, S.B.; THOMPSON, A.K. Effects of temperature on the ripening of mango fruit (*Mangifera indica* var. Tommy Atkins). **Journal of Food Science and Agriculture**, London, v. 37, p. 469-474, 1986.

MEDLICOTT, A.P.; REYNOLDS, S.B. Harvest maturity effects on mango fruit ripening. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 65, n. 2, p. 153-157, 1988.

MELLO, M.; BRAGA, D.; BOTEON, M. Modernizando a logística exportadora. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, p. 6-12, 2006.

MILLER, G.L. Use of de dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

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

MITRA, S.K.; BALDWIN, E.A. Mango. In: MITRA, S.K. ed. **Postharvest physiology and storage of tropical and sub tropical fruits.** CAB International: New York. 1997. p. 85-122.

MOHAMMED, M.; BRECHT, J.K. Reduction of chilling injury in 'Tommy Atkins' mangoes during ripening. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 95, p. 297-308, 2002.

MORAIS, D. M. de; PUSHMANN, R.; LOPES, N. F. Respiração e desenvolvimento de mangueira cv. Ubá. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. especial, p. 37-41, 2000.

- MORAIS, P.L.D. de; ASSIS, J.S. de. Quality and conservation of mango 'Tommy Atkins' as affected by maturity stage and storage temperature. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 645, p. 639-643, 2004.
- NAIR, S.; SINGH, Z. Chilling injury during storage affects respiration rate and fruit quality in Kensington Pride mango fruit. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 820, p. 737-743, 2009.
- NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1054, n. 1/2, p. 95-111, 2004.
- NEVES, L.C.; BENEDETTE, R.M.; SILVA, V.X. da; VIEITES, R.L.; ROBERTO, S.R. Dano de frio em limas-ácidas Tahiti, colhidas em diferentes épocas e submetidas à tratamentos térmicos e bioquímicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 377-384, 2008.
- NISHIJIMA, K.A.; MIURA, C.K.; ARMSTRONG, J.W.; BROWN, S.A.; HU, B.K.S. Effect of forced hot-air treatment of papaya fruit on fruit quality and incidence of postharvest diseases. **Plant Disease**, St Paul, v. 78, n. 7, p. 723-727, 1992.
- NUNES, M.C.N.; EMOND, J.P.; BRECHT, J.K.; DEA, S.; PROULX, E. Quality curves for mango fruit (cv. Tommy Atkins and Palmer) stored at chilling and nonchilling temperatures. **Journal of Food Quality**, Chicago, v. 30, p. 104-120, 2007.
- OBANDA, M.; OWUOR, P.O. Flavonol Composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of kenyan black teas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 74, n. 2, p. 209-215, 1997.
- O'HARE, T.J. Effect of ripening temperature on quality and compositional changes of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Kensington. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Victoria, v. 35, p. 259-263, 1995.

OLIVEIRA, M.A. de; CEREDA, M.P. Pós-colheita de pêssegos (*Prunus pérsica* L. Bastsch) revestidos com filmes a base de amido como alternativa à cera comercial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, suplemento, p. 28-33, 2003.

OLIVEIRA, M.A. de; SANTOS, C.H. dos; HENRIQUE, C.M.; RODRIGUES, J.D. Ceras para conservação pós-colheita de frutos de abacateiro cultivar Fuerte, armazenados em temperatura ambiente. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 777-780, 2000.

PAN, J.; VICENTE, A.R.; MARTÍNEZ, G.A.; CHAVES, A.R.; CIVELLO, P.M. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. **Journal of the Science Food and Agriculture**, Chicago, v. 84, n. 14, p. 1831-1838, 2004.

PARKING, K.L.; MARAGONI, A.; JACKMAN, R.L.; YADA, R.Y.; STANLEY, W. Chilling injury. A review of possible mechanism. **Journal of Food Biochemistry**, San Francisco, v. 13, p. 127-132, 1989.

PESIS, E.; FAURE, M.; ARIE, R. Induction of chilling tolerance in mango by temperature conditioning, heat, low O₂ and ethanol vapors. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 455, p. 629-634, 1997.

PHAKAWATMONGKOL, W.; KETSA, S.; DOORN, W.G. Variation in fruit chilling injury among mango cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 32, n. 1, p. 115-118, 2004.

PIMENTEL-GOMES, F. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PINTO, A.C.; ALUES, R.E.; PEREIRA, M.E.C. Efficiency of different heat treatment procedures in controlling disease of mango fruits. **Acta Horticulture**, Leuven, v. 645, p. 551-553, 2004.

- POLLOCK, C.J.; JONES, T. Seasonal patterns of fructan metabolism in forage grasses. **New Phytologist**, London, v. 83, n. 1, p. 9-15, 1979.
- PORTER, K.L.; KLIEBER, A.; COLLINS, G. Chilling injury limits low temperature storage of 'Yuki' chinese cabbage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 153-158, 2003.
- RAISON, J.K.; ORR, G.R. Proposals for a better understanding of the molecular basis of chilling injury. In: WANG, C.Y. (Ed.). **Chilling injury of horticultural crops**. Boca Raton: CRC Press, 1990. p. 145-164.
- RAJU, P.S.; JAGANNATH, J.H.; ASHOK, N.; DAS GUPTA, D.K.; BAWA, A.S. Nondestructive monitoring of ripeness in mango cultivars by acoustic resonance spectroscopy. **International Journal of Food Properties**, United States, v. 9, n. 3, p. 487-501, 2006.
- RIBEIRO, V.G.; ASSIS, J.S.; SILVA, F.F.; SIQUEIRA, P.P.X.; VILARONGA, C.P.P. Armazenamento de goiabas 'Paluma' sob refrigeração e em condição ambiente, com e sem tratamento com cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 203-206, 2005.
- RIVERA-PASTRANA, D.M.; GARDEA-BEJAR, A.; MARTINEZ-TELLEZ, M.; RIVERA-DOMINGUEZ, M.; GONZALEZ-AGUILAR, G. Postharvest biochemical effects of UV-C irradiation on fruit and vegetables. **Revista Fitotecnia Mexicana**, México, v. 30, p. 361-372, 2007.
- ROBINSON, D.S. Peroxidases and catalases in foods. In: ROBINSON, D.S.R.; ESKIN, N.A.M. (Ed.). **Oxidative enzymes in foods**. London: Elsevier, 1991. p. 1-47.
- RODRIGUES, A.M.; SOARES, A.F. Manga. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, p. 32, 2011.

- ROJAS-ARGUDO, C.; PEREZ-GAGO, M.B.; DEL RIO, M.A. Postharvest quality of coated cherries cv. Burlat as affected by coating composition and solids content. **Food Science and Technology International**, London, v. 11, n. 6, p. 417-424, 2005.
- ROMANAZZI, G.; NIGRO, F.; HIPPOLITO, A.; DI VENERE, D.; SALERNO, M. Effects of pre and postharvest chitosan treatments to control storage grey mold of table grapes. **Food Microbiology and Safety**, Chicago, v. 67, n. 5, p. 1862-1867, 2002.
- RUFINO, M.S.M. **Propriedades funcionais de frutas tropicais brasileiras não tradicionais**. 2008. 237 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2008.
- SAKS, Y.; HOFMAN, P.J.; MEIBURG, G.F. Potential for improvement of mango skin color during storage. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 485, p. 325-329, 1999.
- SALA, J.M.; LAFUENTE, M.T. Catalase in the heat-induced chilling tolerance of cold-stored hybrid Fortune mandarin fruits. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 47, p. 2410-2414, 1999.
- SALA, J.M.; SANCHEZ-BALLESTA, M.T.; ALFÉREZ, F.; MULAS, M.; LORENZO, Z.; LAFUENTE, M.T. A comparative study of the postharvest performance of an ABA-deficient mutant of oranges. II. Antioxidant enzymatic system and phenylalanine ammonia-lyase in non-chilling and chilling peel disorders of citrus fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 37, p. 232-240, 2005.
- SALTVEIT, M.E.; MORRIS, L.L. Overview on chilling injury of horticultural crops. In: WANG, C.Y. (Ed.). **Chilling injury of horticultural crops**. Boca Raton: CRC Press, 1990. p. 3-15.
- SALVADOR, M.L.; JAIME, P.; ORIA, R. Use of edible coatings to reduce water loss and maintain quality of Reinette apple. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 600, p. 701-705, 2003.

SANTOS, C.A.A.; CASTRO, J.V.; PICOLI, A.A.; ROLIM, G.S. Uso de quitosana e embalagem plástica na conservação pós-colheita de pêssegos 'Douradão'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 88-93, 2008.

SANTOS, L.O. **Conservação pós-colheita de mangas produzidas na região de Jaboticabal-SP**. 2008.103 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.

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

SARANWONG, S.; SORNSRIVICHAI, J.; KAWANO, S. Prediction of ripe stage eating quality of mango fruit from its harvest quality measured nondestructively by near-infrared spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 31, n. 2, p. 137-145, 2004.

SCANAVACA JÚNIOR, L.; FONSECA, N.; PEREIRA, M.E.C. Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga 'Surpresa'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 67-71, 2007.

SCHIRRA, M; MULAS, M.; FADDA, A; CAULI, E. Cold quarantine responses of blood oranges to postharvest hot water and hot air treatments. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 31, p. 191-200, 2004.

SESTARI, I. **Indução de tolerância de frutos às injúrias pelo frio: aspectos fisiológicos e bioquímicos**. 2010. 142 f. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

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

SIEGEL, S.M.; SIEGEL, B.Z. Peroxidase activity and stress: a complex relationship. In: GREPPIN, H.; PENEL, C.; GASPAR, T.H. (Ed.). **Molecular and physiological aspects of plant peroxidases**. Geneva University, 1986. p. 427-432.

SIGRIST, J.M.M. Transpiração. In: BLEINROTH, E.W. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. 2.ed. Campinas: ITAL, 1992. p. 27-32.

SIGRIST, J.M.M. Tecnologia pós-colheita para a comercialização de manga in natura. In: ROZANE, D.E. et al. (Ed.). **Manga – Produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa: UFV, 2004. p. 553-570.

SOONG, Y.Y.; BARLOW, P.J. Quantification of gallic acid and ellagic acid from longan (*Dimocarpus longan* Lour) seed and mango (*Mangifera indica* L.) kernel and their effects on antioxidant activity. **Food Chemistry**, Chicago, v. 97, p. 524-530, 2006.

SOUNIS, E. **Bioestatística**: princípios fundamentais, metodologia estatística, aplicação às ciências biológicas. 2.ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 153 p.

SOUSA, J.P.; PRAÇA, E.F.; ALVES, R.E.; BEZERRA NETO, F.; DANTAS, F.F. Influência do armazenamento refrigerado em associação com atmosfera modificada por filmes plásticos na qualidade de mangas 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p.665-668, 2002.

SOUZA, A.L.B. de; CHITARRA, M.F.I.; CHITARRA, A.B.; MACHADO, J.C. Resistência pós-colheita do pêssigo (*Prunus pérsica* cv. Biuti) a *Monilinia* frutícola: indução de respostas bioquímicas pela aplicação do CaCl₂ no local da injúria. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 616-624, 1999.

SOUZA, M.L. de; MORGADO, C.M.A.; MARQUES, K.M.; MATTIUZ, C.F.M.; MATTIUZ, B.H. Pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins' recobertas com quitosana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, volume especial, E. 337-343, 2011.

STROHECKER, R.; HENNING, H.M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TALCOTT, S.T.; MOORE, J.P.; LOUNDS-SINGLETON, A.J.; PERCIVAL, S.S. Ripening associated phytochemical changes in mangos (*Mangifera indica*) following thermal quarantine and low-temperature storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 70, n. 5, p. C337-C341, 2005.

TASNEEM, A. **Postharvest treatments to reduce chilling injury symptoms in stored mangoes**. 2004.122 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – MacDonald, McGill University, Canada, 2004.

TEFERA, A.; SEYOUM, T.; WOLDETSADIK, K. Effect of disinfection, packaging, and storage environment on the shelf life of mango. **Biosystems Engineering**, Canada, v. 96, n. 2, p. 201-212, 2007.

TEIXEIRA, G.H. de A.; DURIGAN, J.F. Storage of 'Palmer' mangoes in low-oxygen atmospheres. **Fruits**, Paris, v. 66, p. 279-289, 2011.

TEIXEIRA, G.H. de A.; DURIGAN, J.F.; ALVES, R.E.; O'HARE, T.J. Use of modified atmosphere to extend shelf life of fresh-cut carambola (*Averrhoa carambola* L.). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 44, n. 1, p. 80-85, 2007a.

TEIXEIRA, G.H. de A.; DURIGAN, J.F.; ALVES, R.E. Quality of carambola fruits after heat treatment. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 43-50, 2007b.

THARANATHAN, R.N.; YASHODA, H.M.; PRABHA, T.N. Mango (*Mangifera indica* L.), “The king of Fruits” – an overview. **Food Reviews International**, New York, v. 22, p. 95-123, 2006.

THÉ, P.M.P.; CARVALHO, V.D. de.; ABREU, C.M.P. de.; NUNES, R. de P.; PINTO, N.AV.D. Efeito da temperatura de armazenamento e do estágio de maturação sobre a composição química do abacaxi cv. *Smooth Cayenne* L. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, n. 25, v. 2, p. 356-363, 2001.

TREJO-MÁRQUEZ, M.A.; RAMÍREZ-VILLATORO, G.; DE LA ROSA, N.A.C. Polyphenol oxidase and peroxidase activities in mangoes stored at chilling temperature. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 864, p. 395-402, 2010.

TRIPATHI, P.; DUBEY, N.K. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 32, n. 3, p. 235–245, 2004.

TUCKER, G.A. Introduction. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. Chapter 1, p. 1-52.

USDA-APHIS. T-102(a) – **Water treatment: Mango**. Treatment Manual. 5_2_49 – 5_2_51. p. 179-196. 2002.

VASQUEZ-SALINAS, C.; LAKSHMINARAYANA, S. Compositional changes in mango fruit during ripening at different storage temperatures. **Journal of Food Science**, Washington, v. 50, p. 1646-1648, 1985.

VELA, G.; LEÓN, D.M.; GARCÍA, H.S.; CRUZ, J. Polyphenoloxidase activity during ripening and chilling stress in ‘Manila’ mangoes. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, United Kingdom, v. 78, n. 1, p. 104-107, 2003.

VICENTE, A.R.; PINEDA, C.; LEMOINE, L.; CIVELLO, P.M.; MARTINEZ, G.A.; CHAVES, A.R. UV-C treatment reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury

in pepper. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 35, n. 1, p. 69-78, 2005.

WANG, C.Y. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. **HortScience**, Alexandria, v. 17, p. 173-186, 1982.

WANG, C.Y. Approaches to reduce chilling injury of fruits and vegetables. **Horticultural Reviews**, United States, v. 15, p. 63-95, 1993.

WANG, B.; WANG, J.; LIANG, H.; YI, J.; ZHANG, J.; LIN, L.; WU, Y.; FENG, X.; CAO, J.; JIANG, W. Reduced chilling injury in mango fruit by 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and the antioxidant response. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 48, n. 2, p. 172-181, 2008.

WANG, J.; WANG, B.; JIANG, W.; ZHAO, Y. Quality and shelf-life of mango (*Mangifera indica* L. cv. Tainong) coated by using chitosan and polyphenols. **Food Science and Technology International**, London, v. 13, n. 4, p. 317-322, 2009.

WHANGCHAI, K.; GEMMA, H.; IWAHORI, S.; UTHAIBUTRA, J. Endogenous polyamines in 'Nam Dok Mai' mangoes with different ripening stages and its relation to chilling injury during storage. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 509, p. 429-433, 2000.

WICKHAM, L.; MOHAMMED, M. Storage of immature green mango (*Mangifera indica* L.) fruit for processing. **Journal of Food Quality**, Westport, v.22, n.1, p.31-40, 1999.

WILLS, R.B.H.; McGLASSON, W.B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D.C. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 5.ed. Wallingford: New South Wales University Press, 2007. 227 p.

WOOLF, A.B.; WATKINS, C.B.; BOWEN, J.H.; LAY-YEE, M.; Mc DONALD, J.H.; FERGUSON, I.B. Reducing external chilling injury in stored Hass avocados with dry heat treatments. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 120, n. 6, p. 1050-1056, 1995.

XAVIER, I.F.; LEITE, G.A.; MEDEIROS, E.V. de; MORAIS, P.L.D. de; LIMA, L.M. de. Qualidade pós-colheita da manga 'Tommy Atkins' comercializada em diferentes estabelecimentos comerciais no município de Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 7-13, 2009.

YAHIA, E.M.; PEDRO-CAMPOS, J. The effect of ht water treatment used for insect control on the ripening and quality of mango fruit. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 509, p. 495-501, 2000.

YUNIARTI, S. Ripening retardation of Arumanis mango. **ASEAN Food Journal**, Kuala Lumpur, v. 7, n. 4, p. 207-208, 1992.

ZAMBRANO, J.; MATERANO, W. Effects of heat treatment on post-harvest quality of mango fruits. **Tropical Agricultural**, Trinidad, v. 75, n. 4, p. 484-487, 1998.

ZHANG, J.; HUANG, W.; PAN, Q.; LIU, Y. Improvement of chilling tolerance and accumulation of heat shock proteins in grape berries by heat pretreatment. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 38, n. 1, p. 80-90, 2005.

ZHAO, Z.; CAO, J.; JIANG, W.; GU, Y.; ZHAO, Y. Maturity-related chilling tolerance in mango fruit and the antioxidant capacity involved. **Journal of the Science Food and Agriculture**, London, v. 89, n. 2, p. 304-309, 2009.

ZHENG, R.Y.; YANG, Z. Lipid peroxidation and antioxidative defense system in early leaf growth. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 10, p. 187-199, 1991.

ZHU, X.; WANG, Q.; CAO, J.; JIANG, W. Effects of chitosan coating on postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L. cv. Tainong) fruits. **Journal of Food Processing and Preservation**, Oxford, v. 32, n. 5, p. 770-784, 2008.