



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

LUIZA CELESTE VIEIRA MIGUEL

**QUALIDADE DO MAMÃO FORMOSA: EFEITOS DO PRÉ-RESFRIAMENTO,
ATMOSFERA MODIFICADA E ÁCIDO PERACÉTICO**

MOSSORÓ

2021

LUIZA CELESTE VIEIRA MIGUEL

**QUALIDADE DO MAMÃO FORMOSA: EFEITOS DO PRÉ-RESFRIAMENTO,
ATMOSFERA MODIFICADA E ÁCIDO PERACÉTICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Bioquímica, Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patrícia Lígia Dantas de Moraes

MOSSORÓ

2021

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

M634q Miguel, Luiza Celeste Vieira.
Qualidade do mamão Formosa: efeitos do pré-resfriamento, atmosfera modificada e ácido peracético / Luiza Celeste Vieira Miguel. - 2021.
70 f. : il.

Orientadora: Patrícia Lígia Dantas de Moraes.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2021.

1. Carica papaya L. 2. pós-colheita. 3. embalagem. 4. armazenamento refrigerado. 5. controle alternativo. I. Moraes, Patrícia Lígia Dantas de, orient. II. Título.

Bibliotecário-Documentalista
Nome do profissional, Bib. Me. (CRB-15/10.000)

LUIZA CELESTEVIEIRA MIGUEL

**QUALIDADE DO MAMÃO FORMOSA: EFEITOS DO PRÉ-RESFRIAMENTO,
ATMOSFERA MODIFICADA E ÁCIDO PERACÉTICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Bioquímica, Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita

Defendida em: 09 / 02 / 2021.

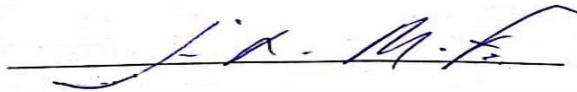
BANCA EXAMINADORA



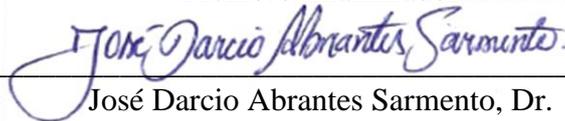
Patrícia Lígia Dantas de Moraes, Prof^ª. Dr^ª. (UFERSA)
Presidente



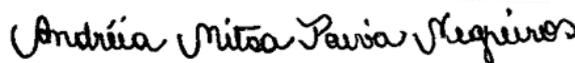
Elizangela Cabral dos Santos, Prof. Dr^ª. (UFERSA)
Membro Examinador



Josivan Barbosa Menezes Feitoza, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador



José Darcio Abrantes Sarmiento, Dr.
Membro Examinador



Andréia Mitsa Paiva Negreiros, Dra.
Membro Examinador

Aos meus pais, José Anchieta Alves Miguel e Maria Sônia Vieira Miguel, por todo o amor, dedicação e incentivo para conseguir realizar os meus sonhos e força para prosseguir na batalha. Eu amo vocês!

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por conceder-me saúde e força para superar as dificuldades e por ter me proporcionado concluir este trabalho. Obrigada, Senhor, por todo o amor e por me guiar em todos os momentos;

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pela oportunidade de cursar graduação e pós-graduação;

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de ensino e todo o conhecimento adquirido durante o doutorado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

Aos meus pais, José Anchieta Alves Miguel e Maria Sônia Vieira Miguel, que são o motivo maior para todas as minhas lutas, por todos os ensinamentos, amor e apoio sempre.

À minha orientadora, Prof.^a Patrícia Lígia Dantas de Moraes, pela orientação, ensinamentos, paciência e apoio durante a realização deste trabalho;

Às professoras Lindomar Maria da Silveira e Ioná Santos Araújo Holanda, que me ajudaram desde o momento em que ingressei na pós-graduação. Obrigada pelos ensinamentos, palavras de amizade e incentivo, e auxílio para vencer os desafios. Obrigada por tudo;

Ao meu companheiro de jornada acadêmica, Rydley Klapeyron Bezerra Lima, por estar comigo em todos os momentos. Obrigada pelas palavras de amizade, companheirismo, carinho e por todo o incentivo. A caminhada teria sido mais dolorosa sem a sua ajuda;

Aos amigos do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita, Mayra Cristina, Carla Sonali, Darliane Veras, Naama Melo, Tereza, Fernando Henrique, Eleneide Gurgel e, em especial a Marlenildo Melo, pela grande ajuda na realização do trabalho, amizade e companheirismo;

Às queridas amigas Paula Gabriele, Márcia Mayara e Carla Caroline. Muito obrigada por todas as palavras de amizade, por todos os momentos vividos, paciência e incentivo;

Enfim, a todos os familiares e amigos que de forma direta ou indireta contribuíram para essa conquista.

Muito Obrigada!

RESUMO

MIGUEL, Luiza Celeste Vieira. **Qualidade do mamão Formosa: efeitos do pré-resfriamento, atmosfera modificada e ácido peracético**. 2021. 70f. (Tese) Doutorado em Agronomia: Fitotecnia – Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA. Mossoró, 2021.

O mamão apresenta um padrão respiratório do tipo climatérico, é considerado um fruto bastante perecível, necessitando do uso de tecnologias pós-colheita para retardar a senescência, manter a qualidade e potencial de conservação pós-colheita. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar o uso de tecnologias pós-colheita para manter a qualidade e aumentar a vida útil de mamão Formosa destinado à exportação. Para tal, foram realizados dois experimentos: no primeiro experimento, foi avaliado o efeito do pré-resfriamento na qualidade e conservação de mamão Formosa ‘Tainung I’ colhidos no estágio de maturação II, conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em esquema de parcelas subdivididas 4 x 6, sendo as parcelas constituídas pelos tratamentos de pré-resfriamento [I – frutos controle (sem pré-resfriamento), II – pré-resfriamento a 15 °C em câmara fria (15 °C-CF), III – pré-resfriamento a 7 °C em câmara fria (7 °C-CF) e IV – pré-resfriamento a 7 °C em câmara de ar forçado (7 °C-AF)] e as subparcelas pelos períodos de avaliação durante o armazenamento (0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias), com quatro repetições de dois frutos cada. No segundo experimento, foi avaliado o efeito do uso da atmosfera modificada e do ácido peracético na conservação pós-colheita de mamão Formosa ‘Tainung I’ orgânico, conduzido em DIC em esquema de parcelas subdivididas com dois fatores na parcela e um na subparcela (2 x 3 x 5), sendo as parcelas constituídas pelos tratamentos ácido peracético (com e sem ácido - 500ppm) e os tipos de embalagens (Xtend® 815-pp64, Xtend® 815-pp65 e sem embalagem), e as subparcelas constituídas pelos períodos de avaliação durante o armazenamento (0, 10, 18, 26, 34 dias), com cinco repetições, de um fruto cada. Para o primeiro experimento, concluiu-se que o pré-resfriamento retardou o amadurecimento e a senescência do mamão Formosa, reduzindo a perda de coloração verde e da firmeza. O surgimento de danos pelo frio e a incidência de fungos dos gêneros *Fusarium* e *Alternaria* limitaram a vida útil do mamão formosa ‘Tainung I’ do presente trabalho, independentemente do tratamento, até 21 dias de armazenamento. O aparecimento de regiões endurecidas na polpa do fruto comprometeu a qualidade sensorial dos frutos, merecendo uma investigação mais aprofundada sobre as causas desse distúrbio. Para o segundo experimento, o tratamento com ácido peracético associado ao uso de embalagem durante o armazenamento mantém a qualidade pós-colheita do mamão Formosa ‘Tainung I’ orgânico. A associação do ácido peracético e uso da embalagem 1 (Xtend® 815 pp64) proporcionou manutenção dos teores de vitamina C, sólidos solúveis, conteúdo de açúcares e betacaroteno. O ácido peracético associado a embalagem 2 (Xtend® 815 pp65) proporcionou melhor aparência externa do mamão Formosa ‘Tainung I’ orgânico, com padrão de comercialização aceitável até 26 dias.

Palavras-chave: *Carica papaya* L, pós-colheita, embalagem, armazenamento refrigerado, controle alternativo.

ABSTRACT

MIGUEL, Luiza Celeste Vieira. **Quality of Formosa papaya: effects of pre-cooling, modified atmosphere and peracetic acid.** 2021. 70p. (Thesis) Doctorate in Agronomy: Phytotechnics – Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA. Mossoró, 2021.

Papaya has a climacteric type of breathing pattern, it is considered a very perishable fruit, requiring the use of post-harvest technologies to delay senescence, maintain its quality and its post-harvest conservation potential. Thus, the objective of this study was to evaluate the use of post-harvest technologies to maintain quality and increase the useful life of papaya Formosa intended for export. For this, two experiments were carried out: in the first experiment, the effect of pre-cooling on the quality and conservation of Formosa 'Tainung I' papaya harvested in the ripening stage II, conducted in a completely randomized design (DIC), was evaluated in a scheme of 4 x 6 subdivided plots, with plots consisting of the pre-cooling treatments [I - control fruits (without pre-cooling), II - pre-cooling to 15 ° C in a cold chamber (15 ° C-CF), III - pre-cooling to 7 ° C in a cold chamber (7 ° C-CF) and IV - pre-cooling to 7 ° C in a forced air chamber (7 ° C-AF)] and the subplots for the evaluation periods during the storage (0, 7, 14, 21, 28 and 35 days), with four repetitions of two fruits each. In the second experiment, the effect of using the modified atmosphere and peracetic acid on postharvest conservation of organic Formosa 'Tainung I' papaya was evaluated, conducted in DIC in a split plot scheme with two factors in the plot and one in the subplot (2 x 3 x 5), with the parcels constituted by the peracetic acid treatments (with and without acid - 500ppm) and the types of packaging (Xtend® 815-pp64, Xtend® 815-pp65 and without packaging), and the subplots constituted by the periods of evaluation during storage (0, 10, 18, 26, 34 days), with five repetitions, each of them having a fruit. For the first experiment, it was concluded that the pre-cooling delayed the ripening and senescence of papaya Formosa, reducing the loss of green color and firmness. The appearance of cold damage and the incidence of fungi of the genus *Fusarium* and *Alternaria* limited the useful life of the beautiful papaya 'Tainung I' in this study, regardless of treatment, up to 21 days of storage. The appearance of hardened regions in the pulp of the fruit, compromised its sensorial quality of the fruits, deserving a deeper investigation about the causes of this disorder. For the second experiment, the treatment with peracetic acid associated with the use of packaging during storage maintains the postharvest quality of the organic papaya Formosa 'Tainung I'. The association of peracetic acid and the use of packaging 1 (Xtend® 815 pp64) provided maintenance of the levels of vitamin C, soluble solids, sugar content and beta-carotene. The peracetic acid associated with packaging 2 (Xtend® 815 pp65) provided a better external appearance of the organic Formosa 'Tainung I' papaya, with an acceptable commercial standard for up to 26 days.

Keywords: *Carica papaya* L, post-harvest, packaging, cold storage, alternative control.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Perda de massa (A), firmeza do fruto (B), firmeza da polpa (C), conteúdo de sólidos solúveis (D), açúcares totais (E) e conteúdo de β -caroteno (F) em mamão Formosa ‘Tainung I’ submetido a diferentes condições de pré-resfriamento, seguidos de armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $70 \pm 5\%$ UR). CF: câmara fria; AF: ar forçado. Valores médios \pm erro padrão ($n = 4$).35
- Figura 2.** Perfil sensorial das amostras de mamão Formosa ‘Tainung I’ submetidas a diferentes condições de pré-resfriamento realizado aos 21 (A) e 35 (B) dias de armazenamento. CF: câmara fria; AF: ar forçado.42

CAPÍTULO III

- Figura 1.** Aparência externa (A, B) e índice de severidade de doença (C, D) em mamão Formosa ‘Tainung I’ em função do uso de ácido peracético, tipos de embalagens e armazenamento refrigerado. Embalagem 1: Xtend® 815 pp64, Embalagem 2: Xtend® 815 pp65.....53
- Figura 2.** Perda de massa em mamão Formosa ‘Tainung I’ tratados com ácido peracético (A) e uso de embalagens (B) em função do período de armazenamento. Embalagem 1: Xtend® 815 pp64, Embalagem 2: Xtend® 815 pp65. Valores médios \pm erro padrão ($n = 5$). CV1= 16,92% e CV2= 16,43%.55
- Figura 3.** Firmeza do fruto (A, B), conteúdo de vitamina C (C, D) e açúcares redutores (E, F) em mamão Formosa ‘Tainung I’ em função do uso de ácido peracético, tipos de embalagem e armazenamento refrigerado. Embalagem 1: Xtend® 815 pp64, Embalagem 2: Xtend® 815 pp65. Valores médios \pm erro padrão ($n = 5$). FF: CV1= 11,04% e CV2= 10,19%; VITC: CV1= 10,31% e CV2= 10,40%; AR: CV1= 12,28% e CV2= 10,38%.58
- Figura 4.** Firmeza de polpa (A) e acidez titulável (B) em mamão Formosa ‘Tainung I’ tratados com ácido peracético. Valores médios \pm erro padrão ($n = 5$). FP: CV1= 30,58% e CV2= 30,52%; AT: CV1= 12,96% e CV2= 11,23%.59
- Figura 5.** Conteúdo de açúcares totais (A) e β -caroteno (B) em mamão Formosa ‘Tainung I’ submetido ao uso de embalagens em função do período de armazenamento. Embalagem 1:

Xtend® 815 pp64, Embalagem 2: Xtend® 815 pp65. Valores médios \pm erro padrão ($n = 5$).
ATOT: CV1= 8,89% e CV2= 10,70%; BETAC: CV1= 19,91% e CV2= 19,70%.....61

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1. Valores médios da atividade da enzima pectinametilesterase (PME), acidez titulável (AT), pH e coloração da casca de acordo com luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo Hue ($^{\circ}$ h) em mamão Formosa ‘Tainung I’ submetido a diferentes condições de pré-resfriamento.....37

Tabela 2. Valores médios da atividade da enzima pectinametilesterase (PME), acidez titulável (TA), pH, coloração da casca de acordo com luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo Hue ($^{\circ}$ h) e vitamina C (VITC) em mamão Formosa ‘Tainung I’ em função do tempo de armazenamento refrigerado ($10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $70 \pm 5\%$ UR).....38

CAPÍTULO III

Tabela 1. Valores médios de coloração da casca de acordo com Luminosidade (L), Cromaticidade (C) e ângulo Hue ($^{\circ}$ h), pH e sólidos solúveis (SS) em mamão Formosa ‘Tainung I’ avaliados no dia da colheita (0) e após 8, 16 e 24 dias de armazenamento em câmara fria ($10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $92 \pm 2\%$ UR), acrescido de 2 dias em temperatura ambiente ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $60 \pm 2\%$ UR).....56

Tabela 2. Valores médios de ângulo Hue ($^{\circ}$ h) da casca em mamão Formosa ‘Tainung I’ submetido ao uso de embalagens.56

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	14
INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO	14
1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. Características gerais sobre a cultura do mamoeiro	16
2.2. Tecnologias pós-colheita	17
2.2.1. Pré-resfriamento	17
2.2.2. Atmosfera modificada	19
2.3. Controle de doenças pós-colheita	21
2.3.1. Ácido peracético	21
REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO II	28
QUALIDADE DO MAMÃO FORMOSA: EFEITO DO PRÉ-RESFRIAMENTO	28
RESUMO	28
1. INTRODUÇÃO	30
2. MATERIAL E MÉTODOS	31
2.1. Amostras e instalação do experimento	31
2.2. Características avaliadas	32
2.3. Análise estatística	33
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
3.1. Aparência externa e interna	34
3.2. Perda de massa	35
3.3. Firmeza do fruto e da polpa e atividade da Pectinametilsterase (PME)	36
3.4. Acidez titulável (AT) e pH	38
3.5. Sólidos solúveis e Açúcares totais	39
3.6. Vitamina C	40
3.7. Coloração da casca e β -caroteno	40
3.8. Análise sensorial	41
4. CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS	43
CAPÍTULO III	47
QUALIDADE DO MAMÃO FORMOSA: EFEITO DO ÁCIDO PERACÉTICO E DA ATMOSFERA MODIFICADA	47
RESUMO	47

1. INTRODUÇÃO.....	49
2. MATERIAL e MÉTODOS	50
2.1. Amostras e instalação do experimento	50
2.2. Características Avaliadas	50
2.3. Análise estatística	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
3.1. Aparência externa e índice de severidade de doença.....	52
3.2. Perda de massa.....	54
3.3. Coloração da casca	55
3.4. Firmeza do fruto e da polpa	57
3.5. Acidez titulável (AT) e pH	59
3.6. Sólidos solúveis (SS), açúcares totais e redutores	60
3.7. Vitamina C.....	62
3.8. β -caroteno	62
4. CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS.....	64
APÊNDICE.....	68

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de mamão, totalizando cerca de 1,16 milhão de toneladas da fruta no ano de 2019. A região Nordeste destaca-se, sendo responsável por 54,89% da quantidade produzida, seguida pelo Sudeste (40,31%), Norte (3,40%), Centro Oeste (1,15%) e Sul (0,26%) (IBGE, 2019).

O mamão ocupa a sétima colocação no ranking de frutas da pauta de exportação do Brasil, com exportação recorde em 2019: 44,24 mil toneladas de fruto fresco (AGROSTAT, 2019). Embora o volume de produção de mamão seja grande no Brasil, sua exportação representa ainda pequena parte dessa produção.

O mercado interno absorve grande parte da produção; devido à forte competição no mercado internacional, o volume de exportação do mamão brasileiro é inferior a 1,6%, sendo cada vez mais exigente em produtos com elevado padrão de qualidade e restritivo em relação aos problemas fitossanitários (INCAPER, 2021).

A curta vida útil pós-colheita do mamão, decorrente de fatores como o elevado conteúdo de água e da alta taxa respiratória, é um dos fatores que limitam a conservação e comercialização desse fruto, principalmente orientado ao mercado externo (SOUZA et al., 2009). Atualmente, o mamão brasileiro é exportado majoritariamente por frete aéreo, já que os frutos não resistem ao longo período de transporte marítimo, o que se torna muito oneroso aos exportadores e até limita maiores volumes (ANUÁRIO BRASILEIRO HORTI & FRUTI, 2019).

Por possuir um padrão respiratório climatérico, o processo de mudança nas características por meio do amadurecimento ocorre de forma acelerada, desencadeado pela produção de etileno e pelo aumento na taxa respiratória, provocando perdas após a colheita (MANENOI et al., 2007; SILVA et al., 2009). No entanto, existem várias técnicas para prolongar a vida útil de frutas tropicais. O uso da atmosfera modificada tem sido difundido por ser uma técnica simples de conservação, que corresponde à utilização de embalagens que limitam as trocas gasosas e perda de água para o ambiente, reduzindo o metabolismo do produto e prolongando sua vida útil pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Além deste, as tecnologias baseadas na redução da temperatura, como a refrigeração e o pré-

resfriamento, são os principais métodos de conservação de frutas e hortaliças, tendo como consequência a manutenção da qualidade por mais tempo (ALMEIDA-CASTRO et al., 2011; CARVALHO et al., 2015).

Da mesma forma, as doenças pós-colheita causadas por fungos patogênicos também levam a grandes perdas, sendo atualmente os fungicidas químicos os principais métodos de tratamento (SPADARO; GULLINO, 2004). Contudo, devido aos riscos à saúde provocados por esses agrotóxicos, além da resistência dos patógenos aos fungicidas, o atual mercado internacional de frutas tem reduzido a tolerância de seus resíduos. Assim, a retirada de alguns produtos do mercado tem motivado o aumento das pesquisas envolvendo o uso de agentes alternativos para o controle de doenças de pós-colheita (CIA et al., 2007). O ácido peracético tem se destacado por apresentar ação rápida, alta capacidade de oxidação de componentes celulares de microrganismos mesmo em baixas temperaturas, não apresentando risco de toxicidade tampouco alterando o sabor e aroma dos alimentos, sendo amplamente utilizado na indústria alimentícia e sendo considerado excelente sanitizante (NASCIMENTO et al., 2003).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o uso de tecnologias pós-colheita para aumentar a vida útil de mamão Formosa destinado à exportação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Características gerais sobre a cultura do mamoeiro

O mamoeiro é uma planta frutífera originária da América Tropical, pertencente à família *Caricaceae* e ao gênero *Carica*, cultivada comercialmente em todo o mundo e muito comum em regiões de clima tropical e subtropical (SERRANO; CATTANEO, 2010).

A espécie *Carica papaya* L. apresenta caule verde, com folhas grandes e recortadas, flores brancas ou amareladas e látex leitoso. O sistema reprodutivo é bastante diversificado, podendo haver genótipos dioicos com reprodução por alogamia e genótipos ginoico-andromonoicos com autogamia facultativa. Este último tipo é o que predomina nos cultivos comerciais em virtude da preferência do mercado consumidor por frutos oriundos de plantas hermafroditas (LUNA, 1986; OLIVEIRA et al, 2011).

O fruto do mamoeiro é uma baga e apresenta forma variável de acordo com o tipo de flor, podendo ser arredondo, oblongo, alongado, cilíndrico e piriforme. A casca geralmente é fina de coloração verde escura, variando ao amarelo ou laranja durante o amadurecimento. O tamanho do fruto pode atingir até 50 cm de comprimento e seu peso pode variar de gramas até quilos (CHAIM; SANTOS, 2007). A polpa apresenta-se normalmente macia, adocicada e aromática e de coloração variável entre o amarelo e o vermelho. As sementes são pequenas, redondas, pretas e recobertas por uma camada mucilaginosa (TRINDADE et al., 2000).

Atualmente, o Brasil vem registrando acréscimos significativos tanto na área cultivada quanto na produtividade, tornando-se o segundo maior produtor de mamão do mundo, precedido apenas pela Índia, com produção em torno de 1,161 milhão de toneladas da fruta no ano de 2019 (IBGE, 2019). Também é o terceiro maior exportador mundial de mamão *in natura*, depois do México e Guatemala, com mais de 39 mil toneladas da fruta exportada no ano de 2020, tendo como principal destino a União Europeia (HORTIFRUTI BRASIL, 2020).

Quanto à produção nacional, os principais produtores são os Estados do Espírito Santo (403 mil toneladas), Bahia (390 mil toneladas), Ceará (119 mil toneladas) e Rio Grande do Norte (79 mil toneladas), de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019).

Além da importância econômica, a cultura do mamão também apresenta grande importância social, com geração de empregos diretos e indiretos, visto que os tratos culturais, colheita e a comercialização são realizadas ao longo do ano todo (LUCENA, 2013).

O consumo do mamão ocorre preferencialmente *in natura* ou na forma de doce, vitamina e suco, sendo indicado como alimento saudável e de excelente sabor com demanda crescente do mercado consumidor (NEVES, 2007). Além disso, sua industrialização por meio do aproveitamento integral do fruto oferece extensa gama de produtos e subprodutos, que podem ser utilizados não só na indústria de alimentos, como também na indústria têxtil, farmacêutica e de alimentação animal (BARBOZA, 2015).

De modo geral, os frutos de mamoeiro apresentam-se ricos em vitamina C, carotenoides, pró-vitamina A e minerais; ainda, apresenta baixas quantidades de sódio, gordura e calorias. Sua composição nutricional varia de acordo com a cultivar, estágio de maturação, condições climáticas, dentre outros fatores (SOUZA, 1998; HEWAJULIGE; DHEKNEY, 2016).

Um dos fatores limitantes à conservação pós-colheita da qualidade de frutos de mamão voltados para o mercado externo é a baixa longevidade desse produto, resultante de fatores como o elevado conteúdo de água e alta taxa respiratória (SOUZA et al., 2009). O mamão é um fruto climatérico; durante o amadurecimento ocorrem rápidas transformações fisiológicas e bioquímicas relacionadas à produção de etileno com consequente aumento da taxa respiratória, caracterizando-o como um fruto altamente perecível e de vida útil pós-colheita curta (CASTRICINI, 2005; MARINGGAL et al., 2020). O processo de amadurecimento ocasiona mudanças nas características dos frutos, que vão desde a cor da casca e textura até alterações em sua composição nutricional (MELO, 2018).

Dada à alta perecibilidade do mamão, o controle do amadurecimento do fruto é fundamental para o aumento da sua vida-útil pós-colheita, visando aos mercados interno e externo. Os principais fatores que afetam a qualidade do mamão após a colheita são o rápido amolecimento e alta incidência de podridão (JACOMINO et al., 2002; PINTO et al., 2006).

2.2. Tecnologias pós-colheita

2.2.1. Pré-resfriamento

A refrigeração é o método mais econômico para o armazenamento prolongado de frutos e hortaliças. O objetivo principal da refrigeração é reduzir a taxa metabólica do fruto e prolongar sua vida útil, permitindo o transporte e comercialização a locais mais distantes.

Além disso, a refrigeração também exerce o efeito de controlar processos microbianos (FONSECA et al., 2003).

Em muitos casos, anteriormente ao armazenamento refrigerado, os frutos são submetidos ao pré-resfriamento, que consiste na rápida retirada do calor de campo imediatamente após sua colheita, o que ajuda a desacelerar o metabolismo, retardando, assim, processos de deterioração, antes do armazenamento e/ou transporte (MORAIS et al., 2009; ELANSARI et al., 2019).

Estudos realizados por Yang et al. (2007) mostraram que as perdas pós-colheita de frutas e vegetais comerciais sem uso de pré-resfriamento ficaram entre 25% a 30% em toda a cadeia de armazenamento e transporte, ao passo que com a utilização do pré-resfriamento essas perdas foram de apenas 5% a 10%. Desta forma, a aplicação de pré-resfriamento pode prolongar a vida útil de certos produtos frescos por um período de tempo considerável, por reduzir a perda de umidade, mantendo melhor firmeza e textura, além de limitar o aumento do teor de fibra (LAURIN et al., 2005).

Os fatores que determinam a taxa de pré-resfriamento são: temperatura inicial e final do produto, temperatura e umidades do meio refrigerante; acessibilidade do produtor ao meio refrigerante; tamanho, forma e área específica do produto; propriedades térmicas das frutas, como calor específico, condutividade térmica e resistência da superfície à transferência de calor, e volume e velocidade do meio refrigerante (SILVA et al., 2008). Um sistema de pré-resfriamento bem projetado fornece capacidade de refrigeração suficiente para garantir a redução rápida da temperatura do produto a uma temperatura desejada em um período de tempo específico (ELANSARI et al., 2019).

O processo de pré-resfriamento pode se dar por vários métodos diferentes, os quais envolvem a rápida remoção do calor de campo do produto para um meio de resfriamento como a água, o ar ou o gelo. Tais métodos incluem o pré-resfriamento em câmara convencional, a ar forçado, o hidroarrefecimento, o pré-resfriamento em gelo, a vácuo, em nitrogênio líquido e em linha (túneis de resfriamento de fluxo óptico) (TOKARSKYY et al., 2015). As principais diferenças entre esses métodos são o custo de execução e a eficiência na remoção do calor e, conseqüentemente, a manutenção da qualidade de cada tipo de fruto (KALBASI-ASHTARI, 2004).

O pré-resfriamento em câmara convencional ocorre em câmaras frigoríficas, onde os produtos são armazenados em temperaturas geralmente acima de 0°C. O resfriamento dos produtos ocorrerá por condução térmica, com o calor do campo saindo do fruto para o

ambiente circundante. A temperatura do fruto pode levar horas ou dias para se aproximar do ponto de ajuste da sala, dependendo da circulação de ar, embalagem, ventilação e temperatura do ambiente. É um método simples e permite que o fruto seja resfriado e armazenado no mesmo espaço, no entanto é o mais lento dos sistemas de pré-resfriamento (ELANSARI et al., 2019).

O pré-resfriamento com ar forçado é uma técnica aprimorada para o resfriamento rápido dos frutos recém colhidos. O ar frio é forçado através dos produtos embalados em caixas ou paletes passando por suas áreas de ventilação, com o auxílio de um ventilador que trabalha como exaustor, provocando um fluxo de ar forçado através do volume de caixas, criando uma “pressão negativa” (SESTARI; KLUG, 2008). Assim, o calor é removido do produto embalado e o ar é exaurido diretamente de volta para a sala, passando primeiro por um sistema de resfriamento. Esse sistema pode reduzir o tempo de pré-resfriamento em 10 vezes ou até mais em comparação com o método de resfriamento convencional (THOMPSON, 2004).

Estas técnicas já tiveram sua eficiência comprovada em muitas espécies de frutas, como pera (BECKE; FRICKE, 2002), pêssegos (BRACKMANN et al., 2009), manga (LI et al., 2019), goiaba (DHARA et al., 2017), dentre outros.

2.2.2. Atmosfera modificada

Para o controle do processo de amadurecimento, a atmosfera modificada tornou-se uma tecnologia bastante viável e é utilizada em vários tipos de frutos e vegetais, geralmente associada ao armazenamento refrigerado (FONTENELE et al., 2010).

Na conservação em atmosfera modificada, a atmosfera ambiental é geralmente alterada pelo uso de filmes plásticos, permitindo que a concentração de CO₂ proveniente do próprio produto aumente e a concentração de O₂ diminua, na medida em que é utilizado no processo respiratório (BRAGANÇA, 2020). Na atmosfera normal, o O₂ está presente na concentração de 21%, ao passo que a concentração de CO₂ é de cerca de 0,03%, a concentração de nitrogênio (N₂) é de 78%, havendo pequenas concentrações de outros gases (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Com as mudanças nos teores de O₂ e CO₂, a atividade respiratória é reduzida. Também proporciona a redução da produção de etileno, que promove a aceleração da maturação, deterioração e senescência dos frutos, retardando mudanças no sabor, textura, cor e aparência.

Além disso, altos níveis de gás carbônico promovem a redução da taxa de crescimento de microrganismos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; MANTILLA et al., 2010).

No entanto, deve-se ter cuidado para que o aumento da pressão de CO₂ não atinja um nível indesejável e para que a redução da concentração de O₂ não facilite a respiração anaeróbia (SANTOS, 2008). De acordo com Chitarra; Chitarra (2005), níveis adequados de CO₂ inibem a degradação de substâncias pécnicas, aumentam a preservação do sabor e aroma e possibilitam uma textura firme por mais tempo. Por outro lado, altas concentrações de CO₂ (acima de 20%) prejudicam os vegetais e, dependendo do produto e da concentração de oxigênio, podem resultar no acúmulo de etanol e acetaldeído nos tecidos.

A atmosfera ao redor do produto pode ser modificada de forma ativa ou passiva. Na modificação passiva, o produto é acondicionado em condições normais de ar e selado com uma membrana permeável (embalagem); a atmosfera vai ser alterada de acordo com a taxa de respiração do produto, consumindo oxigênio e liberando dióxido de carbono. Na ativa, ocorre a injeção de uma mistura gasosa predeterminada dentro da embalagem antes da selagem do produto, para que a taxa de respiração do produto possa ser controlada mais rapidamente. A atmosfera de equilíbrio tende a se manter constante, desde que a taxa de permeabilidade a gases da embalagem seja compatível com a respiração do produto, não haja flutuações na temperatura tampouco crescimento de micro-organismos no produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005; SANTOS; OLIVEIRA, 2012).

Muitos filmes plásticos com diferentes permeabilidades a gases são comumente empregados em frutas e hortaliças, incluindo: policloreto de vinila, polipropileno, poliestireno, nylon e o polietileno de baixa densidade (PEBD), cloreto de polivinila (PVP), em que as suas propriedades de barreiras dependem da espessura (MOTA et al., 2006).

Fernandes et al. (2010) constataram manutenção da aparência externa e redução da perda de massa de mamão Formosa ‘Tainung I’ acondicionados em filme plástico tipo Xtend®, promovendo vida útil pós-colheita de até 35 dias sob armazenamento refrigerado (10 ± 2 °C e $90 \pm 5\%$ UR), comparado ao controle, que se manteve comercializável até 28 dias. Anami et al. (2020) avaliaram a utilização de AM passiva (embalagem de polietileno de baixa densidade - PEBD) e diferentes condições de AM ativa (baixo O₂ inicial, 1 kPa; alto CO₂ inicial, 30 kPa; baixo O₂, 1 kPa e alto CO₂ inicial, 30 kPa) em morangos ‘San Andreas’ refrigerados ($0,5 \pm 0,2$ °C/ $92 \pm 2\%$ de UR). Os benefícios decorrentes da utilização dessas atmosferas foram a manutenção da firmeza da polpa, da coloração dos frutos, dos fenólicos

totais e da atividade antioxidante total, bem como redução de podridões sem causar incremento nos produtos do metabolismo fermentativo.

2.3. Controle de doenças pós-colheita

As doenças pós-colheita causadas por fungos patogênicos também provocam grandes perdas de frutas e vegetais, sendo os fungicidas químicos sintéticos os principais métodos de tratamento (SPADARO; GULLINO, 2004).

No mamão, o controle químico de doenças pós-colheita emprega uma série de fungicidas pertencentes aos benzimidazóis, imidazol e bisditiocarbamato (TEODOSIO, 2014). A efetividade desses fungicidas está relacionada à dose aplicada, ao estágio de maturação, à resposta da sensibilidade do fungo ao composto químico empregado, tempo de aplicação e outros fatores (BAUTISTA-BAÑOS et al., 2013).

No entanto, a redução da eficiência microbiológica aliada à toxicidade potencial desses produtos vem tornando este processo cada vez menos atrativo. Além disso, consumidores estão cada vez mais conscientes, exigindo produtos mais seguros e com menor impacto ao meio ambiente e à saúde humana (SILVA et al., 2011; BEIRÃO-DA-COSTA et al., 2014).

O uso desses compostos químicos tem sido restringido devido aos seus efeitos carcinogênicos e teratogênicos, alta residualidade, longo período de degradação, contaminação ambiental e outros efeitos negativos (BAUTISTA BAÑOS, 2006). Portanto, isto justifica a busca por métodos alternativos de controle de doenças como uma medida racional, eficiente e necessária a produtos alimentícios seguros e de alta qualidade (SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN, 2005).

Vários métodos alternativos têm sido estudados para controlar doenças em pós-colheita, tais como quitosana, ácido salicílico, ácido peracético ou peróxido de hidrogênio, bem como a aplicação de óleos essenciais e oleorresinas que podem atuar diretamente sobre o patógeno e/ou induzir respostas de defesa na planta, sendo relatada a redução de doenças em tratamento pós-colheita para várias fruteiras (LYON et al., 1995; OLIVEIRA et al., 2004; BROGDEN, 2005).

2.3.1. Ácido peracético

O ácido peracético, também conhecido como ácido peroxiacético, é obtido pela reação de ácido acético ou anidrido acético com peróxido de hidrogênio, tendo eficácia semelhante ou superior aos fungicidas químicos à base de cloro (NASCIMENTO, 2002).

No entanto, esse agente sanitizante tornou-se uma alternativa promissora para a indústria alimentícia, principalmente porque se decompõe em um curto espaço de tempo resultando em subprodutos não tóxicos, ácido acético e peróxido, o último dos quais se decompõe em água e oxigênio. Não possui efeito carcinogênico, mutagênico ou tóxico, sendo totalmente sustentável e ambientalmente seguro, além de ser aceito para uso na produção orgânica. Além disso, porque requer baixas concentrações, seu custo é moderado e apresenta-se compatível com outros tratamentos de desinfecção (ENCARNA et al., 2017; ZOELLNER et al., 2018).

O ácido peracético mostra-se efetivo na presença de matéria orgânica e com atividade mantida em uma ampla faixa de temperatura e pH, sendo mais ativo em pHs mais baixos (VANDEKINDEREN et al., 2009). Também apresenta uma vantagem sobre outros compostos antimicrobianos usados na indústria de alimentos, pois não altera as propriedades organolépticas do produto final (HOLMEZ; KRETZSCHMAR, 2009).

Devido ao seu grande poder oxidante, possui amplo espectro antimicrobiano e sua eficácia tem sido demonstrada contra bactérias, fungos, leveduras, vírus e endósporos (BLOCK, 2001). Van de Velde et al. (2016) e Nicolau-Lapeña et al. (2019) demonstraram a eficácia do tratamento com ácido peracético na redução da microbiota nativa em morangos, com valores semelhantes aos obtidos com um tratamento padrão com hipoclorito de sódio, e preservação da qualidade físico-química e nutricional dos frutos. Silveira et al. (2011) também observaram redução da carga microbiana em melão 'Galia' minimamente processado tratados com ácido peracético (80mg/l), mostrando redução de 1-2 unidades de log para bactérias psicrotróficas e mesófilas em comparação ao controle.

A eficácia do ácido peracético contra patógenos e sua característica de não deixar resíduos citotóxicos nos alimentos tornam este composto um candidato promissor para seu uso como agente conservante de alimentos frescos no tratamento de produtos pós-colheita (McFADDEN et al., 2017).

REFERÊNCIAS

- AGROSTAT. Estatísticas de Comercio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2019.
- ALMEIDA-CASTRO, A.; REIS-PIMENTEL, J. D.; SANTOS-SOUZA, D.; VIEIRA-DE OLIVEIRA, T.; COSTA-OLIVEIRA, M. Estudio de la conservación de la papaya (Carica papaya L.) asociado a la aplicación de películas comestibles. **Revista Venezolana de Ciência e Tecnologia de alimentos**, v. 2, p. 49-60, 2011.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, 51p., 2019.
- ANAMI, J. M.; STEFFENS, C. A.; MOREIRA, M. A.; FERNANDES, R. C.; MOSQUERA, D. J. C.; AMARANTE, C. V. T. Atmosfera modificada ativa na preservação da qualidade de morangos ‘San Andreas’ colhidos em dois estádios de amadurecimento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 42, n. 1, e-099, 2020.
- BAUTISTA-BAÑOS, S. A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit during the postharvest supply chain. **Crop Protection**, v. 49, p. 8-20, 2013.
- BECKER, B. R.; FRICKE, B. A. Hydrocooling time estimation methods. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, v. 29, p. 165-174, 2002.
- BEIRÃO-DA-COSTA, S.; MOURA-GUEDES M. C.; FERREIRA-PINTO M. M, EMPIS, J.; MOLDÃO-MARTINS, M. Alternative sanitizing methods to ensure safety and quality of fresh-cut kiwifruit. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 38, p. 1-10, 2014.
- BLOCK, S. S. **Disinfection, sterilization, and preservation**. Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
- BRACKMANN, A.; WEBER, A.; GIEHL, R. F. H.; EISERMANN, A. C. Pré-resfriamento sobre a qualidade de pêssegos ‘Chiripá’. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2354-2360, 2009.
- BRAGANÇA, T. G. **Efeito da atmosfera modificada na conservação pós-colheita de frutos do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* F. *Flavicarpa*)**. 2020. 20f. Artigo Científico (Curso de Agronomia) - Centro Universitário São Lucas, Ji-Paraná, 2020.
- BROGDEN, K.A. Antimicrobial Peptides: Pore formers or metabolic inhibitors in bacteria?. **Nature Reviews Microbiology**, v. 3, p. 238-250, 2005.
- CARVALHO, C. A. C.; ÁLVARES, V. S.; CUNHA, C. R.; LIMA, A. A.; MORENO, A. L.; MACIEL, V. T. Efeito do pré-resfriamento de frutos de cupuaçu na aceitação sensorial do néctar. **Revista Agro@mbiente**, On-line, v. 9, n. 1, p. 91-95, 2015.
- CASTRICINI, A. **Aplicação de metilciclopropeno (1 – MCP) com e sem revestimento de fécula de mandioca em mamões cv. Solo**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Seropédica-RJ, 2005.
- CHAIM, A.; SANTOS, A. **Fruteiras tropicais de interesse comercial**. Embrapa, Brasília, DF, 2007.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

- CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; BENATO, E. A. Indução de resistência no manejo de doenças pós-colheita. In: RODRIGUES, F. A.; ROMEIRO, R. S. (org.). Indução de Resistência em Plantas a Patógenos. **Anais da III Reunião Brasileira sobre Indução de Resistência em Plantas a Patógenos**. 1 ed. Viçosa: UFV, v. 1, p. 245-268, 2007.
- DHARA, P.; PATEL, N. L.; TANVEER, A.; APEKSHA, P.; KUMAR, V. Effect of pre-cooling packaging material on chemical and sensory quality of guava fruits [*Psidium guajava* (Linn.)] Cv. AllahabadSafeda. **Journal of Environment and Ecology**, v. 35, n. 1, p. 64-69, 2017.
- ELANSARI, A. M.; FENTON, D. L.; CALLAHAN, C. W. **Precooling**. In: YAIA, E. M. (org.). Postharvest technology of perishable horticultural commodities. Elsevier: Woodhead, 2019. p. 161-207.
- ENCARNA, A.; PERLA, G.; FRANCISCO, A. H.; FRANCISCO, A. Tratamientos químicos desinfectantes de hortalizas de IV gama: ozono, agua electrolizada y ácido peracético. **Agrociencia Uruguay**, v. 21, n. 1, p. 7-14, 2017.
- FERNANDES, P. L. O.; AROUCHA2, E. M. M.; SOUZA, P. A.; SOUSA, A. E. D.; FERNANDES, P. L. O. Qualidade de mamão ‘Formosa’ produzido no RN e armazenado sob atmosfera passiva. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 599-604, 2010.
- FONSECA, M. J. O.; CENCI, S. A.; LEAL, N. R.; BOTREL N. Uso de atmosfera controlada para conservação pós-colheita do mamão golden. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 537-539, 2003.
- FONTENELE, M. A.; FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A.; ALVES, R. E.; SOUSA, P. H. M. A.; SOUZA, V. A. B. Conservação pós-colheita de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) sob refrigeração e embalado em PVC. **Revista Ceres**, v. 57, p. 292-296, 2009.
- HEWAJULIGE, I. G. N.; DHEKNEY, S. A. **Papayas**, p. 209-212, 2016.
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SIDRA -Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 07 jan. 2021.
- INCAPER. Instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/fruticultura-mamao>>. Acesso em: 10 jan. 2021.
- JACOMINO, A. P. et al. Amadurecimento e senescência de mamão com 1-metilciclopropeno. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 303–308, 2002.
- KALBASI-ASHTARI, A. Effects of post-harvest pre-cooling processes and cyclical heat treatment on the physico-chemical properties of “Red Haven Peaches” and “Shahmavch Pears” during cold storage. **Agricultural Engineering International**, v. 6, p. 1-17, 2004.
- LAURIN, E.; NUNES, M. C. N.; EMOND, J. P.; Pre-cooling of strawberries after air shipment delays fruit senescence. **Acta Horticulturae**, v. 682, p. 1745–1751, 2005.
- LI, J; FU, Y.; YAN, J.; SONG, H.; JIANG, W. Forced air precooling enhanced storage quality by activating the antioxidant system of mango fruits. **Journal of Food Quality**, p. 1–12, 2019.
- LUCENA, R. S. **Caracterização agronômica de novas linhagens e híbridos de mamoeiro (*Carica papaya* L.)**. 2013. 122f. Dissertação (Mestrado Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das almas - BA, 2013.

- LUNA, J. V. U. Variedades de mamoeiros. Epamig, Belo Horizonte, MG. **Informe Agropecuário**, v. 12, n. 134, p. 14-18, 1986.
- LYON, G. D.; REGLINSKI, T.; NEWTON, A. C. Novel disease control compounds: the potential to immunize plants against infection. **Plant Pathology**, Oxford, v. 44, n. 3, p. 407-427, 1995.
- MANENOI, A.; BAYOGAN, E. R. V.; THUMDEE, S.; PAULL, R. E. Utility of 1-methyl cyclo propene as a papaya postharvest treatment. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, p. 55-62, 2007.
- MANTILLA, S. P. S.; MANO, S. B.; VITAL, H. C.; FRANCO, R. M. Atmosfera modifi cada na conservação de alimentos. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 437-448, 2010.
- MARINGGAL, B. et al. Kinetics of quality changes in papayas (*Carica papaya* L.) coated with Malaysian stingless bee honey. **Scientia Horticulturae**, 2020.
- MCFADDEN, M.; LOCONSOLE, J.; SCHOCKLING, A. J.; NERENBERG, R.; PAVISSICH, J. P. Comparing peracetic acid and hypochlorite for disinfection of combined sewer overflows: Effects of suspended-solids and pH. **Science of the Total Environment**, v. 599, p. 533-539, 2017.
- MELO, M. C. **Parâmetros físicos, físico-químicos e reológicos do mamão (*Carica papaya* L.) armazenado em diferentes temperaturas**. 2018. 65f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2018.
- MORAIS, P. L. D.; SILVA, G. G.; MAIA, E. N.; MENEZES, J. B. Avaliação das tecnologias pós-colheita utilizadas e da qualidade de melões nobres produzidos para exportação. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 29, p. 214-218, 2009.
- NASCIMENTO, M. S. **Avaliação comparativa de tratamentos químicos na sanitização de frutas e verduras**. 2002. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2002.
- NASCIMENTO, M. S.; SILVA, N.; CATANOZI, M. P. L. M.; SILVA, K. C. Avaliação comparativa de diferentes desinfetantes na sanitização de uva. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 63-68, 2003.
- NEVES, I. P. Cultivo do mamão. v. 46. 2007. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/materia1994/46/3/46_3_171/_article/-char/ja/. Acesso em: 10 jan. 2020.
- NICOLAU-LAPEÑA, I.; ABADIAS, M.; BOBO, G.; AGUILÓ-AGUAYO, I.; LAFARGA, T.; VIÑAS, I. Strawberry sanitization by peracetic acid washing and its effect on fruit quality. **Food microbiology**, v. 83, p. 159-166, 2019.
- OLIVEIRA, S. M. A.; DANTAS, S. A. F.; GURGEL, L. M. S. Indução de resistência em doenças pós-colheita em frutas e hortaliças. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 12, p. 343-371, 2004.
- OLIVEIRA, E. J.; OLIVEIRA, G. A. F.; OLIVEIRA, V. J. S.; DANTAS, A. C. V. L.; DANTAS, J. L. L.; PÁDUA, J. G. **Desenvolvimento de novas linhagens de mamoeiro com**

- auxílio de marcadores microssatélites.** In: Embrapa Mandioca e Fruticultura-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 5., 2011, Porto Seguro. Inovação e sustentabilidade: anais. Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011. 1 CD-ROM., 2011.
- PINTO, L. K. A.; MARTINS, M. L. L.; RESENDE, E. D.; ALMEIDA, R. F.; VITORAZI, L.; PEREIRA, S. M. F. Influência da atmosfera modificada por filmes plásticos sobre a qualidade do mamão armazenado sob refrigeração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 744-748, 2006.
- SANTOS, E. C. dos. **Vida útil pós-colheita de mamão Formosa ‘Tainung 01’ tratado com 1-Metilciclopropano.** 2008. 95 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2008.
- SANTOS, J. S.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Review: fresh, minimally processed foods packaged under modified atmosphere. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 1-14, 2012.
- SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R. **Extratos e óleos essenciais de plantas medicinais na indução de resistência.** In: CAVALCANTI, L. S. et al. (org.). Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos. Piracicaba: Fealq, 2005. p. 125-132.
- SERRANO, L. A. L.; CATTANEO, L. F. O cultivo do mamoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 657-959, 2010.
- SESTARI, I.; KLUG, R. A. **Métodos empregados no pré-resfriamento de frutas hortaliças.** Serie produtor rural –Nº 40 – Universidade de São Paulo. Escola superior de agricultura “Luís de Queiroz” – ESALQ, Piracicaba, 2008.
- SILVA, J. S.; FINGER, F. L.; CORRÊA, P. C. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. **Armazenamento de frutas e hortaliças.** Viçosa, MG. p. 469-502, 2008.
- SILVA, D. F. P.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; ROCHA, A. Potassium permanganate effects in postharvest conservation of the papaya cultivar Sunrise Golden. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 669-675, 2009.
- SILVA, S. B.; LUVIELMO, M. M.; GEYER, M. C.; PRÁ, I. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 659-682, 2011.
- SILVEIRA, A. C.; AGUAYO, E.; ESCALONA, V. H.; ARTÉS, F. Hot water treatment and peracetic acid to maintain fresh-cut Galia melon quality. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 12, n. 4, p. 569-576, 2011.
- SOUZA, G. **Características físicas, químicas e sensoriais do fruto de cinco cultivares de mamoeiro (*Carica papaya* L.) produzidas em Macaé-RJ.** 1998. 68f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes-RJ, 1998.
- SOUZA, M. S.; AZEVEDO, I. G.; CORRÊA, S. F.; SILVA, M. G.; PEREIRA, M. G.; OLIVEIRA, J. G. Resposta da aplicação do 1-MCP em frutos de mamoeiro ‘Golden’ em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 693-700, 2009.

SPADARO, D.; GULLINO, M.L. State of the art and future prospects of biological control of postharvest fruit diseases. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v.91, n. 2, p. 185-194, 2004.

TEODOSIO, A. E. M. M. **Conservação pós-colheita de umbu recoberto com microalga e óleo da semente da romã**. 2019. 80f. Dissertação (Mestrado em Horticultura tropical) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2019.

TRINDADE, A. V. et al. **Mamão produção: aspectos técnicos**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2000.

TOKARSKYY, O.; SCHNEIDER, K. R.; BERRY, A.; SARGENT, S. A.; SREEDHARAN, A. Sanitizer applicability in a laboratory model strawberry hydrocooling system. **Postharvest Biology and Technology**. v. 101, p. 103–106, 2015.

THOMPSON, J. F. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks**. In: Agriculture Handbook Number 66. USDA, ARS, 2004.

VANDEKINDEREN, I.; DEVLIEGHERE, F.; VAN CAMP, J.; DENON, Q.; SANCHEZ-ALARCON, S.; RAGAERT, P.; DE MEULENAER, B. Impact of a decontamination step with peroxyacetic acid on the shelf-life sensory quality and nutrient content of grated carrots packed under equilibrium modified atmosphere and stored at 7 °C. **Postharvest Biology and Technology**, n. 54, p. 141-152, 2009.

VAN DE VELDE, F.; VACCARI, M. C.; PIAGENTINI, A. M.; PIROVANI, M. É. Optimization of strawberry disinfection by fogging of a mixture of peracetic acid and hydrogen peroxide based on microbial reduction, color and phytochemicals retention. **Food Science and Technology International**, v. 22, n. 6, p. 485-495, 2016.

YANG, Z.; MA, Z.; ZHA, C.; CHEN, Y. Study on forced-air pre-cooling of Longan. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, Paper No. 076267. St. Joseph. 2007.

ZOELLNER, C.; AGUAYO-ACOSTA, A.; SIDDIQUI, M. W.; DÁVILA-AVIÑA, J. E. Peracetic Acid in Disinfection of Fruits and Vegetables. **Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables**, p. 53–66, 2018.

CAPÍTULO II

QUALIDADE DO MAMÃO FORMOSA: EFEITO DO PRÉ-RESFRIAMENTO

RESUMO

Neste trabalho foi estudado o efeito do pré-resfriamento na qualidade e conservação de mamão Formosa ‘Tainung I’. Os mamões foram oriundos de um pomar comercial de produção convencional, colhidos em estágio de maturação II. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas 4 x 6, sendo as parcelas constituídas pelos tratamentos de pré-resfriamento [I – frutos controle (sem pré-resfriamento), II – pré-resfriamento a 15 °C em câmara fria (15 °C-CF), III – pré-resfriamento a 7 °C em câmara fria (7 °C-CF) e IV – pré-resfriamento a 7 °C em câmara de ar forçado (7 °C-AF)] e as subparcelas, pelos períodos de avaliação durante o armazenamento (0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias). O pré-resfriamento retardou o amadurecimento e a senescência do mamão Formosa, reduzindo a perda de coloração verde e da firmeza. O surgimento de danos pelo frio e a incidência de fungos dos gêneros *Fusarium* e *Alternaria* limitaram a vida útil do mamão formosa ‘Tainung I’ do presente trabalho, independentemente do tratamento, até 21 dias de armazenamento. O aparecimento de regiões endurecidas na polpa do fruto, comprometeu sua qualidade sensorial dos frutos, merecendo investigação mais aprofundada sobre as causas desse distúrbio.

Palavras-chaves: *Carica papaya* L, análises físico-químicas, análise sensorial, vida útil pós-colheita, resfriamento rápido.

QUALITY OF FORMOSA PAPAYA: EFFECT OF PRE-COOLING

ABSTRACT

In this research, the effect of pre-cooling on the quality and conservation of papaya Formosa 'Tainung I' was studied. The papayas came from a commercial orchard of conventional production in stage II maturation. The experimental design used was completely randomized, in a 4 x 6 subdivided plot scheme, with the parcels constituted by the pre-cooling treatments [I - control fruits (without pre-cooling), II - pre-cooling at 15 ° C in cold chamber (15 ° C-CF), III - pre-cooling to 7 ° C in cold chamber (7 ° C-CF) and IV - pre-cooling to 7 ° C in forced air chamber (7 ° C-AF)] and the subplots by the evaluation periods during storage (0, 7, 14, 21, 28 and 35 days). Pre-cooling delayed the ripening and senescence of papaya Formosa, reducing the loss of green color and firmness. The appearance of cold damage and the incidence of fungi of the genus *Fusarium* and *Alternaria* limited the useful life of the beautiful papaya 'Tainung I' in this study, regardless of treatment, up to 21 days of storage. The appearance of hardened regions in the fruit pulp, compromised the sensorial quality of the fruits, deserving a deeper investigation about the causes of this disorder.

Key-words: *Carica papaya* L, physical-chemical analysis, sensory analysis, postharvest shelf-life, rapid cooling.

1. INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é um fruto tropical de grande importância econômica em todo o mundo. Apesar do Brasil ser considerado o segundo maior produtor do mundo, perde cerca de 30% da produção na pós-colheita (IBGE, 2019). Nos frutos de mamão, a alta produção de etileno e a taxa respiratória após a colheita desencadeiam rapidamente transformações nos frutos, aumentando a suscetibilidade a danos mecânicos e infecções por patógenos, o que reduz significativamente a vida útil e aumenta as perdas pós-colheita (CHEN et al., 2007; FONTES et al., 2008).

Para garantir que os frutos cheguem ao consumidor com boa qualidade, diversas técnicas de prolongamento da vida útil pós-colheita têm sido estudadas. Para tanto, o pré-resfriamento tem se mostrado eficaz em prolongar a vida pós-colheita de frutas e hortaliças, especialmente em frutos altamente perecíveis, como o mamão (MATOUK et al., 2018). Esse método consiste na rápida remoção do calor do campo dos frutos após a colheita, antes do armazenamento, processamento ou transporte, a fim de diminuir rapidamente a temperatura da polpa (BRACKMANN et al., 2009). A rápida diminuição da temperatura dos frutos antes do armazenamento contribui para reduzir a produção e a sensibilidade ao etileno, fitormônio responsável por acelerar o amadurecimento e a senescência (FABI et al., 2019), consequentemente retardando os processos de deterioração e aumentando a vida útil dos frutos.

Existem diferentes métodos de pré-resfriamento, que diferem na eficácia da remoção de calor, custo de utilização e eficácia na manutenção da qualidade física e química de cada fruto (ELANSARI, 2009). No entanto, para frutos os métodos mais comumente usados são o resfriamento em câmaras frias convencionais, um sistema lento, que consiste na exposição do produto ao frio, em uma câmara com distribuição uniforme do ar; e o ar forçado, que é um sistema mais rápido, onde há passagem de um fluxo de ar frio diretamente sobre o produto (ZHOU et al., 2019).

O pré-resfriamento já apresentou resultados positivos em outros produtos, como melão (BRACKMANN et al., 2011), goiaba (DHARA et al., 2017), pera (ZHAO et al., 2018) e manga (LI et al., 2019). Entretanto, são escassas as informações sobre a melhor técnica de pré-resfriamento para conservação e manutenção da qualidade pós-colheita de mamão.

Assim, objetivou-se avaliar o efeito de condições de pré-resfriamento na qualidade e conservação pós-colheita de frutos de mamão armazenados em ambiente refrigerado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Amostras e instalação do experimento

Os mamões Formosa cv. Tainung I foram obtidos de um pomar comercial de Empresa exportadora de frutos, localizada no município de Icapuí, Ceará, Brasil (4° 42' 46" S e 37° 21' 18" W). O clima da região, segundo a classificação Köppen, é do tipo Aw, que é tropical úmido com temperaturas médias mensais acima de 18°C e com o mês mais seco com precipitação inferior a 60 mm (BECK et al., 2018).

Os frutos foram colhidos em estágio de maturação II (25% do fruto com casca amarela), sem defeitos aparentes e livres de doenças. Em seguida, os mamões foram transportados para a casa de embalagem onde foram lavados com água e higienizados com solução de hipoclorito de sódio e fungicida Posfruit®.

Posteriormente, foram aplicados os tratamentos que consistiram em submeter os frutos a diferentes condições de pré-resfriamento, sendo: I – controle (frutos não pré-resfriados); II – pré-resfriamento em câmara fria (CF) sob temperatura de 15 °C (88% UR) (15°C-CF); III – pré-resfriamento em câmara fria sob temperatura de 7 °C (83% UR) (7 °C-CF); IV – pré-resfriamento em câmara de ar forçado (AF) sob temperatura de 7 °C (80% UR) (7 °C-AF). Os frutos foram mantidos nessas condições até atingirem temperatura de polpa de 15 °C. A temperatura da polpa foi monitorada por meio de termômetro digital tipo “espeto” (Incoterm®, ponteira de 4 mm de diâmetro), que foi inserido em três frutos de cada lote pré-resfriado, em intervalos de 60 minutos. Os frutos utilizados para monitorar as temperaturas da polpa não faziam parte das amostras experimentais e, portanto, não foram armazenados.

O pré-resfriamento sob ar forçado a 7 °C reduziu a temperatura da polpa dos mamões para 15 °C em aproximadamente uma hora, ao passo que os frutos pré-resfriados em câmara fria a 15 °C e 7 °C atingiram essa temperatura após duas e quatro horas, respectivamente. Os frutos do tratamento controle foram armazenados com temperatura de polpa de 28 °C aproximadamente.

Após a aplicação dos tratamentos, todos os frutos foram acondicionados em filmes plásticos microperfurados, embalados individualmente e armazenadas em câmara fria a 10 ± 1 °C e $70 \pm 5\%$ UR por 35 dias. No dia da colheita e a cada sete dias, oito frutos por tratamento foram transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita da

Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró- RN, para avaliação da qualidade.

2.2. Características avaliadas

A perda de massa dos frutos, expressa em porcentagem, foi obtida pela diferença entre a massa inicial do fruto e aquela obtida ao final de cada tempo de armazenamento, com auxílio de balança analítica de precisão.

A aparência externa e interna dos frutos foi determinada utilizando-se uma escala visual de notas subjetivas adaptada de Rocha et al. (2005), observando-se na aparência externa danos pelo frio, depressões, manchas, murcha e manifestações de doenças (podridões, estruturas fúngicas patogênicas), e na aparência interna: amolecimento aquoso da polpa, endurecimento interno provocado por dano pelo frio e manifestação de doenças (podridões, estruturas fúngicas patogênicas). Quando observada a presença de estruturas fúngicas patogênicas, essas foram identificadas com o auxílio de microscópio óptico.

A coloração da casca e da polpa foi determinada em termos de Luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo de cor ($^{\circ}$ hue), através de colorímetro digital (Konica Minolta, modelo CR400, sistema CIELAB, iluminante D65), com medidas realizadas em dois pontos equidistantes sobre a casca e a polpa.

A firmeza do fruto e da polpa foram obtidas utilizando-se um texturômetro digital computadorizado (Stable Micro Systems, modelo TA.XTExpress/TA.XT2icon), com probe cilíndrico de aço inoxidável com diâmetro de 5 mm (modelo P/5), célula de carga de 5 kg, profundidade de penetração de 10 mm e velocidades de pré-teste, teste e pós-teste de 1 mm/s, 2 mm/s e 10 mm/s, respectivamente. Foram realizadas duas leituras equidistante na região equatorial do exocarpo e mesocarpo dos frutos após seccionados. Os resultados foram expressos em Newton (N).

Em seguida, a fração polpa (mesocarpo) foi homogeneizada com ultraprocessador tipo Ninja® (Nutri Ninja Auto IQ - BL450BR), formando uma única amostra para análises.

O conteúdo de sólidos solúveis (SSC) foi avaliado na polpa por refratometria digital (modelo PR – 100, Palette, Atago Co, LTD., Japan, Atago®) (AOAC, 2002). A determinação da acidez titulável (TA) foi realizada por meio de titulação com NaOH 0,1 N (IAL, 2008), resultados expressos em % de ácido cítrico. O pH foi determinado com auxílio de

potenciômetro de leitura direta (pHmeter - Modelo mPA-210, Tecnal®), conforme metodologia proposta por AOAC (2002).

Os açúcares totais foram obtidos pelo método da Antrona, conforme Yemn; Wills (1954), com resultados expressos em %. A vitamina C foi determinada por titulação com solução de Tilman, conforme descrito por Strohecker; Henning (1967), sendo os resultados expressos em mg de ácido ascórbico/100 g de polpa.

O conteúdo de β -caroteno na polpa dos frutos foi realizado por espectrofotometria, adaptado de Nagata; Yamashita (1992), e os resultados foram expressos em $\mu\text{g/ml}$ de polpa. A atividade da Pectinametilesterase (PME) foi determinada usando metodologia adaptada de Jen; Robinson (1984).

A análise sensorial foi composta por 10 provadores treinados, realizada aos 21 e 35 dias de armazenamento. Os atributos avaliados foram a cor, sabor, aroma, textura e aceitação global por meio de escala hedônica de nove pontos: (1) desgostei muitíssimo; (2) desgostei muito; (3) desgostei moderadamente; (4) desgostei ligeiramente; (5) não gostei/nem desgostei; (6) gostei ligeiramente; (7) gostei moderadamente; (8) gostei muito; (9) gostei muitíssimo (STONE; SIDEL, 2004). A intenção de compra foi avaliada por meio de escala hedônica de cinco pontos com os seguintes níveis: (1) certamente compraria; (2) provavelmente compraria; (3) tenho dúvida se compraria; (4) provavelmente não compraria; (5) certamente não compraria. Para o desenvolvimento da análise sensorial dentro dos padrões da ética, o projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, confirmado pelo parecer n° 4.441.871.

2.3. Análise estatística

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema de parcelas subdivididas 4 x 6, com as parcelas constituídas pelos tratamentos de pré-resfriamento e os períodos de avaliação constituíram as subparcelas, com quatro repetições de dois frutos cada. Os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$), e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). Os dados de aparência e análise sensorial foram avaliados pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), e as médias agrupadas pelo teste de Bonferroni ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas no *software* R, versão 3.5.2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre os fatores tratamentos de pré-resfriamento e tempos de armazenamento para as variáveis perda de massa ($p < 0,01$), firmeza do fruto ($p < 0,01$), firmeza da polpa ($p < 0,01$), sólidos solúveis ($p < 0,01$), açúcares totais ($p < 0,05$) e conteúdo de β -caroteno ($p < 0,01$). As variáveis acidez titulável ($p < 0,05$), pH ($p < 0,01$) e índices de coloração da casca (luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue) ($p < 0,01$) foram influenciadas pelos fatores tratamentos de pré-resfriamento e pelo tempo de armazenamento isoladamente, ao passo que a vitamina C ($p < 0,01$) foi influenciada apenas pelo tempo de armazenamento.

3.1. Aparência externa e interna

A avaliação da aparência é um dos principais critérios utilizado pelo consumidor no julgamento da qualidade. Características como cor, ausência de danos mecânicos, fisiológicos e patológicos permitem estimar o tempo de colocação no mercado, devendo os produtos chegar aos centros consumidores com qualidade visual aceitável para comercialização (OLIVEIRA, 2014). No presente estudo, houve redução nos escores de aparência externa e interna durante o armazenamento, independentemente das condições de pré-resfriamento. Com relação à aparência externa, verificou-se perda de qualidade após sete dias de armazenamento, estando relacionada ao surgimento de danos pelo frio e presença de manchas fisiológicas, além de observar-se atraso e desuniformidade no amadurecimento dos frutos aos 28 dias. Nesse mesmo período, verificou-se incidência de fungos patogênicos na região peduncular e em pequenas áreas da epiderme do fruto, que limitou a vida útil dos frutos. Estes fungos foram identificados como sendo dos gêneros *Fusarium* e *Alternaria*. Entretanto, ao final do armazenamento, os frutos se apresentavam com características adequadas para o consumo, com notas acima de 3,0, classificando-se como frutos com boa aparência. Quanto à aparência interna, houve manutenção da qualidade até os 21 dias de armazenamento com notas máxima (5,0), indicando frutos com polpa sem defeitos. A partir dos 28 dias de armazenamento, observou-se defeitos leves na polpa dos frutos, relacionado a danos pelo frio caracterizado pela inibição do amadurecimento e presença de regiões endurecidas, classificando-os como impróprios para o consumo, com características inadequadas para comercialização.

3.2. Perda de massa

Observou-se diferenças significativas de perda de massa entre os tratamentos ao longo do armazenamento. Aos 21 dias, a menor perda de massa foi apresentada por frutos pré-resfriados a 7 °C-CF (1,74%), entretanto, ao final do armazenamento, o tratamento de pré-resfriados em câmara fria a 15 °C resultou em menor perda de massa quando comparado aos demais tratamentos (Figura 1A).

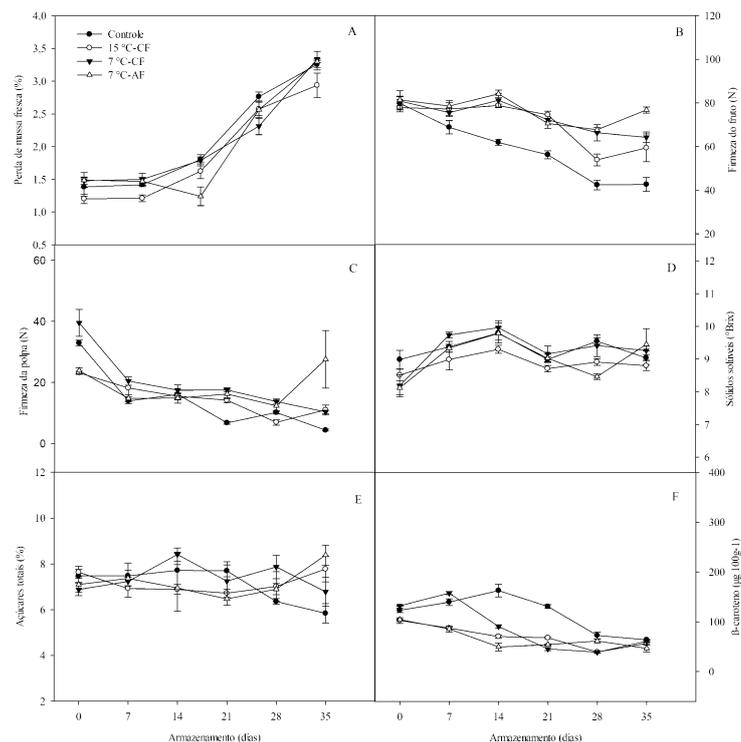


Figura 1. Perda de massa (A), firmeza do fruto (B), firmeza da polpa (C), conteúdo de sólidos solúveis (D), açúcares totais (E) e conteúdo de β-caroteno (F) em mamão Formosa ‘Tainung I’ submetido a diferentes condições de pré-resfriamento, seguidos de armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $70 \pm 5\%$ UR). CF: câmara fria; AF: ar forçado. Valores médios \pm erro padrão ($n = 4$).

A condição de pré-resfriamento a 15 °C-CF no mamão foi a mais positiva e conseguiu barrar 10,91% de perda de massa em comparação ao pré-resfriamento a 7 °C em câmara fria com ar forçado e tratamento controle. O pré-resfriamento atua na redução da transpiração na superfície do fruto, diminuindo a perda de água e, conseqüentemente, a perda de massa (LI et al., 2019). No entanto, neste estudo apenas o pré-resfriamento a 15 °C-CF foi efetivo em minimizar a perda de massa dos frutos após 35 dias de armazenamento, em comparação ao tratamento controle. Isso pode ser relacionado à maior umidade relativa observada na câmara

fria de aplicação desse tratamento, resultando em menor perda de massa. De acordo com Bello et al. (2012), a perda de massa deve-se à eliminação de água pelos processos de transpiração e respiração, a qual, se elevada, compromete a aparência dos frutos, ocasionando superfície enrugada. No entanto, frutos pré-resfriados e controle chegaram ao final do armazenamento com perdas de massa abaixo do considerado prejudicial para o mamão (acima de 5%).

3.3. Firmeza do fruto e da polpa e atividade da Pectinametilesterase (PME)

A firmeza dos frutos reduziu ao longo do armazenamento, entretanto, os frutos pré-resfriados apresentaram comportamento semelhante, mantendo-se mais firmes que frutos controle. Após 14 dias de armazenamento, frutos pré-resfriados apresentavam firmeza em torno de 81,36 N, não diferindo dos valores observados no início do armazenamento, ao passo que os frutos do tratamento controle já tiveram sua firmeza reduzida para 61,87 N, e continuou reduzindo até o final do armazenamento (42,65 N). Em frutos pré-resfriados a 15 °C-CF, a firmeza manteve-se até os 21 dias, ao passo que os frutos pré-resfriados a 7 °C-CF e 7° C-AF mantiveram até os 14 dias (Figura 1B). Quanto à firmeza da polpa, observou-se redução significativa aos sete dias de armazenamento. Contudo, o tratamento de pré-resfriamento a 7 °C-AF manteve a firmeza da polpa dos frutos do 7° ao 28° dia de armazenamento (15,51 N), ao passo que em frutos pré-resfriados a 15 °C-CF houve redução da firmeza nesse período de armazenamento. Nos frutos pré-resfriados a 7 °C-CF, a perda de firmeza foi semelhante àquela de frutos sem pré-resfriamento, reduzindo durante todo o armazenamento. A incidência de regiões endurecidas na polpa dos frutos influenciou significativamente a firmeza naqueles tratados a 7 °C-AF e 15 °C-CF, observando-se aumento da firmeza após 28 dias. Ao final do armazenamento, frutos controle apresentaram menores valores de firmeza de polpa (4,33 N) em comparação aos demais tratamentos (Figura 1C).

A firmeza é um importante atributo de qualidade dos frutos que influencia a aceitabilidade pelos consumidores, pois além da palatabilidade existem vários fatores de interesse comercial que dependem da textura, como a resistência ao transporte, manuseio e doenças (MANRIQUE; LAJOLO, 2004). No mamão, o amadurecimento é marcado por mudanças na textura relacionadas ao metabolismo dos carboidratos da parede celular, o que culmina no amolecimento (PINTO et al., 2011). Assim, os maiores valores de firmeza mantidos em frutos pré-resfriados podem ser justificados pela ação efetiva do tratamento na manutenção da firmeza em mamão; o pré-resfriamento remove rapidamente o calor do campo

de frutos após a colheita, reduzindo o metabolismo, e possivelmente reduz também a atividade da Pectinametilsterase (PME), enzima que atua na degradação da parede celular e no amolecimento dos frutos durante o amadurecimento (FONTES et al., 2008; DIAS et al., 2011). Resultados semelhantes foram obtidos por Li et al. (2019) ao avaliar o efeito do pré-resfriamento na qualidade da manga e por Brackmann et al. (2009) em pêssegos ‘Chiripá’, que observaram retardo na redução da firmeza de frutos pré-resfriados, ao término do armazenamento superior ao controle.

O uso do pré-resfriamento promoveu efeito inibitório sobre a atividade da enzima pectinametilsterase nos frutos, uma vez que apresentaram os menores valores de atividade em relação ao controle. O pré-resfriamento a 7 °C em câmara fria proporcionou menor atividade da enzima nos mamões, não diferindo daqueles pré-resfriados a 15 °C (Tabela 1). Possivelmente, porque o metabolismo dos frutos foi desacelerado (GALLON, 2010).

Tabela 1. Valores médios da atividade da enzima pectinametilsterase (PME), acidez titulável (AT), pH e coloração da casca de acordo com luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo Hue (°h) em mamão Formosa ‘Tainung I’ submetido a diferentes condições de pré-resfriamento.

Condições de pré-resfriamento	PME	AT (% ácido cítrico)	pH	Casca		
				L	C	°h
Controle	838,14a	0,126a	5,36b	45,44a	26,48a	109,20c
15 °C-CF	735,81bc	0,110b	5,38ab	44,62b	25,07b	112,85b
7 °C-CF	663,57c	0,111b	5,42a	44,53b	24,59bc	114,37ab
7 °C-AF	755,47b	0,110b	5,42a	43,44c	23,84c	115,34a

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). CF: câmara fria; AF: ar forçado. PME: CV1= 15,59%; CV2= 17,21%, AT: CV1= 11,85%; CV2= 12,42%; pH: CV1= 1,42%; CV2= 1,81%; L: CV1= 2,62%; CV2= 4,70%; C: CV1= 6,47%; CV2= 9,28%; °h: CV1= 2,27%; CV2= 2,94%.

A atividade da PME foi pouco variável durante os 28 dias (781,35 UE g⁻¹ min⁻¹), reduzindo para 595,32 UE g⁻¹ min⁻¹ ao final do armazenamento (Tabela 2). A menor atividade enzimática da PME promove a manutenção do grau de esterificação, dificultando a desmetilação do polímero péctico. Assim, reduz a ação subsequente da poligalacturonase, que se reflete no controle da degradação das substâncias pécticas e, por conseguinte, da solubilização da pectina e amaciamento do fruto (VILAS et al., 2007).

Tabela 2. Valores médios da atividade da enzima pectinametilesterase (PME), acidez titulável (TA), pH, coloração da casca de acordo com luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo Hue (°h) e vitamina C (VITC) em mamão Formosa ‘Tainung I’ em função do tempo de armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $70 \pm 5\%$ UR).

Armazenamento (dias)	PME	AT (% ácido cítrico)	pH	Casca			VITC
				L	C	°h	
0	863,65a	0,106cd	5,66a	43,06b	23,10c	117,45a	55,65bc
7	772,88ab	0,100d	5,39b	43,49b	23,84bc	115,61ab	58,98b
14	709,22b	0,114c	5,36b	44,22ab	25,15ab	113,41bc	69,96a
21	767,06ab	0,125b	5,41b	45,41a	26,46a	111,59cd	60,66b
28	781,35ab	0,137a	5,26c	45,20a	26,00a	110,61de	51,14cd
35	595,32c	0,104cd	5,28c	45,67a	25,41ab	108,98e	47,55d

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). CF: câmara fria; AF: ar forçado. PME: CV1= 15,59%; CV2= 17,21%, TA: CV1= 11,85%; CV2= 12,42%; pH: CV1= 1,42%; CV2= 1,81%; L: CV1= 2,62%; CV2= 4,70%; C: CV1= 6,47%; CV2= 9,28%; °h: CV1= 2,27%; CV2= 2,94%; VITC: CV1= 15,07%; CV2= 11,98%.

3.4. Acidez titulável (AT) e pH

Os frutos pré-resfriados apresentaram valores estatisticamente iguais e inferiores de acidez, na comparação aos frutos do tratamento controle. Corroborando com a acidez titulável, os valores de pH apresentaram-se maiores em frutos pré-resfriados, entretanto os pré-resfriados a 15 °C-CF não diferiram dos frutos do tratamento controle (Tabela 1). A maior acidez em frutos controle relaciona-se possivelmente à degradação da pectina e à formação de ácido galacturônico, na medida em que a parede celular se degrada no processo de amadurecimento. A rápida redução da atividade metabólica a partir do pré-resfriamento retarda processos de amadurecimento que culminariam no acúmulo de ácidos orgânicos, com redução da acidez (PINTO et al., 2006; NUNES et al, 2017).

Ao longo do armazenamento, observou-se variação da acidez titulável, apresentando aumento até os 28 dias (0,137%), reduzindo aos 35 dias (0,104%), ao passo que o pH apresentou leve redução, variando de 5,6 a 5,3 (Tabela 2). Na medida em que o fruto amadurece, pode ocorrer o aumento da acidez, com diminuição gradativa do pH, possivelmente pela síntese de ácidos orgânicos resultante da degradação da parede celular, e o declínio indica a conversão desses ácidos em açúcares e sua posterior utilização no processo

metabólico da respiração, assim como em outros processos bioquímicos (KUWAR et al., 2015).

3.5. Sólidos solúveis e Açúcares totais

O conteúdo de sólidos solúveis (SS) manteve-se durante todo o armazenamento em frutos pré-resfriados a 15 °C-CF, com valores próximos de 8,87 °Brix. No entanto, frutos pré-resfriados a 7 °C-CF apresentaram elevação nos teores de sólidos solúveis até os 14 dias, com leve redução aos 21 dias, uma variação de 9,7 °Brix a 8,9 °Brix, mantendo-se até os 35 dias de armazenamento. Comportamento semelhante ocorreu em frutos do tratamento a 7 °C-AF e controle, ressalvando-se que o pré-resfriamento a 7 °C-AF apresentou menor valor aos 28 dias, diferindo significativamente dos demais tratamentos (Figura 1. Perda de massa (A), firmeza do fruto (B), firmeza da polpa (C), conteúdo de sólidos solúveis (D), açúcares totais (E) e conteúdo de β -caroteno (F) em mamão Formosa 'Tainung I' submetido a diferentes condições de pré-resfriamento, seguidos de armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $70 \pm 5\%$ UR). CF: câmara fria; AF: ar forçado. Valores médios \pm erro padrão ($n = 4$).D). O aumento do SS ocorrido nessas condições de pré-resfriamento deve-se possivelmente ao avanço do processo de maturação, que resulta dos sólidos solúveis, e a perda de água dos frutos também provoca aumento da concentração de SS. Por sua vez, a pouca variação em frutos pré-resfriados a 15 °C-CF pode se dever à redução da taxa metabólica dos frutos, com retenção de moléculas de açúcar na forma de polissacarídeos (NERES et al., 2004; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para os açúcares totais, não foram observadas diferenças significativas entre os frutos pré-resfriados e controle até os 28 dias de armazenamento. Entretanto, aos 35 dias, os frutos pré-resfriados apresentaram maiores conteúdos de açúcares totais do que os frutos controle. Nos frutos controle, houve tendência de redução dos açúcares totais durante o armazenamento, ao passo que nos frutos pré-resfriados os valores se mantiveram constantes (FIGURA 1E). Nas condições de pré-resfriamento, a variação no teor de açúcar do fruto foi pequena, provavelmente devido à rápida remoção do calor do campo após a colheita, que limita a atividade respiratória e reduz o uso de açúcares como substrato (JAWANDHA et al., 2016).

3.6. Vitamina C

A vitamina C não foi afetada pelos tratamentos de pré-resfriamento. Contudo, a concentração de vitamina C aumentou gradativamente até os 14 dias, atingindo um máximo de 69,9 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹, com posterior redução até o último período de armazenamento (47,55 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹) (Tabela 2). A variação do conteúdo de ácido ascórbico pode estar relacionada às mudanças ocorridas durante a maturação do fruto observadas no armazenamento (ONG et al., 2013). Comportamento semelhante foi reportado por Rebouças et al. (2012) e Muñoz (2017) em mamão Formosa 'Tainung I', com valores médios de 56,62 mg 100 g⁻¹ e 60,02 mg 100 g⁻¹, respectivamente.

3.7. Coloração da casca e β-caroteno

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, em relação à Luminosidade da casca, o tratamento controle apresentou frutos mais claros do que os tratamentos de pré-resfriamento. Esse resultado é evidenciado pelos maiores valores de L nos frutos desse tratamento. Quanto ao croma (C) da casca, nota-se diferenças significativas entre os tratamentos, sendo o maior valor obtido para os frutos controle, indicando maior intensidade de cor na casca desses frutos, tendendo para cores vívidas. Com relação ao ângulo Hue (°h), o maior valor foi observado em mamões submetidos a pré-resfriamento a 7 °C-AF, não diferindo dos 7 °C-CF, indicando frutos com coloração mais verde, ao passo que os frutos do tratamento controle apresentaram menor valor médio, com coloração menos verde.

Durante o amadurecimento, observou-se leve incremento nos valores de Luminosidade e cromaticidade, observando-se frutos de coloração intensa e brilhosos. Os valores de ângulo hue diminuiram com o armazenamento, variando do verde para um tom mais amarelado (Tabela 2). De acordo com Paliyath et al. (2008), a alteração do amarelo da casca se deve à decomposição estrutural das moléculas de clorofila, envolvendo a atividade da clorofilase e a síntese de carotenoides. Porém, esse processo pode ser retardado com o uso do pré-resfriamento. O resfriamento rápido dos frutos após a colheita diminui o metabolismo e a degradação de clorofila, como consequência da redução da produção de etileno, da ação combinada de clorofilases e sistemas oxidativos, bem como da redução do pH pela liberação de ácidos orgânicos do vacúolo celular, proporcionando talvez uma aparência verde em frutos pré-resfriados, principalmente aqueles pré-resfriados a 7°C em câmara de ar forçado (resfriamento rápido) (ROCHA et al., 2005). Resultados semelhantes foram verificados por

Cherono et al. (2018) em tomates pré-resfriados e Sena et al. (2019) em cajus hidrorresfriados (5 °C).

O conteúdo de β -caroteno foi reduzido em todos os tratamentos, apresentando valores semelhantes ao final do armazenamento. Em frutos não pré-resfriados, o conteúdo de β -caroteno aumentou até os 14 dias (162,81 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$), reduzindo posteriormente. Entretanto, em frutos pré-resfriados a 7 °C-CF esse aumento ocorreu até o 7º dia (157,71 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$). Por outro lado, em frutos pré-resfriados a 15 °C-CF e 7 °C-AF ocorre leve redução aos 14 dias (102,80 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ para 70,60 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ e 104,61 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ para 49,70 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente), mantendo-se até 35 dias (Figura 1F). Os valores de β -caroteno variaram entre 40,20 a 162,81 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$, sendo os maiores valores exibidos pelos frutos controle, em conformidade com os obtidos em outros trabalhos (SENTANIN; AMAYA, 2007; PRITWANI; MATHUR, 2017).

Os carotenoides são importantes componentes, constituindo indicadores do processo de amadurecimento. Fatores como luminosidade, temperatura, variedades, métodos de determinação e práticas pós-colheita podem influenciar o teor de carotenoides no fruto (ZHOU et al., 2019). Deste modo, o menor conteúdo de carotenoides em frutos pré-resfriados indica que esse tratamento, por reduzir o metabolismo dos frutos, possivelmente reduz a biossíntese de betacarotenos (ABU-GOUKH et al., 2015). Dentre as condições de pré-resfriamento, destacam-se os a 15 °C-CF e 7 °C-AF, pela média significativamente menor aos demais tratamentos até os 14 dias de armazenamento.

3.8. Análise sensorial

Verificou-se que as amostras controle, pré-resfriadas a 15 °C-CF e 7 °C-AF, não diferiram significativamente nos atributos avaliados, apresentando maiores notas para os atributos desejáveis neste tipo de produto, apresentado entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei muito” (Figura 2A).

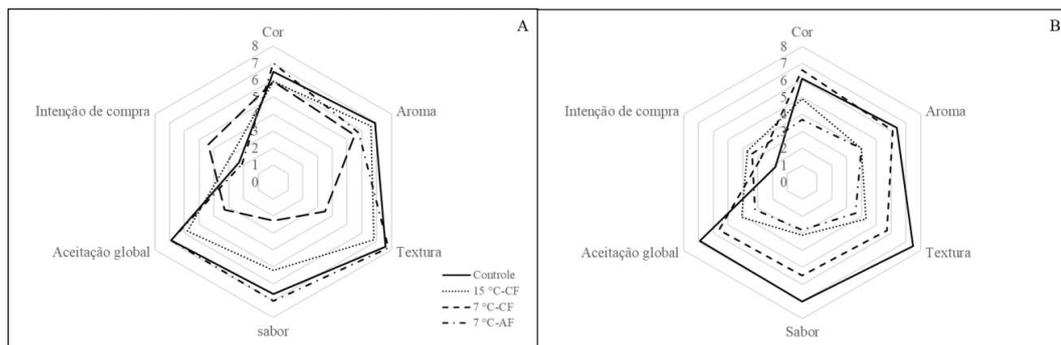


Figura 2. Perfil sensorial das amostras de mamão Formosa ‘Tainung I’ submetidas a diferentes condições de pré-resfriamento realizado aos 21 (A) e 35 (B) dias de armazenamento. CF: câmara fria; AF: ar forçado.

Na análise realizada aos 35 dias de armazenamento, foram observadas diferenças significativas nas comparações das médias de todos os atributos avaliados das amostras. Verificou-se que a qualidade foi menos afetada em amostras controle e amostras pré-resfriadas a 7 °C-CF em comparação às demais, apresentando maiores notas para os atributos avaliados em comparação aos demais tratamentos, conseqüentemente obtendo os melhores resultados no Teste de intenção de compra, comprovando a melhor aceitabilidade ao final do armazenamento, obtendo valores acima de 5 (“gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente”). As amostras de frutos pré-resfriados a 15 °C-CF e 7 °C-AF obtiveram menores valores médios para os atributos, variando entre os termos hedônicos “nem gostei/nem desgostei” a “desgostei moderadamente”, apresentando características indesejáveis como cor pálida, sabor amargo e sem doçura, sem aroma característico e com textura dura. Essas características podem ser atribuídas ao aparecimento de regiões endurecidas na polpa dos frutos, observado aos 28 e 35 dias, conforme avaliação da aparência interna, favorecendo o desenvolvimento de características indesejáveis, principalmente nas amostras tratadas nessas condições de pré-resfriamento (Figura 2B).

4. CONCLUSÕES

O pré-resfriamento retardou o amadurecimento e a senescência do mamão Formosa, reduzindo a perda de coloração verde e da firmeza. O surgimento de danos pelo frio e a incidência de fungos dos gêneros *Fusarium* e *Alternaria* limitaram a vida útil do mamão formosa ‘Tainung I’ do presente trabalho, até 21 dias de armazenamento independentemente do tratamento. O aparecimento de regiões endurecidas na polpa do fruto comprometeu sua qualidade sensorial dos frutos, merecendo investigação mais aprofundada sobre as causas desse distúrbio.

REFERÊNCIAS

- ABU-GOUKH, A. B. A.; AL FADIL, M. B.; ELBALLA, M. M. Effect of Pre-Cooling and Waxing on Quality and Shelf-Life of ‘Galia’ Cantaloupes (*Cucumis melo* var. *Cantaloupensis*). **University of Khartoum Journal of Agricultural Sciences**. v. 23, n. 1, p. 1-15, 2015.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis**. 17. ed. Washington: AOAC, 2002.
- BECK, H. E., ZIMMERMANN, N. E., MCVICAR, T. R., VERGOPOLAN, N., BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen-Geiger climate classification map sat 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, p. 180-214, 2018.
- BELLO, E. B.; LOAIZA, M. G.; PAJÓN, C. M. G.; RESTREPO, D. L. D.; GONZÁLEZ, J. H. G. Empleo de um Recubrimiento Formulado com Propóleos para el Manejo Poscosecha de Frutos de Papaya (*Carica papaya* L. cv. Hawaiana). **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v. 65, n. 1, p. 6497-6506, 2012.
- BRACKMANN, A.; WEBER, A.; GIEHL, R. F. H.; EISERMANN, A. C. Pré-resfriamento sobre a qualidade de pêssegos ‘Chiripá’. **Ciencia Rural**, v. 39, n. 8, p. 2354-2360, 2009.
- BRACKMANN, A.; ANESE, R. O.; GIEHL, R. F. H.; WEBER, A.; EISERMANN, A. C.; SESTARI, I. Pré-resfriamento para conservação pós-colheita de melões Cantaloupe ‘Hy Mark’. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 672-676, 2011.
- CHEN, N. J.; MANENOI, A.; PAULL, R. E. Papaya postharvest physiology and handling - problems and solutions. **Acta Horticulturae**, n. 740, p. 285–293, 2007.
- CHERONO, K.; SIBOMANA, M.; WORKNEH, T. S. Effect of infield handling conditions and time to pre-cooling on the shelf-life and quality of tomatoes. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, e2017016, 2018.
- CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.
- DHARA, P.; PATEL, N. L.; TANVEER, A.; APEKSHA, P.; KUMAR, V. Effect of pre-cooling packaging material on chemical and sensory quality of guava fruits [*Psidium Guajava* (Linn.)] Cv. Allahabad Safeda. **Journal of Environment and Ecology**, v. 35, n. 1, p. 64-69, 2017.
- DIAS, T. C.; MOTA, W. D.; OTONI, B. D. S.; MIZOBUTSI, G. P.; SANTOS, M. D. Conservação pós-colheita de mamão formosa com filme de PVC e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 666-670, 2011.
- ELANSARI, A. M. Design Aspects in the Precooling Process of Fresh Produce. Quality Retention During Postharvest Handling Chain. In: SIVAKUMAR, D. (org.).

ELANSARI, A. M. Design Aspects in the Precooling Process of Fresh Produce. Quality Retention During Postharvest Handling Chain. In: SIVAKUMAR, D. (org.). Fresh Produce 3, Special Issue I, p. 49-57, 2009.

FABI, J. P.; DO PRADO, S. B. R. Fast and Furious: Ethylene-Triggered Changes in the Metabolism of Papaya Fruit During Ripening. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 535, 2019.

FONTES, R. V.; SANTOS, M. P.; FALQUETO, A. R.; SILVA, D. M. Atividade da pectinametilesterase e sua relação com a perda de firmeza da polpa de mamão cv. Sunrise Solo e Tainung. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 54-58, 2008.

GALLON, C. Z. **Amolecimento precoce e sua relação com as modificações da parede celular em mamões ‘Golden’**. 2010. 111f. Tese (Doutor em Agronomia) – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Piracicaba - SP, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. Ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. [2018]. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: < www.sidra.ibge.gov.br > Acesso em: 06 de maio de 2019.

JAWANDHA, S. K.; SINGH, H.; KAUR, K.; ARORA, A. Effect of pre-cooling on storage behaviour of peach fruit. **Ecology, Environment and Conservation**, v. 22, p. 311-315, 2016.

JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. Pectinolytic enzymes in sweetbellpeppers (*Capsicum annuum* L). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 4, p. 1085-1087, 1984.

KUWAR, U.; SHARMA, S.; TADAPANENI, V. R. Aloe vera gel and honey based edible coatings combined with chemical dip as a safe means for quality maintenance and shelf life extension of fresh cut papaya. **Journal of Food Quality**, v. 38, n. 5, p. 347-358, 2015.

LI, J; FU, Y.; YAN, J.; SONG, H.; JIANG, W. Forced air precooling enhanced storage quality by activating the antioxidant system of mango fruits. **Journal of Food Quality**, p. 1–12, 2019.

MANRIQUE, G. D.; LAJOLO, F. M. Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, n. 1, p. 11-26, 2004.

MATOUK, A.; EL-KHOLY, M.; THARWAT, A.; ASKAR, S. Pre-Cooling and Temporary Storage of Apple Fruits. **Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering**, v. 9, n. 7, p. 269-275, 2018.

MUÑOZ, Y. P. B. **Estudio de las propiedades fisiológicas, fisicoquímicas y nutraceúticas en el período postcosecha de la papaya (*carica papaya* L.) Tainung f1 tipo exportación del departamento de córdoba**. 2017. 82f. Monografía (Bacharel em Engenharia de Alimento) - Universidad de Córdoba, Berástegui. 2017.

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

NERES, C. R. L.; VIEIRA, G.; DINIZ, E. R.; MOTA, W. F.; PUIATTI, M. Conservação do jiló em função da temperatura de armazenamento e do filme de polietileno de baixa densidade. **Bragantia**, v. 63, n. 3, p. 431-438, 2004.

NUNES, A. C. D.; NETO, A. F.; NASCIMENTO, I. K.; DE OLIVEIRA, F. J.; MESQUITA, R. V. C. Armazenamento de mamão 'formosa' revestido à base de fécula de mandioca. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 254-263, 2017.

OLIVEIRA, T. A. **Desenvolvimento de filmes à base de fécula de mandioca e aditivos naturais e sua aplicação na conservação de mamão**. 2014. 111f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2014.

ONG, M. K.; FORNEY, C. F.; ALDERSON, P. G.; ALI, A. Postharvest profile of a Solo variety “Frangi” during ripening at ambient temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 160, p. 12–19, 2013.

PALIYATH, G.; MURR, D. P.; HANDA, A. K.; LURIE, S. Postharvest biology and technology of fruits, vegetables, and flowers. 2008.

PINTO, L. K. A.; MARTINS, M. L. L.; RESENDE, E. D.; ALMEIDA, R. F.; VITORAZI, L.; PEREIRA, S. M. F. Influência da atmosfera modificada por filmes plásticos sobre a qualidade do mamão armazenado sob refrigeração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 26, n. 4, p. 744-748, 2006.

PINTO, L. K. A.; MARTINS M. L. L.; RESENDE E. D.; THIÈBAUT J. T. L. Atividade da pectina metilesterase e da β -galactosidase durante o amadurecimento do mamão cv. Golden. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 713- 722, 2011.

PRITWANI, R.; MATHUR, P. β -carotene Content of Some Commonly Consumed Vegetables and Fruits Available in Delhi. **Journal of Nutrition and Food Sciences**, v. 7, n. 5, p. 1-7, 2017.

R version 3.5.2 (2018-12-20) -- "EggshellIglou" Copyright (C) 2018 The R Foundation for Statistical Computing Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit).

REBOUÇAS, J. L.; MACHADO, F. L. C.; AFONSO, M. R. A.; SILVA, W. B.; COSTA, J. M. C. **Teores de ácido ascórbico em mamões (*Carica papaya* L.) submetidos a diferentes condições de armazenagem**. In: Congresso Brasileiro de Química, 52, 2012, Recife, PE. Anais (online). Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2012/trabalhos/10/360-12856.html>> Acesso em: 09 de julho 2020.

ROCHA, R. H. C.; NASCIMENTO, S. R. C.; MENEZES, J. B.; NUNES, G. H. S.; SILVA, E. O. Qualidade pós-colheita do mamão formosa armazenado sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 3, p. 386-389, 2005.

SENA, E. O. A.; SILVA, P. S. O.; ARAUJO, H. G. S.; BATISTA, M. C. A.; MATOS, A. N.; SARGENT, S. A.; OLIVEIRA JUNIOR, L. S. G.; CARNELOSSI, M. A. G. Postharvest

quality of cashew apple after hydrocooling and cold room. **Postharvest Biology and Technology**, v. 155, p. 65–71, 2019.

SENTANIN, M. A.; AMAYA, D. B. R. Teores de carotenoides em mamão e pêssego determinados por cromatografia líquida de alta eficiência. **Ciência e tecnologia de alimento**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 13-19, 2007.

STONE, H. S.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3rd edition. San Diego: Academic Press, 2004.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. (1967). Análisis de vitaminas, métodos comprobados. No. QP801. V5 S7e).

VILAS, M. T. R.; LIMA, L. C. D. O.; VILAS BOAS, E. V. D. B.; DOLL HOJO, E. T.; RODRIGUES, L. J.; PAULA, N. R. F. D. Caracterização química e bioquímica de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1435-1442, 2007.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**. v. 57, p. 508-514, 1954.

ZHAO, J.; XIE, X.; DAI, W.; ZHANG, L.; WANG, Y.; FANG, C. Effects of precooling time and 1-MCP treatment on 'Bartlett' fruit quality during the cold storage. **Scientia Horticulturae**, v. 240, p. 387–396, 2018.

ZHOU, D.; SHEN, Y.; ZHOU, P.; FATIMA, M.; LIN, J.; YUE, J.; ZHANG, X.; CHEN, L.; MING, R. Papaya CpbHLH1/2 regulate carotenoid biosynthesis-related genes during papaya fruit ripening. **Horticulture Research**, v. 6, n. 1, p. 80, 2019.

CAPÍTULO III

QUALIDADE DO MAMÃO FORMOSA: EFEITO DO ÁCIDO PERACÉTICO E DA ATMOSFERA MODIFICADA

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do uso de atmosfera modificada e do ácido peracético na qualidade e conservação pós-colheita de mamão Formosa ‘Tainung I’ cultivado em sistema orgânico. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema de parcelas subdivididas com dois fatores na parcela e um na subparcela (2 x 3 x 5), sendo as parcelas constituídas pelos tratamentos ácido peracético (com e sem ácido - 500ppm) e os tipos de embalagens (Xtend® 815-pp64, Xtend® 815-pp65 e sem embalagem), e as subparcelas, constituídas pelos períodos de avaliação durante o armazenamento (0, 10, 18, 26, 34 dias), com cinco repetições, de um fruto cada. O tratamento com ácido peracético associado ao uso de embalagem durante o armazenamento mantém a qualidade pós-colheita do mamão Formosa ‘Tainung I’ orgânico. A associação do ácido peracético e uso da embalagem 1 (Xtend® 815 pp64) proporcionou manutenção dos teores de vitamina C, sólidos solúveis, conteúdo de açúcares e betacaroteno. O ácido peracético associado a embalagem 2 (Xtend® 815 pp65) proporcionou melhor aparência externa do mamão Formosa ‘Tainung I’ orgânico, com padrão de comercialização aceitável até 26 dias.

Palavras-chaves: *Carica papaya*, embalagem, agente sanitizante, qualidade.

QUALITY OF FORMOSA PAPAYA: EFFECT OF MODIFIED ATMOSPHERE AND PERACETIC ACID

ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the effect of the use of modified atmosphere and peracetic acid on the quality and postharvest conservation of papaya Formosa 'Tainung I' in an organic cultivation system. The experimental design adopted was completely randomized (DIC), in a split plot scheme with two factors in the plot and one in the subplot (2 x 3 x 5), with the plots constituted by the peracetic acid treatments (with and without acid - 500ppm) and the types of packaging (Xtend® 815-pp64, Xtend® 815-pp65 and without packaging), and the subplots constituted by the evaluation periods during storage (0, 10, 18, 26, 34 days), with five repetitions, one fruit each. The treatment with peracetic acid associated with the use of packaging during storage maintains the post-harvest quality of organic Formosa 'Tainung I' papaya. The association of peracetic acid and the use of packaging 1 (Xtend® 815 pp64) provided maintenance of the levels of vitamin C, soluble solids, sugar and beta-carotene content. The peracetic acid associated with packaging 2 (Xtend® 815 pp65) provided better external appearance of the organic Formosa 'Tainung I' papaya, with an acceptable commercial standard for up to 26 days.

Key-words: *Carica papaya*, packaging, sanitizer agent, quality.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as exigências alimentares da população em geral vêm mudando, e se observa um aumento no consumo de alimentos saudáveis e isentos de resíduos de defensivos químicos. Embora o uso de fungicidas seja uma importante estratégia de controle, seus resíduos nas frutas têm gerado preocupação devido aos seus efeitos negativos na saúde humana e no meio ambiente (REIS et al., 2018). Assim, é significativo o desenvolvimento de novas alternativas para medidas de controle de doenças e manutenção da qualidade do fruto (TIAN, 2006).

O ácido peracético, agente sanitizante, tem sido utilizado com bastante sucesso como alternativa aos fungicidas químicos, como o cloro e dióxido de cloro, pois não gera subprodutos tóxicos ao se decompor, deixando água, oxigênio e ácido acético como resíduos (KITIS, 2004; KYANKO et al., 2010). Além disso, não tem efeito cancerígeno ou mutagênicos, sendo completamente sustentável, ambientalmente seguro, tem maior espectro de ação, é eficaz na presença de matéria orgânica e água dura (ENCARNA et al., 2017), podendo ser utilizado no tratamento de infecções previamente existentes em frutos como também evitar infecções (SREBERNICH, 2007; KYANKO et al., 2010; SANAGUSTIN, 2014).

Por se tratar de fruto climatérico, no mamão as transformações resultantes do amadurecimento ocorrem rapidamente após a colheita do fruto fisiologicamente maduro, desencadeadas pela produção do etileno e aumento da taxa respiratória (CHITARRA; CHITARRA, 2005), causando perdas quantitativas e/ou qualitativas nas fases de comercialização (MANGOLIN et al., 2019). E uma das formas de restringir esse processo tem sido o uso da atmosfera modificada, seguido do armazenamento refrigerado.

A atmosfera modificada é uma técnica simples de conservação, eficaz na redução das taxas metabólicas, ampliando a vida útil dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A conservação em atmosfera modificada estabelece uma composição gasosa no interior da embalagem diferente da composição normal do ar ambiente, pela redução da concentração de O₂ e elevação do CO₂, que reduz a taxa respiratória e a produção de etileno, retardando a senescência (KADER, 2010).

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do uso de atmosfera modificada e ácido peracético na qualidade e conservação pós-colheita de mamão Formosa 'Tainung I' cultivado de forma orgânica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Amostras e instalação do experimento

Os mamões Formosa cv. Tainung I foram adquiridos de um pomar comercial orgânico de Empresa exportadora de frutos, localizada na Microrregião do Baixo-Jaguaribe, município de Jaguaruana, Ceará, Brasil. De acordo com a classificação Köppen, o clima da região é do tipo Aw (tropical com estação seca de inverno) (INMET, 2019).

Os frutos foram colhidos no estágio de maturação II, quando apresentavam de 15 a 25% da superfície da casca amarela (estádio de maturação utilizado para exportação). Em seguida, foram transportados para o galpão de embalagem para limpeza e classificação de acordo com a qualidade estabelecida pelo mercado externo.

Os tratamentos consistiram em: (1) – frutos submetidos à aplicação de ácido peracético (500ppm) e embalagem Xtend® 1 (815 pp64); (2) – frutos sem aplicação de ácido peracético e submetidos à embalagem Xtend® 1 (815 pp64); (3) – frutos submetidos a ácido peracético e embalagem Xtend® 2 (815 pp65); (4) – frutos sem ácido peracético e submetidos à embalagem Xtend® 2 (815 pp65); (5) – frutos submetidos à aplicação de ácido e sem o uso de embalagem; e (6) – frutos não submetidos ao tratamento com ácido peracético e não embalados. Antes de serem acondicionados nas embalagens, os frutos permaneceram em condições de pré-resfriamento em câmara fria a 15 °C e 90% UR, até atingirem temperatura de polpa de 15 °C, monitorada por meio de termômetro digital tipo “espeto” (Incoterm®).

Os frutos foram armazenados em câmara fria ($10 \pm 2^\circ\text{C}$ e $92 \pm 2\%$ UR) durante 32 dias. Em intervalos de oito dias, cinco frutos por tratamento foram retirados da câmara fria e transportados ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia de Pós-colheita da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró- RN, onde foram mantidos durante dois dias em temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ\text{C}$ e $60 \pm 2\%$ UR) sem embalagem, sendo posteriormente avaliados quanto aos atributos de qualidade.

2.2. Características Avaliadas

A perda de massa dos frutos foi obtida pela diferença entre a massa inicial do fruto e aquela obtida ao final de cada tempo de armazenamento, com auxílio de balança digital. Os dados foram expressos em porcentagem de perda de massa.

A aparência externa dos frutos foi avaliada utilizando-se escala visual de notas adaptada de Rocha et al. (2005), variando de 1 a 5 de acordo com a severidade de defeitos (1=fruto extremamente deteriorado, 2=severo, 3=médio, 4=leve, 5=ausência deterioração). Observou-se na aparência externa a ausência ou presença de depressões, manchas escuras, murchamento ou ataque de patógenos. Frutos com pontuação menor ou igual a 3,0 foram consideradas impróprias para consumo e, portanto, não foram avaliadas.

A avaliação de doenças pós-colheita foi realizada com base em uma escala visual de notas variando de 1 a 4, sendo: 1=frutos com 0% da superfície infectada; 2=frutos com 1 a 10% de área infectada; 3=frutos com área maior 10% e menor que 20% da superfície infectada e 4=frutos com área maior que 20% da superfície infectada. Frutos com nota igual ou superior a 2 foram considerados impróprios para o padrão de comercialização (PEIXOTO, 2005). A identidade dos patógenos fúngicos nos frutos foi realizada com o auxílio de microscópio óptico.

A coloração da casca foi determinada com auxílio de colorímetro digital (Konica Minolta, modelo CR400, sistema CIELAB, iluminante D65), com medidas realizadas em dois pontos equidistantes sobre a casca, com valores expressos em L, C e °h.

A firmeza do fruto e da polpa foram medidas por meio de um texturômetro digital computadorizado (Stable Micro Systems, modelo TA.XTEpress/TA.XT2icon), pré-configurado com velocidades de pré-teste, teste e pós-teste de 1 mm/s, 2 mm/s e 10 mm/s, respectivamente, profundidade de penetração de 10 mm, probe cilíndrico de aço inoxidável com diâmetro de 6 mm (modelo P/6) e célula de carga de 10 kg. Foram realizadas duas leituras, em pontos opostos na região equatorial dos frutos (epicarpo e mesocarpo). Estes valores foram expressos em Newton (N).

Em seguida, a fração polpa (mesocarpo) foi homogeneizada com ultraprocessador tipo Ninja® (Nutri Ninja Auto IQ - BL450BR), formando uma única amostra para posteriores análises.

Os sólidos solúveis (SS) foram obtidos por meio de leitura direta em refratômetro digital (modelo PR - 100, Palette, Atago Co, LTD., Japan, Atago®), com resultados expressos em °Brix (AOAC, 2002). A acidez titulável (AT) foi expressa em porcentagem de ácido cítrico, sendo obtida por meio de titulação com NaOH 0,1 N (IAL, 2008). O pH foi determinado com auxílio de potenciômetro de leitura direta (pHmeter - Modelo mPA-210, Tecnal®), conforme metodologia proposta por AOAC (2002).

A quantificação dos açúcares totais foi realizada pelo método da Antrona, conforme Yemn e Wills (1954), e os açúcares redutores conforme descrito por Miller (1959), com teores expressos em porcentagem. A vitamina C foi determinada por titulação com solução de Tillman, conforme descrita por Strohecker; Henning (1967), e os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de peso fresco. O conteúdo de β -caroteno foi determinado utilizando metodologia adaptada de Nagata; Yamashita (1992), e os resultados foram expressos em mg/100ml de polpa e convertidos para μ g/ml de polpa.

2.3. Análise estatística

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema de parcelas subdivididas com dois fatores na parcela e um na subparcela (2 x 3 x 5), sendo as parcelas constituídas pelos tratamentos ácido peracético e os tipos de embalagens, e as subparcelas foram constituídas pelos períodos de armazenamento, com cinco repetições de um fruto cada. Os dados foram submetidos à análise de variância (p <0,05). As médias com diferenças significativas foram separadas pelo teste de Tukey (p <0,05). Os dados de aparência externa e interna e severidade da doença foram avaliados pelo teste de Kruskal-Wallis (p <0,05), e as médias foram agrupadas pelo teste de Bonferroni (p <0,05). As análises estatísticas foram realizadas com o *software* Sisvar, versão 5.7.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Aparência externa e índice de severidade de doença

A interação entre o tratamento com ácido peracético, uso de embalagem e tempo de armazenamento afetou significativamente a aparência externa dos mamões. Os frutos tratados com ácido peracético e embalados, tanto na embalagem 1 quanto na embalagem 2, tiveram sua aparência reduzida após 18 dias de armazenamento. No entanto, só apresentaram notas que os classificavam como impróprios para o consumo aos 34 dias de armazenamento (notas iguais ou inferior a 3,0). Por outro lado, os frutos não embalados perderam qualidade a partir dos 10 dias, apresentando-se impróprios ao consumo aos 26 dias de armazenamento (Figura 1A). Sem aplicação do ácido, frutos com ou sem embalagem, apresentaram perda de qualidade aos 10 dias de armazenamento. Os frutos sem embalagem obtiveram notas

equivalentes a 3,0 após 18 dias de armazenamento, ao passo que frutos embalados obtiveram essas notas apenas ao final do armazenamento. Os danos observados nos mamões incluem depressões, murcha, deformações e ataque de fungos (Figura 1B).

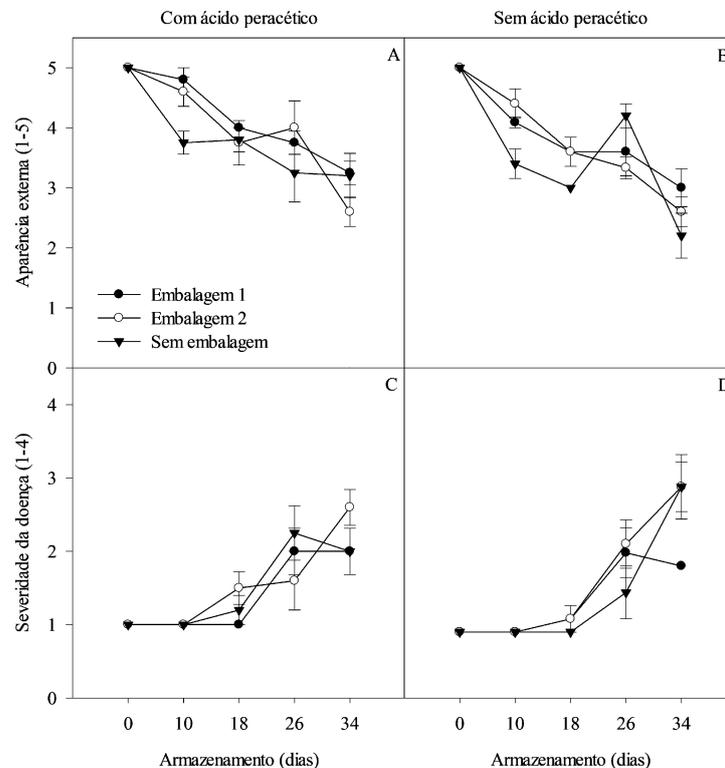


Figura 1. Aparência externa (A, B) e índice de severidade de doença (C, D) em mamão Formosa ‘Tainung I’ em função do uso de ácido peracético, tipos de embalagens e armazenamento refrigerado. Embalagem 1: Xtend® 815 pp64, Embalagem 2: Xtend® 815 pp65.

A análise da escala de severidade mostrou que os frutos tratados com ácido e armazenados na embalagem 2 apresentaram menos de 10% da superfície infectada por fungos e considerados comercializáveis até os 26 dias de armazenamento, ao passo que os frutos dos demais tratamentos mantiveram baixa severidade até os 18 dias (Figura 1C). No entanto, sem aplicação do ácido, os frutos com ou sem embalagem mantiveram-se sem ataque fúngico somente até os 18 dias de armazenamento (Figura 1D). Ao final do armazenamento, os frutos tratados ou não com ácido peracético apresentavam mais de 10% da superfície infectados, sendo considerados impróprios para o consumo e, portanto, não foram realizadas análises de qualidade nesse período (Figura 1C e 1D). Por meio da análise microbiológica, foram

identificados fungos pertencentes aos gêneros *Alternaria*, *Cladosporium*, *Colletotrichum* e *Fusarium*.

Neste estudo, os resultados mostraram que o tratamento com ácido peracético e o uso de embalagens pode retardar perda de qualidade e o desenvolvimento de doenças em mamão “Tainung I” orgânico. Fungos pertencentes aos gêneros *Alternaria*, *Cladosporium*, *Colletotrichum* e *Fusarium*, além de outras espécies, têm sido identificados causando doenças pós-colheita no mamão em todo o mundo, ocasionando perdas significativas durante o armazenamento e transporte (SINGH, 2010; BAUTISTA-BAÑOS et al., 2013). No entanto, diversas tecnologias têm sido utilizadas visando ao controle do ataque de patógenos na pós-colheita. O tratamento com ácido peracético associado ao uso de embalagens reduziu o ataque dos fungos, principalmente quando associado ao uso da embalagem 2 (Xtend® 815 pp65). A menor incidência de podridão nessas condições pode ser explicada pela ação sanitizante do ácido peracético, pois apresenta grande capacidade de oxidação dos componentes celulares dos microrganismos, tendo rápida ação em baixas concentrações sobre um amplo espectro de patógenos (SREBERNICH, 2007). Além disso, a menor incidência de podridão na embalagem 2 possivelmente foi decorrente do acúmulo de CO₂ em seu interior, que, por sua vez, possui ação fúngica (OLIVEIRA, 2013), sendo mais eficiente do que a embalagem 1 (Xtend® 815 pp64).

3.2. Perda de massa

Houve efeito significativo da interação entre o tratamento com ácido peracético e tempo de armazenamento ($p < 0,01$) e do uso de embalagens e tempo de armazenamento ($p < 0,05$) sobre a perda de massa. Avaliando o efeito do tratamento com ácido peracético, observa-se que os frutos tratados e não tratados com o sanitizante apresentaram perda de massa semelhante (6,5%) até os 26 dias de armazenamento. No entanto, ao final do armazenamento, os frutos tratados com ácido peracético perderam menos massa (8%) do que os frutos controle (10%) (Figura 2A).

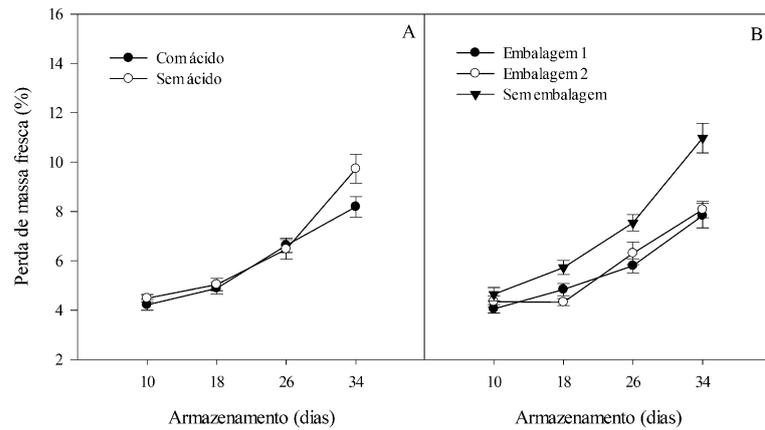


Figura 2. Perda de massa em mamão Formosa ‘Tainung I’ tratados com ácido peracético (A) e uso de embalagens (B) em função do período de armazenamento. Embalagem 1: Xtend® 815 pp64, Embalagem 2: Xtend® 815 pp65. Valores médios \pm erro padrão ($n = 5$). CV1= 16,92% e CV2= 16,43%.

Com relação ao uso de embalagens, a perda de massa foi menor em frutos embalados do que nos frutos não embalados ao longo de todo período de armazenamento. Aos 34 dias, os frutos sem embalagem perderam 11% de massa, ao passo que os frutos embalados perderam em torno de 8% de massa (Figura 2B).

O tratamento com ácido peracético proporcionou menor perda de massa nos frutos durante o armazenamento. Isso pode se dever ao menor ataque fúngico nos frutos tratados, o que levaria a um aumento no metabolismo e na transpiração, devido à destruição dos tecidos, ocasionando aberturas que facilitaria a perda de água (ZOELLNER et al, 2018). Por sua vez, a menor perda de massa em frutos com embalagem ocorre devido à atmosfera modificada permitir a formação de um microambiente saturado de umidade, reduzindo o gradiente de pressão de vapor entre o fruto e a atmosfera dentro da embalagem, diminuindo a transpiração (FONSECA et al., 2000).

3.3. Coloração da casca

Para as variáveis de cor da casca, Luminosidade (L) e Cromaticidade (C), observou-se efeito significativo apenas do tempo de armazenamento ($p < 0,05$). Entretanto, houve efeito significativo do tipo de embalagem e tempo de armazenamento, isoladamente, para o ângulo hue ($p < 0,05$). Desta forma, observou-se aumento da Luminosidade da casca dos frutos

durante o armazenamento, ou seja, os frutos tornaram-se mais claros ao final do armazenamento. Quanto à Cromaticidade, os frutos apresentaram maior intensidade da cor amarela ao final do armazenamento, evidenciados pelos maiores valores de croma (Tabela 1).

Tabela 3. Valores médios de coloração da casca de acordo com Luminosidade (L), Cromaticidade (C) e ângulo Hue ($^{\circ}$ h), pH e sólidos solúveis (SS) em mamão Formosa ‘Tainung I’ avaliados no dia da colheita (0) e após 8, 16 e 24 dias de armazenamento em câmara fria (10 ± 2 °C e $92 \pm 2\%$ UR), acrescido de dois dias em temperatura ambiente (24 ± 2 °C e $60 \pm 2\%$ UR).

Armazenamento (dias)	Cor da casca			pH	SS
	L	C	$^{\circ}$ h		
0	45,38c	5,35 ^a	114,23a	5,35a	12,80 ^a
10	51,34b	5,30a	99,01b	5,30a	12,72 ^a
18	52,15b	5,29a	95,35b	5,29a	11,89b
26	58,39a	5,12b	87,19c	5,12b	11,71b

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). L: CV1= 7,97% e CV2= 8,02%; C: CV1= 14,38% e CV2= 13,94%; $^{\circ}$ h: CV1= 5,05% e CV2= 6,61%; pH: CV1= 16,92% e CV2= 16,43%; SS: CV1= 6,18% e CV2= 5,79%.

Os valores de ângulo hue dos mamões reduziram durante o armazenamento, sugerindo perda da coloração verde e tendendo ao amarelado (Tabela 1). No entanto, os valores de hue se apresentaram maiores em frutos armazenados na embalagem 1, que não diferiu daqueles da embalagem 2, indicando que a coloração desses frutos sofreu menor alteração da cor verde da casca, ou seja, menor maturação dos frutos nessas condições de armazenamento (Tabela 2).

Tabela 4. Valores médios de ângulo Hue ($^{\circ}$ h) da casca em mamão Formosa ‘Tainung I’ submetido ao uso de embalagens.

Embalagem	$^{\circ}$ h
Embalagem 1	100,79 a
Embalagem 2	99,70 ab
Sem embalagem	96,44 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Embalagem 1: Xtend® 815 pp64, Embalagem 2: Xtend® 815 pp65. CV1= 5,05% e CV2= 6,61%.

Durante o amadurecimento, ocorre a degradação da clorofila da casca dos frutos de mamoeiro, ficando visível a pré-existência dos pigmentos carotenoides (SILVA et al., 2015). Neste estudo, a utilização de embalagem influenciou significativamente a evolução da

coloração dos frutos, com menor alteração da cor verde em frutos embalados na comparação ao controle. A despigmentação mais lenta pode ocorrer porque o revestimento altera a atmosfera ao redor da fruta, resultando em uma respiração lenta e produção de etileno reduzida, o que, por sua vez, atrasa o amadurecimento e a senescência da fruta, resultando em uma menor alteração da cor (BHANUSHREE et al., 2018).

3.4. Firmeza do fruto e da polpa

Houve interação significativa entre o tratamento com ácido peracético, uso de embalagem e tempo de armazenamento sobre a firmeza do fruto ($p < 0,01$), ao passo que a firmeza da polpa foi influenciada pela interação do uso do ácido peracético e tempo de armazenamento ($p < 0,05$).

A firmeza do fruto reduziu significativamente nos primeiros 10 dias de armazenamento para todos os tratamentos, variando de 78,06 N para valores próximos de 20 N (Figura 3). No entanto, nos frutos tratados com ácido peracético, o uso da Embalagem 2 manteve a firmeza dos frutos a partir dos 10 dias (18,73 N) até os 26 dias (14,93 N) sem alteração significativa, ao passo que na Embalagem 1 os frutos mantiveram a firmeza a partir dos 18 dias (12,31 N). Por sua vez, nos frutos sem embalagem a firmeza reduziu continuamente até 8,77 N (Figura 3A). Por outro lado, nos frutos sem uso do ácido peracético, a firmeza dos frutos se reduziu continuamente ao longo do armazenamento, mas reduziu menos nos primeiros 10 dias com o uso das embalagens, caindo de 78,06 N para 29,9 N na embalagem 1 e para 23,8 N na embalagem 2, ao passo que nos frutos sem embalagem caiu de 78 N para 17,6 N no mesmo período (Figura 3B). Ao final do armazenamento, a firmeza foi maior em frutos tratados com ácido e acondicionados em embalagem.

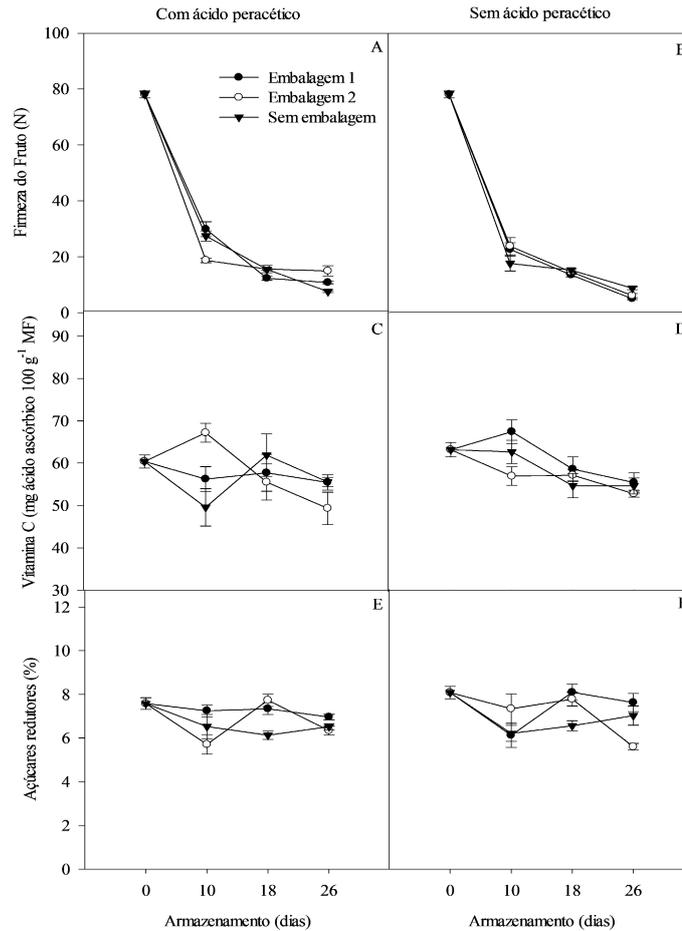


Figura 3. Firmeza do fruto (A, B), conteúdo de vitamina C (C, D) e açúcares redutores (E, F) em mamão Formosa ‘Tainung I’ em função do uso de ácido peracético, tipos de embalagem e armazenamento refrigerado. Embalagem 1: Xtend® 815 pp64, Embalagem 2: Xtend® 815 pp65. Valores médios \pm erro padrão ($n = 5$). FF: CV1= 11,04% e CV2= 10,19%; VITC: CV1= 10,31% e CV2= 10,40%; AR: CV1= 12,28% e CV2= 10,38%.

Para a firmeza da polpa, a redução foi intensa nos primeiros 10 dias de armazenamento, onde os frutos tratados com ácido peracético apresentaram menor redução (30,62 N a 10,29 N) do que frutos não tratados (30,62 N a 4,07 N). A partir dos 18 dias de armazenamento, a firmeza manteve-se em torno de 4,07 N, semelhantemente ao que ocorreu nos frutos tratados quando não tratados com ácido peracético (Figura 4A).

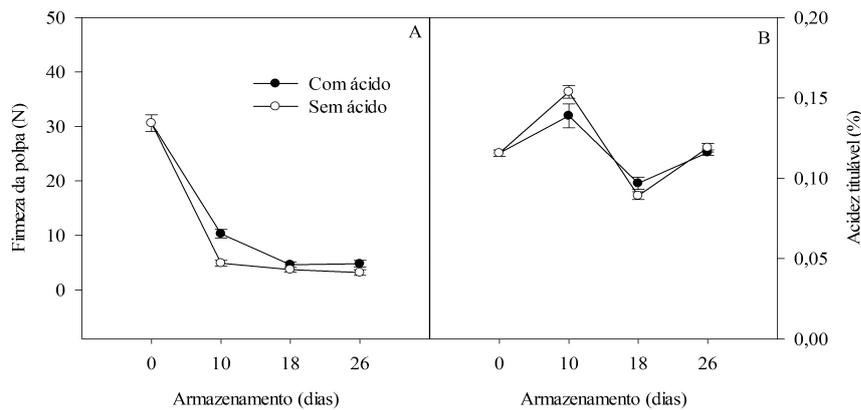


Figura 4. Firmeza de polpa (A) e acidez titulável (B) em mamão Formosa ‘Tainung I’ tratados com ácido peracético. Valores médios \pm erro padrão ($n = 5$). FP: CV1= 30,58% e CV2= 30,52%; AT: CV1= 12,96% e CV2= 11,23%.

O amolecimento do fruto é uma das principais transformações que ocorrem durante o amadurecimento, geralmente pela degradação de polissacarídeos da parede celular, como pectinas, celulose e hemicelulose (IRTWANGE, 2006; GAPPER et al., 2013). No presente estudo, a firmeza do fruto e da polpa diminuiu significativamente após a colheita, porém o uso de embalagens retardou o amolecimento da casca em comparação aos frutos não embalados. A utilização de embalagens reduz a transpiração e o metabolismo dos frutos, uma vez que modifica a atmosfera de gases, concentrando CO_2 e reduzindo O_2 . Com isso ocorre também redução da atividade de enzimas de degradação da parede celular, com pectinametilesterase e poligalacturonase, que causam amaciamento dos frutos durante o amadurecimento (FONTES et al., 2008; DIAS et al., 2011). A firmeza mais elevada nos frutos tratados com ácido peracético pode ser também associada à redução do ataque fúngico proporcionado pelo tratamento. As hifas fúngicas colonizam os tecidos, destruindo as paredes celulares e reduzindo, portanto, a firmeza do fruto (HEWAJULIGE; WIJERATNAM, 2010).

3.5. Acidez titulável (AT) e pH

A acidez titulável foi influenciada pela interação do tratamento com ácido peracético e o tempo de armazenamento ($p < 0,05$). A acidez titulável variou ao longo do armazenamento tanto em frutos tratados com ácido quanto nos frutos sem ácido. Houve tendência de aumento até os 10 dias de armazenamento, seguida de redução significativa aos 18 dias e posterior aumento aos 26 dias. Os frutos tratados com ácido apresentaram menor acidez aos 10 dias de

armazenamento (0,139%) em comparação aos frutos não tratados (0,154%). No último tempo de armazenamento, os frutos apresentaram acidez semelhante (0,119%) (Figura 4B). No entanto, o pH dos frutos foi influenciado apenas pelo tempo de armazenamento ($p < 0,05$). O pH dos frutos manteve-se até os 18 dias de armazenamento, apresentando pequena redução aos 26 dias (Tabela 1), concordando com o leve aumento na acidez observado ao final do armazenamento.

O conteúdo de AT representa a concentração de ácido orgânico nas frutas, o aumento desses ácidos durante o amadurecimento pode contribuir para a diminuição do pH da polpa (SANCHO et al., 2011; OVANDO-MARTINEZ et al., 2018). De acordo com John et al. (2018), o aumento da acidez durante o amadurecimento pode estar associado à liberação de ácido galacturônico, resultante da degradação da parede celular. Este fato pode ter ocorrido no presente trabalho, pois a redução da firmeza foi mais acentuada nos primeiros 10 dias de armazenamento, coincidindo com o leve aumento na acidez. A redução em seguida pode ser explicada pelo aumento no consumo desses ácidos como substrato na respiração durante o amadurecimento (EL GHARRAS, 2009). Além disso, o menor ataque fúngico nos frutos tratados com ácido pode explicar a menor acidez nos frutos, devido à menor formação dos ácidos provenientes da degradação da parede celular (HEWAJULIGE; WIJERATNAM, 2010).

3.6. Sólidos solúveis (SS), açúcares totais e redutores

O conteúdo de sólidos solúveis foi influenciado apenas pelo tempo de armazenamento ($p < 0,05$). Houve manutenção dos valores até os 10 dias de armazenamento, com leve redução após 18 dias de armazenamento (Tabela 1).

Para o conteúdo de açúcares totais, foi observado efeito significativo da interação entre os tipos de embalagens e o tempo de armazenamento ($p < 0,05$). O conteúdo de açúcares totais apresentou variação durante o armazenamento, onde frutos armazenados na Embalagem 1 apresentaram maior conteúdo de açúcares a partir de 18 dias (10,24%) do que os frutos na Embalagem 2 (9,54%) ou sem embalagem (8,87%). No entanto, no final do armazenamento, o conteúdo de açúcares dos frutos na Embalagem 1 se assemelha ao dos frutos sem embalagem (8,94%), superior a frutos na Embalagem 2 (7,78%) (Figura 5A).

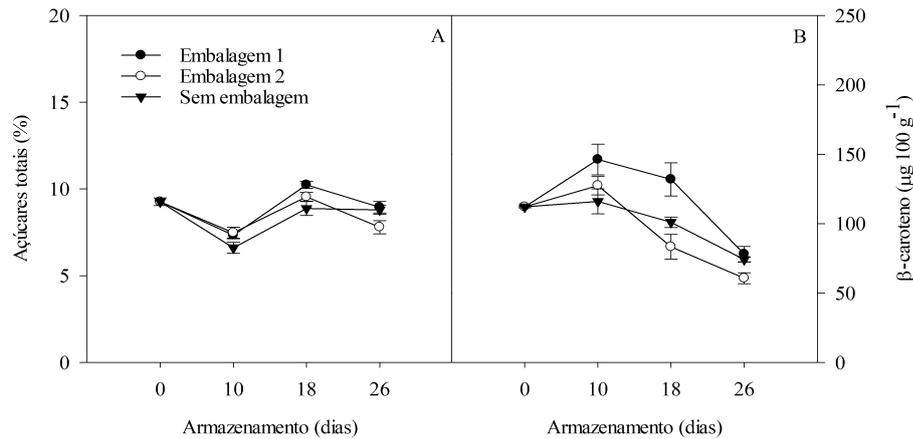


Figura 5. Conteúdo de açúcares totais (A) e β -caroteno (B) em mamão Formosa ‘Tainung I’ submetido ao uso de embalagens em função do período de armazenamento. Embalagem 1: Xtend® 815 pp64, Embalagem 2: Xtend® 815 pp65. Valores médios \pm erro padrão (n=5). ATOT: CV1= 8, 89% e CV2= 10,70%; BETAC: CV1= 19,91% e CV2= 19,70%.

O conteúdo de açúcares redutores foi influenciado pela interação significativa do tratamento com ácido, uso de embalagens e tempo de armazenamento ($p < 0,01$). O conteúdo de açúcares redutores variou entre valores médios de 5,25 a 7,58% durante o armazenamento (Figura 3E e 3F). Nos frutos tratados com ácido, a embalagem 1 manteve o conteúdo de açúcares redutores durante todo o período de armazenamento. Por outro lado, nos frutos armazenados na embalagem 2 observou-se variação ao longo do armazenamento, apresentando aos 10 dias menor conteúdo de açúcares redutores (5,71%) do que os frutos na embalagem 1 (7,24%) ou não-embalados (6,52%). Nos frutos não embalados, os açúcares redutores reduziram até os 18 dias (Figura 3E). Quando não tratados com ácido peracético, o conteúdo de açúcares redutores reduziu aos 10 dias de armazenamento, caindo de 7,58% para 5,78%, em frutos acondicionados na embalagem 1 ou não embalados. Entretanto, nos frutos armazenados na embalagem 2, os açúcares redutores apresentaram redução somente após 18 dias de armazenamento (Figura 3F).

Durante o armazenamento, o conteúdo de açúcares pode reduzir, o que se justifica pelo consumo de substratos no metabolismo respiratório da fruta (ALMEIDA-CASTRO, 2011). A maior concentração de açúcares nos frutos embalados pode ser explicada pelos efeitos benéficos da atmosfera modificada. Como os açúcares são os principais substratos utilizados no processo respiratório, o uso de atmosfera modificada reduz a respiração do fruto, uma vez que ocorre redução das trocas gasosas prolongando a vida de prateleira pós-colheita,

o que pode explicar o maior conteúdo desses açúcares nos frutos embalados durante o armazenamento (SHATTIR; ABU-GOUKH, 2012).

3.7. Vitamina C

A interação entre o tratamento com ácido, tipos de embalagem e tempo de armazenamento afetou significativamente o teor de vitamina C dos mamões ($p < 0,01$). O conteúdo de vitamina C variou durante o armazenamento (Figura 3C e 3D). Nos frutos tratados com ácido peracético, observou-se diferença entre as embalagens apenas aos 10 dias de armazenamento, onde frutos sem embalagem apresentaram menor conteúdo de vitamina C quando comparado a frutos embalados. Por outro lado, o conteúdo de vitamina C manteve-se durante todo o armazenamento nos frutos na embalagem 1, com valores próximos a $60 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. (Figura 3C). No entanto, sem o uso de ácido peracético, os frutos da embalagem 1 apresentaram com maior valor de vitamina C aos 10 dias, ao passo que o conteúdo de vitamina C não variou significativamente durante nos frutos na embalagem 2 e sem embalagem, mantendo-se entre 60 e $50 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Figura 3D).

De acordo com Bron; Jacomino (2006), a degradação da parede celular fornece substratos para a síntese de ácido ascórbico. No entanto, com o decorrer do amadurecimento ocorre a oxidação dos ácidos com consequente redução do teor de ácido ascórbico, indicando a senescência do fruto (TUCKER, 1993). O fato de frutos embalados terem apresentado maior conteúdo de vitamina C pode ser explicado pela menor concentração de O_2 no interior dessas embalagens. Segundo Widodo et al. (2016), a modificação da atmosfera ao redor do fruto resulta em maior retenção do teor de ácido ascórbico, devido principalmente à disponibilidade de O_2 no interior da embalagem, reduzindo, assim, processos oxidativos.

3.8. β -caroteno

Para o conteúdo de β -caroteno, observou-se efeito significativo das embalagens durante o armazenamento ($p < 0,05$). O conteúdo de β -caroteno aumentou levemente até os 10 dias de armazenamento, nos frutos embalados, ao passo que nos frutos sem embalagem o conteúdo de β -caroteno não apresentou diferenças significativas até os 18 dias. Os frutos armazenados na Embalagem 1 apresentaram maiores conteúdos de β -caroteno aos 10 dias

(146,28 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) e 18 dias (131,91 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$), em comparação aos frutos na embalagem 2 (127,42 e 83,38 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) ou sem embalagem (116,04 e 101,03 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$). (Figura 5B).

O conteúdo de carotenoides em mamão aumenta durante o amadurecimento, o que confere a coloração ao fruto, reduzindo quando entra em senescência (YAHIA; ORNELAS-PAZ, 2010; SANCHO et al., 2011). No entanto, esses compostos são sensíveis à luz e ao oxigênio (JANZANTTI et al., 2012). O maior conteúdo dos carotenoides em frutos embalados pode estar associado às baixas concentrações de O_2 no interior da embalagem, reduzindo o metabolismo dos frutos e contribuindo para minimizar a degradação dos carotenoides (MANIWARA et al., 2015), sendo o acondicionamento na embalagem Xtend® 815 pp64 mais eficaz em retardar a perda do conteúdo de β -caroteno ao longo do tempo de armazenamento.

4. CONCLUSÕES

O tratamento com ácido peracético associado ao uso de embalagem durante o armazenamento mantém a qualidade pós-colheita do mamão Formosa ‘Tainung I’ orgânico. A associação do ácido peracético e uso da embalagem 1 (Xtend® 815 pp64) proporcionou manutenção dos teores de vitamina C, sólidos solúveis, conteúdo de açúcares e betacaroteno. O ácido peracético associado à embalagem 2 (Xtend® 815 pp65) proporcionou melhor aparência externa do mamão Formosa ‘Tainung I’ orgânico, com padrão de comercialização aceitável até 26 dias.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-CASTRO, A.; REIS-PIMENTEL, J. D.; SANTOS-SOUZA, D.; VIEIRA-DE OLIVEIRA, T.; COSTA-OLIVEIRA, M. Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya* L.) asociado a la aplicación de películas comestibles. **Revista Venezolana de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 2, p. 49-60, 2011.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis**. 17. ed. Washington: AOAC, 2002.
- BAUTISTA-BAÑOS, S. A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit during the postharvest supply chain. **Crop Protection**, v. 49, p. 8-20, 2013.
- BHANUSHREE, L.; VASUDEVA, K. R.; SURESHA, G. J.; SADANANDA, G. K.; MOHAMAD TAYEEBULLA, H.; HALES, G. K. Influence of chitosan on postharvest behavior of papaya (*Carica papaya* L.) Fruits under different storage conditions. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 2, p. 2010-2014, 2018.
- BRON, I. U.; JACOMINO, A. P. Ripening and quality of 'Golden' papaya fruit harvested at different maturity stages. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 3, p. 389-396, 2006.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.
- DIAS, T. C.; MOTA, W. F.; OTONI, B. S.; MIZOBUTSI, G. P.; SANTOS, M. G. P. Conservação pós-colheita de mamão formosa com filme de PVC e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 666-670, 2011.
- EL GHARRAS, H. Polyphenols: food sources, properties and applications – a review. **International journal of food science & technology**, v. 44, n. 12, p. 2512-2518, 2009.
- ENCARNA, A.; PERLA, G.; FRANCISCO, A. H.; FRANCISCO, A. Tratamientos químicos desinfectantes de hortalizas de IV gama: ozono, agua electrolizada y ácido peracético. **Agrociencia Uruguay**, v. 21, n. 1, p. 7-14, 2017.
- FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A.; LINO, I. B.; BRECHT, J. K.; CHAU, K. V. Modelling O₂ and CO₂ exchange for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**, Londres, v. 43, n. 1, p. 9-15, 2000.
- FONTES, R. V.; SANTOS, M. P.; FALQUETO, A. R.; SILVA, D. M. Atividade da pectinametilesterase e sua relação com a perda de firmeza da polpa de mamão cv. Sunrise Solo e Tainung. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 54-58, 2008.
- GAPPER, N. E.; MCQUINN, R. P.; GIOVANNONI, J. J. Molecular and genetic regulation of fruit ripening. **Plant Molecular Biology**, v. 82, n. 6, p. 575-591, 2013.

HEWAJULIGE, I. G. N.; WIJERATNAM, S. W. Alternative postharvest treatments to control anthracnose disease in papaya during storage. **Fresh Produce**, v. 1, n. 1, p. 15-20, 2010.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 16 out. 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. Ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IRTWANGE, S. V. Application of modified atmosphere packaging and related technology in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 2006.

JANZANTTI, N. S.; MACORIS, M. S.; GARRUTI, D. S.; MONTEIRO, M. Influence of the cultivation system in the aroma of the volatile compounds and total antioxidant activity of passion fruit. **LWT-Food Science and Technology**, v. 46, p. 511-518, 2012.

JOHN, A.; YANGA, J.; LIU, J.; JIANG, Y.; YANG, B. The structure changes of water-soluble polysaccharides in papaya during ripening. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 115, p. 152-156, 2018.

KADER, A. A. Future of Modified Atmosphere Research. **Acta Horticulturae**, v. 857, p. 212-217, 2010.

KITIS, M. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. **Environment International**, New York, v. 30, n. 1, p. 47-55, 2004.

KYANKO, M. V.; RUSSO, M. L.; FERNÁNDEZ, M.; POSE, G. Efectividad del Acido Peracético sobre la reducción de la carga de Esporas de Mohos causantes de Pudrición Poscosecha de Frutas y Hortalizas. **Información Tecnológica**, v. 21, n. 4, p. 125-130, 2010.

MANGOLIN, G. S.; KONDA, E. T.; BAPTISTA, R. Z.; NASCIMENTO, R. S.; TERAQ, D. Tratamento hidrotérmico no controle de podridão penduncular em mamão papaya. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**. Curitiba, v. 2, n. 5, p. 1615-1623, 2019.

MANIWARA, P.; BOONYAKIAT, D.; POONLARP, P. B.; NATWICHAI, J.; NAKANO, K. Changes of postharvest quality in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) under modified atmosphere packaging conditions. **International Food Research Journal**, v. 22, n. 4, p. 1596-1606, 2015.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, v. 31, p. 426-428, 1959.

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

OLIVEIRA, J. **Estudo da viabilidade de embalagens e temperaturas de armazenamento na qualidade pós-colheita de camu-camu [*Myrciaria dúbia* (H. B. K.) Mc Vaugh].** 2013. 133f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP, 2013.

OVANDO-MARTINEZ, M.; M LÓPEZ-TEROS, V.; ASTIAZARÁN-GARCIA, H.; AYALA-ZAVALA, J. F.; VILLEGAS-OCHOA, M. A.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Effect of ripening on physico-chemical properties and bioactive compounds in papaya pulp, skin and seeds. **Indian Journal of Natural products and Resources**, v. 9, n. 1, p. 47-59, 2018.

PEIXOTO, A. M. S. **Controle de patógenos e prolongamento da vida útil pós-colheita do mamão Formosa ‘Tainung I’ através do controle biológico e químico.** 2005. 68f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2005.

REIS, H. F.; BACCHI, L. M. A.; SCALON, S. P. Q.; FLORES, J. K. P. In vitro antimicrobial activity and alternative control of anthracnose in papaya. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 85, p. 1-8, 2018.

ROCHA, R. H. C.; NASCIMENTO, S. R. C.; MENEZES, J. B.; NUNES, G. H. S.; SILVA, E. O. Qualidade pós-colheita do mamão formosa armazenado sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 3, p. 386-389, 2005.

SANAGUSTIN, M. S. **Tratamientos con ácido peracético, radiofrecuencias y microondas para el control de *Monilinia* spp. em poscosecha de fruta de hueso.** 2014. 222p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agraria e Alimentícia), Universitat de Llieda, 2014.

SANCHO, L. E. G. G.; YAHIA, E. M.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Identification and quantification of phenols, carotenoids, and vitamin C from papaya (*Carica papaya* L., cv. Maradol) fruit determined by HPLC-DAD-MS/MS-ESI. **Food Research International**, v. 44, n. 5, p. 1284-1291, 2011.

SHATTIR, A. E.; ABU-GOUKH, A. A. Compositional changes during papaya fruit ripening. **University of Khartoum Journal of Agricultural Sciences**, v. 20, n. 1, p. 32-51, 2012.

SINGH, P. Advances in control of post-harvest diseases of papaya fruit-a Review. **Agricultural Reviews**, v. 31, n. 3, p. 194-202, 2010.

SILVA, W. B.; SILVA, G. M. C.; SILVA, L. R. D.; WALDMAN, W. R.; OLIVEIRA, J. G. D. Tratamento com cloreto de cálcio na pós-colheita retarda o desverdecimento e a perda de firmeza do mamão UENF/Caliman01. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 588-599, 2015.

SREBERNICH, S. M. Utilização do dióxido de cloro e do ácido peracético como substitutos do hipoclorito de sódio na sanitização do cheiro-verde minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimento**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 744-750, 2007.

- STROHECKER, R.; HENNING, H. M. (1967). Análisis de vitaminas, métodos comprobados. No. QP801. V5 S7e).
- TIAN, G.W.; CHEN, M. H.; ZALTSMAN, A.; CITOVSKY, V. Pollen-specific pectin methylesterase involved in pollen tube growth. **Developmental Biology**, v. 294 p. 83–91. 2006.
- TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (org.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 2-51.
- WIDODO, S. E.; ZULFERIYENNI, N.; DIRMAWATI, S. R.; WARDHANA, R. A.; SUNARTI, N.; WAHYUNI, M. L. **Effects of chitosan and plastic wrapping on fruit shelf-life and qualities of ‘California’ papaya**. In: PROCEEDINGS OF THE 6 th ANNUAL BASIC SCIENCE INTERNATIONAL CONFERENCE. Faculty Of Mathematics and Sciences Brawijaya University, 2016. p. 183-186.
- YAHIA, E. M.; ORNELAS-PAZ, J. J. Chemistry, stability, and biological actions of carotenoids. In: Fruit and vegetable phytochemicals: Chemistry, nutritional value and stability. **Wiley-Blackwell**, Ames, p. 177-222, 2010.
- YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 508-514, 1954.
- ZOELLNER, C.; AGUAYO-ACOSTA, A.; SIDDIQUI, M. W.; DÁVILA-AVIÑA, J. E. Peracetic Acid in Disinfection of Fruits and Vegetables. **Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables**, Sabour, p. 53–66, 2018.

APÊNDICE

Tabela 1A. Resumo da ANOVA para perda de massa (PMF), firmeza do fruto (FF), Firmeza da polpa (FP), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), pH e açúcares totais (ATOT) de mamão Formosa ‘Tainung I’ submetido a diferentes condições de pré-resfriamento, seguidos de armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $70 \pm 5\%$ UR)¹.

FV	GL	QM						
		PMF	FF	FP	SS	AT	PH	ATOT
Tratamento	3	0,18*	1464,05**	184,03**	1,014*	0,0014**	0,022*	0,428 ^{ns}
Erro a	12	0,05	20,89	25,22	0,29	0,0002	0,006	0,99
Armazenamento	5	10,57**	1307,19**	732,98**	2,54**	0,0032**	0,319**	0,463 ^{ns}
T*A	15	0,13**	131,17**	125,21**	0,44**	0,0002 ^{ns}	0,017 ^{ns}	2,02*
Erro b	60	0,04	31,27	23,77	0,17	0,0002	0,01	0,9
CV1 (%)		10,46	6,56	30,06	5,89	11,85	1,42	13,82
CV2 (%)		9,89	8,02	29,18	4,58	12,42	1,81	13,14

¹ns: não significativo, ‘*’ significativo a 5% e ‘**’ significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2A. Resumo da ANOVA para vitamina C (VITC), β-caroteno (BETACAR), atividade da enzima pectinametilesterase (PME) e variáveis de cor da casca – luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo Hue (°h) de mamão Formosa ‘Tainung I’ submetido a diferentes condições de pré-resfriamento, seguidos de armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $70 \pm 5\%$ UR)¹.

FV	GL	QM					
		VITC	BETACAR	PME	Casca		
					L	C	°h
Tratamento	3	119,33 ^{ns}	11687,2**	123669**	16,13**	29,812**	174,955**
Erro a	12	74,6	89,6	13600	1,36	2,62	6,57
Armazenamento	5	992,53**	12732,3**	128916**	18,838**	26,515**	162,127**
T*A	15	69,85 ^{ns}	2287,5**	30268 ^{ns}	5,677 ^{ns}	8,905 ^{ns}	16,64 ^{ns}
Erro b	60	47,16	97,9	16581	4,37	5,38	11,02
CV1 (%)		15,07	11,10	15,59	2,62	6,47	2,27
CV2 (%)		11,98	11,60	17,21	4,70	9,28	2,94

¹ns: não significativo, ‘*’ significativo a 5% e ‘**’ significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3A. Resumo da ANOVA para perda de massa (PMF), firmeza do fruto (FF), Firmeza da polpa (FP), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e pH de mamão Formosa ‘Tainung I’ em função do uso de ácido peracético, tipos de embalagem e armazenamento refrigerado (10 ± 2 °C e $92 \pm 2\%$ UR)¹.

FV	GL	QM					
		PMF	FF	FP	SS	AT	PH
Ácido (A)	1	6,107*	135,87**	117,79**	0,023 ^{ns}	0,00019 ^{ns}	0,01452 ^{ns}
Embalagem (E)	2	31,254**	0,76 ^{ns}	42,79 ^{ns}	0,360 ^{ns}	0,000037 ^{ns}	0,00052 ^{ns}
A x E	2	0,747 ^{ns}	7,73 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,484 ^{ns}	0,00019 ^{ns}	0,0032 ^{ns}
Erro 1	24	1,102	11,84	12,57	0,575	0,000234	0,02753
Armazenamento (Ar)	3	126,995**	30374,73**	4910,00**	9,442**	0,014355**	0,30118**
A x Ar	3	4,185*	44,60**	42,07*	0,173 ^{ns}	0,000668*	0,00648 ^{ns}
E x Ar	6	4,443**	35,41**	14,81 ^{ns}	0,735 ^{ns}	0,000355 ^{ns}	0,01353 ^{ns}
A x E x Ar	6	1,285	73,03**	5,68 ^{ns}	1,099 ^{ns}	0,000341 ^{ns}	0,00273 ^{ns}
Erro 2	72	1,039	10,10	12,52	0,506	0,00176	0,01704
CV 1 (%)		16,92	11,04	30,58	6,18	12,96	3,15
CV 2 (%)		16,43	10,19	30,52	5,79	11,23	2,48

¹ns: não significativo, ‘*’ significativo a 5% e ‘**’ significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4A. Resumo da ANOVA para açúcares totais (ATOT), açúcares redutores (AR), vitamina C (VITC), β-caroteno (BETACAR) e variáveis de cor da casca – luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo Hue (H°) de mamão Formosa ‘Tainung I’ em função do uso de ácido peracético, tipos de embalagem e armazenamento refrigerado (10 ± 2 °C e $92 \pm 2\%$ UR)¹.

FV	GL	QM						
		ATOT	AR	VITC	BETACAR	Casca		
				L			C	°h
Ácido (A)	1	0,391 ^{ns}	0,862 ^{ns}	16,053 ^{ns}	175,45 ^{ns}	19,048 ^{ns}	56,601 ^{ns}	10,987 ^{ns}
Embalagem (E)	2	3,453**	2,981*	24,216 ^{ns}	4911,98*	16,722 ^{ns}	8,526 ^{ns}	204,831**
A x E	2	0,309 ^{ns}	0,082 ^{ns}	40,005 ^{ns}	1243,31 ^{ns}	22,859 ^{ns}	8,437 ^{ns}	7,498 ^{ns}
Erro 1	24	0,587	0,708	34,659	434,04	17,037	26,012	25,012
Armazenamento (Ar)	3	34,803**	9,886**	314,249**	18281,56*	850,56**	2094,363**	3848,568**
A x Ar	3	0,850 ^{ns}	0,212 ^{ns}	43,146 ^{ns}	185,24 ^{ns}	9,472 ^{ns}	51,677 ^{ns}	75,402 ^{ns}
E x Ar	6	2,445*	2,461**	53,371 ^{ns}	1427,05*	15,509 ^{ns}	50,136 ^{ns}	51,734 ^{ns}
A x E x Ar	6	1,464 ^{ns}	2,054**	141,61**	612,8 ^{ns}	28,463 ^{ns}	35,954 ^{ns}	16,543 ^{ns}
Erro 2	72	0,851	0,506	35,310	424,86	17,29	24,457	42,816
CV 1 (%)		8,89	12,28	10,31	19,91	7,97	14,38	5,05
CV 2 (%)		10,70	10,38	10,40	19,70	8,02	13,94	6,61

¹ns: não significativo, ‘*’ significativo a 5% e ‘**’ significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.